



MNPEF
Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física



UNIVERSIDADE REGIONAL DO CARIRI - URCA
DEPARTAMENTO DE FÍSICA
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA
POLO 31 – URCA – JUAZEIRO DO NORTE

PRODUTO EDUCACIONAL

**SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA ESTUDO DO EFEITO FOTOELÉTRICO NA PERSPECTIVA
DA TEORIA DOS CAMPOS CONCEITUAIS.**

AUTORES: Claudio Reinke, Claudio Rejane da Silva Dantas.

Juazeiro do Norte-CE
2025

Claudio Reinke

Este produto educacional é parte integrante da dissertação: **EFEITO FOTOELÉTRICO E GERAÇÃO DA ENERGIA SOLAR NA PERSPECTIVA DOS CAMPOS CONCEITUAIS COM ESTUDANTES DO ENSINO MÉDIO DO MUNICÍPIO DE SÃO JOÃO DO RIO DO PEIXE–PB**, desenvolvida no âmbito do Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, polo 31 – URCA/CE Juazeiro do Norte – CE, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

**Juazeiro do Norte–CE
2025**

APRESENTAÇÃO

Estimados Professores, este material foi elaborado como um guia, oferecendo a você, uma proposta para o ensino do Efeito Fotoelétrico para estudantes do Ensino Médio da Educação Básica. A sua concepção teórica e metodológica é fundamentada na Teoria dos Campos Conceituais de Gerard Vergnaud, buscando proporcionar uma aprendizagem articulada dos conceitos físicos com situações práticas e o cotidiano social.

A intenção é promover um ambiente de aprendizagem colaborativo, onde o conhecimento é construído de forma gradual, partindo de noções mais simples para as de maior complexidade.

A jornada de aprendizagem se inicia com uma investigação para identificar o nível de conhecimento dos estudantes e suas próprias concepções sobre o Efeito Fotoelétrico. Em seguida, a abordagem se torna prática com a proposta de realização de experimentos utilizando células fotovoltaicas expostas a diferentes fontes luminosas.

A partir das observações e hipóteses levantadas, o professor conduz a etapa de ampliação conceitual, na qual faz a exposição formal do conteúdo utilizando recursos diversificados como slides, vídeos e animações.

Para aprofundar a compreensão das interações microscópicas, a sequência incorpora o uso de simuladores digitais que permitem aos alunos manipularem variáveis como comprimento de onda e intensidade da luz. Posteriormente, o foco se desloca para a aplicação dos conhecimentos em uma aula expositiva focada na resolução de problemas e exercícios de aprofundamento.

Ao longo do percurso, a avaliação proposta é de caráter formativo e contínuo, por meio de rubricas que analisam o desenvolvimento de múltiplas competências. Esse método avalia desde a compreensão dos conceitos básicos e a interpretação de resultados até a capacidade de realizar análises quantitativas, considerando a participação ativa dos estudantes em todas as fases.

A estrutura da sequência apresenta-se como um caminho coeso, porém flexível, permitindo que você, docente, adapte os recursos e estratégias à sua realidade, oferecendo uma experiência de ensino-aprendizagem ativa e contextualizada sobre um dos temas fundamentais da Física Moderna.

O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – código de financiamento 001.

SUMÁRIO:

1. Introdução.....	5
2. A Teoria dos Campos Conceituais de Gerard Vergnaud.....	6
3. Sequência Didática para o Ensino do Efeito Fotoelétrico.....	9
3.1 Investigação do Campo Conceitual por Questionamentos.....	10
3.2 Investigação do Campo Conceitual por Experimentação.....	10
3.3 Ampliação do Campo Conceitual por meio de Aula Expositiva.....	11
3.4 Ampliação do Campo Conceitual por meio de simuladores.....	12
3.5 Resolução de Problemas e Proposta de Atividades.....	15
3.6 Avaliação de Desempenho e Domínio do Campo Conceitual.....	15
4. Considerações Finais.....	19
5. Referências.....	21

1. Introdução

O ensino de Física Moderna, e em especial do Efeito Fotoelétrico, na Educação Básica representa um desafio constante para os professores e estudantes, sobretudo quando os conceitos são abordados de forma puramente abstrata e desvinculada de aplicações práticas. Buscando superar parte desse desafio e promover uma aprendizagem contextualizada, a presente sequência foi desenvolvida como uma proposta metodológica que visa permitir aos estudantes o estabelecimento de conexões significativas entre os conceitos teóricos e as situações que lhes dão sentido.

Para nortear esta proposta, foi adotada como principal referencial teórico e metodológico a Teoria dos Campos Conceituais (TCC) de Gerard Vergnaud. Um dos fundamentos dessa teoria é a articulação contante entre o conjunto de conceitos, as situações que desafiam os estudantes a aplicarem esses “conceitos-em-ação” e as diversas formas de representação utilizadas para ilustrá-los “Teoremas-em-ação”.

A teoria preconiza uma progressão de conhecimentos, iniciando por noções mais simples e avançando gradualmente para as de maior complexidade, a fim de facilitar a construção do saber. Nesse processo, o professor atua como um mediador, criando um ambiente de aprendizagem colaborativa e observando os invariantes operatórios — os conhecimentos implícitos e explícitos utilizados pelos estudantes — para melhor guiar o processo de aprendizagem.

A utilização desta sequência em sala de aula visa estimular a participação ativa dos estudantes por meio de diferentes recursos e metodologias. A proposta promove o desenvolvimento de habilidades de raciocínio e resolução de problemas ao confrontá-los com desafios práticos e experimentos.

Além disso, a abordagem considera a avaliação formativa como parte contínua do processo, permitindo que os estudantes reflitam sobre seu próprio aprendizado. O resultado esperado não é apenas a assimilação de conteúdo, mas a formação de um entendimento mais profundo, contextualizado e eficiente do campo conceitual do Efeito Fotoelétrico, validando esta sequência como uma ferramenta importante para o ensino de Física em nossas escolas.

2. A Teoria dos Campos Conceituais de Gerard Vergnaud

A Teoria dos Campos Conceituais, desenvolvida pelo psicólogo e educador matemático francês Gerard Vergnaud (1933-2021), oferece uma estrutura teórica e metodológica eficaz para compreender como os aprendizes constroem e se utilizam do conhecimento ao longo de suas existências.

Trata-se de uma teoria psicológica do conceito, ou melhor, da **conceitualização do real**, que permite situar e estudar as filiações e ruptura do ponto de vista de seu conteúdo conceitual. Ela também possibilita analisar a relação entre os conceitos enquanto conhecimentos explícitos e os invariantes operatórios implícitos nos comportamentos dos sujeitos em determinadas situações, bem como aprofundar a análise das relações entre significados e significantes. (Vergnaud, 1990. P. 133, Grifos nossos).

Formado em matemática e filosofia e com doutorado em psicologia sob a orientação de Jean Piaget, Vergnaud propõe uma teoria psicológica da conceitualização do real. Sua abordagem se destaca por analisar a dinâmica da aprendizagem como um processo de constante evolução e ressignificação, que se estende por um longo período, muitas vezes ultrapassando o tempo escolar. (FRANCHI, 1999)

A teoria busca explicar como o conhecimento é mobilizado em diversas situações, focando na relação entre os conceitos explícitos e os "invariantes operatórios" — conhecimentos implícitos que guiam as ações dos sujeitos.

Vergnaud argumenta que um conceito não pode ser reduzido à sua definição formal; seu sentido é construído por meio da resolução de problemas e da interação com múltiplas situações. Essa perspectiva ressalta a importância de um ensino para além da memorização, promovendo a utilização do conhecimento em contextos práticos e pleno de significados. (VERGNAUD, 1990).

Um dos pilares da teoria é a definição de Campo Conceitual como um conjunto de situações cujo domínio exige a articulação de diversos conceitos, procedimentos e representações simbólicas. Por exemplo, o campo conceitual da multiplicação engloba não apenas a operação matemática, mas também noções de proporcionalidade, combinação e área, além de diferentes estratégias e propriedades como a comutatividade e a distributividade. (VERGNAUD, 1993)

Para analisar a construção do conhecimento, Vergnaud introduz o triplo (S, I, R), onde S representa o conjunto de situações (a realidade ou referente), I o significado (os invariantes e a compreensão do sujeito) e R o significante (as formas de

representar o conhecimento, como a linguagem matemática, equações, modelos etc.). Essa estrutura ilustra a interconexão fundamental entre a realidade, o pensamento e a ação. (VERGNAUD, 1998)

A teoria dos campos conceituais propõe que a aprendizagem e a compreensão dos conceitos e teoremas não se limitam à memorização de definições e provas, mas envolvem a capacidade de aplicar esses conhecimentos em contextos variados, o que é essencial para o desenvolvimento de competências cognitivas complexas. (CEDRAN, et al, 2019).

As competências cognitivas complexas referem-se às habilidades que envolvem um alto nível de processamento mental, como análise, síntese, avaliação e resolução de problemas. Elas vão além do simples conhecimento formal e incluem a capacidade de aplicar o conhecimento em situações novas e complexas.

Essas competências são desenvolvidas por meio da realização de tarefas e situações que exigem pensamento crítico, como raciocínio lógico, argumentação, e a capacidade de trabalhar com conceitos em várias disciplinas ou áreas do conhecimento.

Na Teoria dos Campos Conceituais, o desenvolvimento dessas competências é entendido como um processo que ocorre através da interação entre o conhecimento teórico e prático, com base em situações de aprendizagem relevantes. (CEDRAN, et al, 2019).

Outro elemento central da Teoria de Vergnaud são os esquemas, definidos como a organização invariante do comportamento para uma determinada classe de situações. Os esquemas são as estruturas cognitivas que permitem ao sujeito agir de forma operatória, sendo compostos por conhecimentos implícitos chamados de invariantes operatórios.

Estes invariantes são as regras e princípios que permanecem constantes em diferentes contextos, permitindo a transferência de aprendizagem. Os invariantes operatórios se manifestam de duas formas principais:

- **Conceitos-em-ação:** Categorias ou propriedades que o indivíduo considera pertinentes e aplica de forma intuitiva para resolver um problema, sem necessariamente ter consciência da definição formal. (VERGNAUD, 1996)

- Teoremas-em-ação: Proposições consideradas verdadeiras sobre o real que guiam a ação do sujeito, mesmo que ele não conheça a demonstração formal do teorema ou sua total validade. (VERGNAUD, 1996)

Em sua Teoria dos Campo Conceituais, Gerard Vergnaud foi para além das ideias de seu mentor, Jean Piaget. Embora ambos vissem a aprendizagem como um processo progressivo, Piaget focou em estágios universais do desenvolvimento cognitivo.

Vergnaud, por sua vez, deu ênfase à importância do conteúdo específico do conhecimento e do contexto das situações em que ele é acessado durante a aprendizagem, tornando sua teoria mais aplicada à didática. Ele expandiu a noção de esquema de Piaget, conectando-a diretamente à relação entre o aprendiz e a situação de aprendizagem, representada no termo sujeito-em-situação. (MOREIRA, 2002; FRANCHI, 1999)

A Teoria dos Campos Conceituais é, portanto, considerada uma abordagem neopiagetiana que oferece um valioso referencial para a educação, especialmente nas áreas de Matemática, Física e outras ciências. Ela propõe que o ensino deve ser organizado em torno de situações diversificadas e contextualizadas com a realidade, permitindo que os estudantes construam uma compreensão profunda e integrada dos conceitos aprendidos ao longo de sua existência. (CEDRAN, et al, 2019).

A teoria dos campos conceituais, em nosso entender, é uma contribuição significativa para a educação, pois oferece uma visão dinâmica e integrada do conhecimento, reconhece a diversidade e a complexidade das situações que envolvem a aprendizagem, e valoriza o papel do sujeito na construção e na mobilização do conhecimento, tendo implicações diretas no ensino e aprendizagem, pois propõe que os estudantes sejam expostos a situações diversificadas e contextualizadas, que estimulem o seu raciocínio e a sua criatividade.

Além disso, a teoria defende que os conceitos não sejam ensinados de forma isolada, mas integrados em campos mais amplos e complexos, que reflitam as relações entre eles.

Vergnaud dedicou a sua vida à pesquisa e à formação de professores, especialmente de matemática, tendo orientado diversos professores brasileiros, deixando um legado inestimável para a educação em diversos países.

3. Sequência Didática para o Ensino do Efeito Fotoelétrico.

Uma sequência didática fundamentada na Teoria dos Campos Conceituais de Gerard Vergnaud transcende a mera transmissão tradicional de conhecimento e para ser exitosa e completa, ela deve ser concebida como um percurso investigativo através de um campo de situações concretas e desafiadoras.

Tal percurso deve, necessariamente, mapear o campo conceitual, ativar os esquemas dos estudantes através de problemas, promover a elaboração de invariantes operatórios pela ação e reflexão e, por fim, introduzir a representação formal como ferramenta para consolidar e expressar o conhecimento construído.

Ao adotar essa perspectiva, o ato de ensinar reconhece a complexidade da aprendizagem e valoriza o papel ativo do sujeito, fomentando uma compreensão verdadeiramente significativa e duradoura dos conceitos de Física.

Na utilização desta sequência didática é importante identificar os conceitos centrais que serão explorados e como eles se relacionam com as situações práticas que os estudantes vivenciarão durante as aulas, permitindo que esses conceitos sejam vivenciados em contextos educativos reais.

Além disso, deve ser levado em conta a progressão dos conteúdos a serem ensinados, começando por conceitos mais simples e avançando para aqueles que envolvem maior complexidade, de modo a facilitar a construção gradual do conhecimento e o fortalecimento do domínio do campo conceitual em estudo.

Outro aspecto a ser considerado é a diversidade de representações e formas de abordagem dos conteúdos, utilizando diferentes recursos didáticos e metodologias que promovam a participação ativa dos estudantes. A proposta de situações-problemas que desafiam os estudantes a aplicarem os conceitos em ação é essencial, pois promove o desenvolvimento de habilidades de raciocínio e resolução de problemas.

Também é importante considerar a utilização da avaliação formativa ao longo do processo. Nesse sentido, é importante que o professor atue como mediador, promovendo um ambiente de aprendizagem colaborativa onde os estudantes possam discutir, questionar e construir conhecimentos de forma conjunta. Essa abordagem não apenas enriquece a experiência de aprendizagem, mas também contribui

para a formação de um entendimento mais profundo e contextualizado do campo conceitual em questão.

Com base nessas premissas e reflexões, apresentamos a seguir as etapas da Sequência Didática para o estudo do Efeito Fotoelétrico estruturada de forma a ser coerente, progressiva e alinhada aos princípios da Teoria dos Campos Conceituais de Vergnaud, validando-a como um importante referencial teórico e metodológico para o ensino de Física.

A seguir, na tabela 1, é apresentado um quadro síntese das etapas, objetivos, elementos dos fundamentos teóricos utilizados em cada etapa e os recursos e dinâmicas empregadas em cada momento da sequência.

Tabela 1 – Quadro Síntese da Sequência Didática

ETAPA	OBJETIVO PRINCIPAL	FUNDAMENTO TEÓRICO EM (VERGNAUD)	RECURSOS DINÂMICAS
I Questionamentos prévios.	Diagnosticar conhecimentos prévios e ativar esquemas mentais.	Invariantes operatórios e situações-problema.	Discussão oral com questões de natureza etimológica e conceituais.
II Experimentação	Vincular conceitos a fenômenos observáveis.	Conceitos-em-ação em situações concretas.	Kits alimentados por células fotovoltaicas e análise em grupo.
III Aulas Contextualizadas	Sistematizar conhecimentos científicos.	Validação e modelagem de conceitos.	Slides, vídeos, animações e leitura dirigida.
IV Uso de Simuladores	Explorar relações quantitativas e limites do fenômeno.	Esquemas, Teoremas e Conceitos-em-Ação mediados por ferramentas.	Simuladores (PhET/Vascak), manipulação de variáveis.
V Resolução de Problemas	Aplicar conceitos em cálculos e contextos reais.	Teoremas-em-ação e formalização matemática.	Exercícios analíticos e conceituais.
VI Avaliação Formativa	Verificar domínio conceitual multidimensional.	Rubricas baseadas em competências integradas ao Campo Conceitual.	CrITÉrios de desempenho

Na sequência é descrito os métodos, recursos e dinâmicas que a serem adotadas em cada etapa da sequência didática para sua mais eficiente utilização.

3.1 Investigação do Campo Conceitual por Questionamentos.

Nesse primeiro momento, o professor pode iniciar a aula trazendo alguns questionamentos para que os estudantes respondam e assim, possa identificar o nível de conhecimento deles sobre conceitos relacionados ao efeito fotoelétrico. Nesse primeiro momento, podem ser utilizadas questões do tipo:

- 1) *“O que as palavras fotografia, fotossíntese, fotocópia, fotossensível têm em comum e qual o significado do radical compartilhado por esses termos?”*
- 2) *“Você conhece ou já ouviu falar sobre o Efeito Fotoelétrico? Explique.”*
- 3) *“Mesmo se não ouviu ou conhece, que você entende ou imagina que seja, o Efeito Fotoelétrico?”*
- 4) *“Que tecnologias você acredita que podem estar associadas ao Efeito Fotoelétrico?”*

As respostas fornecidas pelos estudantes devem ser coletadas analisadas, refletidas e comentadas pelo professor posteriormente, de modo que eles consigam estabelecer a relação dos termos com radical etimológico foto com o espectro visível da luz, suas interações com a matéria e as tecnologias associadas ao efeito.

3.2 Investigação do Campo Conceitual por Experimentação.

Na sequência da aula, utilizando-se de kits de robótica educacional, brinquedos ou outros equipamentos alimentados por células fotovoltaicas, deve ser realizado um experimento, onde as células fotovoltaicas dos modelos devem ser expostas diretamente à luz solar, logo após, à luz de uma lâmpada incandescente; posteriormente, à luz de uma lâmpada fluorescente e/ou de led e em cada situação, solicitar que os estudantes façam anotações e observações sobre o comportamento dos equipamentos alimentadas pelas células fotovoltaicas. Essa atividade pode ser realizada em grupos ou de forma demonstrativa pelo professor a depender da quantidade de material disponível para o experimento.

A partir do experimento, os estudantes podem ser divididos em grupos de trabalho com até 4 integrantes e responderem questões do tipo:

- a) *“Qual o princípio de funcionamento das células fotovoltaicas?”*
- b) *“Que tipo de transformações de energia ocorreram durante o experimento?”*
- c) *“Quais diferenças foram observadas ao se substituir o tipo de fonte luminosa que alimentava as células?”*
- d) *“Como vocês explicam ou justificam essas diferenças observadas?”*

Após responderem as questões propostas, os estudantes podem ser convidados a fazer a socialização e discussão de suas respostas com os demais grupos. Nesse momento, o professor deve observar e anotar as respostas de forma a perceber os invariantes operatórios (Conceitos-em-ação e Teoremas-em-ação) utilizados pelos estudantes e argumentos pertinentes ao campo conceitual que será abordado em profundidade nas próximas aulas.

3.3 Ampliação do Campo Conceitual por meio de Aula Expositiva.

Nessa etapa, o professor deve iniciar uma exposição do conteúdo referente ao Efeito Fotoelétrico por meio de materiais diversificados, como slides ilustrados, vídeos explicativos, animações e recursos visuais, como diagramas e gráficos, para facilitar a compreensão dos conceitos e princípios relativos ao tema.

Um pré-requisito para a utilização dessa sequência didática seria que os estudantes já tivessem conhecimentos sobre a Teoria Quântica de Planck e quantização de energia.

Caso, isso ainda não seja uma realidade para os estudantes, esses assuntos podem ser tratados pelo professor no início de sua aula expositiva por meio de seu material didático e partir de aí destacar os experimentos realizados por Heinrich Hertz, Philipp Lenard e por fim detalhar os argumentos propostos por Albert Einstein para explicar o Efeito Fotoelétrico.

Durante a aula expositiva, o professor deve recorrer aos argumentos e conceitos trazidos pelos estudantes nas atividades anteriores, evidenciando, validando e modelando esses argumentos de acordo com o saber científico apresentado em tex-

tos disponíveis aos estudantes ou nas fontes bibliográficas utilizadas pelo professor para compor o seu material de apresentação.

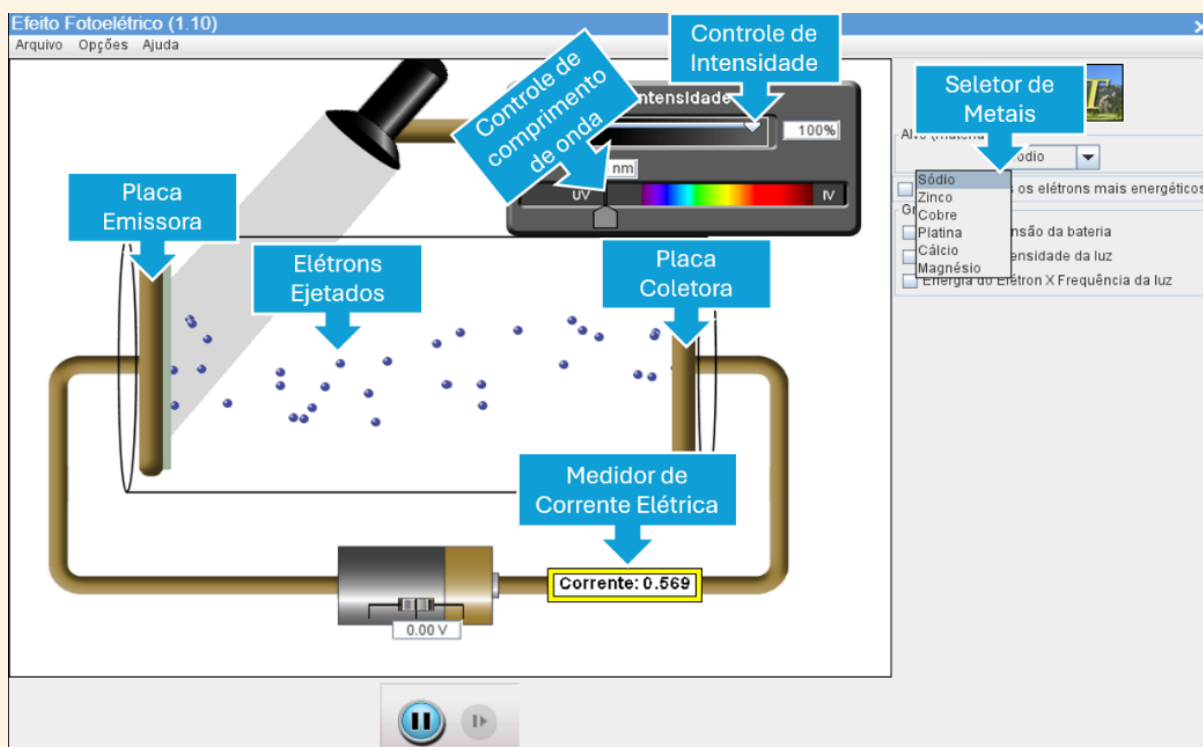
Na sequência deve ser recomendado aos estudantes a leitura do capítulo que trata do Efeito Fotoelétrico no livro didático utilizado pela escola. Essa leitura pode ser feita em sala, caso haja tempo hábil ou como uma atividade complementar extraclasse. Durante a leitura, os estudantes devem ser orientados a fazer apontamentos de conceitos, conhecimentos e dúvidas por meio de anotações em seu material de estudo (cadernos ou bloco de notas).

3.4 Ampliação do Campo Conceitual por meio de simuladores

Nessa quarta etapa da sequência, a proposta é que seja apresentado aos estudantes um Objeto Digital de Aprendizagem (ODA) que se trata de um Simulador do Efeito Fotoelétrico disponível na plataforma **Phet** da Universidade do Colorado através do link: https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/photoelectric/about.

Na figura 1 apresentamos a tela inicial do simulador e as barras para controle das variáveis e elementos do ambiente simulado.

Figura 1 – Tela do Simulador Efeito Fotoelétrico da Plataforma PHET

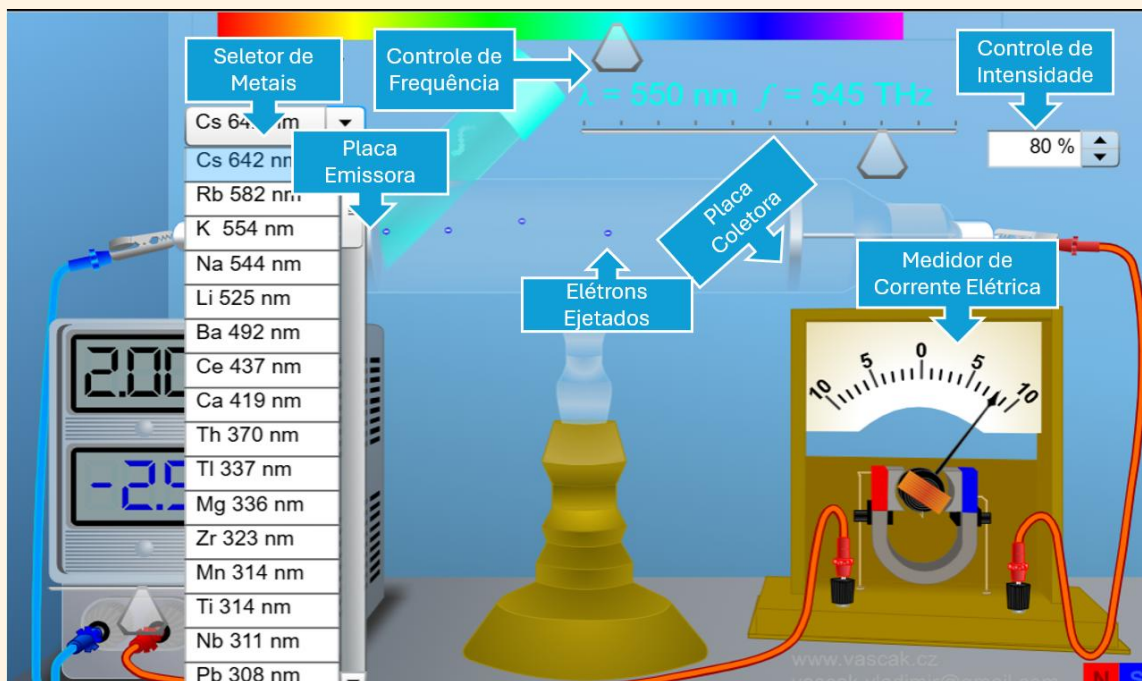


Fonte: https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/photoelectric

Uma outra opção é a utilização do Simulador *Efeito Fotoelétrico*, produzido pelo Professor Vladimir Vascak e disponível na plataforma *Física na Escola* através do link: [Efeito fotoelétrico](#). Esse simulador se destaca por conter um número maior de opções de metais para simulação e por exibir os valores correspondentes de frequência luminosa para cada comprimento de onda, o que torna o seu uso mais didático para as simulações do fenômeno fotoelétrico, sem a necessidade de cálculos para obtenção de valores da frequência luminosa em função do comprimento de onda.

Na figura 2 apresentamos a tela inicial do simulador e as barras para controle das variáveis e elementos do ambiente simulado.

Figura 2 – Tela do Simulador Efeito Fotoelétrico da Plataforma Física na Escola



Fonte: <https://www.vascak.cz/data/android/physicsatschool>

O professor deve orientar os estudantes quanto ao funcionamento e operacionalização do simulador adotado para suas aulas, que pode ser utilizado em computadores ou smartphones, e, permitir que os estudantes manipulem o ODA, variando os comprimentos de ondas da fonte luminosa, sua intensidade e testando essas variações em diferentes materiais disponíveis em cada um dos simuladores, de modo, que os estudantes possam perceber como ocorrem as interações entre fótons e elé-

trons, observando que a energia dos fotoelétrons depende da frequência da radiação incidente e não da intensidade desta.

Entender que para cada metal, existe uma frequência mínima da radiação eletromagnética abaixo da qual não são produzidos fotoelétrons, por mais intensa que seja esta radiação. Para isso, o professor lançará mão de alguns questionamentos que serão respondidos pelos estudantes organizados em grupos, durante ou após a manipulação do simulador.

Como exemplo, deixamos as seguintes questões como modelo:

- a) *“Qual é a relação entre a intensidade da luz incidente na superfície refletora e o número de elétrons emitidos?”*
- b) *“O que acontece quando alteramos o comprimento de onda no simulador?”*
- c) *“É possível perceber a existência de uma quantidade mínima de energia para o efeito acontecer?”*
- d) *“O efeito apresenta as mesmas características para todos os elementos disponíveis na simulação? Explique o que se observa ao aplicarmos a simulação em diferentes materiais.”*

Após esse período de utilização do simulador, o professor mediará um momento de sistematização das observações e informações obtidas durante a aula, retomando também as observações realizadas durante o experimento da etapa 3.2, onde é possível verificar que a radiação emitida por uma lâmpada de led ou fluorescente não é capaz de fazer funcionar satisfatoriamente as células fotovoltaicas, enquanto a radiação emitida pela lâmpada incandescente a faz funcionar como quando exposta à radiação solar.

Espera-se que as respostas obtidas para os questionamentos propostos durante a utilização dos simuladores reflitam um desenvolvimento progressivo dos campos conceituais dos estudantes sobre o efeito fotoelétrico à medida que novas observações e respostas são construídas por eles. Inicialmente baseadas em percepções visuais e experimentação empírica, essas respostas podem evoluir para conceitos mais estruturados, conforme prevê a Teoria dos Campos Conceituais, a partir da mediação feita pelo professor entre as noções intuitivas e as formalizações científicas mediadas pelo ambiente de aprendizagem interativo que o simulador proporciona e também pelo material teórico utilizado durante as aulas como slides, imagens, vídeos e textos didáticos disponíveis aos estudantes.

Esse ambiente de aprendizagem cria diferentes situações em que será possível notar que os estudantes recorrem frequentemente aos invariantes operatórios (conceitos-em-ação e teoremas-em-ação) presentes em sua estrutura cognitiva para responder aos estímulos e desafios desse ambiente, fortalecendo e consolidando a cada nova situação o campo conceitual relacionado ao Efeito Fotoelétrico.

3.5 Resolução de Problemas e Proposta de Atividades.

Nessa etapa, propomos que seja ministrada uma aula expositiva por meio da utilização de uma atividade impressa com exemplos de questões e exercícios de aprofundamento das características mais relevantes do Efeito Fotoelétrico, explorando tópicos como cálculos da função trabalho; cálculo da energia de um fóton, relação matemática entre frequência e energia, entre outros.

À medida em que o professor explica e resolve as questões impressas, fará discussões dos resultados obtidos, aprofundando os conceitos apresentados nas aulas anteriores e trazendo novos elementos ao conteúdo, como as deduções matemáticas do Efeito Fotoelétrico e exemplos de sua aplicação em sistemas de pequena e grande escala, como os kits ou equipamentos utilizados no experimento da etapa 3.2 e os sistemas de geração de energia fotovoltaica presentes em muitas casas e cidades brasileiras.

Após esse momento, o professor poderá entregar aos estudantes, uma folha tarefa com questões inéditas, ou adaptadas que serão resolvidas e devolvidas ao professor para correção, apontamentos e feedbacks que serão dados à turma em aulas posteriores.

A sugestão é que a folha tarefa contenha questões fechadas com alternativas, sendo apenas uma alternativa correta e questões de cálculos das variáveis do efeito fotoelétrico, onde os estudantes possam expressar os conhecimentos obtidos durante as aulas.

3.6 Avaliação de Desempenho e Domínio do Campo Conceitual

Durante o desenvolvimento e execução desta sequência didática em sala de aula, propomos um método de avaliação para verificação da evolução e domínio do campo conceitual do Efeito Fotoelétrico por parte dos estudantes, através de uma

avaliação formativa de processo, contínua e validada por meio de rubricas e que possam ser convertidas em uma nota de forma a cumprir as exigências de médias somativas adotadas pela maioria dos sistemas de ensino brasileiros.

As rubricas empregadas como mecanismos de avaliação, possibilitam avaliar o avanço e desempenho dos estudantes por meio de critérios particulares e objetivos e podem ser empregadas ou escolhidas de diversas maneiras. Para Ludke (2003, p. 74) *“as rubricas partem de critérios estabelecidos especificamente para cada curso, programa ou tarefa a ser executada pelos alunos e estes são avaliados em relação a esses critérios”*.

Na mesma linha de pensamento, Vernier et al. (2018, p. 05) define rubricas como *“meios de avaliação ou autoavaliação, geralmente apresentada na forma de tabelas, que são construídas e modificadas com base nas habilidades, competências e atitudes que se deseja avaliar nos alunos ou professores”*.

Avaliar por meio de rubricas fornece para o processo de ensino-aprendizagem diversos pontos positivos. Além de atribuir aos estudantes o papel de protagonistas do seu processo de aprendizagem, elas simplificam a atribuição de notas, diversificando as ferramentas avaliativas no método somativo, e, na avaliação sobre o desenvolvimento de competências e habilidades pelos estudantes, as rubricas são os instrumentos mais apropriados (VERNIER et al., 2018), pois permitem entender as os níveis de habilidades que os estudantes dominam e, desta forma, propor atividades adequadas para que o estudante as aprimore durante as aulas.

Nesse processo de avaliação formativa são considerados os aspectos relacionados à proatividade e protagonismo dos estudantes em relação ao processo de ensino e aprendizagem, como a manipulação dos instrumentos e materiais de ensino; as discussões promovidas e alimentadas em grupos; as apresentações de argumentos e hipóteses; as produções realizadas em cada etapa e outros elementos que possam validar a efetiva participação dos estudantes nesse processo.

Dessa forma, os estudantes podem ser avaliados, conforme seu desempenho durante as aulas e poderão receber uma nota de até 10 (dez) pontos com base nos critérios definidos pela rubrica descrita na tabela 2 e que deve ser apresentada previamente para os estudantes no início do desenvolvimento da sequência didática em sala.

A seguir na tabela 2 é apresentada uma sugestão de modelo de planilha para utilização das rubricas de avaliação formativa junto aos estudantes durante o processo de implementação e desenvolvimento da sequência didática.

Tabela 2 – Rubrica para Avaliação Formativa da Sequência Didática.

COMPREENSÃO DOS CONCEITOS BÁSICOS.		ANÁLISE E INTERPRETAÇÃO DE RESULTADOS EXPERIMENTAIS.	CONEXÕES COM APLICAÇÕES PRÁTICAS E TECNOLÓGICAS.	CAPACIDADE DE REALIZAR ANÁLISES QUANTITATIVAS.	RELAÇÃO DO EFEITO FOTOELÉTRICO COM OUTROS CONCEITOS DA FÍSICA.	
Os Estudantes apresentam uma boa compreensão dos conceitos relacionados ao efeito fotoelétrico, sendo capazes de expressá-los com clareza em suas produções.		Os Estudantes realizam e interpretam com boa precisão os resultados do experimento e simulações propostas durante as aulas.	Os Estudantes estabelecem conexões significativas entre o efeito fotoelétrico e suas aplicações práticas e tecnológicas.	Os Estudantes realizam e demonstram bom entendimento das relações quantitativas no estudo de efeito fotoelétrico.	Os Estudantes, em suas produções, estabelecem conexões entre o efeito fotoelétrico e outros conceitos da Física.	
VALORES	0,0 a 2,0	0,0 a 2,0	0,0 a 2,0	0,0 a 2,0	0,0 a 2,0	SOMA
Aluno A						
Aluno B						
Aluno C						
Aluno D						
Aluno E						
Aluno F						
....						

A avaliação formativa, realizada de forma contínua ao longo das etapas, não deve ser vista como um mero instrumento de classificação, mas como um mecanismo diagnóstico que permite ao professor e aos próprios estudantes refletirem sobre o processo e ajustarem suas compreensões.

O objetivo final transcende o aprendizado do Efeito Fotoelétrico em si, mas busca validar em sala de aula um referencial que promova um entendimento mais profundo e contextualizado da Física e seus conceitos.

4. Considerações Finais:

Com base na sólida estrutura teórica e na abordagem prática até aqui delineada, apresentamos esta sequência didática para o estudo do Efeito Fotoelétrico, não como um roteiro inflexível, mas como um referencial metodológico adaptável a diferentes realidades e contextos educacionais.

É fundamental compreender que o sucesso desta sequência está intrinsecamente ligado à adoção de uma postura pedagógica específica, na qual o professor assume o papel de mediador de um processo de aprendizagem colaborativo.

A expectativa central é que o foco seja deslocado da simples exposição de conteúdo para a construção conjunta do conhecimento. Para isso, é indispensável que o docente esteja atento às contribuições dos estudantes, validando seus argumentos e modelando-os de acordo com o saber científico, conforme proposto na etapa 3.3 de ampliação conceitual.

Consequentemente, o diferencial desta proposta reside em sua inerente flexibilidade. O professor não deve se sentir restrito aos materiais específicos citados, mas encorajado a adaptá-los à sua realidade.

Na etapa de experimentação, por exemplo, a sugestão de uso de kits de robótica educacional, brinquedos ou outros equipamentos alimentados por células fotovoltaicas abre um leque de possibilidades que dependem dos recursos disponíveis e das múltiplas possibilidades de obtenção desses itens.

Da mesma forma, na etapa de simulação, foram apresentadas duas alternativas de Objetos Digitais de Aprendizagem, mas outras ferramentas com propósitos similares podem ser empregadas.

Até mesmo a folha de tarefas para resolução de problemas pode ser composta por questões inéditas, ou adaptadas pelo próprio professor, que pode moldá-la para melhor atender ao nível de sua turma e aos seus objetivos pedagógicos. Essa capacidade de adaptação garante que a sequência tenha vida própria e possa ser implementada em diferentes contextos educacionais.

Por fim, a abrangência desta sequência didática vai além de um único tópico da Física. Ao iniciar com questionamentos etimológicos, passar por experimentos práticos, aprofundar-se com o uso de simuladores e culminar na resolução de

problemas quantitativos, a proposta promove o desenvolvimento de um vasto campo conceitual. A estrutura de avaliação por rubricas reflete essa amplitude, valorizando desde a "compreensão dos conceitos básicos" até a capacidade de relacionar o Efeito Fotoelétrico com "outros conceitos da Física" e suas "aplicações práticas e tecnológicas".

Ao engajar os estudantes em discussões, análises e atividades práticas, a sequência não ensina apenas o conteúdo, mas fomenta habilidades essenciais de raciocínio, argumentação e resolução de problemas.

Conclui-se, assim, que este produto educacional se constitui como um convite para o professor transformar suas aulas, oferecendo um caminho estruturado e coerente para que os estudantes se tornem protagonistas de sua aprendizagem e construam uma visão mais ampla e cheia de significados em relação à Física e seus Campos Conceituais.

5. Referências

CEDRAN, D. P.; KIOURANIS, N. M. M. **Teoria dos Campos Conceituais: visitando seus principais fundamentos e perspectivas para o ensino de ciências**. ACTIO, Curitiba, v. 4, n. 1, p. 63-86, jan./abr. 2019. Disponível em: <<https://periodicos.ut-fpr.edu.br/actio>>. Acesso em: 12 ago. 2024.

EISBERG, Robert; RESNICK, Robert. **Física quântica: Átomos Moléculas, Sólidos, Núcleos e Partículas**. 23ª Edição. Rio de Janeiro: Campus–Elsevier, 2010. 928 p.

FRANCHI, Anna. **Considerações sobre a teoria dos campos conceituais**. In Alcântara Machado, S.D. et al. (1999). Educação Matemática: uma introdução. São Paulo. EDUC. p. 155–195.

LÜDKE, M. O trabalho com projetos e a avaliação na educação básica. Práticas avaliativas e aprendizagens significativas. Porto Alegre: Mediação, p. 67-80, 2003. MAGINA, S. M. **A Teoria dos Campos Conceituais: contribuições da Psicologia para a prática docente**. Disponível em: www.ime.unicamp.br/erpm2005/anais/conf/conf_01.pdf. Acesso em: 26 nov. 2024.

MOREIRA, Marco Antônio. **A teoria dos campos conceituais de Vergnaud, o ensino de ciências e a pesquisa nesta área**. Investigações em Ensino de Ciências. Porto Alegre. v7, 2002 p. 7–29.

OSTERMANN, F. e MOREIRA, M.A, **Uma revisão sobre a área de pesquisa Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio**. Investigações em ensino de ciências. Porto Alegre. Vol. 5, n. 1 (jan./abr. 2000), p. 23-48

VERGNAUD, Gerard. **A Teoria dos Campos conceituais**. In: BRUN, J. Didática das matemáticas. Tradução de Maria José Figueiredo. Lisboa: Instituto Piaget, 1996. p. 155–191.

VERGNAUD, Gerard. **Teoria dos campos conceituais**. In Nasser, L. (Ed.) Anais do 1º Seminário Internacional de Educação Matemática do Rio de Janeiro, 1993. 26 p.

VERNIER, Fernanda Silva Pinto, et al. **Rumo a BNCC: Avaliação por Rubricas**. Sistema Anglo de Ensino, 2018. Disponível em: <http://anglosolucaoeducacional.com.br/wp-content/uploads/2018/12/Ebook-5-Avaliacao-CC-A7a-CC-83o-por-Rubricas.pdf>. Acesso em: 26 nov. 2024.

