

DESAFIOS E OPORTUNIDADES EDUCACIONAIS DOS OBSERVATÓRIOS ASTRONÔMICOS ROBÓTICOS E REMOTOS

Alberto Silva Betzler¹

RESUMO: Nas duas primeiras décadas do século XXI, o avanço tecnológico de telescópios e sensores digitais possibilitou a criação de observatórios virtuais acessíveis via internet. Tais recursos passaram a ser utilizados em contextos educacionais formais e não formais, com o objetivo de fomentar o interesse dos estudantes pela Astronomia e favorecer a aprendizagem de conceitos científicos. No entanto, observa-se que muitas dessas iniciativas carecem de embasamento em teorias de ensino e aprendizagem, o que pode comprometer sua efetividade pedagógica. Este trabalho realiza uma análise crítica de algumas dessas iniciativas, considerando fundamentos das teorias construtivistas e socioconstrutivistas da aprendizagem. Discute-se o potencial formativo dos observatórios virtuais quando integrados a propostas pedagógicas intencionais e, por fim, propõe-se uma estratégia metodológica para seu uso mais eficaz, incluindo sugestões de instrumentos para a avaliação da aprendizagem dos estudantes.

Palavras-chave: Astronomia. Ensino de Ciências. Teorias de Aprendizagem. Construtivismo. Comportamentalismo.

ABSTRACT: With the advent of technological advances in telescopes and imaging cameras starting in the early 2000s, various virtual observatories were made available on the Internet. Students from elementary school to college were invited to make astronomical observations to reinforce astronomical content and promote scientific and technological interest. However, the effectiveness of these initiatives to deepen astronomy content may be hampered by the lack of implementation of educational theories. In this article, some virtual observatory initiatives from the first two decades of the 21st century, when such initiatives were just beginning to be offered, are discussed from the perspective of applied learning theories. Suggestions are also made for a more productive use of this tool and a method for assessing student learning gains.

801

Keywords: Astronomy. Science education. Learning theories. Constructivism. Behaviorism.

I. INTRODUÇÃO

O impacto das novas tecnologias na educação é inegável e transformador (Silva et al., 2017). Desde a introdução de filmes e vídeos até a disseminação de computadores nas salas de aula, o cenário educacional tem sido continuamente revitalizado. Essas ferramentas oferecem novas formas de aprendizagem, tornando os conceitos mais acessíveis, dinâmicos e significativos para os estudantes. Por exemplo, recursos audiovisuais permitem que temas

¹Doutor em Engenharia Industrial. Professor Adjunto IV. Centro de Ciência e Tecnologia em Energia e Sustentabilidade, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Feira de Santana, Bahia, Brasil.

abstratos ou históricos ganhem vida, favorecendo a visualização e a compreensão de fenômenos que, de outra forma, permaneceriam restritos ao campo teórico. Os computadores, por sua vez, ampliam o acesso à informação e promovem a colaboração entre os alunos, desenvolvendo competências essenciais para a sociedade contemporânea.

A integração das tecnologias digitais ao ambiente educacional também prepara os estudantes para o futuro, desenvolvendo habilidades necessárias no mercado de trabalho moderno. Nesse contexto, destacam-se os telescópios robóticos e remotos como ferramentas inovadoras para o ensino de Ciências, em especial da Astronomia. Controlados a distância por meio da internet, esses equipamentos permitem que alunos realizem observações astronômicas autênticas, mesmo estando em regiões geograficamente distantes dos centros de pesquisa. A observação de estrelas, planetas e galáxias, diretamente a partir da sala de aula, amplia os horizontes do conhecimento científico e pode despertar vocações para carreiras nas áreas científica e tecnológica (Gomez & Fitzgerald, 2017).

As vantagens pedagógicas do uso de telescópios robóticos no ensino são múltiplas. Eles oferecem experiências imersivas e práticas, permitindo a aplicação de conceitos discutidos em sala de aula em contextos reais de investigação científica. Além disso, superam limitações físicas e ambientais, democratizando o acesso à Astronomia para estudantes de diferentes localidades. No entanto, embora tais recursos representem avanços significativos, sua eficácia educativa pode ser comprometida pela ausência de fundamentação em teorias de ensino e aprendizagem. A falta de uma abordagem pedagógica estruturada pode dificultar a assimilação dos conteúdos propostos, reduzindo o impacto formativo dessas iniciativas.

802

Diante disso, o presente trabalho propõe uma análise crítica de alguns projetos de observatórios robóticos e remotos desenvolvidos nas duas primeiras décadas do século XXI, à luz das teorias da aprendizagem. A partir dessa análise, busca-se apresentar um modelo pedagógico mais eficaz para sua implementação, bem como uma proposta metodológica para a avaliação dos ganhos de aprendizagem dos estudantes.

2. Telescópios Remotos e Robóticos

A primeira proposta para a construção de um “pequeno telescópio automático de monitoramento” foi concebida por Bok (1955). O objetivo desse projeto era automatizar o processo de determinação de magnitudes de estrelas de calibração (Reddish, 1966) e o estudo de estrelas variáveis (Maran, 1967). Posteriormente, Martin e Hartley (1985) implementaram o

controle remoto de um telescópio por meio da linha telefônica, estabelecendo uma ligação entre um computador local e outro que gerenciava o instrumento. Apesar do pioneirismo, essas iniciativas não conseguiram superar as limitações tecnológicas da época, especialmente em relação ao controle de sistemas complexos e multitarefa como os telescópios (Baruch, 2000).

Uma análise conduzida por Mitchel (1989) identificou 17 projetos de observatórios astronômicos e destacou os benefícios potenciais das observações remotas para a pesquisa científica. A partir dessas iniciativas, os telescópios e observatórios passaram a ser classificados em duas categorias principais: robóticos e remotos. Telescópios robóticos são instrumentos que operam de forma automatizada sob controle computacional, executando observações e ajustes sem intervenção humana direta. Já os telescópios remotos são dispositivos operados a distância — geralmente via internet — permitindo que usuários controlem o equipamento e acessem suas observações a partir de locais distintos do observatório.

No início da década de 1990, uma equipe da Universidade de Bradford, no Reino Unido, desenvolveu o primeiro telescópio efetivamente robótico (Baruch, 1992). O sistema, conhecido como *Bradford Robotic Telescope* (BRT), foi concebido para suprir as demandas observacionais da comunidade astronômica britânica, ao mesmo tempo em que demonstrava a viabilidade de sistemas completamente automatizados. A chave para o sucesso dessa iniciativa foi o uso de detectores CCD (*Charge-Coupled Device*), tecnologia que não estava disponível nas tentativas anteriores devido à sua então recente maturação.

As câmeras CCD, quando acopladas a telescópios, convertem fótons em elétrons, gerando uma corrente elétrica que é quantificada por um conversor analógico-digital (ADC). Os CCDs são compostos por elementos de silício — os *pixels* (do inglês *picture element*) — com aproximadamente 9 μm de lado (Figura 1).

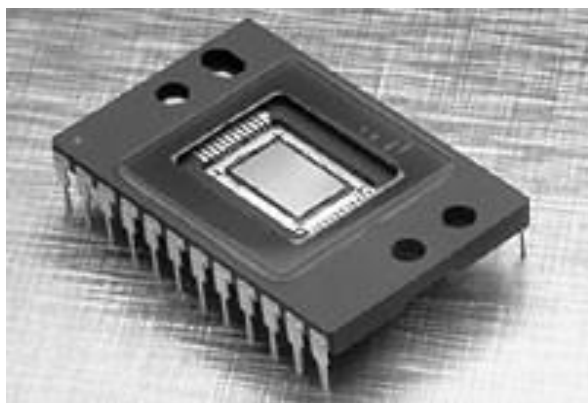


Figura 1 - Um chip CCD usado em câmeras de imagens astronômicas comerciais. Fonte: Santa Barbara Instrument Group (SBIG).

Durante a leitura, os elétrons acumulados em cada pixel são transferidos para um registrador horizontal e, em seguida, para o elemento de saída, de forma sequencial. A corrente resultante passa pelo ADC e gera uma imagem digital (Kepler & Saraiva, 2004). Esse tipo de detector permite a obtenção precisa de magnitudes de diversos objetos em um único campo de imagem (Figura 2).

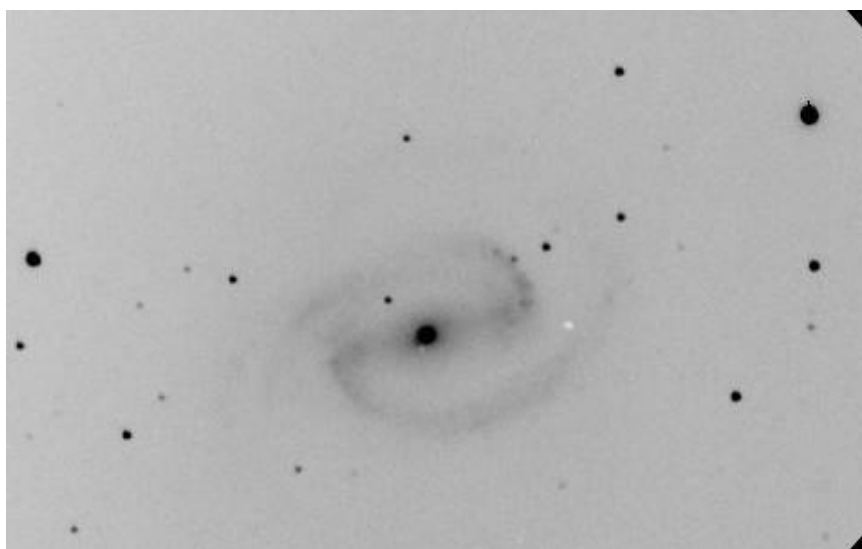


Figura 2 – Imagem negativa da galáxia NGC-1300, capturada pela "Galaxy Camera" do Bradford Robotic Telescope em 3 de outubro de 2006, após solicitação do autor. O campo de visão é de aproximadamente 6 x 12 arcmin. Fonte: BRT.

Essas características levaram a equipe de Bradford a definir o BRT como um “sistema de observação autônomo para fotometria”. A autonomia mencionada refere-se à capacidade do sistema de operar sem intervenção humana, desde que as condições ambientais sejam favoráveis. Isso inclui sensores que monitoram temperatura, umidade, vento e luminosidade, garantindo a abertura da cúpula apenas em condições consideradas seguras. Esse sistema visa preservar o equipamento de danos causados por intempéries, como chuva, vento ou radiação solar excessiva.

O telescópio foi inaugurado em dezembro de 1993, inicialmente servindo à comunidade científica britânica e, posteriormente, a professores e estudantes do ensino básico por meio de solicitações realizadas pela internet. Em 2003, o BRT foi transferido do Reino Unido para o Monte Teide, nas Ilhas Canárias (Espanha), em busca de melhores condições climáticas para observação astronômica (Figura 3).



Figura 3 – Antigo Bradford Robotic Telescope no Monte Teide (ES). Fonte: BRT.

A maior parte do tempo observacional do BRT foi dedicada a atividades educacionais. Isso significa que as imagens e os dados obtidos pelo telescópio foram amplamente utilizados em contextos didáticos, proporcionando aos alunos uma experiência mais interativa e envolvente com a ciência e a tecnologia.

805

Com base na experiência do projeto BRT, é possível distinguir dois modelos de acesso a telescópios via internet: os robóticos e os remotos. Telescópios robóticos são totalmente automatizados, capazes de realizar observações e coleta de dados de maneira independente. Já os telescópios remotos são operados manualmente, ainda que à distância. Ambos os modelos oferecem acesso contínuo e flexível a instrumentos astronômicos localizados em diferentes partes do mundo, viabilizando pesquisas e atividades educacionais globalmente.

3. Telescópios robóticos/remotos e iniciativas educacionais

O *Bradford Robotic Telescope* inspirou o desenvolvimento de diversas iniciativas análogas em diferentes partes do mundo, voltadas para finalidades variadas (Tabela 1).

Descrição	Porcentagem (%)
Pulsos de raios gama	22.6

Observações Astronômicas Remotas de Objetos Variados	15.3
Monitoramento Fotométrico	11.3
Varreduras de Céu em Grande Campo (“Survey”)	9.7
Educação	11.3
Busca de Planeta Extrasolares	7.3
Busca de Supernovas	5.6
Asteroides	5.6
Espectroscopia	3.2
Astrometria	3.2
Galáxias de Núcleo Ativo, Quasares	2.4
(Micro-)Lentes Gravitacionais	0.8
Outros Usos	7.3

Tabela 1 - Lista de Aplicações de Observatórios Robóticos ou Remotos no Mundo conforme listados por F.V. Hessman, em agosto de 2006. 100% correspondiam a 104 projetos operacionais, em construção ou em estudo. Fonte: <https://www.astro.physik.uni-goettingen.de/~hessman/MONET/links.html>

A análise desses dados revela que, à semelhança dos projetos pioneiros, cerca de 80% das aplicações de telescópios robóticos ou remotos ainda estão voltadas exclusivamente para a pesquisa científica em diferentes áreas da astronomia. Entretanto, chama a atenção o fato de que a aplicação educacional aparece com uma representatividade superior à de áreas consideradas de vanguarda, como a busca por planetas extrassolares.

Apesar desse dado promissor, a maioria das iniciativas classificadas como educacionais carece de uma metodologia de ensino bem estruturada. Essa fragilidade decorre, em grande parte, da ausência de formação específica em teorias pedagógicas por parte dos grupos que concebem e implementam tais projetos. Da mesma forma, muitos professores que fazem uso desses recursos em sala de aula também não possuem preparo suficiente para integrá-los de maneira significativa ao processo de ensino-aprendizagem. Como consequência, as práticas

pedagógicas associadas aos observatórios virtuais acabam sendo marcadas por ações irrefletidas, intuitivas e muitas vezes pouco maduras em termos didáticos (Laburú & Silva, 2000).

Na prática, isso significa que os produtos educacionais oriundos desses observatórios têm sido frequentemente utilizados em aulas com formatação tradicional — aulas expositivas centradas na transmissão de conteúdos, com escassa participação ativa dos alunos (Fraknoi, 2001; Walczyk & Ramsey, 2003; Zeilik, 2002). Entretanto, diversos estudos têm demonstrado que esse modelo é pouco eficaz no ensino de Física e Astronomia (Dykstra, Boyle & Monarch, 1992; Halloun & Hestenes, 1985; Hestenes, Wells & Swackhamer, 1992; McDermott, 1984, 1991).

Essa abordagem tradicional pode ser genericamente associada à teoria comportamentalista da aprendizagem, na qual o foco está no estímulo e no reforço — positivo ou negativo — para condicionar determinadas respostas dos alunos (Moreira, 1999). Nessa perspectiva, o papel do docente é essencialmente o de reforçar comportamentos desejáveis por meio de instruções claras e recompensas controladas.

Por outro lado, uma teoria frequentemente relacionada a iniciativas mais modernas no uso de tecnologias educacionais, como os observatórios virtuais, é o construtivismo. Essa abordagem pode ser definida como uma “posição filosófica cognitivista interpretacionista”. Ela considera que a construção do conhecimento depende da cognição individual e da interpretação que cada sujeito faz dos eventos e objetos ao seu redor. Dentro do construtivismo, há diferentes correntes, desde uma visão mais radical — que considera que todo conhecimento é subjetivamente construído — até uma abordagem mais moderada, que reconhece que o conhecimento não é transmitido de forma direta, mas sempre reinterpretado pelo aprendiz (Moreira & Ostermann, 1999).

807

O construtivismo tornou-se um dos principais marcos teóricos contemporâneos no campo da educação. Seu principal expoente é Jean Piaget (1896–1980), cujas ideias influenciaram profundamente a compreensão dos processos cognitivos durante o desenvolvimento humano. Além da teoria piagetiana, outras abordagens construtivistas relevantes incluem: a teoria da mediação cultural de Lev Vygotsky (1896–1934), a dos construtos pessoais de George Kelly e a da aprendizagem significativa de David Ausubel. Todas compartilham a premissa de que o conhecimento é construído ativamente pelo sujeito, em interação com o meio e com seus pares.

4- Motivação desta iniciativa

Este trabalho foi originalmente concebido como avaliação final da disciplina de pós-graduação *Ensino, Filosofia e História da Ciência*, ministrada pela professora Maria Cristina Martins Penido, da Universidade Federal da Bahia (UFBA), no ano de 2006, tendo sido concluído pelo autor no segundo semestre daquele ano.

O estudo consistiu em um levantamento das teorias de ensino-aprendizagem aplicadas em observatórios robóticos ou remotos ao longo da primeira década do século XXI, a partir da análise de websites institucionais dos projetos, especialmente quando tais teorias não estavam explicitamente declaradas. A classificação utilizada baseia-se nas definições apresentadas na Seção 3, consideradas suficientes para os fins deste trabalho.

A análise inicial, realizada em 2006, permitiu identificar as concepções de ensino-aprendizagem predominantes nos projetos à época. Neste estudo, essa análise foi contrastada com dados mais recentes, proporcionando um panorama histórico inédito sobre a evolução do uso educacional de observatórios robóticos e remotos no ensino de Astronomia.

Importante destacar que este estudo não se propõe a discutir, de forma geral, as vantagens ou desvantagens do uso de observatórios robóticos na educação, tampouco tem por objetivo oferecer um guia prático de estratégias para seu uso por professores. O foco principal é identificar e discutir um problema específico: a ausência de consenso, de conhecimento ou de atenção deliberada às teorias de ensino-aprendizagem na concepção e implementação desses recursos didáticos. Essa lacuna pode estar comprometendo a eficácia dos observatórios robóticos como ferramentas para uma educação científica de qualidade.

Dados de avaliações internacionais, como o *Trends in International Mathematics and Science Study* (TIMSS 2003) (Martin et al., 2004), indicam a necessidade urgente de revisão e aprimoramento dos procedimentos metodológicos utilizados no ensino de Ciências. Como contribuição, este trabalho propõe uma abordagem teórica e metodológica para esse problema, a ser considerada por iniciativas em fase de implementação ou elaboração.

Por fim, reconhece-se como limitação deste estudo a escassez de dados empíricos associados à avaliação do aprendizado dos estudantes. A maioria dos projetos analisados não utiliza instrumentos padronizados de aferição de aprendizagem, o que dificulta uma análise quantitativa dos ganhos educacionais resultantes do uso desses recursos.

5. OBSERVATÓRIOS ROBÓTICOS/REMOTOS – ENSINO-APRENDIZAGEM

Os projetos analisados nesta seção estão organizados por período histórico e apresentados em ordem cronológica, com base no ano de sua criação e na metodologia de ensino-aprendizagem identificada. A análise foi conduzida a partir da inspeção dos websites institucionais dos projetos, nos períodos definidos nas subseções 5.1 e 5.2.

A seleção dos projetos foi orientada por critérios de pioneirismo no contexto internacional e regional, além do foco declarado no ensino de Física e Astronomia. Com base nos dados disponíveis na Tabela 1, os projetos analisados correspondem a aproximadamente 40% das iniciativas educacionais listadas na internet no segundo semestre de 2006. Embora essa proporção sugira uma cobertura ampla, é importante reconhecer que a amostra foi selecionada de forma intencional e não probabilística, o que pode introduzir vieses de seleção. Assim, embora os projetos escolhidos permitam levantar tendências relevantes sobre o uso de telescópios robóticos ou remotos na educação, os resultados não devem ser generalizados sem cautela para o conjunto total de iniciativas existentes à época.

5.1 – PROJETOS CONSOLIDADOS NO SEGUNDO SEMESTRE DE 2006

5.1.1 – Bradford (1993)

809

A análise do material didático disponível no website original sugere que os conteúdos foram desenvolvidos com base em princípios construtivistas, especialmente na seção *LearningScope*, que utilizava animações para estimular a cognição dos alunos. No entanto, na seção *Use the Telescope – Telescope Activities*, o uso do telescópio apresenta uma abordagem comportamentalista, com base em tarefas que exigem respostas específicas dos alunos a partir de imagens geradas pelo sistema. Um exemplo é o experimento *Following Hubble: The Expanding Universe*, no qual os estudantes devem obter imagens de diferentes galáxias, calcular suas distâncias em relação à Via Láctea e, em seguida, estimar a idade do Universo.

Em maio de 2016, a Universidade de Bradford transferiu o controle do BRT para a *Open University*, que passou a denominar o instrumento como *Autonomous Robotic Telescope* (ART). O hardware original foi desmontado e substituído por dois novos telescópios instalados no Monte Teide, nas Ilhas Canárias: *Physics Innovations Robotic Telescope Explorer* (PIRATE) e *Completely Autonomous Service Telescope* (COAST).

Atualmente, o acesso aos telescópios depende da realização de um curso introdutório (*Astronomy with an Online Telescope*), ao final do qual os participantes ficam aptos a executar atividades observacionais reconhecidas pelo programa britânico *General Certificate of Secondary Education* (GCSE), equivalente ao ensino médio brasileiro. Um dos experimentos propostos envolve a análise de variações de brilho de estrelas variáveis.

URL: <https://www.telescope.org>

5.1.2 – TIE (1996)

O projeto *Telescopes in Education* (TIE), desenvolvido pela NASA, proporcionava acesso remoto a dois telescópios refletores de 35 e 60 cm, localizados no Observatório de Monte Wilson (Califórnia, EUA), para estudantes de sete países. Os participantes eram convidados a realizar observações visando a descoberta de supernovas, estrelas variáveis e asteroides, além da construção de diagramas de Hertzsprung-Russell e curvas de luz de estrelas RR Lyrae.

O projeto incluía 12 experimentos com complexidade progressiva, não fazendo distinção entre estudantes e astrônomos amadores. Os dados obtidos eram considerados potencialmente publicáveis em periódicos científicos. A proposta, no entanto, apresentava uma estrutura essencialmente comportamentalista.

Nota: O site original do projeto (tie.jpl.nasa.gov/tie/index.htm) não está mais disponível.

5.1.3 – Australiana (2001)

Denominado *A Journey through Space and Time*, o projeto foi criado pela Charles Sturt University (CSU) e voltado a estudantes do ensino básico na Austrália. O acesso remoto ao telescópio de 30 cm era prioritariamente destinado a instituições educacionais do país, mas eventualmente era estendido a outros, como o Canadá.

A abordagem educacional foi explicitamente classificada como construtivista social por seus idealizadores, pois o projeto foi concebido como um ambiente de aprendizagem baseado em discussão, exploração e resolução de problemas (McKinnon & Geissinger, 2002).

Nota: O site original (<http://www.csu.edu.au/telescope/>) não está mais disponível.

5.1.4 – Brasileira: Projeto “Telescópios nas Escolas” (2003)

Concebido por instituições como o Colégio Militar de Porto Alegre, USP, UEPG, UFRJ, UFRN, INPE e UFSC, o projeto disponibilizava acesso remoto a telescópios instalados nessas instituições para estudantes do ensino fundamental e médio. Das sete estações previstas, apenas quatro estavam operacionais em 2006.

O material didático disponível apresentava semelhanças com o do projeto TIE. Dentre os 11 experimentos propostos, destacam-se atividades clássicas, como a determinação do diâmetro de crateras lunares. A análise, tanto em 2006 quanto atualizada em 2024, indica que a proposta é essencialmente comportamentalista.

URL: <http://www.telescopiosnaescola.pro.br> – Ainda acessível, embora aparentemente desatualizado desde 2010.

5.2 – PROJETOS CONSOLIDADOS NO PRIMEIRO SEMESTRE DE 2024

As proporções de uso educacional e científico dos telescópios robóticos ou remotos não sofreram variações expressivas entre 2006 e 2016, ano da última atualização da Tabela 1. Essa constância sugere a substituição de iniciativas extintas por novos projetos, mantendo a distribuição percentual relativamente estável. De fato, à exceção da iniciativa brasileira, os projetos analisados na Seção 5.1 foram descontinuados ou reformulados.

811

5.2.1 – Las Cumbres Observatory (2005):

Atualmente, o *Las Cumbres Observatory* constitui a maior rede global de telescópios robóticos, com 25 unidades distribuídas por cinco continentes. Suas iniciativas educacionais são semelhantes às dos projetos TIE e *Telescópios nas Escolas*, embora com foco ampliado em campanhas observacionais específicas, como *Asteroid Tracker*, *Agent Exoplanet* e *Serol's Cosmic Explorers*.

O programa *Serol's Cosmic Explorers* não está vinculado diretamente ao currículo de nenhum país, sendo voltado a participantes a partir de oito anos de idade, incluindo adultos, segundo informações do próprio site do projeto.

URL: <https://lco.global>

5.2.2 – IASC (2006)

O *International Astronomical Search Collaboration* (IASC) realiza campanhas internacionais para busca de asteroides, cometas e objetos transnetunianos, utilizando dados obtidos pelo telescópio PANSTARRS, localizado no Havaí (Miller, 2012; Rojas et al., 2014). Até maio de 2024, o projeto contabilizava 114 descobertas confirmadas de asteroides, a partir de 14.583 detecções de objetos em movimento.

As campanhas duram aproximadamente duas semanas e envolvem participantes de diversas faixas etárias. Diferentemente de outras iniciativas, os usuários não acessam diretamente o telescópio, mas recebem imagens pré-coletadas para análise com um software específico. Como o PANSTARRS é inteiramente robótico e parte de seus dados é destinada à educação, o projeto foi incluído nesta análise.

URL: <http://iasc.cosmosearch.org>

5.2.3 – Observing with NASA (1996)

Considerado um possível sucessor do projeto TIE nos Estados Unidos, o *Observing with NASA* é atualmente gerenciado pela Universidade de Harvard. A iniciativa utiliza cinco telescópios refletores do tipo Newtoniano, com 15 cm de abertura e 90 cm de distância focal, distribuídos entre o território continental dos EUA e o Chile. Juntos, esses instrumentos formam a *MicroObservatory Robotic Telescope Network* (Sadler et al., 2001).

Cada telescópio é totalmente automatizado, equipado com câmera CCD e filtros RGB, possibilitando a composição de imagens coloridas de diversos objetos astronômicos (Figura 4). O sistema foi projetado para operar com mínima supervisão humana, sendo suficientemente robusto para permanecer ao ar livre sob condições ambientais variadas.

Essa ausência de supervisão direta, embora operacionalmente vantajosa, pode introduzir certos desafios técnicos. No caso de imagens solicitadas pelo autor — especificamente da nebulosa planetária M-27 e do blazar 3C-273 — foi observado um erro sistemático de centralização de alguns minutos de arco em ascensão reta e declinação. Após comunicação com a equipe técnica do projeto, o problema foi prontamente corrigido, resultando na centralização adequada das imagens geradas.

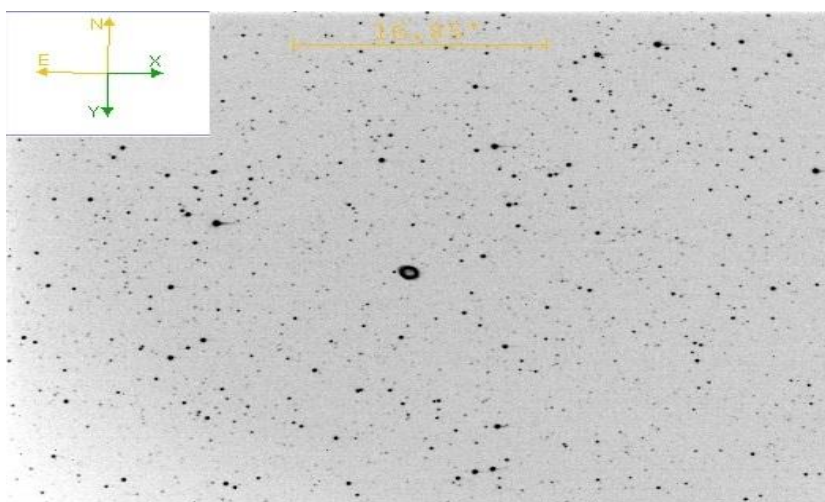


Figura 4 – Imagem da nebulosa planetária M-57 (centro), localizada na constelação da Lira. A imagem foi obtida em 14 de fevereiro de 2024, com um filtro R, no campus da Universidade de Harvard (EUA), após solicitação do autor. O campo da imagem é de 55,8 x 42,9 arcmin, e a barra amarela corresponde a 18,65 arcmin. A imagem foi gerada pelo software AstroImageJ, com orientação espacial fornecida pelo aplicativo online Astrometry.net. Fonte: MicroObservatory.

O campo de visão desses telescópios é suficientemente amplo para abranger objetos estendidos, como a Lua cheia, o que os torna particularmente adequados para fins educacionais. A análise do website do projeto indica uma proposta didático-pedagógica semelhante à do TIE original, com ênfase em atividades fundamentadas nas imagens obtidas pelos telescópios. Essas atividades estão alinhadas aos conteúdos curriculares norte-americanos, especialmente entre os níveis 7–12 do ensino fundamental e o ensino médio (*High School*).

Além disso, o projeto incorpora campanhas observacionais colaborativas, como as promovidas pela iniciativa *YouthAstroNet*, que possui objetivos similares aos dos programas *Las Cumbres Observatory* e *IASC*, embora com escopo educacional ampliado.

URL: <https://mo-www.cfa.harvard.edu/OWN/>

Com base na análise de seus materiais e estratégias pedagógicas, as iniciativas *Observing with NASA*, *IASC*, *ART* e o programa educacional do *Las Cumbres Observatory* podem ser caracterizadas, em sua maior parte, como alinhadas ao paradigma comportamentalista de ensino-aprendizagem. Isso se reflete no uso de tarefas estruturadas, nas quais o estudante responde a estímulos com comportamentos esperados, reforçados por feedback imediato, sem, necessariamente, estimular reflexões metacognitivas ou construção ativa de significados.

6 – Análise

A análise dos projetos apresentados na subseção 5.1 revela uma distribuição relativamente equilibrada entre propostas com características **comportamentalistas** e **construtivistas** no cenário de 2006. Em relação às iniciativas 5.1.2 (*Telescopes in Education*) e 5.1.4 (*Telescópios nas Escolas*), não foi possível verificar a presença de uma assessoria pedagógica formal durante sua concepção ou implementação. Os materiais disponíveis nessas plataformas indicam que apenas astrônomos profissionais foram responsáveis pelo desenvolvimento das atividades educacionais associadas aos telescópios, o que sugere uma possível lacuna no diálogo com especialistas da área educacional.

O projeto 5.1.1 (*Bradford Robotic Telescope*) apresenta uma combinação de elementos do ensino tradicional expositivo com estratégias de natureza construtivista, especialmente por meio de animações e experimentos interativos. No entanto, não há indícios claros de que essa articulação tenha sido planejada com base em uma fundamentação pedagógica deliberada. Já a proposta australiana (5.1.3), embora se autodeclare como construtivista em sua vertente social, também incorpora atividades simples e estruturadas — como a estimativa de escalas geométricas com base em imagens astronômicas — associadas a práticas didáticas tradicionais. Os próprios autores justificam a inclusão dessas atividades como forma de facilitar a construção de modelos mentais por parte dos estudantes, reconhecendo limitações cognitivas típicas da faixa etária atendida.

814

De forma geral, essa situação se manteve ao longo do tempo, inclusive nas iniciativas mais recentes descritas na subseção 5.2. Projetos como o ART (herdeiro do BRT) e o *Observing with NASA* foram parcialmente integrados ao sistema educacional formal, exigindo atividades vinculadas a cursos de formação ou currículo oficial, embora muitas vezes com abordagens opcionais. Por outro lado, iniciativas como IASC e o programa educacional do *Las Cumbres Observatory* não estão formalmente associadas a nenhum currículo escolar nacional, funcionando como programas extracurriculares ou paralelos, voltados ao engajamento em práticas científicas.

Surpreendentemente, nenhum dos quatro projetos analisados na subseção 5.2 apresenta, em sua concepção original, uma metodologia de ensino-aprendizagem claramente definida, fundamentada em teorias educacionais consolidadas. Mesmo com o uso intensivo de tecnologias educacionais e o potencial de engajamento dos estudantes, observa-se uma carência

significativa de intencionalidade pedagógica e de articulação com marcos teóricos do campo do Ensino de Ciências.

7 – CONCLUSÕES E SUGESTÕES

A análise apresentada na Seção 6 revela que, na maior parte dos projetos examinados, a implementação dos observatórios astronômicos remotos ou robóticos com fins educacionais não foi acompanhada pela aplicação explícita de teorias de ensino-aprendizagem. Tal ausência pode ser atribuída ao desconhecimento, por parte das equipes responsáveis, da importância de incorporar fundamentos pedagógicos desde as fases iniciais de planejamento, especialmente antes da instalação física dos equipamentos e da definição dos objetivos educacionais.

Para que futuros projetos atinjam maior efetividade no contexto educacional, é fundamental a constituição de equipes interdisciplinares que incluam, além de astrônomos e engenheiros, profissionais com formação em pedagogia, psicologia educacional e tecnologia educacional. Pedagogos e psicólogos podem contribuir com o desenvolvimento de estratégias de ensino adequadas às necessidades cognitivas e afetivas dos alunos, enquanto especialistas em tecnologia educacional podem orientar a integração de recursos digitais inovadores ao processo de aprendizagem. A colaboração entre esses profissionais é essencial para garantir uma abordagem educacional centrada no estudante, que promova o engajamento e a construção significativa do conhecimento.

815

Estudos como o de Hudgins et al. (2006) apontam que atividades de Astronomia elaboradas com base em princípios construtivistas podem ser eficazes na fixação de conteúdos curriculares específicos — como fases da Lua, marés e eclipses — quando utilizadas como complementação a aulas expositivas. Nessa perspectiva, os websites de observatórios virtuais poderiam oferecer aos alunos atividades de fixação com imagens previamente capturadas pelos telescópios ou animações didáticas, alinhadas a essa abordagem construtivista. A partir dessas experiências iniciais, os alunos poderiam progredir para investigações mais sofisticadas, utilizando os próprios recursos dos observatórios, com o objetivo de consolidar conceitos que exigem mediação e orientação docente. Essa lógica pedagógica se aproxima da proposta originalmente desenvolvida pelo *Bradford Robotic Telescope*, que associava recursos interativos à exploração autônoma guiada.

Em termos de avaliação da aprendizagem, uma sugestão viável para iniciativas dessa natureza é a utilização de testes ou tarefas de ranqueamento, descritos por Maloney (1987) e

posteriormente desenvolvidos por O'Kuma, Maloney e Hieggelke (2000) no contexto do ensino de Física. Esses testes consistem na ordenação de itens — como termos, imagens ou afirmações — de acordo com sua relevância para a resolução de uma determinada questão. A análise estatística das respostas permite mapear as concepções dos estudantes e identificar tópicos que demandam maior intervenção pedagógica. Trata-se de uma estratégia promissora para ajustar práticas de ensino com base em evidências empíricas, contribuindo para a melhoria contínua das propostas educacionais que fazem uso de tecnologias como os observatórios remotos e robóticos.

REFERÊNCIAS

- BARUCH, J. E. F. The Future of Robotic Telescopes for Education. *Publications of the Astronomical Society of Australia*, v. 17, p. 119–124, 2000.
- BARUCH, J. E. F. Robotic telescopes for education. *Vistas in Astronomy*, v. 35, p. 399–438, 1992.
- BOK, B. J. Automated photometry. *Astronomical Journal*, v. 60, p. 31–32, 1955.
- DYKSTRA, D. I. Jr.; BOYLE, C. F.; MONARCH, I. A. Studying conceptual change in learning physics. *Science Education*, v. 71, n. 6, p. 615–625, 1992.
- FRAKNOI, A. Enrollments in Astronomy 101 Courses: An Update. *Astronomy Education Review*, v. 1, n. 1, p. 121, 2001. Disponível em: <http://aer.noao.edu/cgi-bin/article.pl?id=12>. Acesso em: 15 dez. 2006.
- GOMEZ, E.; FITZGERALD, M. Robotic Telescopes in Education. *Astronomical Review*, v. 13, 2017. DOI: 10.1080/21672857.2017.1303264.
- HALLOUN, I. A.; HESTENES, D. The initial knowledge state of college physics students. *American Journal of Physics*, v. 53, n. 11, p. 1043–1055, 1985.
- HESTENES, D.; WELLS, M.; SWACKHAMER, G. Force Concept Inventory. *The Physics Teacher*, v. 30, p. 141–158, 1992.
- HIDAS, M. G. et al. Las Cumbres Observatory Global Telescope: A homogeneous telescope network. *Astronomische Nachrichten*, v. 329, n. 3, p. 269–279, 2008.
- HUDGINS, D. W. et al. Effectiveness of Collaborative Ranking Tasks on Student Understanding of Key Astronomy Concepts. *Astronomy Education Review*, v. 5, n. 1, p. 1–9, 2006. Disponível em: <http://aer.noao.edu/cgi-bin/article.pl?id=200>. Acesso em: 15 dez. 2006.
- KEPLER, S. O.; SARAIVA, M. F. O. *Astronomia e Astrofísica*. 2. ed. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2004.

LABURÚ, C. E.; SILVA, M. R. Do relativismo no ensino de física ao objetivismo na física. *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 5, n. 2, 2000.

MALONEY, D. P. Ranking Tasks: A New Type of Test Item. *Journal of College Science Teaching*, v. 16, n. 6, p. 510-513, 1987.

MARAN, S. P. Variable stars. *Science*, v. 158, p. 867-871, 1967.

MARTIN, R.; HARTLEY, K. Remote-control telescopes. *Vistas in Astronomy*, v. 28, p. 555-560, 1985.

MARTIN, M. O. et al. *Trends in International Mathematics and Science Study at the Fourth and Eighth Grades – TIMSS 2003*. TIMSS & PIRLS International Study Center, 2004. Disponível em: <http://isc.bc.edu/timss2003i/scienceD.html>. Acesso em: 15 dez. 2006.

McKINNON, D.; GEISSINGER, H. Interactive Astronomy in Elementary Schools. *Educational Technology & Society*, v. 5, n. 1, 2002. Disponível em: http://ifets.ieee.org/periodical/vol_1_2002/mckinnon.html. Acesso em: 14 jan. 2006.

McDERMOTT, L. C. Research on conceptual understanding in mechanics. *Physics Today*, v. 37, p. 24-32, 1984.

McDERMOTT, L. C. What we teach and what is learned: Closing the gap. *American Journal of Physics*, v. 59, p. 301-315, 1991.

MILLER, P. International Astronomical Search Collaboration – Astronomical Discovery Program for High School and College Students. *American Astronomical Society, AAS Meeting* 817 #219, id.431.04, 2012.

MITCHELL, E. W. J. *The Ground Based Plan: A Plan for Research in Astronomy and Planetary Science by Ground Based Techniques*. Swindon: SERC, 1989.

MOREIRA, M. A. *Teorias de Aprendizagem*. São Paulo: Editora Pedagógica e Universitária, 1999.

MOREIRA, M. A.; OSTERMANN, F. *Teorias Construtivistas*. Porto Alegre: Instituto de Física – UFRGS, 1999.

O'KUMA, T. L.; MALONEY, D.; HIEGGELKE, C. *Ranking Task Exercises in Physics*. Boston: Addison-Wesley, 2000.

ROJAS, G. A. et al. International Astronomical Search Collaboration. In: *XIV Latin American Regional IAU Meeting*. *Revista Mexicana de Astronomía y Astrofísica (Serie de Conferencias)*, v. 44, p. 215-216, 2014.

REDDISH, V. C. Monitoring stars. *Sky & Telescope*, v. 32, p. 124, 1996.

SADLER, P. M. et al. MicroObservatory Net: A Network of Automated Remote Telescopes Dedicated to Educational Use. *Journal of Science Education and Technology*, v. 10, p. 39-55, 2001. DOI: 10.1023/A:1016668526933.

SILVA, I.; PRATES, T.; RIBEIRO, L. As Novas Tecnologias e Aprendizagem: Desafios enfrentados pelo professor na sala de aula. *Em Debate*, n. 107, 2017. DOI: 10.5007/1980-3532.2016n15p107.

WALCZYK, J. J.; RAMSEY, L. L. Use of Learner-Centered Instruction in College Science and Mathematics Classrooms. *Journal of Research in Science Teaching*, v. 40, n. 6, p. 566-584, 2003.

ZEILIK, M. Research-Based Astronomy: Will it travel? *Astronomy Education Review*, v. 1, n. 1, p. 33-45, 2002. Disponível em: <http://aer.noao.edu/cgi-bin/article.pl?id=3>. Acesso em: 15 dez. 2006.