

## ESTUDO BIBLIOGRÁFICO ACERCA DOS BURACOS NEGROS E DA BIOGRAFIA DE KARL SCHWARZSCHILD NO CONTEXTO DO ENSINO DE FÍSICA

HIGOR FELIPE GONÇALVES DE ARRUDA<sup>1</sup>, JURANDI LEÃO SANTOS<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Graduando em Licenciatura em Física, Bolsista NAPNE, IFSP, Câmpus Caraguatatuba, arruda.goncalves@aluno.ifsp.edu.br.

<sup>2</sup> Mestre em Astrofísica pelo INPE e em Ensino de Física pela UFABC, Docente do IFSP, Câmpus Caraguatatuba, jurandi.leao@ifsp.edu.br

Área de conhecimento (Tabela CNPq): 9.02.00.00-0 Ensino de Ciências e Matemática

**RESUMO:** Este trabalho tem como objetivo realizar um estudo bibliográfico que trata do tema dos buracos negros (BNs), bem como da biografia de Karl Schwarzschild (1873-1916), em uma análise na perspectiva do Ensino de Física na educação básica. Para isso, foi realizado um trabalho de revisão teórica de modo a obter os dados mais recentes sobre o tema em questão. Nesse contexto, primeiramente é apresentada a biografia do físico alemão e suas contribuições no desenvolvimento da Astronomia e Astrofísica, sobretudo acerca dos BNs; em seguida, é apresentada uma breve introdução ao estudo dos BNs, bem como suas classificações baseadas na massa das estrelas que lhe deram origem. Por fim, é discutida a importância de utilizar a História da Ciência, a partir da biografia de Schwarzschild, com a finalidade de tratá-la na educação básica, de modo a favorecer o processo de ensino-aprendizagem do tema dos BNs.

**PALAVRAS-CHAVE:** buraco negro; ensino-aprendizagem; história da ciência; astronomia; atividades educacionais.

### 1. INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA

Este trabalho visa o estudo de cunho bibliográfico sobre o tema dos BNs e da biografia Karl Schwarzschild (1873-1916) em uma análise visando o Ensino de Física. A Astronomia constitui-se da ciência que analisa e estuda os corpos celestes (ELIAS; FONSECA, 2021), e na educação básica observa-se que os alunos possuem dificuldades no processo de assimilação dos conteúdos na área da Astronomia. Desse modo, o professor necessita, não só ter domínio do conteúdo a ser ensinado, mas também possuir conhecimentos sólidos acerca da didática que deverá ser desenvolvida em sala de aula (SILVÉRIO, 2001). Assim, este trabalho traz o tema dos BNs, bem como as contribuições de Schwarzschild, de forma a possibilitar uma possível abordagem teórica da história da ciência em sala de aula, através do estudo da biografia do cientista, com ênfase no Ensino de Física.

A forma como é realizada a abordagem de temas de Astronomia na educação básica mostra-se superficial aos alunos (SANTOS, 2020), diante das lacunas existentes, por exemplo, durante a explicação da evolução da História da Ciência. Esse fenômeno agrava a dificuldade dos alunos em compreender os conteúdos abordados na disciplina de Física e das Ciências favorecendo uma descontextualização do tema a ser ensinado (RODRIGUES; BRICCIA, 2019). Na perspectiva do Ensino de Física, utilizar somente da memorização de equações, sem o trabalho do conteúdo conceitual empobrece o processo de ensino-aprendizagem propriamente dito; mais do que isso, a escola deve oportunizar aos alunos a compreensão dos fundamentos do desenvolvimento científico, ao invés de somente visar a decoração de equações e leis físicas visando a aplicação em exercícios (JÚNIOR; COELHO, 2020). Desse modo, utilizar elementos conceituais da

Astronomia (como evolução estelar, cosmologia, etc.) dentro do contexto da educação básica, pode favorecer o processo de ensino-aprendizagem, uma vez que o tema dos BNs, por exemplo, é um assunto que particularmente traz muita curiosidade por si só (SANTOS, 2019). Aproveitar-se do tópico de BNs para implementar a biografia de Karl Schwarzschild é uma possibilidade para se trabalhar com a História da Ciência em sala de aula, ao abordar que ela não ocorre de forma linear e podemos atribuir diferentes leituras a partir da contextualização do Ensino de Física por meio de elementos históricos (NEVES, 1998).

## **2. MATERIAL E MÉTODOS**

O presente trabalho tem como objetivo realizar uma análise de artigos e livros que apresentam o tema dos BNs, a biografia do físico alemão Karl Schwarzschild e uma perspectiva dentro do contexto do Ensino de Física. Nesse sentido, por meio do site de busca Google Acadêmico, foram pesquisados livros e artigos em revistas científicas, que abordassem o tema proposto neste trabalho. Os materiais selecionados serviram de base para a realização e execução deste trabalho ao potencializar os conceitos adquiridos pelos autores por meio da análise, síntese e fichamentos, de modo que os conhecimentos científicos da pesquisa realizada foram consolidados. Por isso, a importância da pesquisa bibliográfica dá-se pela revisão da literatura, bem como as principais referências e teorias que consolidam o trabalho científico (PIZZANI *et al.*, 2012).

Utilizou-se como referência a História da Ciência para realizar uma análise na perspectiva do Ensino de Física, uma vez que este trabalho trata do estudo bibliográfico do tema dos BNs, bem como da biografia de Karl Schwarzschild. Nesse caso, é necessário que o ensino de ciências seja contextualizado no tripé histórico, social e cultural, e que não seja neutro, tampouco desvalorize a interdisciplinaridade (MELO; ROCHA, 2017).

## **3. ANÁLISE DOS REFERENCIAIS TEÓRICOS**

Para a execução deste trabalho, foi realizado um extenso levantamento bibliográfico, em artigos acadêmicos, para se apropriar do atual “estado da arte” no que diz respeito ao estudo dos BNs, da biografia de Karl Schwarzschild, bem como da análise realizada na perspectiva do Ensino de Física.

### **3.1. KARL SCHWARZSCHILD**

Karl Schwarzschild (1873-1916), astrofísico alemão, foi um estudante que possuía grande aptidão para às Ciências Naturais e a Matemática (SAA, 2016). Seu primeiro registro de trabalho de cunho astronômico foi realizado como assistente de von Kuffner em um período de três anos, de 1886 a 1889 (PARKHURST, 1916). Além disso, entre 1891 e 1893, Schwarzschild obteve formação bem estruturada acerca das técnicas utilizadas para observação no âmbito da Astronomia, bem como realizou durante a vigência de um ano o serviço de caráter militar (SAA, 2016): o que revelou-se importante, historicamente, ao lutar com o exército alemão durante a Primeira Guerra Mundial (1914-1918). Finalmente em 1896, o astrofísico alemão é contemplado com a titulação de doutor, pela Universidade de Munique, por meio de estudos relacionados à dinâmica do sistema solar.

No ano de 1909, Schwarzschild obteve uma posição de prestígio ao mudar-se para a Alemanha (SAA, 2016), que consistia na ocupação do cargo de Diretor do Observatório Astrofísico. Em 1915, com a Alemanha ainda em período de guerra, Schwarzschild encontrava-se doente ao receber o trabalho de Albert Einstein (1879-1955) (STEINER, 2010). No entanto, dedicou-se no sentido de estudar a primeira solução exata para as complicadas equações de Einstein, onde determinou uma para o caso de simetria esférica

no ano de 1915 (LIMA JUNIOR *et al.*, 2020). Desse modo, em 1916 Schwarzschild estabeleceu uma solução às equações da Teoria da Relatividade Geral, elaborado por Einstein (TEIXEIRA; NETO; ROSA, 2022), denominada então como solução de Schwarzschild, na qual é descrito o espaço-tempo em volta de um BN com ausência de carga elétrica e rotação, mas com simetria esférica (LIMA JUNIOR *et al.*, 2020). Esta solução também é chamada como Raio de Schwarzschild<sup>1</sup> (FLORIANO, 2021), que depende da massa do corpo  $M$ , da constante gravitacional universal  $G$  e da velocidade da luz no vácuo  $c$ . Desse modo, a contribuição do físico, em termos mais simples, é devido a compreensão correta do raio de horizonte de eventos de um BN, que corresponde ao tamanho da região, ao redor da singularidade, do qual nada escapa (OLIVEIRA FILHO; SARAIVA, 2014). A morte do físico alemão ocorreu por meio do pênfigo, doença caracterizada pelo aparecimento de bolhas/erupções cutâneas dolorosas, que, para aquela época, era muito difícil obter-se uma cura, indo a óbito em maio de 1916, com 42 anos (SAA, 2016).

### 3.2. BURACOS NEGROS

Os BNs são descritos como regiões do espaço-tempo onde a gravidade é muito alta, de tal modo que nada pode escapar deles, inclusive a luz (SIQUEIRA-BATISTA; NETO, 2021). Caracterizados por serem uma previsão curiosa da Teoria da Relatividade Geral, os BNs possuem o horizonte de eventos, que corresponde justamente em uma superfície de não retorno, mesmo para a radiação eletromagnética, como já explicado para a luz (LIMA JUNIOR *et al.*, 2020). Esses objetos muito densos possuem a singularidade em seu interior (ALMEIDA, 2020), que é o local que se chega ao atravessar o horizonte de eventos (FLORIANO, 2021). Fora do alcance desse horizonte, não ocorre nada de incomum; entretanto, à medida que dele se aproxima, a atração gravitacional aumenta significativamente (FRÓES, 2014).

Quanto à classificação, os BNs podem ser caracterizados em relação à sua massa (FLORIANO, 2021), podendo ser: a) microburacos negros, denominados teóricos até então, e surgiram devido ao Big Bang por conta das regiões muito densas, que são necessárias para formá-los; b) BNs estelares, que são provenientes de supernovas (resultado da explosão de uma estrela), quando o que sobra da explosão excede 3 massas solares; c) BNs de massa intermediária, que são caracterizados por possuírem uma massa superior a um milhão de vezes a massa do Sol; d) BNs supermassivos, que são aqueles que possuem entre milhões à bilhões de massas solares, cuja localização situa-se no centro das galáxias. Na nossa galáxia, a Via Láctea, por exemplo, existe um BN supermassivo, indicado desde 2001, por meio de raio-X, que evidencia a presença desse corpo celeste com massa de 4,3 milhões de massas solares (OLIVEIRA FILHO; SARAIVA, 2014). As primeiras evidências, com a utilização do infravermelho, mostram que o movimento do gás e das estrelas no núcleo registram um objeto compacto, denominado então como BN.

### 3.3. ENSINO DE FÍSICA

A educação, enquanto processo universal de transformação, engloba a sociedade de acordo com as condições onde ela está inserida (BEZERRA *et al.*, 2009). No caso do Ensino de Física propriamente dito, a escola é aquela que possui uma grande responsabilidade em realizar a propagação dos conhecimentos relacionados a essa área de conhecimento. De acordo com os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs), nota-se que a Física, enquanto disciplina, tem o papel de investigar a compreensão dos fenômenos da natureza presentes no cotidiano e em locais muito distantes (como em galáxias, BNs e

---

<sup>1</sup> O Raio de Schwarzschild é dado por  $R = 2GM/c^2$ , com  $G \cong 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ m}^3\text{kg}^{-1}\text{s}^{-2}$  e  $c \cong 3 \cdot 10^8 \text{ ms}^{-1}$

planetas); não só isso, ela deve ser reconhecida pela sociedade como uma trajetória marcada por eventos históricos e humanos (BRASIL, 2002). Por isso, os alunos, de modo geral, também devem compreender os avanços tecnológicos realizados pela humanidade, bem como perceber suas aplicações à realidade a qual está situado (SILVA *et al.*, 2012). Nesse contexto, a Física escolar deve oportunizar aos alunos a compreensão dos fundamentos do desenvolvimento científico, ao invés de somente visar a decoração de equações e leis físicas fundamentais visando a aplicação em exercícios (JÚNIOR; COELHO, 2020).

Dessa forma, o uso da História da Ciência para o Ensino de Física que, no caso deste trabalho, foi voltado para o estudo bibliográfico da biografia de Karl Schwarzschild e dos BNs, dá-se como relevante através da inserção dos indivíduos (os alunos) nas tradições de sua cultura (RIBEIRO; SILVA, 2017). A ausência de conhecimentos acerca História da Ciência favorece distorções dentro da própria história, o que influencia a própria visão de ciência que se objetiva ensinar (MARQUES, 2015). Assim, o uso do tema dos BNs e da biografia de Schwarzschild pode ser utilizada no sentido de possibilitar uma maior compreensão da história da ciência e do Universo. Além disso, compreender os limites da ciência existentes no cenário do desenvolvimento da história da ciência possibilita avaliar seu potencial para analisar o Universo como um todo (BRASIL, 2002). Não só isso, mas existe a possibilidade de complementar a aula com a inserção de tópicos da Primeira Guerra Mundial, que é um fator que complementa a biografia de Schwarzschild e pode enriquecer a discussão em sala de aula.

Por conta disso, este trabalho teve como objetivo realizar uma análise bibliográfica na perspectiva do Ensino de Física, o uso do tema dos BNs e da biografia de Karl Schwarzschild, uma vez que a Astronomia é uma área que de modo natural tem o potencial de despertar a curiosidade das pessoas e, que por meio da abordagem interdisciplinar, pode possibilitar melhores condições para motivar o aluno a aprender o conteúdo abordado (STEINBACH *et al.*, 2014).

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base no levantamento bibliográfico realizado no decorrer deste trabalho, verificou-se a importância da linha do tempo histórica construída a partir da biografia de Schwarzschild no que diz respeito à compreensão da História da Ciência. Não só isso, mas o uso de possíveis atividades de cunho educacional, a partir da temática trazida ao longo do presente trabalho, podem ser desenvolvidas a partir da pesquisa bibliográfica levantada acerca do tripé: Ensino de Física, BNs e a biografia de Karl Schwarzschild, com a inserção da História da Ciência, como um recurso facilitador em potencial. O tema dos BNs estimula a imaginação por tratar-se de algo complexo. Entretanto, a possibilidade de trabalhá-lo conceitualmente a partir da biografia de Schwarzschild mostra-se frutífera no sentido de detalhar o processo de desenvolvimento científico, dentro do contexto da História da Ciência. Dessa forma, o uso de temas de Astronomia nas escolas revela-se cada vez mais necessário, na tentativa de superar o método de ensino mecânico; pois com base em um ensino a partir da contextualização de fatos históricos e devidamente científicos o processo de ensino-aprendizagem pode ser facilitado.

#### REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, C. R. A pré-história dos buracos negros. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 42, 2020.
- BEZERRA, D. P. *et al.* A evolução do ensino da física – perspectiva docente. **Scientia Plena**, v. 5, n. 9, 2009.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais: Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias**. Brasília: Ministério da Educação, 2002.

ELIAS, M. A.; FONSECA, M. O. E onde está a astronomia? Análise do ensino de astronomia no ensino médio com base nos documentos nacionais. **Arquivos do Mudi**, v. 25, n. 1, p. 26-43, 2021.

FLORIANO, T. C. Introdução aos buracos negros. **Revista Brasileira de Física**, v.1, n.1, p. 1-13, 2021.

FRÓES, A. L. D. Astronomia, astrofísica e cosmologia para o Ensino Médio. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 36, n. 3, p. 3504, 2014.

JÚNIOR, J. M. S.; COELHO, G. R. O ensino por investigação como abordagem para o estudo do efeito fotoelétrico com estudantes do ensino médio de um Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 37, n. 1, p. 51-78, 2020.

LIMA JUNIOR, H. C. D. *et al.* Sombras de buracos negros: desvendando a física por detrás da imagem de M87. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 44, 2020.

MARQUES, D. M. Formação de professores de ciências no contexto da História da Ciência. **História da Ciência e Ensino: construindo interfaces**, v. 11, p. 1-17, 2015.

MELO, A. P.; ROCHA, D. C. Reflexões sobre a importância da História e Filosofia da Ciência no Ensino de Ciências. **Revista Espaço Acadêmico**, v. 17, n. 192, p. 69-77, 2017.

NEVES, M. C. D. A História da Ciência no Ensino de Física. **Revista Ciência & Educação**, v. 5, n. 1, p. 73-81, 1998.

OLIVEIRA FILHO, K. S.; SARAIVA, M. F. O. **Astronomia & Astrofísica**. 3. ed. Porto Alegre. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2014.

PARKHURST, J. A. Karl Schwarzschild. **Science**, v. 44, n. 1129, p. 232-234, 1916.

PIZZANI, L. *et al.* A arte da pesquisa bibliográfica na busca do conhecimento. **RDBCI: Revista Digital de Biblioteconomia e Ciência da Informação**, v. 10, n. 2, p. 53-66, 2012.

RIBEIRO, G; SILVA, J. L. J. C. A relevância da História da Ciência para o Ensino de Ciências: elementos introdutórios. **Revista Acadêmica GUETO**, v.9, p. 12-25, 2017.

RODRIGUES, F. M.; BRICCIA, V. O Ensino de Astronomia e as possíveis relações com o processo de Alfabetização Científica. **Revista Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia**, São Carlos, n. 28, p. 95-111, 2019.

SAA, A. Cem anos de buracos negros: o centenário da solução de Schwarzschild. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 38, 2016.

SANTOS, C. R. *et al.* **Buracos negros e a conjectura da censura cósmica, palestra e estudo**. 2019. Dissertação (Mestrado em Matemática) - Universidade Federal de Goiás Regional Jataí, Jataí, 2019.

SANTOS, F. P. G. **Inserção de tópicos sobre Astronomia no Ensino Médio**. Monografia (Especialização em Ensino de Ciências) - Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2020, 39p.

SILVA, L. G. F. *et al.* Formação de professores de Física: experiência do Pibid-Física da Universidade Federal de Rondônia. **Revista Brasileira de Pós-Graduação**, v. 9, n. 16, 2012.

SILVÉRIO, A. A. **As dificuldades no ensino/aprendizagem da Física**. Monografia (Especialização em Ensino de Física) - Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2001. 46 p.

SIQUEIRA-BATISTA, R.; NETO, J. A. Buracos negros estelares: a geometria do espaço-tempo de Schwarzschild. **Cadernos de Astronomia**, v. 2, n. 2, p. 123-123, 2021.

STEINBACH, J. *et al.* Estudo da Astronomia como Atividade de Extensão no IF Catarinense - Campus Rio do Sul.. **Extensão Tecnológica: Revista de Extensão do Instituto Federal Catarinense**, n. 1, p. 79-84, 2014.

STEINER, J. E. Buracos Negros: sementes ou cemitérios de galáxias. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 27, n. 4, p. 723-742, 2010.

TEIXEIRA, R. R. P.; NETO, J. P.; ROSA, V. C. Buracos negros, divulgação científica e recursos didáticos existentes na internet. **Revista Acadêmica - Ensino de Ciências e Tecnologias Qualif.**