

# Eclipses, Relatividade Geral e Sobral: Uma abordagem usando Realidade Aumentada

Dornel, A. P.<sup>1\*</sup>; Buffon, L. O.<sup>2+</sup>; Barros, M.F.<sup>3&</sup>; Evangelista, R. L.<sup>2§</sup>; Piumbini, C. K.<sup>2!</sup>

<sup>1</sup>Programa Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência (PIBID), Licenciatura em Física – NEEF (Núcleo de Estruturação do Ensino de Física) - Instituto Federal do Espírito Santo, Cariacica, ES, Brasil.

<sup>2</sup>NEEF (Núcleo de Estruturação do Ensino de Física) – Coordenadoria de Física - Instituto Federal do Espírito Santo, Campus Cariacica, ES, Brasil.

<sup>3</sup>Programa Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência (PIBID) – Secretaria da Educação do Estado do Espírito Santo (SEDU), ES, Brasil.

E-mails: \*alerfpdornel@hotmail.com; +buffon@ifes.edu.br; &marconibarro05@gmail.com; §robson.leone@ifes.edu.br; !cleiton.kenup@ifes.edu.br

## Resumo

Este artigo relata a construção e a aplicação de um material didático na forma de Caderno Pedagógico (CP) contendo Tecnologias de Informação e Comunicação (TICs) do tipo Realidade Aumentada (RA). Os assuntos abordados no CP foram os Eclipses em geral, e em especial, a comprovação da Teoria da Relatividade Geral (TRG) ocorrida no Brasil, na cidade de Sobral no Ceará, durante o eclipse total do Sol em 1919. Este material didático consistiu em uma das intervenções realizadas em 2019 no Programa Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência (PIBID), do curso de Licenciatura em Física do Instituto Federal do Espírito Santo, campus Cariacica, atuando numa turma de 2ª série do ensino médio da escola EEEFM Maria Ortiz, localizada no centro de Vitória, ES. O CP engloba metodologias não tradicionais de ensino pois pretende inserir no ensino médio a Física Moderna e Contemporânea (FMC), a História da Ciência no Brasil, a Astronomia e ainda o uso de tecnologia na sala de aula. Os resultados da aplicação mostraram que este tipo de material tem bom potencial para apoio ao professor pois conseguiu despertar um grande interesse entre os alunos.

Palavras chaves: Teoria da Relatividade Geral, Eclipses, Realidade Aumentada.

## Abstract

This article reports the construction and application of didactic material in the form of a Pedagogical Notebook (CP) containing information and communication technologies (ICTs) of the Augmented Reality (AR) type. The subjects covered in the CP were Eclipses in general, and in particular, the proof of the Theory of General Relativity (TRG) that occurred in Brazil, in the city of Sobral in Ceará, during the total eclipse of the Sun in 1919. This didactic material consisted of one of the interventions carried out in 2019 in the Institutional Program for Teaching Initiation Scholarships (PIBID), of the Physics Degree course at the Federal Institute of Espírito Santo, campus Cariacica, working in a 2nd year class of high school at EEEFM Maria Ortiz, located in the center of Vitória, ES. The CP encompasses non-traditional teaching methodologies as it intends to insert Modern and Contemporary Physics (FMC), the History of Science in Brazil, Astronomy and the use of technology in the classroom in high school. The results of the application showed that this type of material has good potential to support the teacher because it managed to arouse great interest among students.

Keywords: Theory of General Relativity, Eclipses, Augmented Reality, Sobral.

## 1. Introdução

Atualmente, no Brasil, o conteúdo de Física Moderna e Contemporânea (FMC), definida como a física desenvolvida nos séculos XX e XXI, é pouco abordado nas escolas de ensino médio, onde há um predomínio

da chamada Física Clássica, considerada como a física anterior ao século XX. Pode-se dizer que a Física Moderna surgiu com o advento da Física Quântica, a partir de 1900, conseguindo explicar fenômenos do domínio microscópico dos átomos, moléculas e partículas elementares, e com a Teoria da Relatividade Restrita (TRR), proposta em 1905, adequada para

explicar fenômenos que ocorrem a velocidades próximas da velocidade da luz. Já em 1915, Albert Einstein introduziu a Teoria da Relatividade Geral (TRG), como uma versão mais completa para entender a gravitação.

Diversos autores têm defendido a inserção da FMC no ensino médio como uma forma de motivar os alunos, aproximá-los de novas tecnologias e também para que eles percebam como as ciências, em geral, evoluem [1, 2, 3]. Contudo, um estudo sistemático da FMC no ensino médio esbarra nos métodos matemáticos mais avançados e nos princípios anti-intuitivos dessas teorias. Diante dessa questão, a pergunta que surge é: como conseguir introduzir a FMC no ensino médio?

Vários documentos oficiais citam a necessidade de se ensinar essa física mais atual, dentre eles, a BNCC [4], que na área do conhecimento de Ciências da Natureza, afirma a necessidade do aluno de “compreender e interpretar o mundo (natural, social e tecnológico), mas também de transformá-lo com base nos aportes teóricos e processuais das ciências”.

Em relação às tecnologias, as mudanças estão cada vez mais intensas e rápidas, sendo necessário levar isso também para a educação, e a física, em particular, está na base de várias dessas novas tecnologias. Na atualidade, existe uma quantidade enorme de informações disponíveis e o professor pode utilizar esses recursos em suas aulas, pois os alunos podem obter informações e aprender através de diversas formas, tais como vídeos, jogos, séries, filmes, etc.

Diante disso, o subprojeto do PIBID do Curso de Licenciatura em Física do Instituto Federal do Espírito Santo – Campus Cariacica, tem incentivado a criação de propostas didáticas que ensinem FMC e/ou utilizando Tecnologias de Informação e Comunicação (TICs), como uma forma de aproximar os alunos da ciência e da tecnologia mais atuais. Nessa linha, um dos grupos PIBID produziu um material didático na forma de um caderno pedagógico<sup>1</sup> (CP) utilizando a tecnologia de Realidade Aumentada (RA). O tema da física escolhido foi a comprovação da TRG ocorrida no Brasil, mais especificamente na cidade de Sobral no Ceará, durante o eclipse total do Sol de 1919. No ano de 2019 em que foi realizada essa intervenção, comemorou-se exatamente os 100 anos desse fato e houve um destaque na mídia científica sobre o assunto.

O trabalho relatado nesse artigo conseguiu abordar de forma conjunta diversas metodologias e temas, tais como: uma importante teoria da FMC, que é a TRG, a História da Ciência no Brasil com o Eclipse Solar de Sobral de 1919, um tema central da Astronomia que são

os eclipses, elementos de ótica geométrica e ainda uma tecnologia atual que é a RA. Em relação à Astronomia, o CP está em consonância com a BNCC [4], cuja unidade da Terra e Universo, tem como objetivo compreender as “características da Terra, do Sol, da Lua e de outros corpos celestes – suas dimensões, composição, localizações, movimentos e forças que atuam entre eles”.

O objetivo deste artigo é apresentar como o CP foi construído, seu funcionamento e a implementação das tecnologias de RA e também relatar uma aplicação didática realizada numa turma do ensino médio. Na próxima seção é apresentada uma breve revisão conceitual sobre o fenômeno do encurvamento do raio de luz, descrito pela TRG. As seções seguintes tratam do uso das TICs na educação, os métodos de RA utilizados e a construção do material didático que compõe o CP. Por fim, são apresentados um relato da intervenção na turma e as conclusões

## 2. A gravidade encurvando a luz

A Teoria da Gravitação Universal, proposta em 1687 por Isaac Newton, afirma que “se dois corpos possuem massas, ambos estão submetidos a uma força de atração mútua proporcional às suas massas e inversamente proporcional ao quadrado da distância que separa seus centros de gravidade”. Até o final do século XIX, essa teoria conseguia descrever a maioria dos fenômenos relacionados à interação gravitacional. Porém, dentro do contexto da teoria newtoniana, a luz por não ter massa não seria afetada pela gravidade.

Em 1915, Albert Einstein introduziu uma nova teoria da gravitação sem o conceito de força gravitacional, onde a gravidade é o resultado da deformação do espaço-tempo [5]. Trata-se de uma teoria matematicamente complexa, pois necessita de uma formulação quadridimensional do espaço-tempo e, portanto, muito difícil de ser ensinada no ensino médio. Uma das previsões dela é que um raio luminoso é necessariamente encurvado por um campo gravitacional, pois segue a curvatura do espaço-tempo.

Este fenômeno pode ser explicado de forma qualitativa usando-se o chamado princípio da equivalência, que afirma que: “Um campo gravitacional uniforme  $\vec{g}$  é equivalente a um referencial não inercial com aceleração  $\vec{a} = -\vec{g}$ , se deslocando numa região sem a presença de campo gravitacionais”. A figura (1a) mostra um raio luminoso se propagando em linha reta no vácuo na ausência completa de campos gravitacionais. Quando este raio se aproxima de um planeta, um observador neste planeta observará a ação do campo gravitacional sobre o raio de luz. Usando o princípio da equivalência é possível substituir a situação por um raio luminoso se propagando em linha reta no vácuo sendo observado por um referencial acelerado ( $S'$ ). Na figura

<sup>1</sup> O Caderno Pedagógico pode ser visualizado no link: <https://drive.google.com/file/d/16D2jpYLnWeeACTIdHr9ZWfKYZzdd51Fj/view?usp=sharing>

(1a) temos a visão a partir de um referencial inercial  $S$ , com a luz se propagando em linha reta e uma nave acelerando transversalmente com aceleração  $\vec{a} = -\vec{g}$ , sendo as posições registradas em instantes de tempos  $t_1, t_2, t_3$  e  $t_4$ , medidos em intervalos iguais. É perceptível que o referencial  $S'$  da nave está acelerando, pois, o seu deslocamento aumenta a cada instante de tempo igual. Na figura (1b) temos a visão da trajetória do raio de luz a partir do referencial  $S'$  e percebe-se nitidamente que ela é encurvada numa trajetória parabólica, semelhante aos lançamentos de projéteis da mecânica newtoniana. O encurvamento ocorre devido ao deslocamento relativo entre  $S'$  e o raio de luz.

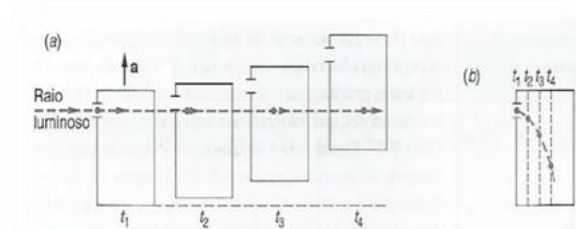


Figura 1: Em (a) um raio de luz se propaga no vácuo em linha reta observado a partir de um referencial inercial  $S$  na ausência de campo gravitacional. Uma nave (referencial  $S'$ ) se desloca transversalmente com aceleração  $\vec{a} = -\vec{g}$ . Em (b) temos o ponto de vista de um observador no referencial não inercial da nave. Para ele o encurvamento ocorre, pois, entre os intervalos de tempos iguais o deslocamento relativo entre  $S'$  e o raio de luz vai aumentando.  
Fonte: Tipler e Llewellyn (2012, p.63).

Assim, retornando ao caso de um observador na superfície do planeta e na presença de um campo gravitacional, para ele, o raio luminoso possui a mesma trajetória curva vista na figura (1b). Para confirmar essa previsão da TRG, Einstein percebeu que era necessário que a luz passasse próximo a um campo gravitacional intenso e então propôs fotografar as estrelas durante um eclipse total do Sol (ver figura 2).

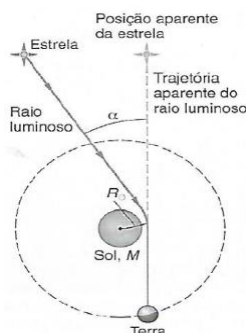


Figura 2: Deflexão da luz proveniente de uma estrela devido ao campo gravitacional do Sol. Fonte: Tipler e Llewellyn (2012, p.63).

Medições das posições aparentes das estrelas permitiriam determinar o ângulo de deflexão  $\alpha$  e comparar com as previsões teóricas. Observações realizadas no Eclipse do Sol de 1919, em Sobral no Ceará, comprovaram a previsão da TRG.

### 3. O uso das tecnologias na educação

Historicamente, os materiais didáticos têm evoluindo de acordo com os avanços tecnológicos. Schramm [6] e Justino [7] classificam os materiais didáticos como:

- Meios de ensino de primeira geração – cartazes, mapas, gráficos, materiais escritos, exposições, modelos, quadro negro, etc.;
- Meios de ensino de segunda geração – manuais, livros-textos e de exercícios, testes impressos etc.;
- Meios de ensino de terceira geração – fotografias, filmes, discos, rádio, televisão;
- Meios de ensino da quarta geração constituem instrução programada, laboratórios de línguas e emprego de computadores.
- Meios de ensino de quinta geração, em que os materiais didáticos ou meios de ensino utilizados seriam a internet, DVD, retroprojetor e Datashow.

Diante disso, os setores educacionais, formais e não formais, precisam se apropriar dessas tecnologias computacionais e de comunicação, de forma a melhorar a qualidade de ensino e o interesse dos alunos e do público em geral. Santos [8], assinala que existem vantagens em usar ferramentas que facilitem a visualização dos fenômenos a serem estudados, favorecendo o desenvolvimento da capacidade de observação, aproximando o participante da realidade. O uso das tecnologias por parte dos alunos não será obstáculo pois os adolescentes, em geral, já possuem celulares e tablets e os manuseiam muito bem.

Kirner e Siscoutto [9] definem a RA como “o enriquecimento do ambiente real com objetos virtuais, usando algum dispositivo tecnológico, funcionando em tempo real”. Desse modo os objetos reais e virtuais parecem coexistir. A tecnologia RA pode melhorar a visualização, comunicação e interação entre pessoas e delas com novas informações, e assim se justifica a produção e disponibilização de materiais didáticos de qualidade para uso livre dos professores. Em particular, na Astronomia, a possibilidade de visualização dos objetos de estudo usando RA possui um grande potencial.

### 4. O caderno pedagógico

Sua construção foi realizada através da plataforma CANVA inicialmente com o uso de QR-Codes. Esta plataforma é *online* e tem a vantagem de poder ser usada por pessoas que não são designers profissionais. Em seguida, surgiu a possibilidade de introduzir a tecnologia de RA e para tal optou-se em utilizar o aplicativo HP Reveal, que se constitui em uma ferramenta de realidade aumentada da HP, que permite o uso de dispositivos móveis, com recursos como imagens, vídeos, áudios, infográficos, objetos 3D, páginas da web e outras informações linkadas sobrepostas em situações do mundo presencial em tempo real.

Um tutorial de uso foi feito e inserido dentro do CP. Os objetos 3D e vídeos foram então criados e também inseridos. Todo o processo desde o início da construção até o fim, incluindo a intervenção na turma, teve a duração total de 4(quatro) meses. A seguir, descrevemos de forma breve como ficou montado o CP:

**4.1. Parte inicial:** É composta pela capa, os agradecimentos, as orientações para o uso do material, a apresentação e o sumário (ver figura 3).

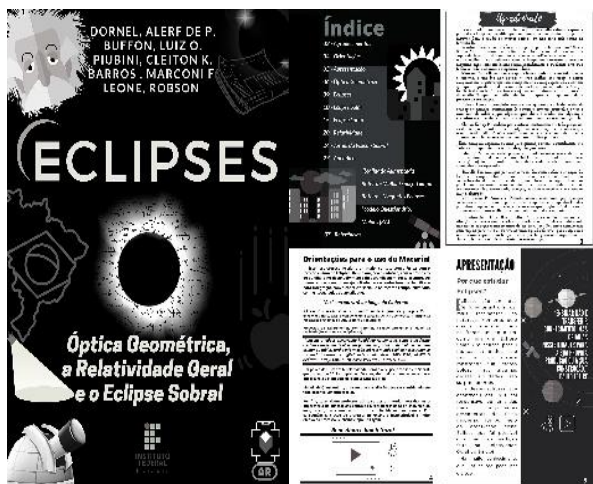


Figura 3: Capa e páginas referentes a Índice, Agradecimentos, Orientações e Apresentação. Fonte: Acervo Pessoal

**4.2. Ótica geométrica:** Para entender os eclipses foi necessário descrever os princípios da propagação retilínea da luz, além da formação de sombras e penumbras (ver figura 4).



Figura 4: Páginas da parte de Ótica Geométrica. Fonte: Acervo Pessoal

**4.3. Eclipses:** Procuramos responder perguntas como o que são? Como ocorrem? Quais são os tipos? Detalhamos os eclipses Solar e Lunar e apresentamos uma descrição bem planejada e didática, aproximando o aluno da ciência de forma criativa e divertida, valorizando o conhecimento científico integrado com tecnologias da atualidade.

**4.4. A comprovação da Teoria da Relatividade Geral através do Eclipse ocorrido em Sobral no Ceará:** Procuramos mostrar ao leitor a importância e o impacto da ciência e das descobertas científicas para a sociedade e para sua vida (ver figura 5).



Figura 5: Páginas referentes a História da Relatividade e o Eclipse total do Sol em Sobral, em 1919. Fonte: Acervo Pessoal.

**4.5. Parte final:** Propomos um exemplo de questionário a ser usado em atividades de ensino. Nos apêndices, apresentamos as instruções necessárias para se utilizar a RA, 2 experimentos e criação de maquetes com roteiros com o objetivo que os alunos tenham participação ativa.

No total o CP possui 44 páginas e 23 atividades com RA, sendo 4 imagens e 16 vídeos e 1 objeto 3D, se constituindo numa ferramenta criativa e divertida de observar fenômenos físicos, onde o aluno, com um celular ou tablet, tem a informação sobre o mundo real ao seu redor de forma interativa e digitalmente manipulável.

## 5. Análise dos resultados

O CP foi usado numa intervenção em uma turma da 2ª série do ensino médio da escola EEEFM Maria Ortiz, localizada no centro de Vitória - ES. Os sujeitos da pesquisa foram 9 alunos da turma e a abordagem foi dividida em quatro momentos como mostrada no quadro 1, sendo cada aula de 50 minutos.

Quadro 1: Resumo da intervenção aplicada na turma.



Encontros	Atividades	Tempo
1º	Apresentação de trabalhos de Óptica Geométrica.	1 aula
2º	Intervenção didática usando o caderno pedagógico.	1 aula
3º	Intervenção didática usando o caderno pedagógico.	1 aula
4º	Aplicação de um questionário <sup>2</sup> usando o Plickers.	1 aula

Fonte: Os autores.

No primeiro encontro os alunos, em grupos de 4 pessoas, apresentaram trabalhos de Óptica Geométrica referentes a outros temas anteriormente solicitados. Nos segundo e terceiro encontros ocorreu a intervenção usando o CP. Uma versão em PDF do CP foi disponibilizada para os alunos e foi solicitado que eles instalassem o aplicativo visualizador das RA em seus celulares. Cada página do caderno foi mostrada e explicada aos alunos por meio de *datashow* e as RA foram visualizadas (ver figura 6) usando folhas impressas e os celulares.



Figura 6: Alunos utilizando o C.P. e a R.A. Fonte: Acervo Pessoal.

No quarto encontro foi aplicado o questionário individual contendo 5 perguntas sobre o assunto. Para facilitar a coleta das respostas, foi utilizado a ferramenta Plickers, que gera e salva o desempenho individual dos alunos, criando gráficos e dados. Constatou, em média, um índice de acerto de 67% na turma, o que consideramos um bom resultado.

## 6. Conclusão

Na intervenção foi observada uma boa interação dos alunos com o material didático e entre eles também. Não houve grandes dificuldades no uso do CP e os alunos deram um bom retorno com o uso do material, mostrando que o mesmo tem um bom potencial para ser

usado como apoio nas aulas. Por fim, entendemos que o CP pode ser usado no ensino de ciências no ensino fundamental ou no ensino médio na disciplina de física, como leitura individual em casa e uma posterior atividade em sala de aula ou diretamente em atividade em grupos em sala de aula. Em relação aos assuntos, o CP pode ser usado em conjunto com o ensino de ótica geométrica, de Astronomia ou de FMC. Ele também pode ser usado como um livro interativo para o público em geral.

## Agradecimentos

Agradecemos ao Instituto Federal do Espírito Santo (IFES) Campus Cariacica, ao Programa Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência (PIBID) e à Capes por financiá-lo.

## Referências Bibliográficas

- [1] OSTERMANN, F.; MOREIRA, M. A. Uma revisão bibliográfica sobre a área de pesquisa "física moderna e contemporânea" no ensino médio. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v.5, n.2, 2000.
- [2] VALADARES, E. C.; MOREIRA, A. M. Ensinando Física Moderna no segundo grau: efeito fotoelétrico, laser e emissão de corpo negro. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v.15, n.2, pp.121-135, ago. 1998.
- [3] ZANETIC, J. Física e cultura. **Ciência e Cultura**, v.57, n.3, pp.21-24, 2005.
- [4] BRASIL. **Base Nacional Comum Curricular**: Ensino Médio. Brasília: MEC/Secretaria de Educação Básica, 2018.
- [5] TIPLER, P. A.; LLEWELLYN, R. A. **Física Moderna**. 5ª edição. Rio de Janeiro: LTC, 2012.
- [6] SANTOS, M. P. **Recursos didático-pedagógicos no processo educativo da matemática: uma análise crítico-reflexiva sobre sua presença e utilização no ensino médio**. Tese de Mestrado em Educação, Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2005.
- [7] JUSTINO, M. N. **Pesquisa recursos didáticos na formação e prática docentes**. Curitiba: Intersaberes, 2013.
- [8] SANTOS, G. A. S. S. O. Cinema como recurso didático no ensino da evolução das espécies e educação ambiental. **Ideias & Inovação**, v.3, n.1, p. 45-56, 2016.
- [9] KIRNER, C.; SISCOOTTO, R. **Realidade Virtual e Aumentada: Conceitos, Projeto e Aplicações**. Editora SBC – Sociedade Brasileira de Computação, Porto Alegre, 2007.

<sup>2</sup> O questionário pode ser visualizado no link: <https://drive.google.com/file/d/1z4Ubq5Krule7dUn0NNvgQuHfUib1YwvX/view?usp=sharing>