UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CAMPUS AGRESTE
NÚCLEO DE FORMAÇÃO DOCENTE
CURSO DE FÍSICA - LICENCIATURA

VANDERLÂNDIO ZEFERINO DA ROCHA

INTEGRANDO TICs NO ENSINO DE FÍSICA: Uma abordagem Interativa para o Efeito Fotoelétrico Utilizando Python

Caruaru
2023

VANDERLÂNDIO ZEFERINO DA ROCHA

INTEGRANDO TICs NO ENSINO DE FÍSICA: Uma abordagem Interativa para o Efeito Fotoelétrico Utilizando Python

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Física – Licenciatura, da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para obtenção do título de Licenciado em Física.

Área de concentração: Ensino de Física

Orientador: Profº. Dr. Heydson Henrique Brito Da Silva

Caruaru

2023

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do programa de geração automática do SIB/UFPE

Rocha, Vanderlândio Zeferino da .
INTEGRANDO TICs NO ENSINO DE FÍSICA: Uma abordagem Interativa para o Efeito Fotoelétrico Utilizando Python / Vanderlândio Zeferino da Rocha. - Caruaru, 2023.
37 p : il., tab.

Orientador(a): Heydson Henrique Brito Da Silva
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal de Pernambuco, Centro Acadêmico do Agreste, Física - Licenciatura, 2023.
Inclui referências, apêndices.

1. Simulações físicas. 2. TICs no ensino de Física. 3. Programação Python. 4. Física computacional. 5. Física computacional. I. Brito Da Silva, Heydson Henrique. (Orientação). II. Título.

530 CDD (22.ed.)

VANDERLÂNDIO ZEFERINO DA ROCHA

INTEGRANDO TICs NO ENSINO DE FÍSICA: Uma abordagem Interativa para o Efeito Fotoelétrico Utilizando Python

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Física – Licenciatura, da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para obtenção do título de Licenciado em Física.

Aprovado em: 03/10/2023

BANCA EXAMINADORA

_____

Prof. Dr. Heydson Henrique Brito da Silva (Orientador)

Universidade Federal de Pernambuco

_____

Prof. Dr. Ernesto Arcenio Valdés Rodriguez (Examinador Interno)

Universidade Federal de Pernambuco

_____

Prof. Dr. Augusto César Lima Moreira (Examinador Interno)

Universidade Federal de Pernambuco

Dedico este trabalho a todos que estiveram presente em minha vida acadêmica, em especial a minha mãe por sempre me dar apoio e acreditar em mim, a minha amada esposa por estar sempre ao meu lado nos dias difíceis, aos meus filhos por serem meu maior incentivo.

AGRADECIMENTOS

Quero expressar minha sincera gratidão a todos que me acompanharam durante a trajetória do meu TCC. Foram muitos os desafios e momentos de incerteza, mas graças à ajuda e apoio de pessoas especiais, consegui superar cada obstáculo e chegar até aqui.

Antes de tudo, quero expressar minha gratidão a Deus, que me sustentou em cada momento, me deu forças e me guiou por esse caminho. Sem a Sua ajuda, nada disso seria possível. Gostaria também de agradecer ao meu professor orientador, Dr. Heydson Henrique Brito Da Silva, que me acompanhou durante todo o processo, me dando conselhos valiosos, apontando os erros e acertos e me incentivando a buscar sempre mais. Sou profundamente grato pela sua paciência, dedicação e sabedoria.

Não posso deixar de mencionar a importância da minha mãe, que sempre esteve presente em todos os momentos da minha vida, me apoiando e me encorajando a não desistir dos meus sonhos. Sua presença em minha vida é uma bênção e sou muito grato pelo seu amor, companheirismo e paciência.

A minha esposa, que esteve ao meu lado em cada etapa deste processo, me dando forças, me encorajando e me ajudando de todas as formas possíveis. Sua presença e apoio foram fundamentais para minha conclusão deste trabalho acadêmico.

Quero agradecer também a todos os professores da Universidade Federal de Pernambuco, que contribuíram para minha formação acadêmica e me prepararam para enfrentar os desafios do mundo profissional. Seus ensinamentos, exemplos e incentivos foram fundamentais para minha formação.

Agradeço também aos colegas de faculdade, que compartilharam comigo muitos momentos de aprendizado e trocas de experiências. A convivência com vocês foi enriquecedora e me ajudou a crescer como profissional e como pessoa.

Enfim, agradeço a todos que contribuíram para a realização deste trabalho, que representa o início de uma nova etapa em minha vida acadêmica e profissional. Espero poder retribuir todo o apoio e incentivo que recebi, continuando a me dedicar aos estudos e à busca constante por conhecimento e desenvolvimento.

"Aprender é a única coisa de que a mente nunca se cansa, nunca tem medo e nunca se arrepende". (Leonardo da Vinci).

RESUMO

A utilização de TICs, no ensino de Física oferece uma abordagem inovadora e atrativa, proporcionando aos estudantes uma compreensão mais sólida e significativa dos conceitos físicos. Através dessa abordagem interativa, os alunos são incentivados a explorar, experimentar e vivenciar conceitos da Física que são difíceis de reproduzir experimentalmente em aula de maneira prática e imersiva, promovendo um aprendizado mais efetivo e duradouro. Este trabalho apresenta uma proposta prática para a integração de simulações no ensino de Física, por meio de um simulador do efeito fotoelétrico desenvolvido em Python. O efeito fotoelétrico é um fenômeno fundamental da Física moderna, estudado por Albert Einstein em 1905, permitindo aos estudantes explorar o comportamento dos elétrons em um material quando expostos à radiação eletromagnética. Para criar essa experiência interativa, foi utilizado o módulo VPython, um conjunto de recursos desenvolvido na linguagem Python para a criação de visualizações em 3D de objetos físicos e cenários. O simulador trata-se de uma reprodução visual animada em 3D de um experimento onde é possível observar a ejeção de elétrons devido a incidência da luz em alguns metais sendo possível manipular os parâmetros do experimento como a intensidade da luz e o metal onde ela incide. Os alunos podem interagir com objetos virtuais, modificar parâmetros e observar as consequências dessas alterações, estimulando um aprendizado ativo e experimental.

Palavras-chave: Simulações físicas; TICs no ensino de Física; Programação Python; Física computacional; Efeito fotoelétrico.

ABSTRACT

The use of ICTs in Physics teaching offers an innovative and attractive approach, providing students with a more solid and meaningful understanding of physical concepts. Through this interactive approach, students are encouraged to explore, experiment and experience Physics concepts that are difficult to reproduce experimentally in class in a practical and immersive way, promoting more effective and lasting learning. This work presents a practical proposal for the integration of simulations in Physics teaching, through a photoelectric effect simulator developed in Python. The photoelectric effect is a fundamental phenomenon in modern physics, studied by Albert Einstein in 1905, allowing students to explore the behavior of electrons in a material when exposed to electromagnetic radiation. To create this interactive experience, the VPython module was used, a set of resources developed in the Python language for creating 3D visualizations of physical objects and scenarios. The simulator is a 3D animated visual reproduction of an experiment where it is possible to observe the ejection of electrons due to the incidence of light on some metals, making it possible to manipulate the parameters of the experiment such as the intensity of the light and the metal where it falls. Students can interact with virtual objects, modify parameters and observe the consequences of these changes, encouraging active and experimental learning.

Keywords: Physical simulations; ICT in Physics teaching; Python programming; Computational physics; Photoelectric effect.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 –	Comparação de instrução escrita nas linguagens Java e Python	19
Figura 2 –	Codigo fonte Python para uma simulação de queda livre	21
Figura 3 –	Resultado da simulação de queda livre mostrado no navegador	22
Figura 4 –	Esquema usado por Lenard para observar o efeito fotoelétrico	24
Figura 5 –	Janela de Controles para manipulação das variáveis	28
Figura 6 –	Janela de animação do simulador	29
Figura 7 –	Resultado com ejeção de elétrons	30
Figura 8 –	Resultado sem ejeção de elétrons	30

SUMÁRIO

1	**INTRODUÇÃO**	**11**
2	**FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**	**13**
2.1	A TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO NO ENSINO DE FÍSICA	13
2.2	SIMULADORES COMPUTACIONAIS NO ENSINODE FÍSICA	15
2.3	LINGUAGEM DE PROGRAMAÇÃO PYTHON	18
2.3.1	MÓDULO VPYTHON	20
2.4	O EFEITO FOTOELÉTRICO	23
2.4.1	EXPLICAÇÃO DE EINSTEIN	25
3	**RESULTADOS**	28
4	**CONCLUSÃO**	**31**
	REFERÊNCIAS	**34**
	APÊNDICE A – INSTALAÇÃO DE PROGRAMAS	**36**
	APÊNDICE B – EXECUÇÃO DO SIMULADOR	**37**

1 INTRODUÇÃO

O ensino de Física é um grande desafio para educadores e estudantes, devido à complexidade dos conceitos envolvidos. A abordagem tradicional de ensino, baseada em aulas expositivas e resolução de problemas, muitas vezes não é suficiente para garantir uma compreensão profunda dos fenômenos físicos. Por isso, é necessário explorar novas abordagens pedagógicas que possam tornar o aprendizado da Física mais atrativo e efetivo.

O uso de simulações computacionais no ensino de Física tem se mostrado uma abordagem efetiva, permitindo que os estudantes interajam com conceitos teóricos de forma prática e interativa. Essas simulações são capazes de proporcionar uma experiência mais significativa e profunda de aprendizado, permitindo que os alunos visualizem fenômenos complexos de maneira mais clara e concreta. Além disso, a utilização de Tecnologias de Informação e Comunicação (TICs) no ensino de Física pode contribuir para aprimorar o processo de ensino-aprendizagem, tornando-o mais dinâmico e engajador.

Com o intuito de ilustrar a aplicação de simulações no ensino de Física, propomos neste trabalho o desenvolvimento de um simulador do efeito fotoelétrico escrito na linguagem de programação Python, que permite aos estudantes explorar o comportamento dos elétrons em um material quando expostos a radiação eletromagnética. O efeito fotoelétrico trata-se de um fenômeno fundamental da Física moderna que foi estudado por Albert Einstein em 1905 e que tem importantes aplicações em tecnologia, como em relés fotoelétricos que permitem o acionamento de luzes de acordo com a luminosidade do ambiente. É o processo pelo qual elétrons são emitidos de um material quando é exposto a luz. Esse fenômeno pode ser descrito de forma teórica, mas sua compreensão completa pode ser desafiadora para muitos estudantes. Com essa abordagem, os estudantes podem manipular variáveis relevantes, como a intensidade da luz e a energia dos fótons incidentes, e observar os efeitos resultantes, como a corrente elétrica gerada e a energia cinética dos elétrons liberados.

O simulador também permite a exploração de diferentes cenários e a realização de experimentos virtuais, tornando o aprendizado da Física mais significativo e engajador (MOYSÉS, 2003).

A escolha da linguagem de programação Python para a construção do simulador se deve à sua facilidade de uso, flexibilidade e ampla disponibilidade de bibliotecas para o processamento de dados e gráficos e criação de animações, a exemplo da biblioteca VPython que permite a criação de objetos em três dimensões exibindo em uma janela. Além disso, a utilização de Python no ensino de Física pode contribuir para o desenvolvimento de habilidades de programação nos estudantes, preparando-os para as demandas da era digital em que vivemos.

Espera-se que a proposta de ensino interativo do efeito fotoelétrico utilizando Python e simulações físicas possa contribuir para aprimorar o ensino de Física e despertar o interesse dos estudantes pela disciplina. Essa abordagem pode proporcionar uma experiência de aprendizado mais atraente e significativa, além de ajudar os estudantes a compreender conceitos físicos complexos de forma mais profunda.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo, é explorada a utilização de tecnologias computacionais no ensino de Física, com enfoque especial nas simulações didáticas. Serão discutidos os benefícios do uso de simulações no ensino de Física, bem como suas implicações para o processo de ensino-aprendizagem.

2.1 A TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO NO ENSINO DE FÍSICA

O uso das Tecnologias da Informação e Comunicação (TICs) no ensino de Física tem sido amplamente discutido na literatura educacional, com destaque para a abordagem proposta por Ausubel (2003). Segundo o autor, a aprendizagem significativa é alcançada quando o novo conhecimento é integrado a conceitos e informações prévias que já existem na estrutura cognitiva do indivíduo. Nesse sentido, as tecnologias computacionais podem ser utilizadas para proporcionar experiências de aprendizagem significativas, permitindo que os alunos construam conexões entre conceitos físicos e informações prévias, consolidando e expandindo sua estrutura cognitiva.

Os softwares de simulação e aplicativos são exemplos de tecnologias computacionais que podem ser utilizados no ensino de Física para promover a aprendizagem significativa. Essas ferramentas permitem que os alunos visualizem e interajam com conceitos físicos de forma prática e interativa, o que pode facilitar a compreensão e a retenção desses conceitos. Além disso, os softwares de simulação podem ser usados para explorar fenômenos complexos que seriam difíceis ou impossíveis de serem observados em um ambiente experimental. No entanto, é importante destacar que o uso das TICs no ensino de Física não se resume apenas a softwares de simulação e aplicativos. As tecnologias computacionais também podem ser utilizadas para criar ambientes virtuais de aprendizagem, que permitem aos alunos explorar conceitos físicos de forma interativa e colaborativa.

Segundo Ausubel (2003), a aprendizagem significativa é um processo ativo e construtivo, que envolve a busca por relações entre os novos conceitos e as informações prévias existentes na estrutura cognitiva do aluno. Nesse sentido, as TICs pode ser utilizada como ferramentas que auxiliam os alunos nesse processo de

construção do conhecimento. No entanto, é importante que o uso dessas tecnologias seja planejado e orientado pelo professor, de forma a garantir que os alunos estejam engajados em atividades que promovam a aprendizagem significativa e que estejam alinhadas com os objetivos pedagógicos da disciplina.

De acordo com Ausubel (2003), a aprendizagem significativa é um processo que envolve a construção ativa do conhecimento pelo aluno, a partir da integração de novos conceitos a informações prévias existentes na estrutura cognitiva. O uso das TICs no ensino de Física pode contribuir para a promoção da aprendizagem significativa, desde que as atividades sejam planejadas e orientadas de forma a garantir a construção efetiva do conhecimento pelos alunos.

As tecnologias computacionais desempenham um papel valioso no ensino de Física, oferecendo simulações baseadas em modelos que complementam os estudos experimentais. É importante ressaltar que essas simulações representam modelos simplificados da realidade e não substituem a experimentação real. Ao contrário dos experimentos de laboratório, as simulações computacionais não são afetadas por fatores externos, como erros de medidas, calibração de instrumentos e condições ambientais. No entanto, elas proporcionam uma forma alternativa de explorar e compreender os conceitos estudados, especialmente quando a realização do experimento real não é possível. Assim, as simulações computacionais servem como uma ferramenta complementar, ampliando as possibilidades de aprendizado e permitindo uma visualização mais clara dos princípios físicos, desde que sejam utilizadas em conjunto com uma abordagem pedagógica que enfatize as limitações e os contextos específicos em que são aplicadas.

De acordo com Carvalho e Silva (2017), o uso de tecnologias computacionais no ensino de Física pode ser uma alternativa interessante para tornar o processo de ensino-aprendizagem mais dinâmico e atrativo. Os autores destacam a importância do uso de softwares de simulação e aplicativos para a exploração de conceitos físicos complexos, bem como a necessidade de orientação e acompanhamento por parte do professor para garantir a efetividade do uso dessas tecnologias no ensino de Física.

As tecnologias computacionais também permitem que os alunos experimentem com diferentes variáveis e condições, o que pode ajudá-los a desenvolver habilidades de resolução de problemas e pensamento crítico. Por exemplo, softwares de simulação podem permitir que os alunos modifiquem

parâmetros como a massa, a velocidade ou a posição de objetos para explorar diferentes cenários e observar as consequências dessas mudanças nos conceitos físicos abordados.

Além disso, o uso de tecnologias computacionais pode tornar o processo de ensino-aprendizagem mais dinâmico e engajador, permitindo que os alunos se envolvam mais ativamente no processo de aprendizagem. Por exemplo, aplicativos de realidade aumentada podem ser usados para criar experiências de aprendizagem interativas e imersivas que envolvem os alunos de forma mais efetiva.

No entanto, é importante destacar que o uso de tecnologias computacionais no ensino de Física também traz consigo algumas implicações para o processo de ensino-aprendizagem. Em primeiro lugar, é importante que as tecnologias computacionais sejam selecionadas com cuidado, de forma a garantir que elas estejam alinhadas com os objetivos pedagógicos da disciplina. Além disso, é importante que as tecnologias computacionais sejam utilizadas de forma a complementar, e não substituir, as atividades experimentais tradicionais.

Outra questão importante é a necessidade de orientação e acompanhamento por parte do professor. As tecnologias computacionais podem ser usadas de forma autônoma pelos alunos, mas é importante que o professor esteja presente para orientar as atividades e promover a reflexão crítica sobre os conceitos físicos abordados.

2.2 SIMULADORES COMPUTACIONAIS NO ENSINO DE FÍSICA

O desenvolvimento das Tecnologias da Informação e Comunicação (TICs) tem criado condições viabilizadoras de sua utilização como recurso didático em sala de aula. Este fato acontece na Física, assim como em qualquer outra disciplina. No entanto, a maioria dos professores, ao desenvolver a ação educativa no processo ensino-aprendizagem da Física, o faz de maneira desarticulada da realidade do educando, por meio de atividades pedagógicas que consistem apenas de apresentação de conceitos, leis e fórmulas. Entretanto, o ensino de uma ciência não deve se basear unicamente nos livros texto, porque a verdade desse conhecimento

só pode ser transmitida integrando-se esqueleto teórico e verificação experimental, procurando vincular essa verdade a elementos concretos da observação.

Para suprir esta defasagem, parte dos professores tem buscado apoiar-se no uso do laboratório, para tornar o ensino de Física mais eficiente e próximo do aluno. No entanto, é necessário que a utilização do laboratório na ação pedagógica seja feita de maneira consciente e que contribua para o processo de formação dos indivíduos, não se tornando mais uma ação ineficiente no processo educativo.

Nessa perspectiva, é interessante e enriquecedor considerar um novo enfoque na apresentação do laboratório de Física para o estudante. A esse respeito, Barbeta (1996) afirma:

> Um modo de tornar o laboratório mais motivador é, sem dúvida, através da utilização das TICs. Hoje em dia, o computador é mais um elemento da vida diária dos jovens estudantes, assim como o é a televisão, o aparelho de som ou o forno de microondas. A utilização de simulações no lugar de experimentos reais pode ajudar, e muito, na compreensão de certos fenômenos físicos. Sem ter que se ater aos detalhes experimentais, e através da utilização de uma ferramenta que faz parte de seu cotidiano, o aluno pode voltar toda a sua atenção à essência do problema em estudo. (BARBETA, 1996).

Nesse contexto, os simuladores computacionais surgem como uma alternativa promissora para complementar o ensino de Física, oferecendo uma abordagem mais dinâmica e interativa. Esses programas de computador permitem simular fenômenos físicos de maneira virtual, proporcionando aos alunos a oportunidade de explorar e analisar diferentes situações de forma prática, porém, é importante ressaltar que as simulações não reproduzem diretamente o experimento real.

Ao utilizar simuladores computacionais, os estudantes podem visualizar e manipular variáveis, observar os efeitos das mudanças nos parâmetros, realizar experimentos virtuais em diferentes condições e analisar os resultados de forma imediata. Essa abordagem interativa e experimental promove uma compreensão mais profunda dos conceitos físicos, permitindo que os alunos construam seu próprio conhecimento de forma significativa. No entanto, é fundamental destacar que

as simulações são representações simplificadas da realidade e não substituem a experimentação real, mas servem como uma ferramenta complementar, proporcionando uma experiência prática e envolvente que estimula a exploração e o raciocínio.

Além disso, os simuladores computacionais eliminam algumas limitações do laboratório tradicional, como a disponibilidade de equipamentos, materiais e espaços adequados, além de questões de segurança. Com os simuladores, é possível simular experimentos que seriam inviáveis ou perigosos de realizar na prática, como situações extremas, fenômenos de alta complexidade ou em escalas muito reduzidas ou ampliadas. Dessa forma, os alunos podem explorar uma vasta gama de fenômenos físicos, ampliando seu conhecimento e compreensão do mundo ao seu redor.

Outra vantagem dos simuladores é a possibilidade de repetir os experimentos quantas vezes forem necessárias, permitindo que os alunos testem diferentes hipóteses, identifiquem padrões e realizem análises comparativas. Isso promove o desenvolvimento do pensamento científico e da habilidade de investigação, essenciais para a formação de um pensamento crítico e reflexivo. No entanto, é importante ressaltar que, apesar de suas vantagens, os simuladores computacionais possuem desvantagens a serem consideradas, entre elas destacam-se:

- Representação simplificada: Os simuladores podem fornecer uma representação simplificada da realidade, não permitindo que os alunos experimentem diretamente a natureza complexa e imprevisível do mundo físico.
- Limitações experimentais: A realização de experimentos reais no laboratório é fundamental para que os alunos vivenciem a natureza da ciência, compreendam a importância da coleta de dados empíricos e desenvolvam habilidades práticas, como manipulação de instrumentos e observação direta.

Portanto, o uso dos simuladores deve ser complementar e integrado a outras estratégias de ensino, a fim de proporcionar uma formação mais completa e significativa aos estudantes.

Em suma, os simuladores computacionais representam uma ferramenta poderosa e eficaz no ensino de Física, proporcionando uma abordagem mais

dinâmica, interativa e acessível aos alunos. Com eles, é possível ampliar a compreensão dos conceitos físicos, estimular o pensamento científico e promover a investigação. No entanto, é fundamental que os simuladores sejam utilizados de forma consciente, considerando suas desvantagens, como a representação simplificada e as limitações experimentais, e integrando-os a outras práticas pedagógicas, a fim de proporcionar uma formação completa e significativa aos estudantes.

2.3 LINGUAGEM DE PROGRAMAÇÃO PYTHON

Para criar simulações computacionais precisamos fazer uso de uma linguagem que seja entendida tanto pelo computador quanto pelo ser humano. No entanto, o computador usa internamente em seu processador a linguagem de máquina, que é uma sequência de instruções binárias (0s e 1s) que são interpretadas diretamente pelo processador. Essa linguagem é difícil de ser lida e escrita pelos seres humanos e é por isso que foram desenvolvidas outras linguagens de programação, como Python, Java e C++, que permitem escrever código em uma linguagem mais próxima da linguagem humana e, em seguida, o compilador ou interpretador traduz esse código em linguagem de máquina para que o processador possa executá-lo. Tais linguagens são ditas linguagens de alto nível.

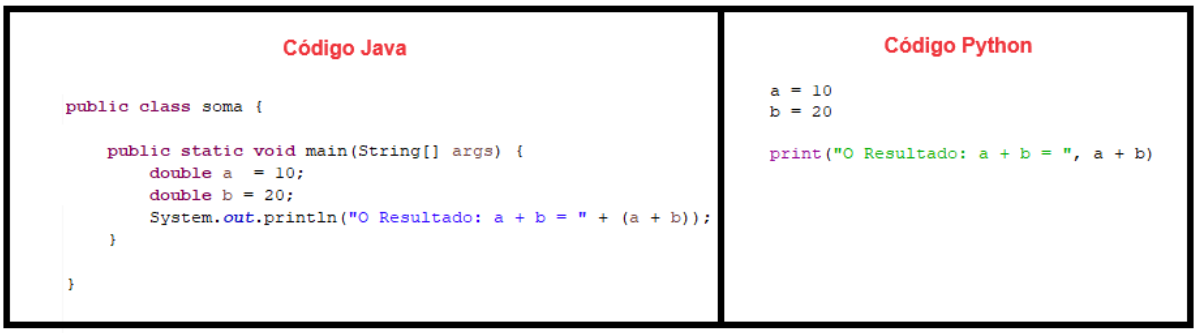
Neste trabalho, é apresentado um simulador do efeito fotoelétrico construído utilizando a linguagem de programação Python e um módulo da linguagem voltado para construção de objetos em três dimensões chamado VPython.

Python é uma linguagem de alto nível, isso significa que sua sintaxe é próxima da linguagem humana e que oferece um alto nível de abstração em relação aos detalhes do hardware e do sistema operacional. É também uma linguagem interpretada, ou seja, para executar programas feitos em Python, precisamos de um software interpretador que efetua a leitura das instruções escritas no código linha após a linha, traduzindo-as para linguagem de máquina para que o processador consiga executar as instruções. Este processo se repete a cada execução do programa.

Uma das grandes vantagens de uso da linguagem Python é a sua sintaxe enxuta, ou seja, se comparado a outras linguagens de programação, Python usa

menos código para realizar tarefas em comparação com outras linguagens de programação.

Figura 1 – Comparação de uma instrução escrita nas linguagens Java e Python



Fonte: Autoral

Em relação ao seu uso científico, Python é uma das linguagens de programação mais usada atualmente. Além de sua popularidade entre os iniciantes em programação, o Python também é amplamente utilizado em diversas áreas das ciências, isso se deve em grande parte à sua facilidade de uso e à disponibilidade de bibliotecas especializadas que permitem a análise e visualização de dados. Por exemplo, a biblioteca NumPy fornece recursos para computação científica, incluindo matrizes multidimensionais e funções matemáticas, enquanto a biblioteca SciPy oferece ferramentas para solução de equações diferenciais, otimização e processamento de sinais. Outra biblioteca popular é a Matplotlib, que permite a criação de gráficos e visualizações de dados em 2D e 3D.

No contexto científico, Python é usado para simulações numéricas, modelagem de sistemas físicos, análise de dados experimentais, criação de simuladores, controle de equipamentos de laboratório, modelagem molecular, simulações de dinâmica molecular e análise de dados espectroscópicos.

Dessa forma, Python é uma escolha popular não só para iniciantes em programação, mas também para cientistas e pesquisadores devido à sua facilidade de uso, bibliotecas especializadas e capacidade de integração com outras linguagens.

De acordo com Vieira (2018), o Python é uma linguagem de programação amplamente utilizada em análise de dados. Através de bibliotecas especializadas como Pandas e Numpy, é possível manipular e analisar dados de forma eficiente e

intuitiva, com a vantagem adicional da curva de aprendizado suave e sintaxe enxuta do Python.

Neste trabalho, foi utilizado para construção do simulador, um módulo da linguagem que permite construir simulações em três dimensões chamado VPython.

2.3.1 MÓDULO VPYTHON

O VPython é um módulo, ou seja, um conjunto de recursos desenvolvidos na linguagem de programação Python, que permite a criação de visualizações interativas em 3D de objetos físicos e cenários. Ao utilizar esse módulo, é possível desenvolver animações fascinantes, simulações realistas e modelos tridimensionais, que colaboram para uma compreensão aprofundada de fenômenos físicos complexos.

A criação de animações, simulações e modelos tridimensionais com o VPython permite aos alunos explorar e experimentar diferentes cenários e configurações. Eles podem interagir com os objetos virtuais, modificar parâmetros, como forças aplicadas ou características dos materiais, e observar as consequências dessas alterações. Dessa forma, o VPython estimula um aprendizado ativo, no qual os estudantes podem testar hipóteses, realizar experimentos virtuais e vivenciar as leis da Física de maneira prática e imersiva.

Além disso, o VPython oferece uma interface amigável e intuitiva, tornando mais acessível a criação de visualizações em 3D. Mesmo para aqueles sem experiência prévia em programação, o VPython permite que os alunos se concentrem nos conceitos físicos, sem se preocupar com a complexidade da codificação. Com apenas algumas linhas de código, eles podem criar objetos virtuais, definir suas propriedades e visualizar os resultados de suas interações em tempo real.

Um exemplo de animação simples que pode ser criada com o VPython é o movimento de um objeto em queda livre, como por exemplo, uma bola caindo verticalmente de uma certa altura. Utilizando o VPython, é possível simular esse movimento. Ao definir as propriedades físicas da bola, como sua posição inicial, velocidade e aceleração devido à gravidade, podemos criar uma animação que

mostra a trajetória da bola à medida que ela cai. A seguir temos o código fonte para esta animação e o print da tela da animação que é exibida diretamente no navegador.

Figura 2 – Codigo fonte Python para uma simulação de queda livre.

```
from vpython import *

# Configuração do cenário
scene = canvas(title='Queda Livre', width=800, height=600)
floor = box(pos=vector(0, -5, 0), size=vector(10, 0.1, 10), color=color.gray(0.5))

# Configuração do objeto em queda
ball = sphere(pos=vector(0, 10, 0), radius=1, color=color.red)
ball.velocity = vector(0, 0, 0)  # Velocidade inicial
ball.acceleration = vector(0, -9.8, 0)  # Aceleração devido à gravidade

# Vetor da aceleração da gravidade
arrow = arrow(pos=ball.pos, axis=ball.acceleration * 0.5, color=color.blue, shaftwidth=0.3)

# Loop de animação
dt = 0.01
while ball.pos.y > ball.radius:
    rate(100)  # Taxa de atualização da animação
    ball.velocity += ball.acceleration * dt
    ball.pos += ball.velocity * dt
    arrow.pos = ball.pos
```

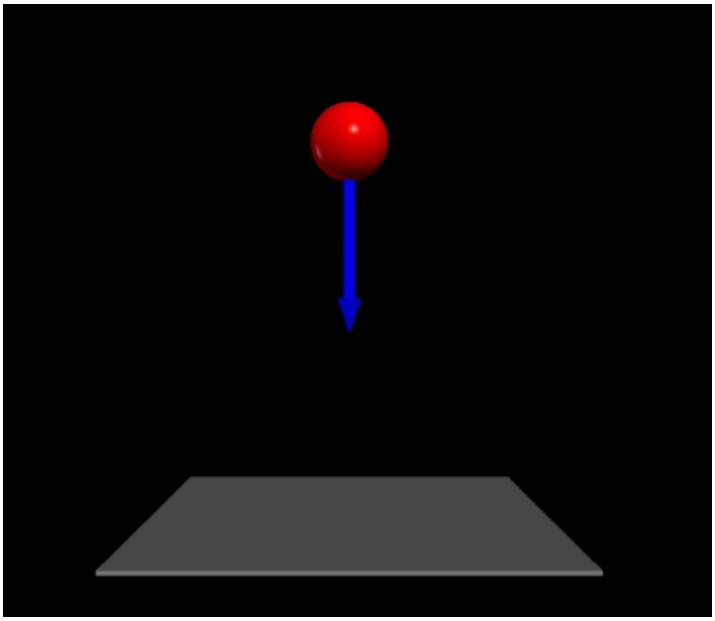
Fonte: Autoral

Neste código, começamos configurando a cena e criando um piso para a bola cair. Em seguida, definimos as propriedades físicas da bola, como sua posição inicial, raio e cor. A velocidade inicial é definida como zero, enquanto a aceleração é configurada para simular a gravidade.

O loop de animação é responsável por atualizar a posição da bola em cada quadro da animação. A cada iteração do loop, a velocidade da bola é atualizada de acordo com a aceleração e o tempo decorrido. Em seguida, a posição é atualizada com base na velocidade. A animação continua até que a bola atinja o chão, o que é verificado pela condição ball.pos.y > ball.radius.

O VPython usa O WebGL (Web Graphics Library) que é uma API para renderizar as animações 3D, e a exibição ocorre dentro de um navegador da web. Portanto, ao executar o código, ele será aberto em um navegador da web para exibir a animação. Poderíamos, no entanto, acrescentar códigos adicionais e pacotes para exibir em ambiente de desenvolvimento ou janela do sistema operacional.

Figura 3 – Resultado da simulação de queda livre mostrado no navegador



Fonte: Autoral

No código de simulação de queda livre em VPython, a bola é representada como um objeto 3D com uma posição (ball.pos), velocidade (ball.velocity) e aceleração (ball.acceleration). A cada iteração do loop de animação, a velocidade e a posição da bola são atualizadas com base na aceleração da gravidade e no tempo decorrido. A aceleração da gravidade é definida como um vetor com uma componente apenas na direção vertical, apontando para baixo.

Comparando com a matemática básica desse fenômeno, podemos relacionar a posição (ball.pos) da bola com a altura em que ela está ao longo do tempo. A velocidade (ball.velocity) representa a taxa de mudança da posição, enquanto a aceleração (ball.acceleration) é a taxa de mudança da velocidade. Na simulação, a aceleração é constante e igual à aceleração da gravidade.

Usando fórmulas básicas de cinemática, podemos descrever a relação entre a posição, velocidade e aceleração em termos matemáticos. Neste código podemos ver o emprego da equação utilizada para encontrar a posição da bola.

A linha ball.velocity += ball.acceleration * dt atualiza a velocidade da bola com base na aceleração multiplicada pelo intervalo de tempo dt. Essa linha é equivalente à parte velocidade inicial * tempo da fórmula da posição.

Em seguida, a linha ball.pos += ball.velocity * dt atualiza a posição da bola com base na velocidade multiplicada pelo intervalo de tempo dt. Essa linha é

equivalente à parte velocidade inicial * tempo + 0.5 * aceleração * tempo^2 da fórmula da posição.

$$S = S_0 + v_0 t + \frac{1}{2} g \cdot t^2$$

O código em VPython traduz esses conceitos matemáticos em um ambiente de simulação visual, onde a bola é exibida em queda livre em resposta à aceleração da gravidade. Isso torna mais fácil compreender intuitivamente os conceitos de posição, velocidade e aceleração, pois podemos visualizar a bola em movimento de acordo com as equações matemáticas envolvidas.

Em resumo, o VPython é uma ferramenta valiosa no ensino de Física, pois proporciona aos alunos uma experiência prática e imersiva, permitindo a visualização e a exploração de fenômenos físicos complexos. Ao utilizar essa ferramenta, os estudantes podem desenvolver uma compreensão mais profunda dos conceitos, testar suas hipóteses e aprimorar suas habilidades de resolução de problemas, tudo isso de forma interativa e estimulante.

2.4 O EFEITO FOTOELÉTRICO

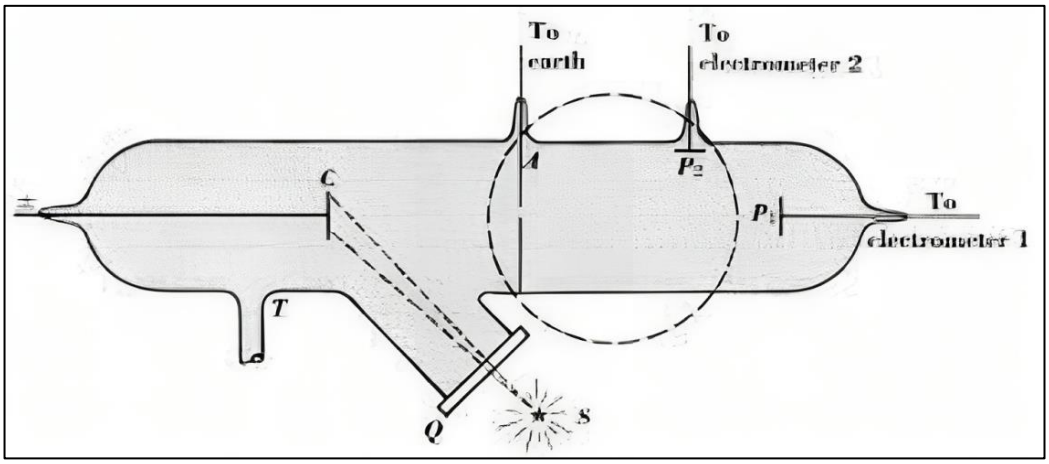
O efeito fotoelétrico é um fenômeno físico que ocorre quando fótons, partículas de luz, são absorvidos por um material, o que resulta na emissão de elétrons. Esse efeito foi descoberto no final do século XIX por Heinrich Hertz, mas foi em 1905 que Albert Einstein propôs uma explicação teórica para o fenômeno, em um artigo intitulado "Sobre um ponto de vista heurístico referente à produção e transformação da luz" (EINSTEIN, 1905), publicado na revista Annalen der Physik, volume 17, em 1905.

O experimento de Heinrich Hertz, realizado em 1887, tinha como objetivo confirmar a teoria ondulatória da luz de James Clerk Maxwell, mas acabou levando à descoberta do efeito fotoelétrico, que foi fundamental para a compreensão da natureza da luz. Hertz utilizou um circuito sintonizado com um centelhador para gerar ondas eletromagnéticas, e um circuito semelhante para detectá-las. Durante os experimentos, ele observou acidentalmente que a luz facilitava a produção de

centelhas quando deixava de incidir no centelhador do receptor. Esse efeito foi posteriormente identificado como o efeito fotoelétrico.

Os resultados, publicados por Hertz foram complementados por outros pesquisadores, que descobriram que partículas negativas eram emitidas quando uma superfície limpa era exposta à luz. Em 1900, o físico P. V. Lenard submeteu essas partículas a um campo magnético e descobriu que elas apresentavam uma razão carga-massa da mesma ordem que a observada nos raios catódicos estudados por Thomson, ou seja, eram elétrons.

Figura 4 – Esquema usado por Lenard para observar o efeito fotoelétrico.



Fonte: https://editorarealize.com.br/artigo/visualizar/56729

A interpretação do efeito fotoelétrico como evidência da natureza corpuscular da luz foi uma contribuição fundamental de Albert Einstein em 1905. Sua teoria dos fótons descreveu a luz em termos de partículas energéticas discretas, o que foi um avanço revolucionário na época. Essa interpretação teve um papel crucial no desenvolvimento da teoria quântica e da física moderna como um todo.

Além de suas implicações teóricas, o efeito fotoelétrico também possui diversas aplicações práticas, como a construção de células solares, sensores de luz e dispositivos de imagem. A interpretação de Einstein foi uma contribuição teórica que permitiu uma explicação mais completa do fenômeno observado experimentalmente.

No artigo, Einstein propôs que a luz é composta por partículas discretas de energia, que chamou de fótons. Ele mostrou que, quando um feixe de luz incide

sobre um material, os fótons podem transferir sua energia para os elétrons do material, fazendo com que esses elétrons sejam ejetados do material. Esse processo é conhecido como efeito fotoelétrico.

O Efeito Fotoelétrico está sempre presente em nosso cotidiano nas mais variadas formas e funções. Sem ele diversas tecnologias existentes nos dias atuais não teriam existido. Basicamente, a descoberta desse fenômeno permitiu a criação de dispositivos elétricos denominados células fotoelétricas. Estes dispositivos tem a capacidades de converter a luz solar diretamente em energia elétrica por meio do efeito fotoelétrico. Essas células são compostas por materiais semicondutores, geralmente à base de silício, que possuem propriedades especiais que permitem a absorção da luz e a geração de corrente elétrica.

Graças a criação de dispositivos fotoelétricos hoje podemos usufruir de diversos aparelhos como a televisão, câmeras fotográficas, alarmes, sensores para abertura de portas, celulares, interruptores automáticos entre outras aplicações.

2.4.1 EXPLICAÇÃO DE EINSTEIN

Refinando a hipótese de Planck, Einstein apresentou uma interpretação bastante simples da experiência de Lenard. Ele propôs sua teoria sobre o efeito fotoelétrico baseado nas ideias de Planck sobre a quantização da energia utilizando a relação de Planck que relaciona a energia do fóton com sua frequência dada por:

$$E = hf$$

Onde E é a energia do fóton, h é a constante de Planck e f é a frequência da luz.

Segundo Einstein, cada elétron fotoelétrico é liberado após a absorção de uma partícula de energia luminosa, que ele chamou de "quantum de luz" (Licht quantum), conhecido atualmente como fóton, reestabelecendo uma concepção corpuscular da luz com essa hipótese. A energia de cada partícula está relacionada

a uma frequência e, portanto, a um fenômeno ondulatório que explica as interferências.

Se um elétron estiver a uma certa distância da superfície do material do cátodo, será necessária uma certa energia U' para extrair o elétron do metal. Supondo que a energia residual esteja completamente na forma cinética, um elétron que é liberado do metal pela ação de um fóton com frequência f terá energia:

$$U = hf - U'$$

Dentro do metal, os elétrons estão em movimento térmico aleatório. Os elétrons mais rápidos, ou seja, aqueles com maior energia, exigem menos energia para serem extraídos. Chamamos o valor mínimo de U' de energia de trabalho de extração denotada por W. Portanto, a energia máxima será:

$$U_m = hf - w$$

A relação estabelecida por Einstein tem as seguintes implicações quantitativas:

A energia cinética máxima, U_m de um elétron fotoelétrico é uma função linear da frequência da radiação incidente, com a constante de proporcionalidade igual a h.

O efeito fotoelétrico só pode ocorrer para um determinado material quando a frequência da radiação for maior que um determinado limiar fotoelétrico f0, onde:

$$f_0 = \frac{w}{h}$$

O valor de f_0 é conhecido como limiar fotoelétrico do metal considerado.

Em síntese, a energia necessária para ejetar um elétron depende apenas da frequência da luz incidente. Se a frequência da luz for muito baixa, a energia do fóton será insuficiente para ejetar os elétrons. Somente quando a frequência da luz atingir um valor mínimo, chamado de frequência limiar, é que os elétrons poderão ser ejetados.

Por outro lado, a intensidade da luz afeta o número de elétrons ejetados por unidade de tempo, mas não a energia cinética máxima dos elétrons. Aumentar a intensidade da luz significa aumentar o número de fótons incidentes, o que resulta em um maior número de elétrons ejetados. No entanto, a energia individual de cada fóton não é afetada pela intensidade da luz.

Dessa forma, é importante destacar que a frequência da luz determina a energia necessária para o efeito fotoelétrico ocorrer, enquanto a intensidade da luz afeta a quantidade de elétrons ejetados. Esses dois aspectos podem ser considerados independentes no contexto do efeito fotoelétrico.

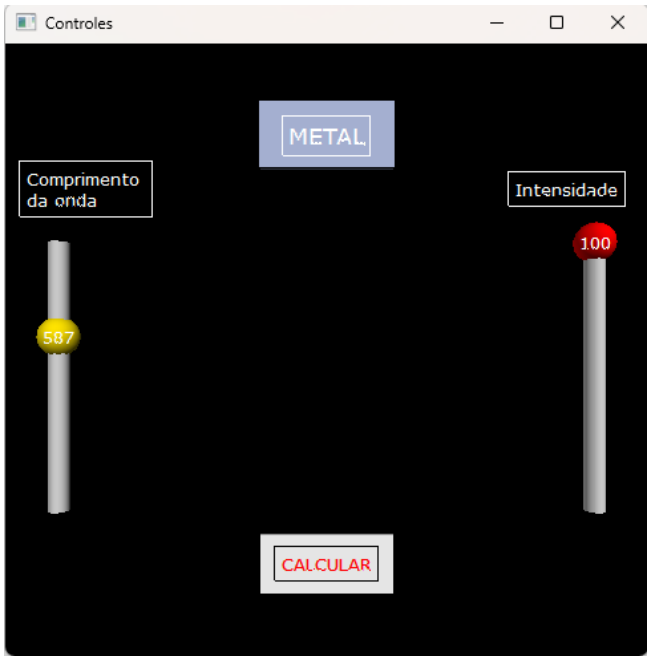
3 RESULTADOS

O simulador proposto neste trabalho foi escrito utilizando a linguagem de programação Python por motivos já discutidos em capítulos anteriores, juntamente com um módulo da linguagem utilizado para a construção das formas em três dimensões chamado VPython. Com este módulo conseguimos criar as janelas do simulador e todos os objetos da animação utilizando conceitos simples de matemática, sem a necessidade de um estudo aprofundado da linguagem de programação.

Para executar o simulador é necessário instalar o interpretador Python e módulo VPython, seguindo os passos descritos no Apêndice A. Para a execução do simulador pode-se seguir umas das formas descritas no Apêndice B.

A apresentação visual do simulador consiste em duas janelas distintas. A primeira janela denominada “Controles” é usada para interagir com o programa manipulando suas variáveis que são: comprimento de onda, intensidade da luz e metal. Nesta tela temos também o botão calcular, que ao ser clicado executa uma função que efetua os cálculos com os valores das variáveis naquele instante e retorna os resultados no console que está sendo usado para execução do simulador.

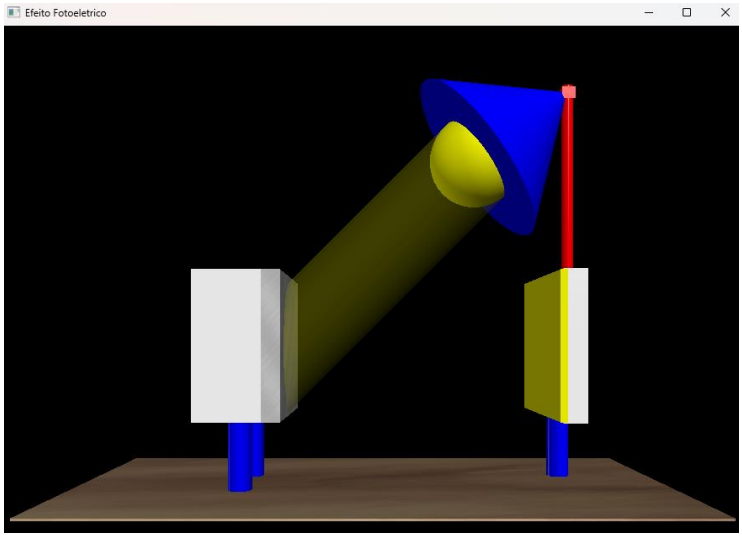
Figura 5 – Janela de Controles para manipulação das variáveis



Fonte: Autoral

A segunda janela do simulador mostrará a animação do experimento contendo uma estrutura semelhante aos esquemas utilizadas nos experimentos de efeito fotoelétrico, formado por uma fonte de luz, um suporte com uma placa onde estará o metal escolhido na tela de controles, e uma outra placa no lado oposto onde os elétrons ejetados do metal serão absorvidos.

Figura – 6 Janela de animação do simulador

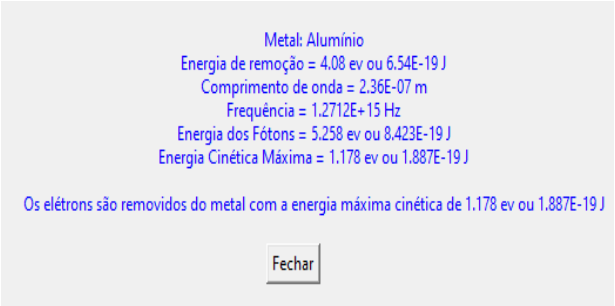


Fonte: Autoral

Ao manipular o controle de intensidade é possível perceber a opacidade da luz que incide sobre a placa da esquerda aumentar ou diminuir de acordo com a intensidade escolhida no controle. Da mesma forma se manipularmos o controle que corresponde ao comprimento de onda podemos ver a mudança na coloração da luz, sendo que ao escolher um comprimento fora do espectro da luz visível a mesma desparece como esperado.

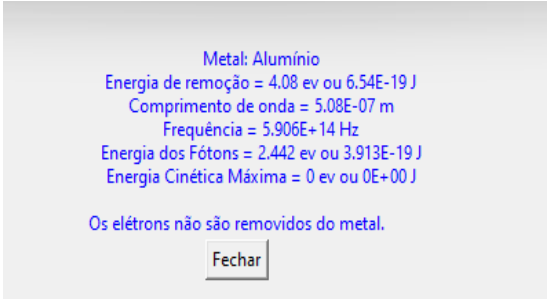
Se clicarmos no botão Calcular na janela de controles, serão executados alguns cálculos utilizando as equações discutidas anteriormente. Estes resultados são apresentados em uma terceira tela contendo os valores de cada variável e resultados como mostra a Figura 7. Durante a exibição dos resultados a animação ficará pausada até que a janela de resultados seja fechada.

Figura 7 – Resultado com ejeção de elétrons



Fonte: Autoral

Figura 8 – Resultado sem ejeção de elétrons



Fonte: Autoral

Nas janelas de resultados é possível ver ainda uma mensagem indicando se foram ejetados ou não elétrons da placa de metal para os valores de comprimento de onda e metal escolhidos. Comprando os resultados da Figura 7 com os resultados da Figura 8 podemos ver que para uma energia cinética máxima igual a zero não são ejetados elétrons da placa de metal.

Para os metais utilizados no simulador foram usadas as seguintes constantes da Tabela 1 como referência para função trabalho dos metais.

Tabela 1 – Energia de remoção dos metais utilizados para a simulação.

METAL	**ERNEGIA DE REMOÇÃO (eV)**
Alumínio	4,08
Cobre	4,7
Platina	6,35
Ferro	4,5
Ouro	5,1
Sódio	2,28
Chumbo	4,14
Cobalto	5,0
Zinco	4,3

Fonte: Autoral

4 CONCLUSÃO

No presente trabalho, foi abordada a relevância do uso de simulações computacionais no ensino de física como uma alternativa aos experimentos laboratoriais, quando não é possível replicá-los em sala de aula. O objetivo principal foi demonstrar a importância das Tecnologias da Informação e Comunicação (TICs) no contexto educacional, destacando o potencial das simulações como ferramentas de ensino.

O ensino de física enfrenta desafios específicos, como a necessidade de ilustrar conceitos complexos e abstratos, além das limitações práticas relacionadas à disponibilidade de equipamentos e recursos em laboratórios escolares. Nesse contexto, as simulações computacionais surgem como uma solução promissora, permitindo aos alunos explorar virtualmente diferentes cenários, manipular variáveis e observar os efeitos resultantes, mesmo quando a realização de experimentos reais é inviável. Ao abordar a importância das simulações no ensino de física, destaca-se o potencial transformador das TICs na educação. Como vimos no decorrer deste estudo, as simulações oferecem uma abordagem interativa e dinâmica para o aprendizado, permitindo que os alunos assumam um papel ativo na exploração de conceitos físicos. Através das simulações, os alunos podem visualizar e manipular fenômenos, desenvolvendo um entendimento mais profundo dos princípios físicos subjacentes.

A escolha de linguagem de programação Python para construção do simulador foi é baseada em uma série de vantagens que o Python oferece para a construção de simulações científicas. Uma das principais razões para utilizar Python é a sua sintaxe simples e legível, que facilita o desenvolvimento e compreensão do código, mesmo para aqueles que não possuem uma formação em programação avançada. Essa característica torna Python uma linguagem acessível para professores e alunos que desejam criar suas próprias simulações. Sua ampla variedade de bibliotecas científicas e ferramentas específicas para simulações físicas faz dessa linguagem perfeita para construção de simuladores.

Ficou evidente que as simulações computacionais oferecem diversas vantagens em relação aos experimentos tradicionais em laboratório. Uma das principais vantagens é a possibilidade de repetição ilimitada das simulações,

permitindo que os alunos experimentem diferentes condições e observem os efeitos resultantes. Além disso, as simulações podem simplificar a visualização de fenômenos abstratos ou inacessíveis no laboratório, tornando-os mais concretos e compreensíveis.

Outro ponto importante é a flexibilidade proporcionada pelas simulações computacionais. Elas permitem que os estudantes alterem parâmetros e variáveis, explorando diferentes cenários e observando os efeitos correspondentes. Essa flexibilidade promove a experimentação ativa e o desenvolvimento de habilidades de resolução de problemas, incentivando a participação ativa dos alunos no processo de aprendizagem.

As simulações computacionais podem oferecer um ambiente seguro para a exploração de fenômenos perigosos ou custos de serem reproduzidos no laboratório. Por exemplo, experimentos relacionados à radiação ou situações de risco podem ser simulados de forma segura, sem comprometer a integridade física dos alunos ou incorrer em altos custos.

É importante ressaltar que as simulações computacionais não devem substituir completamente os experimentos laboratoriais, mas sim complementá-los. Os experimentos reais proporcionam experiências práticas e concretas, estimulando os sentidos e proporcionando uma compreensão mais completa dos fenômenos físicos. No entanto, as simulações podem preencher lacunas e expandir as possibilidades de experimentação, especialmente em situações em que os recursos físicos são limitados.

Diante disso, conclui-se que as simulações computacionais representam uma ferramenta valiosa no ensino de física, permitindo aos alunos uma abordagem mais interativa e dinâmica dos conceitos teóricos. A utilização de TICs no ensino, como as simulações, amplia as oportunidades de aprendizagem, auxiliando na compreensão dos fenômenos físicos e no desenvolvimento de habilidades científicas.

Recomenda-se que educadores e instituições de ensino incorporem cada vez mais as simulações computacionais em suas práticas pedagógicas, buscando explorar o potencial dessas ferramentas no aprimoramento do processo de ensino-aprendizagem. Além disso, sugere-se o contínuo desenvolvimento de simuladores e o compartilhamento de recursos educacionais abertos, promovendo a colaboração entre professores e a disseminação do conhecimento.

Por fim, espero que este trabalho tenha contribuído para a conscientização sobre a importância das TICs e das simulações computacionais no ensino de física, destacando a necessidade de adaptar as estratégias de ensino às demandas do mundo digital, preparando os estudantes para um futuro cada vez mais tecnológico e promovendo uma educação mais inclusiva e acessível.

REFERÊNCIAS

AUSUBEL, D. P. **Aquisição e retenção de conhecimentos: uma perspectiva cognitiva**. Lisboa: Plátano, 2003.

BARBETA, V. B.; BECHARA, J. M. **Uso de simulações em computador em aulas de laboratório de física**. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENSINO DE ENGENHARIA - COBENGE, 24., 1996, Manaus. Disponível em: <https://scholar.google.com.br/citations?view_op=view_citation&hl=en&user=iU1FicIAAAAJ&citation_for_view=iU1FicIAAAAJ:ufrVoPGSRksC>. Acesso em 05 jul. 2023.

CARVALHO, F. S. C.; SILVA, C. A. S. O uso de tecnologias computacionais no ensino de física. *Revista de Ensino de Física*, v. 39, n. 1, 2017.

EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA (COBENGE), 24, 1996, Manaus, AM. Anais... Passo Fundo: Universidade de Passo Fundo, 1996. Disponível em: <https://www.atenaeditora.com.br/catalogo/dowload-post/41218>. Acesso em 05 jul. 2023.

MOYSÉS, L. N. **Física moderna: fundamentos e aplicações**. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2003.

TIPLER, P. A.; LLEWELLYN, R. A. **Física Moderna**. 6. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2014.

EINSTEIN, A. **Ueber einen die Erzeugung und Verwandlung des Lichtes betreffenden heuristischen Gesichtspunkt**. Annalen der Physik, v. 17, p. 132-140, 1905. Disponível em: <http://echo.mpiwg-berlin.mpg.de/MPIWG:9Y16XU4Q>. Acesso em: Acesso em 05 jul. 2023.

APÊNDICE A – INSTALAÇÃO DE PROGRAMAS

Instalação da linguagem Python e módulo VPython para execução do simulador:

1 – Baixe a pasta com os instaladores e módulos no link https://drive.google.com/drive/folders/1dppy8mPsinbufiaLkAlhQNaZ2AZq2qbd?usp=sharing

2 – Extraia os arquivos da pasta e instale a versão 3.2.2 do Python que se encontra na pasta.

3 – Instale o módulo 5.74 do Vpython que se encontra na pasta

4 – Abra a pasta materials, copie todo conteúdo e cole no diretório de pacotes do VPython que está dentro da pasta de instalação do Python. No Windows este diretório se encontra no caminho C:\Python32\Lib\site-packages\vis (sendo C:\Python32 a pasta onde o Python será instalado por padrão.), colando todos os seus conteúdos para a pasta indicada, substituindo o ficheiro já existente "materials.py".

APÊNDICE B – EXECUÇÃO DO SIMULADOR

Como executar o simulador:

Com o Python e módulos instalados podemos executar o simulador de três formas:

Execução pelo terminal do Windows

Abra a pasta onde está o script efeito_fotoeletrico.py, selecione o script e clique com o botão direito do mouse, selecione a opção abrir com e escola a opção Python. Abrirá as duas janelas do simulador juntamente com uma tela do CMD onde aparecerá os resultados obtidos ao clicar em Calcular no simulador.

Execução pela IDLE do Python

Na barra de pesquisa do sistema operacional pesquise por IDLE, será mostrado na busca o aplicativo IDLE(Python). Execute o IDLE. Na janela do IDLE clique em File na parte superior esquerda, depois em Open e navegue até o arquivo efeito_fotoeletrico.py, clique em Abrir, na nova janela clique em RUN na parte superior ou aperte a tecla F5 para executar. O simulador será mostrado, os cálculos apareceram na janela de console do IDLE.

Execução por IDE

Para usuários avançados é possível a execução pela IDE de preferência desde que a versão correta do Python esteja configurada para execução.