

EXPLORANDO O ESPAÇO-TEMPO: CONSTRUÇÃO DE UMA MAQUETE DIDÁTICA SOBRE A PONTE DE EINSTEIN–ROSEN

Zilda Maria Pedroso

Escola Estadual Wenceslau Braz Itajubá-MG, *zildamariapedroso@yahoo.com.br*

Anna Cecília dos Santos

Escola Estadual Wenceslau Braz Itajubá-MG, *ceciliaaanna8@gmail.com*

Guilherme Vinicius Coimbra Balbino

Escola Estadual Wenceslau Braz Itajubá-MG, *guilhermevinicius311206@gmail.com*

João Vitor Silva Simplicio Lopes

Escola Estadual Wenceslau Braz Itajubá-MG, *jaosimplicio1@gmail.com*

José Antonio Silva Simplicio Lopes

Escola Estadual Wenceslau Braz Itajubá-MG, *josesimplicio110707@gmail.com*

Lucas Emanuel Silvestre Castro

Escola Estadual Wenceslau Braz Itajubá-MG, *lsilvestre947@gmail.com*

Yasmin Caroline Rosa Ferreira

Escola Estadual Wenceslau Braz Itajubá-MG, *yasmincaroline3095@gmail.com*

Luara Moraes da Silva Wenceslau

Escola Estadual Wenceslau Braz Itajubá-MG, *luara17moraes@gmail.com*

Rayan Neves Dias

Universidade Federal de Itajubá, *d2023002734@unifei.edu*

Adhimar Flávio Oliveira

Universidade Federal de Itajubá, *adhimarflavio@unifei.edu*

João Ricardo Neves da Silva

Universidade Federal de Itajubá, *jricardo.fisica@unifei.edu.br*

1 INTRODUÇÃO

A Física Moderna, que abrange áreas como a Astronomia, cosmologia, física nuclear e partículas, desperta grande interesse entre os estudantes (Oliveira; Viana; Gerbassi, 2007). Contudo, nas escolas públicas, o ensino desses tópicos é frequentemente restrito ao conteúdo presente nos livros didáticos, o que reduz a profundidade do aprendizado e tende a tornar a disciplina menos atrativa para os alunos. Diante dessa lacuna na Escola Wenceslau Brás, em Itajubá, propusemos a elaboração de uma ilustração didática, em formato de maquete, destinada a alunos do 1º ano do ensino médio, com o objetivo de explicar o funcionamento de uma ponte de Einstein–Rosen, popularmente conhecida como buraco de minhoca (Thorne, 1995). A proposta visa auxiliar na visualização e compreensão desse fenômeno teórico, abordando conceitos relacionados, como buracos negros, distorção do espaço-tempo, buracos brancos e o próprio buraco de minhoca (Thorne, 1995; Vygotsky et al., 1984).

2 METODOLOGIA

O trabalho será desenvolvido por meio da construção de uma maquete representando uma ponte de Einstein–Rosen. A apresentação será conduzida de forma integrada, utilizando-se simultaneamente diferentes linguagens: a linguagem oral, para a explicação teórica; a linguagem gestual, para indicar e destacar elementos na maquete; e a própria linguagem visual e material da maquete, como recurso didático central. Essa abordagem fundamenta-se nas ideias de Vygotsky, que enfatiza a importância da mediação simbólica, permitindo que diferentes formas de representação auxiliem na construção do conhecimento (Vygotsky et al., 1984).

Após a exposição inicial, os alunos serão convidados a se aproximar da maquete, observar seus detalhes, fazer perguntas e expressar suas interpretações. O incentivo à participação ativa busca favorecer a aprendizagem significativa e colaborativa (Ausubel, 2003). Nesse momento, nossa função será atuar como mediadores do conhecimento, guiando as discussões, esclarecendo dúvidas e estimulando o raciocínio crítico, sem simplesmente transmitir respostas prontas.

Para a coleta de dados, ao final da exposição, será aplicado um formulário breve, composto por três linhas, no qual o estudante deverá resumir, em poucas palavras, o que compreendeu sobre o conceito de buraco de minhoca. As respostas serão classificadas em categorias ilustradas na **Quadro 01**: irregular, regular, excelente. Essa classificação permitirá avaliar o grau de compreensão dos conceitos apresentados.

Classificação	Descrição
Irregular	O estudante não demonstrou compreensão do conceito, apresentando respostas incoerentes ou ausência de informações relevantes.
Regular	O estudante demonstrou compreensão parcial, identificando alguns conceitos relacionados, mas sem articular de forma clara ou completa.
Excelente	O estudante demonstrou compreensão plena, sendo capaz de explicar o conceito de buraco de minhoca de forma adequada ou descrever com clareza pelo menos duas outras características associadas, como buracos negros e buracos brancos.

Quadro 01 Critérios de avaliação da compreensão do conteúdo sobre buracos de minhoca. Fonte: Os Autores

3 FUNDAMENTOS TEÓRICOS: BURACOS DE MINHOCA, BURACOS NEGROS E A CURVATURA DO ESPAÇO-TEMPO

O buraco de minhoca é uma solução teórica da Relatividade Geral que ligaria dois pontos do espaço-tempo, como um “atalho” cósmico (MORRIS; THORNE, 1988). Sua existência não foi confirmada e a estabilidade exigiria matéria exótica, com energia negativa (Viser, 1995). Já o buraco negro, previsto pela mesma teoria, foi confirmado por ondas gravitacionais (Abbot et al., 2016) e imagens do Event Horizon Telescope (EHT Collaboration, 2019). Ele se forma pelo colapso de estrelas massivas ou fusão de outros buracos negros, sendo essencial para testar a Relatividade Geral e explorar ligações com a Física Quântica (Thorne, 1995). Essa teoria, proposta por Einstein em 1915, descreve a gravidade como curvatura do espaço-tempo causada por massa e energia (Einstein, 1916), capaz de criar regiões de não retorno ou atalhos cósmicos. A

ponte de Einstein–Rosen, formulada em 1935 (Einstein; Rosen, 1935), conecta dois buracos negros simetricamente, mas seria instável e se fecharia rapidamente (Fuller; Wheeler, 1962). Ainda assim, inspirou versões atravessáveis (Morris; Thorne; Yurtsever, 1988) e permanece central nas discussões sobre topologia e causalidade do universo.

3.1 ETAPAS DE CONCEPÇÃO E CONSTRUÇÃO DA MAQUETE

A maquete encontra-se atualmente em fase de concepção, estando o projeto ainda em andamento. A proposta prevê a construção de um modelo de baixo custo, confeccionado predominantemente de forma manual, utilizando materiais acessíveis e reaproveitados sempre que possível, prática alinhada a estratégias de ensino que valorizam recursos sustentáveis e de baixo custo (Keller; Bustamante, 2016). No entanto, considerando o caráter dialético do processo e a necessidade de maior precisão em alguns elementos estruturais ou visuais, existe a possibilidade de produção de determinadas peças por meio de impressão 3D, tecnologia cada vez mais utilizada no ensino de ciências para ampliar a qualidade e a interatividade dos modelos didáticos (Gibson; Rosen; Stucker, 2015).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente projeto busca preencher uma lacuna no ensino de Física Moderna nas escolas públicas, oferecendo uma abordagem que integra teoria, prática e mediação pedagógica, de modo a tornar conceitos complexos mais acessíveis e instigantes para os estudantes. A utilização de uma maquete como recurso didático, aliada à explicação oral, à linguagem gestual e à interação direta com os alunos, fundamenta-se em princípios que valorizam a mediação e a construção social do conhecimento.

Ao trabalhar temas como buracos de minhoca, buracos negros, curvatura do espaço-tempo e a ponte de Einstein–Rosen, a proposta introduz tópicos relevantes da Física Moderna, incentivando o pensamento crítico e a curiosidade científica. Mesmo sendo um projeto em andamento, com execução artesanal e eventual uso de impressão 3D, sua elaboração contínua e colaborativa favorece o desenvolvimento de habilidades de pesquisa, comunicação e trabalho em equipe.

REFERÊNCIAS

ABBOTT, B. P. et al. Observation of gravitational waves from a binary black hole merger. *Physical Review Letters*, v. 116, n. 6, p. 061102, 2016.

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

EHT COLLABORATION. First M87 Event Horizon Telescope Results. I. The Shadow of the Supermassive Black Hole. *The Astrophysical Journal Letters*, v. 875, n. 1, p. L1, 2019.

EINSTEIN, Albert. Die Grundlage der allgemeinen Relativitätstheorie. *Annalen der Physik*, v. 354, n. 7, p. 769-822, 1916.

EINSTEIN, Albert; ROSEN, Nathan. The particle problem in the general theory of relativity. *Physical Review*, v. 48, n. 1, p. 73-77, 1935.

FULLER, R. W.; WHEELER, J. A. Causality and multiply connected space-time. *Physical Review*, v. 128, p. 919-929, 1962.

GIBSON, Ian; ROSEN, David; STUCKER, Brent. *Additive manufacturing technologies: 3D printing, rapid prototyping, and direct digital manufacturing*. 2. ed. New York: Springer, 2015.

KELLER, Vitor; BUSTAMANTE, Cláudio. Uso de materiais de baixo custo no ensino de Física. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 38, n. 3, e3502, 2016.

MORRIS, Michael S.; THORNE, Kip S. Wormholes in spacetime and their use for interstellar travel: a tool for teaching general relativity. *American Journal of Physics*, v. 56, n. 5, p. 395-412, 1988.

MORRIS, Michael S.; THORNE, Kip S.; YURTSEVER, Ulvi. Wormholes, time machines, and the weak energy condition. *Physical Review Letters*, v. 61, n. 13, p. 1446-1449, 1988.

OLIVEIRA, Fabio Ferreira de; VIANNA, Deise Miranda; GERBASSI, Reuber Scofano. Física moderna no ensino médio: o que dizem os professores. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 29, p. 447-454, 2007.

THORNE, Kip S. *Black holes & time warps: Einstein's outrageous legacy*. New York: W. W. Norton & Company, 1995.

VISER, Matt. *Lorentzian wormholes: from Einstein to Hawking*. Woodbury: AIP Press, 1995.

VYGOTSKY, Lev Semenovich et al. *A formação social da mente*. 3. ed. São Paulo: Martins Fontes, 1984.