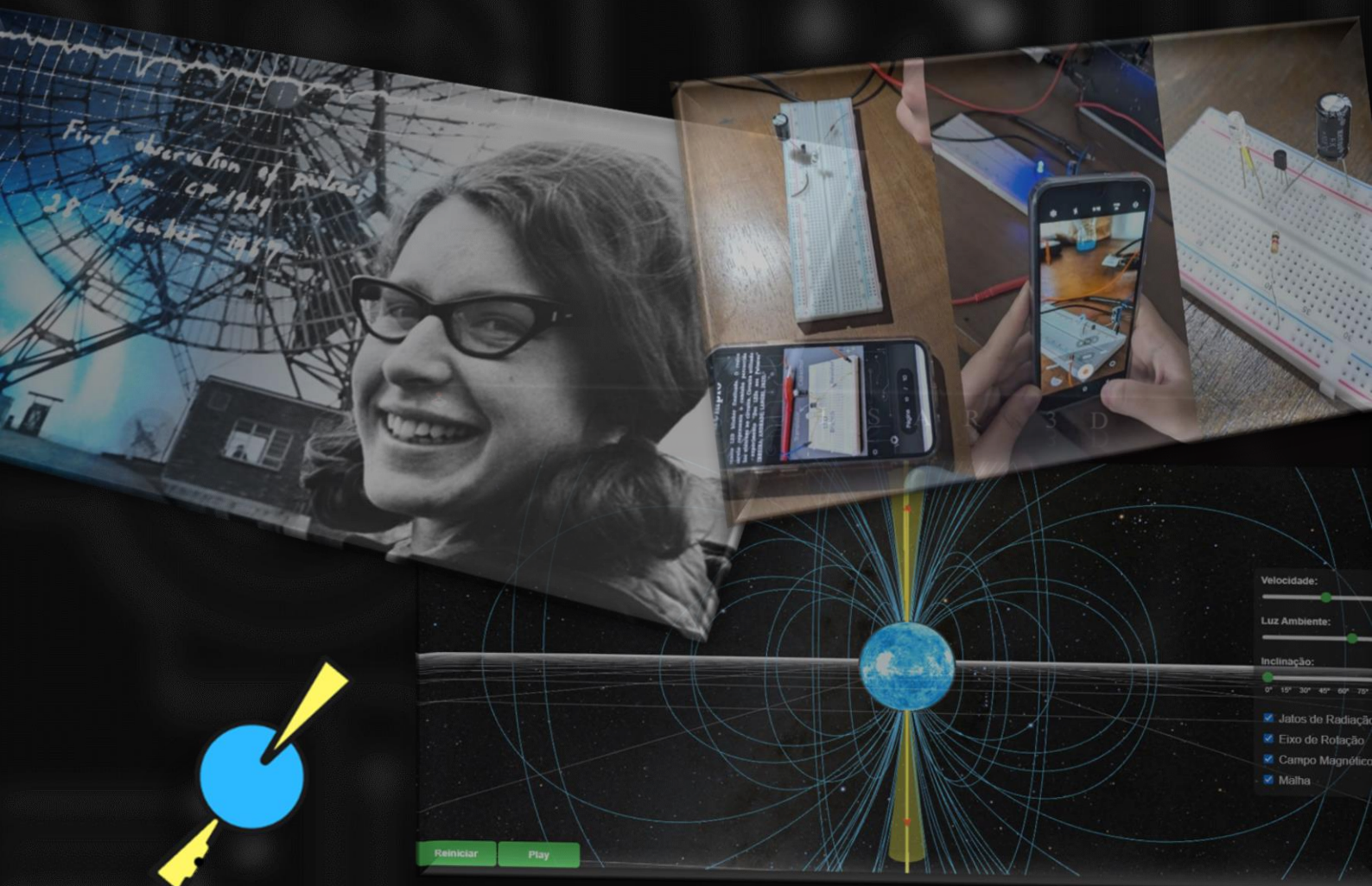


DOS LEDS AOS PULSARES: UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA IMERSIVA PARA O ENSINO DE FÍSICA E ASTROFÍSICA NA ESCOLA



Lucas Ferreira e Vanessa Carvalho de Andrade



UnB



MNPEF

Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física

Lucas Ferreira e Vanessa Carvalho de Andrade

DOS LEDS AOS PULSARES: UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA IMERSIVA PARA O ENSINO DE FÍSICA E ASTROFÍSICA NA ESCOLA

Este produto educacional é parte integrante da dissertação: “DOS LEDS AOS PULSARES: UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA IMERSIVA PARA O ENSINO DE FÍSICA E ASTROFÍSICA NO ENSINO FUNDAMENTAL E MÉDIO”, desenvolvida no âmbito do Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física- MNPEF, do Instituto de Física da Universidade de Brasília - UnB, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Brasília - DF
2025

INDEX

APRESENTAÇÃO.....	4
O QUE PRECISO SABER?.....	7
SEQUÊNCIA DIDÁTICA IMERSIVA.....	11
COMPREENDENDO OS PULSARES.....	22
DEFINIÇÃO, HISTÓRIA E DETECÇÃO DOS PULSARES.....	22
CURIOSIDADES SOBRE OS PULSARES.....	27
QUAIS FERRAMENTAS POSSO UTILIZAR?.....	33
MONTANDO O CIRCUITO LED BLINKER.....	34
O SOFTWARE TRACKER ONLINE E ANÁLISE DE VÍDEO.....	39
SIMULAÇÃO INTERATIVA PULSAR 3D.....	45
UTILIZANDO A SIMULAÇÃO PULSAR 3D.....	49
APÊNDICE A - CIRCUITO LED BLINKER COM O ARDUINO.....	56
APÊNDICE B — INSTRUMENTO DE COLETA.....	62
APÊNDICE C - PLANO DE AULA SIMULAÇÃO PULSAR 3D.....	63
APÊNDICE D - PROPOSTA DE PROJETO MULTIDISCIPLINAR.....	65
APÊNDICE E - MODELO PARA IMPRESSÃO 3D.....	66
ANEXOS.....	67

APRESENTAÇÃO

Caros professores, futuros professores e profissionais da educação, sejam bem vindos ao produto educacional “Dos LEDs aos Pulsares”. Neste documento iremos apresentar uma sequência didática (SD) para o ensino de Física, Astrofísica e Astronomia, destinada ao ensino médio e ensino fundamental.

Este produto educacional explora conceitos como a formação de pulsares, sua composição, densidade e os fenômenos associados aos campos magnéticos e emissão de jatos de radiação. Tópicos estes que foram elaborados para serem abordados de forma prática e acessível, com linguagem adaptada para o ensino fundamental e médio, permitindo que professores e estudantes explorem tópicos que permeiam as fronteiras da Astronomia e da Astrofísica. Além disso, este material inclui uma abordagem prática a partir do uso de um circuito LED blinker, que é um dispositivo que simula os pulsos de luz emitidos por um pulsar, além da análise de vídeos gravados pelos estudantes através do uso guiado de softwares gratuitos. Este experimento busca relacionar os conceitos teóricos às realidades dos estudantes, utilizando componentes eletrônicos acessíveis e de baixo custo (Figura 1).

Outra ferramenta central deste produto educacional é a utilização da Simulação Interativa Pulsar 3D, que permite os estudantes explorar a estrutura e as propriedades dos pulsares em três dimensões. Ao utilizar tecnologias digitais de modelagem e visualização 3D, essa simulação promove uma compreensão imersiva e interdisciplinar, integrando Física, Astronomia, Astrofísica e Tecnologia. Este material apresenta, também, uma sequência didática imersiva, que guia os educadores sobre o uso desses recursos e conteúdos em sala de aula. A SD “Dos LEDs aos Pulsares” está alinhada às competências apresentadas na Base Nacional Comum Curricular (BNCC) e incentiva o desenvolvimento de habilidades dos estudantes, como a resolução de problemas, trabalho em equipe e pensamento crítico.

Além dos fenômenos físicos e astrofísicos dos pulsares, esses objetos exóticos também carregam histórias fascinantes que podem trazer um caráter de contextualização e engajamento às aulas de Física e de Ciências, por exemplo, ao explorar desde a sua descoberta ao final da década de 1960, até suas implicações na compreensão da matéria e caracterização de objetos astronômicos exóticos. Desse modo, este produto educacional inclui também um contexto histórico e filosófico, capaz de instigar os estudantes durante discussões em sala de aula e conectar o conhecimento científico com as dimensões humana e cultural.

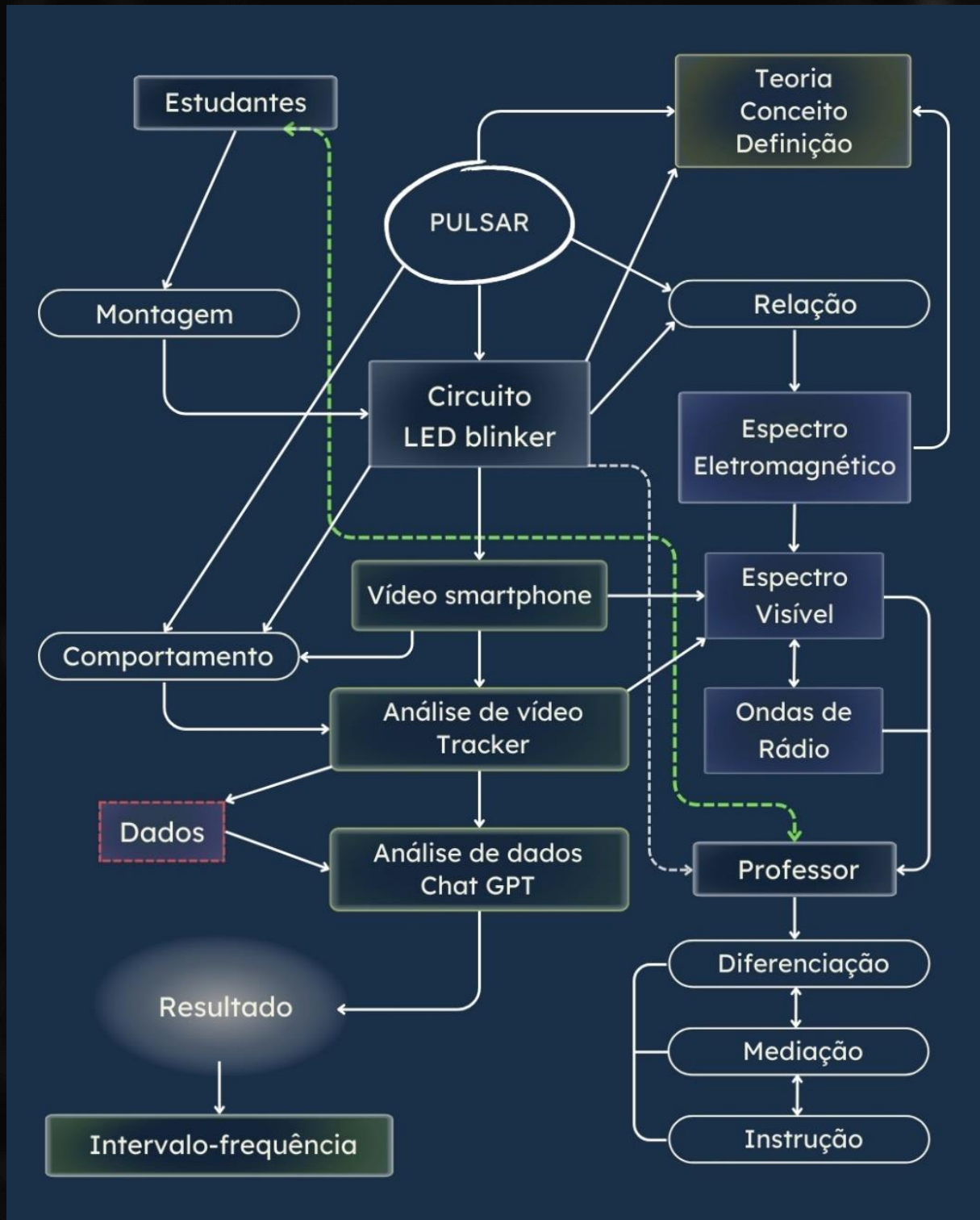
Nesse contexto, é importante também o professor abordar a história da astrônoma Jocelyn Bell, a injustiça sofrida por essa cientista e o papel das mulheres na ciência, através do direcionamento e questionamentos juntos dos estudantes.

Através de uma proposta ilustrada e baseada no ensino através de imagens, os materiais disponíveis nesta SD servem como recursos para que os professores possam utilizar em sala de aula, que foram traduzidos de forma detalhada pelos autores, para melhor ilustrar os processos envolvidos, tanto da natureza dos pulsares e seu contexto histórico, quanto do circuito LED blinker.

Este produto educacional é capaz de promover a interdisciplinaridade, ao conectar Física com Astronomia, Eletrônica e uso de Tecnologias Digitais em sala de aula, especialmente através da colaboração e participação de professores de outras disciplinas, incluindo disciplinas como História, Inglês, Artes, etc. Trata-se de uma SD acessível, que oferece tutoriais detalhados para a montagem de um circuito LED blinker e orientações claras para o uso da Simulação Pulsar 3D em vários dispositivos, incluindo smartphones, tablets e computadores.

Através desta SD os estudantes terão a oportunidade de aprender sobre o processamento de vídeos através de softwares de análise de vídeo, elaborar gráficos a partir dos dados extraídos do vídeo do próprio experimento e correlacionar o comportamento observado em sala de aula, com a dinâmica dos pulsares e suas características, fazendo uma ponte entre os conceitos básicos de Física, Astronomia e Astrofísica, com a realidade tecnológicas que estão inseridos.

Figura 1 - Mapa mental dos processos e relações envolvidas nas etapas da SD e experimento.



Fonte: Autoria própria

O QUE PRECISO SABER?

Ei, professor! Vamos dar uma olhada nos principais conceitos que vão te ajudar a trabalhar com esse produto educacional?

A importância da Aprendizagem Significativa

A teoria educacional de Bob Gowin destaca que a construção do conhecimento ocorre por meio de uma tríade educativa composta por professor, estudante e materiais educativos, mediada por eventos e significados compartilhados. No ensino de Física, essa perspectiva enfatiza que os conceitos científicos são melhor compreendidos quando abordados de maneira ativa e contextualizada, com o professor atuando como mediador na construção do conhecimento. A aprendizagem significativa, segundo Gowin, acontece quando o estudante capta e compreende os significados compartilhados na interação com os materiais educativos e o professor.

Um dos principais instrumentos dessa abordagem é o Vê epistemológico de Gowin, uma ferramenta que instiga o descobrir e o inventar que auxilia os estudantes a relacionarem teoria e prática na construção do conhecimento científico. O Vê de Gowin permite visualizar como teorias, princípios e conceitos da Física se conectam com os métodos experimentais e a própria realidade.

No ensino de Física, à medida que os estudantes interagem, discutem e aplicam conceitos, eles se apropriam dessa linguagem, consolidando sua compreensão. Dessa forma, a aprendizagem significativa não se resume à simples memorização de fórmulas, mas à construção colaborativa e ativa do conhecimento, no qual os conceitos físicos surgem da interação entre pensamento, experimentação, uso de recursos educacionais e diálogo mediado pelo professor.

Aprendizagem através da investigação

O ensino por investigação coloca o estudante como protagonista da sua própria aprendizagem. Em vez de simplesmente transmitir o conteúdo, você cria situações-problema interessantes e orienta os estudantes na busca por soluções. Isso ajuda a desenvolver não só o conhecimento dos conceitos, mas também habilidades científicas como elaborar hipóteses, planejar investigações e analisar resultados.

As atividades investigativas podem variar desde investigações mais estruturadas até as mais abertas, dependendo da autonomia que você quer dar aos estudantes. Uma dica valiosa é começar com investigações mais guiadas e ir aumentando gradualmente o nível de independência dos estudantes.

E o melhor: pesquisas mostram que essa abordagem realmente funciona! Os estudantes ficam mais engajados, compreendem melhor os conceitos e desenvolvem habilidades científicas importantes. Além disso, eles passam a ver a Física com outros olhos quando têm a chance de investigar os fenômenos de forma ativa.

Astronomia e Astrofísica na sala de aula

Estes temas têm um enorme potencial para despertar a curiosidade dos estudantes! A BNCC apoia a inclusão desses conteúdos tanto no Ensino Fundamental quanto no Médio. Você pode trabalhar desde conceitos básicos sobre Terra e Universo até temas mais complexos como evolução estelar e processos nucleares.

Existem vários recursos gratuitos que podem te ajudar nessa jornada. Por exemplo, o curso "Astrofísica para Todos" da UFSC e o Curso de Introdução à Astronomia e Astrofísica do INPE são excelentes para sua formação continuada. Além disso, há diversos materiais didáticos e guias de estudo disponíveis online.

Vale destacar que esses temas naturalmente se conectam com outras áreas da Física e com o cotidiano dos estudantes. Isso permite criar conexões interdisciplinares interessantes e mostrar como a ciência está presente em suas vidas, desde as tecnologias que usam até os documentários e séries que assistem.

Tecnologia a seu favor

As tecnologias digitais podem ser grandes parceiras no ensino de Física. Simuladores, aplicativos e ambientes virtuais permitem que os estudantes experimentem e manipulem conceitos físicos de forma interativa. E não para por aí: as novas ferramentas de inteligência artificial, como ChatGPT e similares, podem oferecer suporte personalizado tanto para você quanto para seus estudantes.

Mas atenção: não basta simplesmente jogar tecnologia na aula. O importante é usá-la de forma consciente e pedagogicamente fundamentada. Pense nela como uma ferramenta que pode potencializar suas estratégias de ensino e tornar conceitos abstratos mais tangíveis para os estudantes.

A BNCC reconhece essa importância e incentiva o desenvolvimento de competências digitais. E o legal é que você não precisa ser um expert em tecnologia - comece aos poucos, experimente diferentes recursos e veja o que funciona melhor com suas turmas.

Experimentação interativa

Experimentos interativos são aqueles em que os estudantes podem participar ativamente, manipulando variáveis e observando resultados. Esta abordagem hands-on é especialmente valiosa para conectar teoria e prática, tornando o aprendizado mais significativo e envolvente.

A grande vantagem é que os estudantes podem testar suas hipóteses, cometer erros e aprender com eles em um ambiente seguro e controlado. Isso ajuda a desenvolver não só a compreensão dos conceitos, mas também habilidades práticas e o pensamento científico.

E o mais legal: os experimentos interativos podem ser adaptados para diferentes realidades e recursos disponíveis. O importante é que permitam a participação ativa dos estudantes e estimulem a reflexão sobre os fenômenos observados.

Lembre-se:

- Seu papel é instigar e mediar, não apenas transmitir conhecimento;
- A investigação científica é um dos cerne dessa sequência didática;
- Astronomia e Astrofísica são temas que naturalmente despertam interesse nos estudantes;
- O uso de tecnologias educativas e experimentos interativos são capazes de enriquecer as aulas de física e ciências.

Os pulsares são fontes contínuas de emissão eletromagnética, mas seu sinal pode ser percebido de forma intermitente devido ao movimento de rotação e ao alinhamento do feixe de radiação com a Terra. Para ilustrar esse conceito, o LED blinker representa um modelo simplificado do funcionamento de um pulsar, onde os flashes de luz simulam os pulsos detectados pelos radiotelescópios. É essencial enfatizar essa analogia durante a experimentação, ajudando os alunos a compreenderem como a detecção desses sinais revolucionou a astrofísica. Além disso, reforçar o papel de Jocelyn Bell na descoberta dos pulsares não apenas valoriza sua contribuição científica, mas também destaca a importância do papel das mulheres na astronomia e astrofísica.

Preparando-se para a aventura!

Professor, agora que você já conhece os fundamentos teóricos que embasam nossa proposta, vamos falar sobre o que você precisa para começar essa jornada incrível "Dos LEDs aos Pulsares"!

Em primeiro lugar, não se preocupe, você não precisa ser um expert em astronomia ou eletrônica para implementar esta sequência. O mais importante é sua disposição para aprender junto com os estudantes e se aventurar por novos caminhos. Lembre-se: todo astrônomo já foi um observador curioso do céu, e todo cientista já se perguntou "como isso funciona?".

Para implementar a sequência didática "Dos LEDs aos Pulsares" na sua escola, você vai precisar:

- Componentes eletrônicos simples (LEDs, resistores, etc.) - não se preocupe, vamos detalhar tudo nas próximas seções;
- Um espaço para realizar as atividades práticas (pode ser a própria sala de aula);
- Acesso a computador/smartphone para algumas atividades.

Então, aperte os cintos que essa aventura já vai começar! Nas próximas seções, vamos detalhar cada etapa da sequência didática, com dicas práticas, sugestões de adaptações e todo o suporte necessário para você implementar essa proposta na sua escola. Lembre-se: assim como os pulsares emitem sinais regulares pelo cosmos, você será o farol que guiará seus estudantes nessa exploração fascinante entre a Terra e as estrelas.

E aí, pronto para começar? Nas próximas seções, veremos como colocar tudo isso em prática! Vamos nessa?

SEQUÊNCIA DIDÁTICA IMERSIVA

Nessa sequência didática (SD), os estudantes são imersos na história da descoberta dos pulsares por Jocelyn Bell, explorando sua contribuição para a ciência e refletindo sobre o papel das mulheres na pesquisa científica. Exploram, também, a importância científica da descoberta dos LEDs e suas aplicações no cotidiano. Em seguida, eles participam de uma atividade prática de montagem de um circuito LED blinker e experimentação livre para compreender os princípios básicos da eletrônica, em um ambiente fora da sala de aula convencional. Através de uma narrativa audiovisual, com o uso de imagens e de vídeos, os estudantes são introduzidos aos conceitos de estrelas de nêutrons e pulsares e exploram as características físicas desses objetos astronômicos exóticos através de um simulador 3D interativo, com o auxílio de computadores, tablets ou smartphones.

A SD continua com os estudantes realizando a análise dos vídeos capturados do funcionamento do circuito LED blinker, com o auxílio de um smartphone, utilizando o software livre de análise de vídeo Tracker Online, seguido do envio dos resultados - gráficos - obtidos no Tracker Online. Os estudantes utilizam IAs para realizar o processamento dos dados gerados no programa Tracker Online, que também são enviados como atividade avaliativa. Essa experiência multidisciplinar promove não apenas a compreensão de conceitos em Física, Astronomia, Astrofísica e Eletrônica, mas também o desenvolvimento de habilidades de pesquisa, experimentação e análise de dados, enquanto estimula a curiosidade e a criatividade dos estudantes.

A SD “Dos LEDs aos Pulsares” está dividida em 5 momentos e foi estruturada para ser aplicada em um período de 3 semanas, podendo ser aplicada tanto no ensino médio, quanto no ensino fundamental nos anos finais. A estrutura da SD pode ser visualizada em maior detalhe no Quadro 3.

Os cinco Momentos foram cuidadosamente planejados para criar uma experiência imersiva e significativa, onde teoria e prática se encontram de maneira contínua e interessante. Seus estudantes viajarão das ondas eletromagnéticas à descoberta dos pulsares, passando pela montagem de circuitos e análise de dados com ferramentas digitais. Prepare-se para mediar descobertas empolgantes e ver seus estudantes desenvolvendo não apenas conhecimento científico, mas também habilidades práticas e pensamento crítico.

Quadro 2 - Temas das apresentações dos grupos do 8º e 9º ano.

Grupos	Temas
Grupo A	Estudos Iniciais de um Pulsar e a Detecção de um Pulsar
Grupo B	História dos LEDs e Seus Impactos na Sociedade
Grupo C	História da Radioastronomia e o Pulsar Mais Longo Observado
Grupo D	História de Jocelyn Bell e a Detecção do Pulsar CP1919

Fonte: Autoria própria.

Quadro 3 - Estrutura geral da sequência didática e experimento “Dos LEDs aos Pulsares”.

Sequência Didática “Dos LEDs aos Pulsares”	
Momento	Conteúdos e estratégias
Aula 1	Objetivo: Introduzir os estudantes à história dos pulsares e à contribuição de Jocelyn Bell para a Astronomia. - Apresentação sobre a descoberta dos pulsares e a trajetória de Jocelyn Bell. - Divisão dos estudantes em quatro grupos, cada um responsável por um tema específico. - Elaboração de slides com textos e imagens para uma apresentação. - Exibição do <u>documentário produzido pelo The New York Times sobre Jocelyn Bell</u>. - Debate em sala sobre o documentário. Atividade avaliativa: responder um roteiro online com 9 perguntas (Quadro 4) sobre o documentário e enviar as respostas no formato Word ou PDF.
Aula 2	Objetivo: Explorar conceitos básicos de circuitos elétricos e componentes eletrônicos. - Introdução aos conceitos de circuitos elétricos, protoboard e componentes eletrônicos. - Manuseio dos componentes eletrônicos e protoboard. - Acesso ao guia digital “<u>Como montar um circuito LED blinker em 6 passos</u>” no smartphone. - Exploração dos princípios básicos de eletrônica e funcionamento do LED.
Aula 3	Objetivo: Compreender a estrutura e o funcionamento dos pulsares e estrelas de nêutrons. - Acesso ao site <u>Pulsar 3D</u>, desenvolvido pelos autores. - Interação com uma simulação tridimensional sobre pulsares. - Exploração das características dos pulsares, como escala, emissão de radiação, interação do campo magnético, rotação, etc. - Acesso responsivo à simulação via smartphones, tablets ou computadores.

Aula 4	Objetivo: Simular experimentalmente o comportamento dos pulsares. - Realização do experimento na Sala Maker. - Montagem do circuito LED blinker em sala de aula com o auxílio do recurso <u>“Como montar um Circuito LED blinker em 6 passos”</u>. - Rotatividade entre os grupos durante a atividade. - Captura de vídeos do LED piscando usando o smartphone.
Aulas 5	Objetivo: Analisar os dados experimentais utilizando o software Tracker Online e inteligência artificial. - Carregamento dos vídeos capturados no software Tracker Online. - Análise dos vídeos com auxílio do <u>“Roteiro passo a passo Tracker Online análise região RGB”</u> disponibilizado na plataforma da escola. - Utilização de IA (ChatGPT, Microsoft Copilot, Gemini, etc.) para determinar a frequência do brilho do LED. - Envio dos gráficos gerados no Tracker Online e capturas de tela das análises feitas com IA para o professor. - Instruções para a entrega do trabalho final na plataforma Google Classroom.

Fonte: Autoria própria.

A SD foi planejada para ser realizada em um formato de projeto multidisciplinar, um modelo de projeto pode ser visualizado no Apêndice C. Cada momento da SD teve duração de 50 minutos. Você pode modificar o projeto para as demandas e realidades da sua escola, incorporando características e particularidades das turmas que leciona, além de envolver outros professores e disciplinas como artes, matemática, inglês, história, etc., sendo possível estruturar um projeto interdisciplinar (através da colaboração efetiva e troca de experiências reais entre os professores e utilizando os espaços da própria escola).

Papel do Professor

Professor, você será o condutor dessa expedição científica, guiando os estudantes por uma jornada que integra história, eletrônica e astrofísica de maneira prática e investigativa. Seu papel vai além da simples transmissão de conhecimento – você atuará como mediador, conectando os estudantes aos fenômenos científicos e incentivando a construção ativa do conhecimento ao longo das etapas da sequência didática.

Principais Atribuições do Professor:

- Apresentar o contexto histórico: Introduza a trajetória de Jocelyn Bell, destacando sua descoberta dos pulsares e promovendo um debate sobre a representatividade na ciência;
- Mediar as atividades: Auxilie os grupos na organização das apresentações, incentive a participação nas discussões e estimule a busca por respostas mais aprofundadas;
- Orientar a experimentação: Apoie os estudantes na montagem e no funcionamento do circuito eletrônico LED blinker, assegurando que compreendam a relação entre os sinais luminosos e a detecção de pulsares;
- Utilizar ferramentas digitais: Incentive o uso da simulação Pulsar 3D e do software Tracker Online, forneça tutoriais ou explicações passo a passo para garantir que todos compreendam a análise de vídeos e gráficos;
- Fomentar a interdisciplinaridade: Estabeleça conexões com áreas como matemática, história e inglês, convidando professores dessas disciplinas para contribuir com a troca de experiências;
- Criar um ambiente investigativo: Estimule a formulação de hipóteses, incentive o pensamento crítico e auxilie os estudantes a estabelecerem relações entre os conceitos experimentais e astronômicos/astrofísicos.

Ao final da sequência didática, seu papel terá sido fundamental não apenas na transmissão de conhecimentos físicos, mas também na inspiração de futuros cientistas.

Papel dos Estudantes

Lembre-se a todo momento que os estudantes serão os protagonistas desta jornada científica. O papel dos estudantes é atuar como investigadores, questionadores e experimentadores, utilizando diferentes recursos para compreender os fenômenos físicos, dos pulsares à eletrônica, da análise de vídeo à inteligência artificial.

Principais Atribuições dos Estudantes:

- Investigar a descoberta dos pulsares: Produzir apresentações sobre Jocelyn Bell e sua contribuição científica, explorando a importância dessa descoberta para a astrofísica;
- Explorar circuitos eletrônicos: Construir e testar o circuito LED blinker, compreendendo o funcionamento de seus componentes e sua analogia com os sinais luminosos de pulsares;
- Interagir com simulações científicas: Analisar a estrutura e o comportamento dos pulsares por meio da simulação Pulsar 3D, aprofundando a compreensão sobre esses objetos astrofísicos;
- Coletar e analisar dados experimentais: Registrar os experimentos, utilizar o Tracker Online para estudar os padrões de piscar do LED e interpretar os resultados com ferramentas computacionais;
- Participar de debates científicos: Compartilhar descobertas, dificuldades e reflexões sobre o experimento, enriquecendo a experiência de aprendizagem por meio da troca de experiências e construção de ideias.

A qualidade da experiência e dos resultados obtidos dependerá diretamente do engajamento e da curiosidade de cada um. Quanto maior a participação ativa, mais aprofundado será o aprendizado.

Descrição dos Momentos da SD

No Momento 1, os estudantes são introduzidos ao contexto histórico dos pulsares e a contribuição da astrofísica Jocelyn Bell para a Astronomia e para a Ciência. Nesse momento, os estudantes são divididos em quatro grupos e os temas são distribuídos para cada grupo. Eles têm que elaborar slides com textos e imagens para uma apresentação em inglês dos temas (Figuras 36 e 37), a apresentação em inglês é opcional, mas é indicado que o professor de inglês participe dessa etapa do projeto. Os temas dos grupos podem ser visualizados no Quadro 2.

Ainda no Momento 1, os estudantes assistem o documentário sobre a vida e descoberta de Jocelyn Bell, produzido pelo The New York Times, em seguida, realizam um debate em sala de aula e como atividade avaliativa é solicitado que respondam um roteiro online, contendo 9 perguntas sobre os tópicos abordados no documentário (Quadro 4). Os estudantes então enviam para o professor a atividade avaliativa no formato Word ou PDF.

Quadro 4 - Perguntas da atividade avaliativa sobre o documentário da Jocelyn Bell.

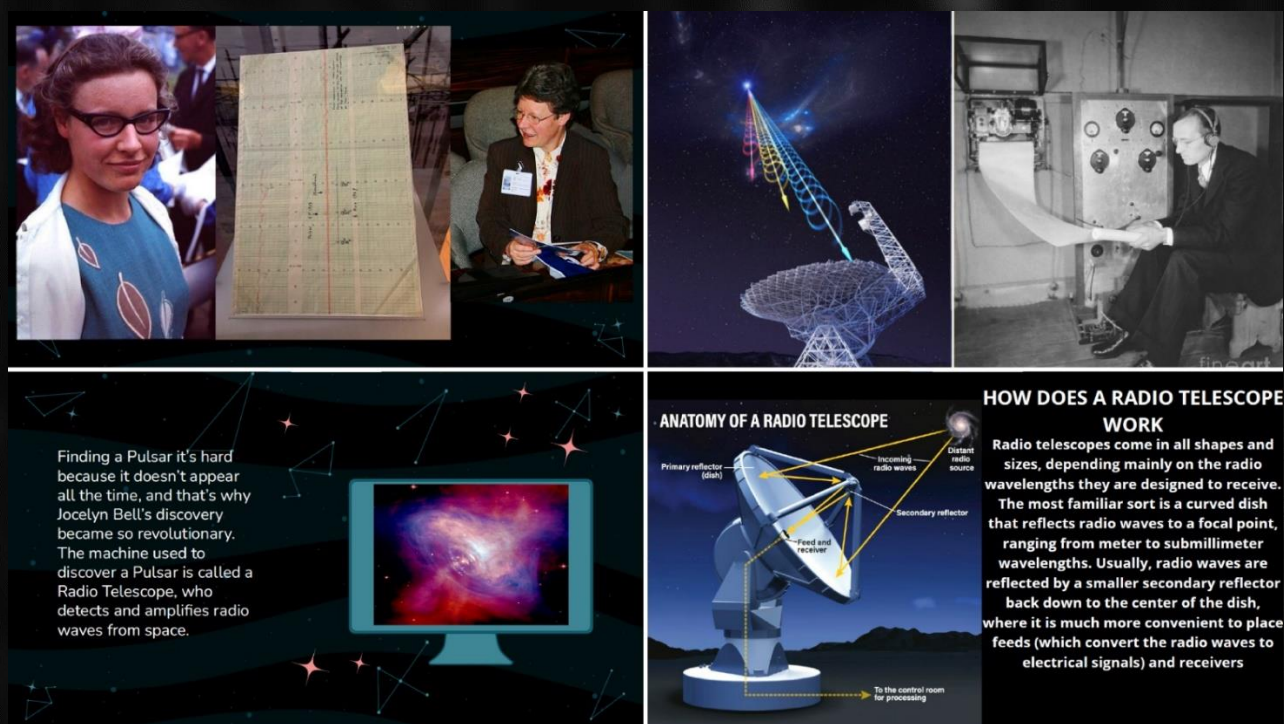
Questões	Perguntas
Questão 1	Por que Jocelyn Bell decidiu estudar Astronomia?
Questão 2	O que Jocelyn Bell estudou no seu doutorado?
Questão 3	O que Jocelyn Bell descobriu?
Questão 4	Como Jocelyn Bell detectou o Pulsar CP1919?
Questão 5	Por que sua descoberta foi tão importante para a Astronomia?
Questão 6	Qual é a sua opinião sobre a injustiça com Jocelyn em relação à nomeação do Prêmio Nobel pela descoberta dos pulsares?
Questão 7	Você acredita que o professor dela mereceu o Prêmio Nobel?
Questão 8	Quais foram os impactos na Astronomia após a descoberta dos pulsares por Jocelyn Bell?
Questão 9	Descreva em detalhes o que é um Pulsar

Fonte: Autoria própria.

No Momento 2, os estudantes são introduzidos aos temas de circuitos elétricos, componentes eletrônicos e protoboard. Eles interagem e tocam nos componentes eletrônicos e manuseiam a protoboard. Em seguida, acessam no smartphone o guia digital “Como montar um circuito LED blinker em 6 passos” e exploram os princípios básicos de eletrônica, componentes de um circuito e o funcionamento do LED.

No Momento 3, os estudantes se envolvem com a definição, estrutura e funcionamento dos pulsares e estrelas de nêutrons, através de um site e simulação 3D desenvolvida pelos autores, intitulado Pulsar 3D. No site, é possível clicar nos títulos e expandi-los, onde parágrafos e textos com definições aparecem próximos das imagens. A partir da simulação Pulsar 3D, os estudantes puderam visualizar e interagir de forma tridimensional e melhor compor a concepção de diversas características de um pulsar, como escala e dimensão, emissão de radiação, interação do campo magnético, superfície e atmosfera do pulsar, rotação, etc. O site e simulação Pulsar 3D foi desenvolvido de maneira responsiva, para que os estudantes pudessem acessar a simulação através de smartphones, tablets, laptops e computadores.

Figura 36 - Exemplos de apresentações de slides elaboradas por estudantes do 8º ano.



Fonte: Autoria própria.

No Momento 4, os estudantes realizam em uma Sala Maker (ambiente fora da sala de aula) o experimento prático para simular o comportamento dos pulsares, através da construção de um circuito LED blinker, com o auxílio do guia de montagem digital “Como montar um circuito LED blinker em 6 passos” no smartphone. Nesse momento, os estudantes realizam a rotatividade entre os grupos. No final da atividade, realizam a captura do vídeo do LED piscando, utilizando a câmera do próprio smartphone (Figura 38). O vídeo gravado será carregado posteriormente no programa de análise de vídeo Tracker Online (Figura 39).

No Momento 5, em sala de aula, os estudantes realizam a análise dos vídeos capturados com os smartphones no software livre e analisador de vídeo Tracker Online. Através de um roteiro passo a passo de como utilizar o Tracker Online, elaborado pelos autores e disponibilizado na plataforma da escola, os estudantes seguem um passo a passo de como carregar e analisar o vídeo do LED no programa Tracker Online (Figura 39). Em sequência, os estudantes analisam os dados gerados pelo programa Tracker Online com o auxílio de inteligência artificial, como o ChatGPT, Microsoft Copilot, Gemini, etc., para determinar a frequência do brilho do LED. Ao final da atividade, os estudantes realizam o envio dos gráficos gerados no Tracker Online e as capturas de tela dos textos e respostas elaboradas pelos programas de inteligência artificial, para o professor (Figuras 39 e 40).

Figura 37 - Exemplos de apresentações de slides elaboradas por estudantes do 9º ano.

What is a pulsar?

A pulsar is a neutron star that rotates quickly and emits beams of electromagnetic radiation from its poles. When these beams point to the Earth, they are detected as regular pulses.



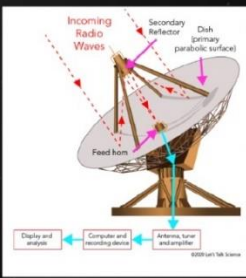
Early Discoveries (1907-1960s)

- 1907: H. J. Round, a British experimenter, first observed electroluminescence in a silicon carbide crystal.
- 1927: Oleg Losev, a Russian scientist, developed the first LED, but it was not commercially practical.
- 1962: Nick Holonyak, an American engineer, created the first visible-spectrum LED (red), considered the first practical LED. By using the semiconductor material gallium arsenide phosphide (GaAsP) and the technique of stimulated emission,



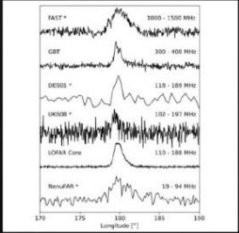
HOW IT IS USED

Radio astronomy is the area of astronomy that studies the universe through the detection and analysis of radio waves emitted by celestial objects. Instead of observing visible light, as in optical astronomy, radio astronomers use radio telescopes to capture radio waves coming from stars, galaxies, quasars, nebulae and even planets.



Parts of a radio telescope

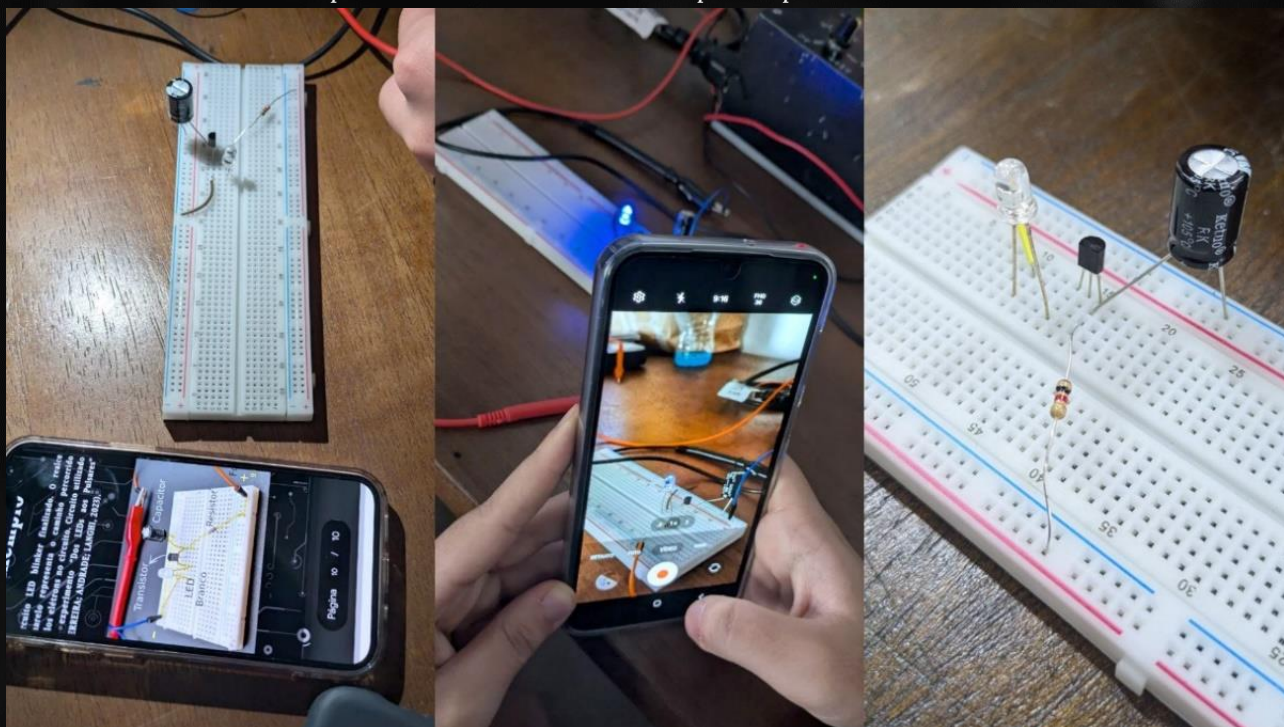
What makes PSR J0250+5854 particularly noteworthy is that it has the slowest known rotation period of any pulsar. Discovered in 2018, this pulsar has a rotation period of approximately 23.5 seconds. For context, most pulsars have much shorter rotation periods, ranging from milliseconds to a few seconds. The slow rotation of PSR J0250+5854 challenges our understanding of the pulsar population and the mechanisms that sustain their magnetic fields and rotational energy over time.



The pulse profiles of PSR J0250+5854 at different radio frequencies.

Fonte: Autoria própria.

Figura 38 - Realização do Momento 4 na Sala Maker. Montagem dos circuitos LED blinker e captura dos vídeos com o smartphone pelos estudantes.



Fonte: Autoria própria.

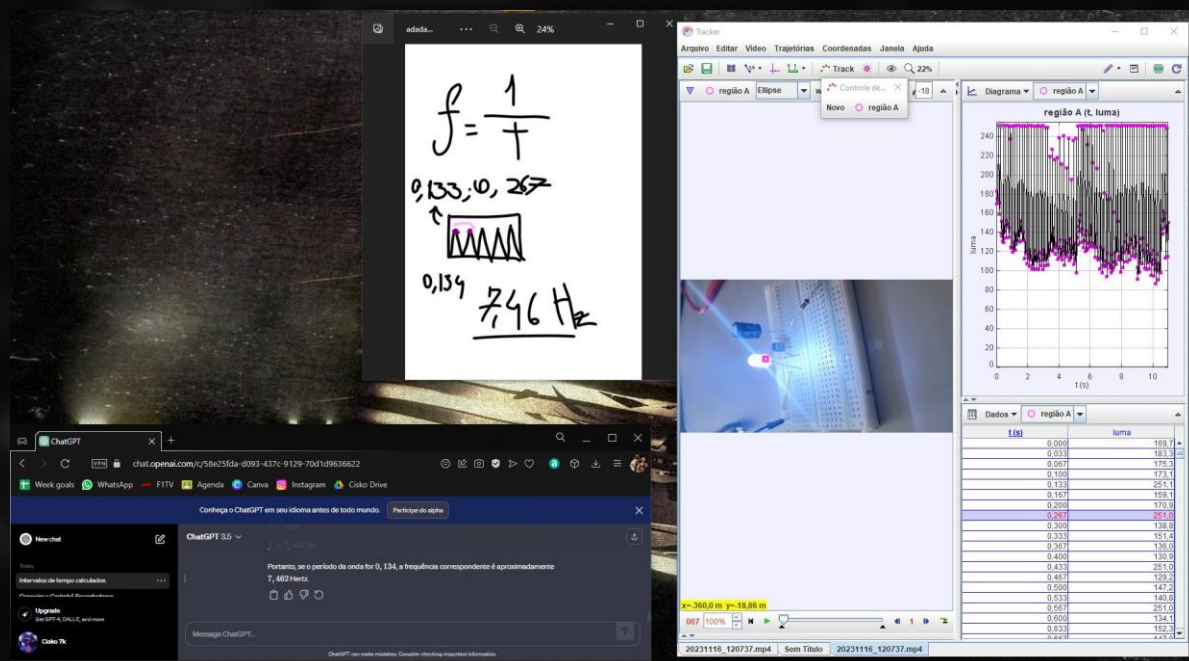
A culminância da SD se dá através de uma conversa e debate em sala de aula, sobre cada Momento e a percepção dos estudantes e grupos em relação às experiências e temas propostos, com foco: nas dificuldades encontradas por eles; no que mais chamou a atenção deles na realização da SD; se conseguiram entender a relação entre o circuito LED blinker com o comportamento e detecção de um pulsar; no manuseio do programa Tracker Online; interpretação dos dados com uso de inteligência artificial; no uso da simulação Pulsar 3D para compreender a estrutura e dinâmica dos pulsares; na importância de estudar as contribuições de Jocelyn Bell para a astronomia; nas questões de injustiça e sexismo sofrido por Jocelyn Bell; na experiência da SD como um todo, em especial como uma imersão em pulsares, circuitos eletrônicos e LEDs.

Figura 39 - Realização do Momento 5 em sala de aula. Análise dos vídeos capturados com o smartphone pelos estudantes através do software livre Tracker Online. Gráficos de tempo x brilho do LED, gerados pelos estudantes.



Fonte: Autoria própria.

Figura 40 - Captura de tela da área de trabalho de um estudante da 2ª série do Ensino Médio, realizando o passo a passo descrito na página 26.



Fonte: Autoria própria

Caro professor, a hora de embarcar nessa jornada científica chegou! A SD "Dos LEDs aos Pulsares" oferece uma experiência única que combina história, física e tecnologia de forma imersiva para seus estudantes. Com atividades práticas na Sala Maker (ambiente externo), debates inspiradores sobre a contribuição de Jocelyn Bell e o uso de ferramentas modernas como simulações 3D e inteligência artificial, seus estudantes serão protagonistas de novas descobertas e experiências.

O melhor dessa sequência didática é a sua flexibilidade e potencial interdisciplinar. Você pode adaptá-la tanto para o Ensino Fundamental quanto para o Ensino Médio, ajustando o nível de aprofundamento dos conceitos conforme as características das turmas. A possibilidade de integrar diferentes disciplinas e professores, desde Inglês até Artes, passando por História e Matemática, torna essa SD uma verdadeira ponte entre diferentes áreas do conhecimento.

Nossa dica é: comece planejando com antecedência! Teste o circuito LED blinker antes, familiarize-se com o Tracker Online e explore a simulação 3D dos pulsares. Considere fazer parcerias com outros professores - a discussão sobre Jocelyn Bell pode render ótimos debates nas aulas de História sobre o papel das mulheres na ciência. Para turmas do Ensino Fundamental, simplifique a análise de dados e foque nas atividades práticas. Já no Ensino Médio, aproveite para aprofundar os conceitos físicos e matemáticos. Lembre-se: cada turma é única e você é a pessoa mais indicada para adaptar essa SD à realidade dos seus estudantes.

Vamos juntos nessa aventura pelo Universo da Física, Astronomia e Astrofísica?

COMPREENDENDO OS PULSARES

DEFINIÇÃO, HISTÓRIA E DETECÇÃO DOS PULSARES

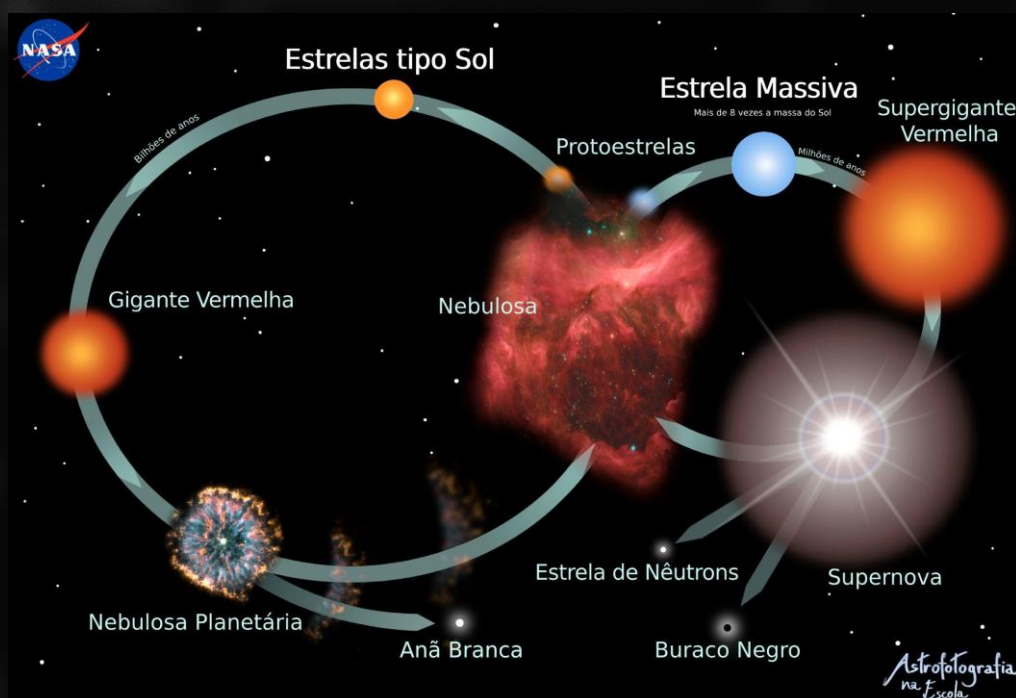
O que é um pulsar?

Imagine um farol cósmico girando no espaço - essa é uma boa analogia para um pulsar! São estrelas de nêutrons super compactas que giram rapidamente e emitem pulsos regulares de radiação. Para você ter uma ideia, elas têm apenas algumas dezenas de quilômetros de diâmetro, mas uma massa equivalente a 1,4 vezes a do nosso Sol! Impressionante, né?

Como nos explica Mourão em seu dicionário, um pulsar é uma "fonte de rádio estelar emissora de impulsos de duração média de 35 milésimos de segundo e que se repetem em intervalos extremamente regulares". O nome "pulsar" vem da expressão em inglês "Pulsa(ting) r(adio sources)", que significa fonte de rádio pulsante.

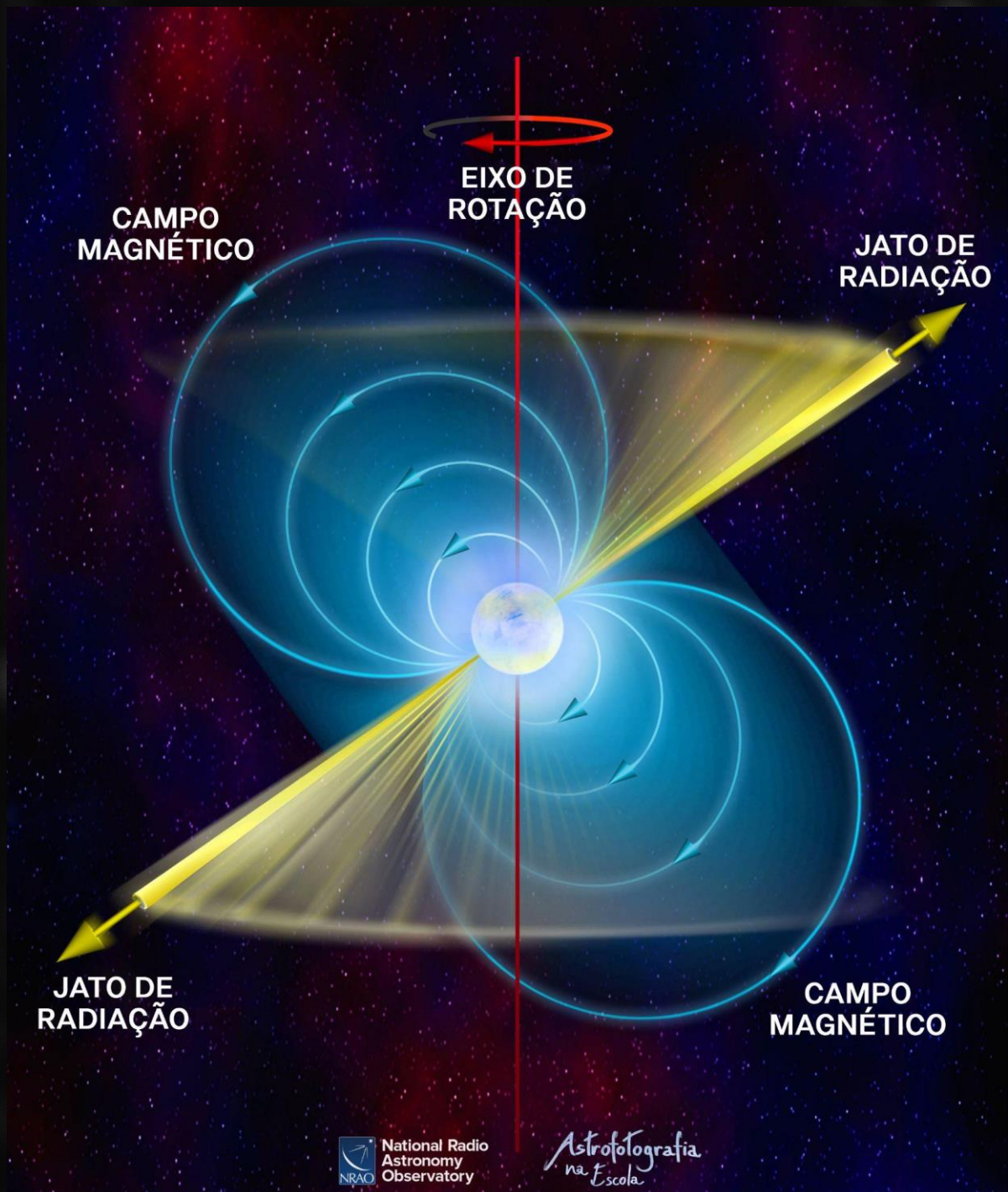
Vale ressaltar que os pulsares representam um dos possíveis estágios finais da vida de uma estrela massiva, junto com a explosão de supernova ou um buraco negro. É como se fosse o "capítulo final" da história de algumas estrelas muito grandes!

Figura 2 - Diagrama do ciclo de vida estelar de estrelas tipo Sol e massivas.



Crédito: NASA e Night Sky Network. Traduzido e adaptado por Lucas Ferreira (UnB/IF/MNPEF).
Disponível em alta resolução em: <https://zenodo.org/doi/10.5281/zenodo.10086905>.

Figura 3 - Estrutura e características de um pulsar.



Fonte: B. Saxton, NRAO/AUI/NSF. Traduzido e adaptado por Lucas Ferreira (UnB/MNPEF).
disponível em alta resolução em: <https://cometsinthesky.github.io/pulsar-3D/images/pulsar.jpg>.

Um pouco de história

A descoberta dos pulsares tem uma história fascinante! Em 1967, Jocelyn Bell, uma estudante de pós-graduação em Cambridge, estava analisando dados de um radiotelescópio quando notou algo curioso: um sinal regular e intermitente que não se parecia com nada conhecido até então. Com muita dedicação e método científico, ela conseguiu provar que havia descoberto algo novo no universo - os pulsares!

O primeiro pulsar descoberto por ela recebeu o nome de CP 1919 (Cambridge Pulsar, 19h 19m de ascensão reta). Para fazer essa descoberta, Bell usou o radiotelescópio de baixa frequência da estação Lord's Bridge, que cobria uma área de dois hectares - era o maior telescópio operacional da época para comprimentos de onda longos.

A história de Jocelyn Bell é também um importante exemplo de perseverança na ciência. Mesmo enfrentando desafios em um ambiente acadêmico majoritariamente masculino na época, ela continuou fazendo contribuições valiosas para a astronomia e promovendo a igualdade de gênero na ciência ao longo de sua carreira.

Figura 4 - Jocelyn Bell em primeiro plano e o Radiotelescópio Mullard de Cambridge ao fundo.

Canto inferior esquerdo: Pulsar da Vela capturado pelo Telescópio Espacial Chandra. Canto superior esquerdo: Anotação original da descoberta do primeiro pulsar CP 1919, escrita à mão por Jocelyn em 1967.



Fonte: Daily Herald Archive/National Science; Media Museum/Science; Society Picture Library; NASA/CXC/Universidade de Toronto/M.Durant et al; Jocelyn Bell e A. Hewish.

Colagem e edição por Lucas Ferreira (UnB/MNPEF). Disponível em alta resolução no [site Pulsar 3D](#).

Grandes poderes, grandes responsabilidades

Quer alguns números para impressionar seus estudantes? Os campos magnéticos dos pulsares são cerca de 100 milhões a 1 quatrilhão de vezes mais intensos que o campo magnético da Terra! E o campo gravitacional? Cerca de 200 bilhões de vezes maior que o da Terra. São números que deixam qualquer um de queixo caído!

Os pulsares são tão precisos que seus períodos de pulso podem ser cronometrados com erros fracionários tão pequenos quanto 10^{-16} , algo em torno de 0,0000000000000001 s. Essa precisão incrível permite medições super sensíveis de vários fenômenos astronômicos, incluindo ondas gravitacionais!

Os pulsares também emitem jatos de partículas carregadas através de seus polos magnéticos em altíssimas velocidades. O Telescópio Espacial Chandra já conseguiu capturar imagens impressionantes desses jatos se estendendo por distâncias de até 1 ano-luz!

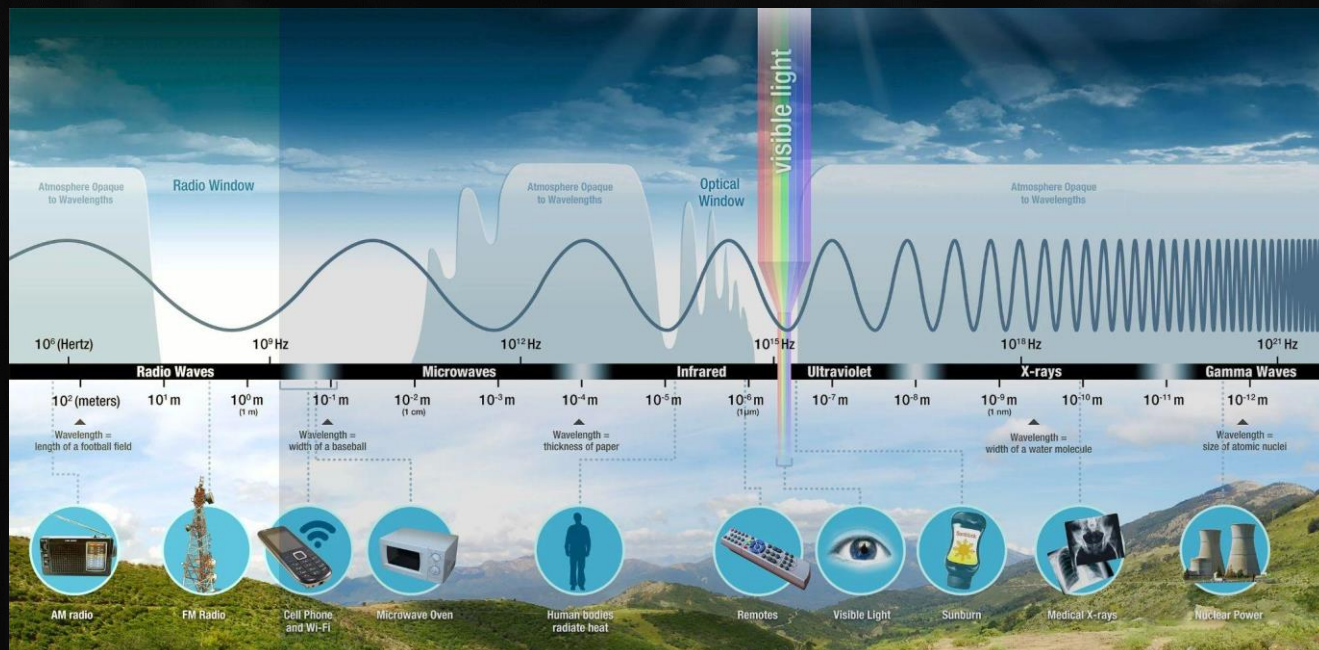
Como detectamos os pulsares?

Geralmente, detectamos pulsares através de ondas de rádio. Em nosso experimento, vamos usar um LED piscando em intervalos regulares para simular esse comportamento. É importante explicar aos estudantes que, embora estejamos usando luz visível no experimento, os pulsares reais emitem principalmente em ondas de rádio - são regiões diferentes do espectro eletromagnético, mas ambas são ondas eletromagnéticas.

À medida que a estrela de nêutrons gira, o feixe de radiação viaja em direção à Terra em intervalos regulares, criando os pulsos que podemos detectar. É exatamente como nosso experimento com LED vai demonstrar, só que em uma escala muito menor!

Vale lembrar que a cronometragem precisa desses pulsos permite aos astrônomos fazerem medições incrivelmente sensíveis, ajudando a entender desde a interação e campos gravitacionais até a existência de possíveis planetas orbitando pulsares.

Figura 5 - Espectro eletromagnético e suas aplicações no cotidiano. A área destacada, à esquerda, representa a região das ondas de rádio no espectro eletromagnético.



Fonte: NASA - Electromagnetic Spectrum Resources. Disponível em:
<https://science.nasa.gov/ems/>.

Alguns recursos educacionais

Temos algumas ferramentas legais para usar em sala:

- Um simulador interativo de ondas eletromagnéticas disponível em https://mully.net/en/electromagnetic_waves_en/;
- Um vídeo da NASA sobre ondas de rádio (com legendas em português disponíveis):
[https://youtu.be/OzDmEA8x0nQ?si=MROO6U4CXAywQBP8](https://youtu.be/OzDmEA8x0nQ?si=MROO6U4CXAywQBP8;);
- Um curta sobre Jocelyn Bell e sua descoberta do primeiro pulsar:
<https://youtu.be/NDW9zKqvPJI?si=ME6500m4ci737S2q>.

Você pode usar o simulador para mostrar diferentes regiões do espectro eletromagnético e suas aplicações no dia a dia. É uma ótima forma de contextualizar o assunto!

O vídeo da NASA sobre ondas de rádio pode ser uma excelente introdução ao tema. E o melhor: você pode ativar as legendas em português para facilitar a compreensão dos estudantes.

CURIOSIDADES SOBRE OS PULSARES

Como é formado um pulsar?

O processo de formação de um pulsar ocorre durante a explosão de uma supernova, que é o estágio final na vida de uma estrela massiva. Quando uma estrela massiva esgota seu combustível nuclear, ela sofre um colapso gravitacional, resultando em uma explosão violenta, ejetando suas camadas externas para o espaço e deixando para trás um núcleo extremamente denso, conhecido como estrela de nêutrons. Esse processo pode ser melhor visualizado na Figura 2.

A estrela de nêutrons resultante pode girar rapidamente devido à conservação do momento angular, concentrando seu campo magnético e emitindo radiação eletromagnética em feixes estreitos a partir de seus polos magnéticos, como mostrado nas Figuras 3 e 8. Esses feixes de radiação eletromagnética de rádio são detectados na Terra como pulsos periódicos através de radiotelescópios.

Composição e estrutura de um pulsar

Dentro de um pulsar, a composição e o comportamento dos nêutrons são fundamentais para compreender como essa estrela funciona e emite radiação. A estrutura de um pulsar envolve várias camadas, cada uma com características específicas dos nêutrons e outras partículas subatômicas.

A crosta de um pulsar é composta principalmente por núcleos atômicos pesados e elétrons livres. Nos níveis mais profundos da crosta, a densidade é tão alta que os núcleos atômicos capturam elétrons, formando nêutrons. Esses nêutrons se acumulam, formando uma “sopa” densa de nêutrons intercalada com núcleos de nêutrons.

No núcleo externo do pulsar, a densidade é ainda maior, transformando os nêutrons em um estado de superfluidez (Figura 6). Nesse estado, os nêutrons se movem sem atrito, permitindo uma condução de energia extremamente eficiente. Além disso, os prótons, que compõem uma pequena fração do núcleo externo, também podem se tornar supercondutores, contribuindo para a manutenção do campo magnético intenso do pulsar.

No núcleo interno, a densidade é tão extrema que pode haver a formação de partículas exóticas como bósons ou quarks livres, compondo um possível plasma de quarks ou uma mistura de partículas subatômicas ainda não completamente compreendidas pela astrofísica e física de partículas.

Figura 6 - Por dentro de um pulsar. Disponível no site [Pulsar 3D](#).



Fonte: GIBNEY, 2017. Adaptado e traduzido por Lucas Ferreira (UnB/IF/MNPEF).

Os nêutrons estão em um estado degenerado, onde as partículas estão tão densamente compactadas que os princípios da mecânica quântica dominam seu comportamento. A pressão degenerativa dos nêutrons, uma forma de pressão quântica que surge devido ao princípio de exclusão de Pauli, que afirma que duas partículas idênticas de spin semi-inteiro não podem ocupar o mesmo estado quântico simultaneamente, equilibra a força gravitacional que tende a colapsar a estrela ainda mais.

Massa e densidade de um pulsar

A massa de um pulsar pode ser comparada à massa do Sol, onde a massa típica de um pulsar é de cerca de 1,4 massa solar ($M_{\odot}$), no entanto essa massa se encontra confinada em um volume muito menor, apenas dezenas de quilômetros, resultando em densidades muito altas.

Se a massa inicial de uma estrela for compreendida entre 10 e 25 $M_{\odot}$, após seu estágio como supergigante (Figura 2) ela explode, num processo conhecido como supernova. Nesse processo, há uma ejeção da maior parte da massa para o espaço e acaba seu ciclo como uma estrela de nêutrons, com massa de 1,4 $M_{\odot}$, temperatura de 1 milhão de Kelvin e um raio de aprox. 20 km.

Comparar a matéria de uma estrela de nêutrons com a do Monte Everest é uma maneira impressionante de ilustrar a densidade extrema das estrelas de nêutrons. Uma estrela de nêutrons é composta quase inteiramente por nêutrons compactados - esmagados gravitacionalmente - em um espaço muito pequeno, resultando em uma densidade que desafia a imaginação humana. Para colocar em perspectiva, uma colher de chá de material de uma estrela de nêutrons pesaria cerca de 6 bilhões de toneladas na Terra.

O Monte Everest, a montanha mais alta da Terra, com cerca de 8.848 metros de altura, é uma enorme massa de rocha, gelo e neve. No entanto, sua densidade média é relativamente baixa em comparação com a de uma estrela de nêutrons. A densidade média das rochas terrestres é de cerca de 2,0 a 2,7 gramas por centímetro cúbico (g/cm^3), enquanto a densidade de uma estrela de nêutrons é da ordem de 10^{17} a 10^{18} g/cm^3 . Isso significa que a matéria de uma estrela de nêutrons é absurdamente mais densa, em comparação com outros materiais encontrados no Universo, da ordem de 100 trilhões a 1 quatrilhão de vezes mais densa do que uma rocha típica encontrada na Terra.

Figura 7 - Comparação do tamanho de uma estrela de nêutrons em relação a uma cidade de 20 a 30 km de extensão.

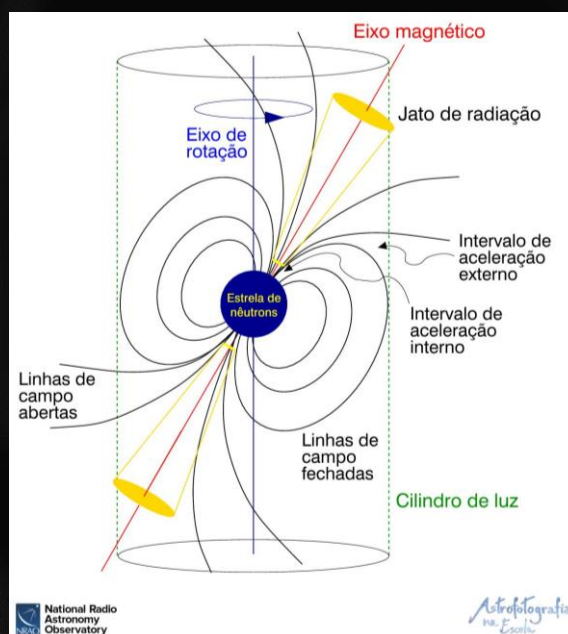


Fonte: NASA Goddard Space Flight Center (2020, apud Max Planck Gesellschaft, 2020). Adaptação e edição: Lucas Ferreira (UnB/IF/MNPEF).

Campo magnético de um Pulsar

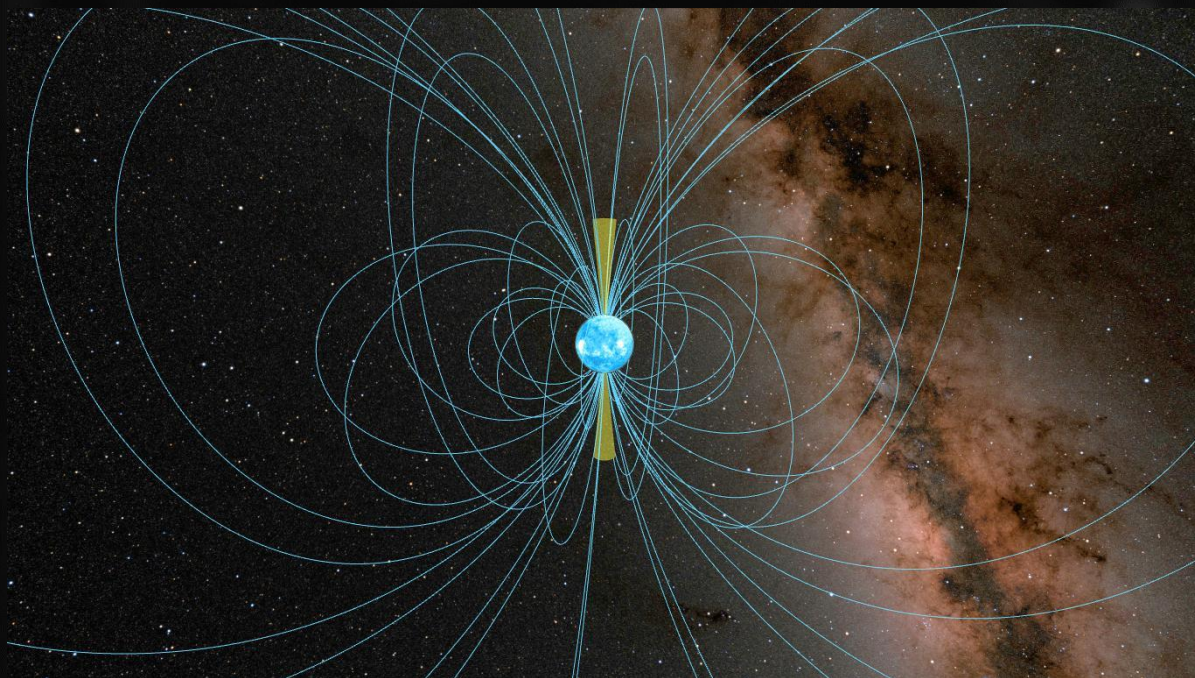
O campo magnético de um pulsar é uma característica fundamental que influencia significativamente seu comportamento e a emissão de radiação pelos seus polos magnéticos. Trata-se de um campo magnético extremamente intenso, variando tipicamente entre 10^8 e 10^{11} Teslas (T), o que é bilhões de vezes mais forte que o campo magnético da Terra.

Figura 8 - Representação em 2D do campo magnético de um pulsar.



Fonte: (CONDON; RANSOM, 2018, apud LORIMER; KRAMER, 2005).
Adaptado e traduzido por Lucas Ferreira (UnB/IF/MNPEF).

Figura 9 - Representação em 3D do campo magnético de um pulsar.



Fonte: Simulação Pulsar 3D, FERREIRA; ANDRADE, 2024.

Imagine um pulsar como um gigantesco pião cósmico. Assim como um pião tem energia porque está girando, o pulsar também tem energia rotacional. Quanto mais rápido ele gira, mais energia ele tem armazenada. Os cientistas podem calcular essa energia usando uma equação que considera duas coisas principais: o quanto de "massa" o pulsar tem distribuída (momento de inércia) e o quão rápido ele está girando (velocidade angular).

Mas os pulsares não mantêm toda essa energia para sempre. Eles vão perdendo energia ao longo do tempo, principalmente através da emissão de radiação eletromagnética - como se fosse um farol gigante no espaço. É interessante notar que essa perda de energia depende muito de duas características do pulsar: seu campo magnético e sua velocidade de rotação.

Quanto mais forte for o campo magnético do pulsar e quanto mais rápido ele estiver girando, mais rapidamente ele perde energia. É como se um pião muito potente perdesse seu impulso mais rapidamente que um pião comum. A matemática nos mostra que se dobrarmos a velocidade de rotação do pulsar, a perda de energia aumenta 16 vezes!

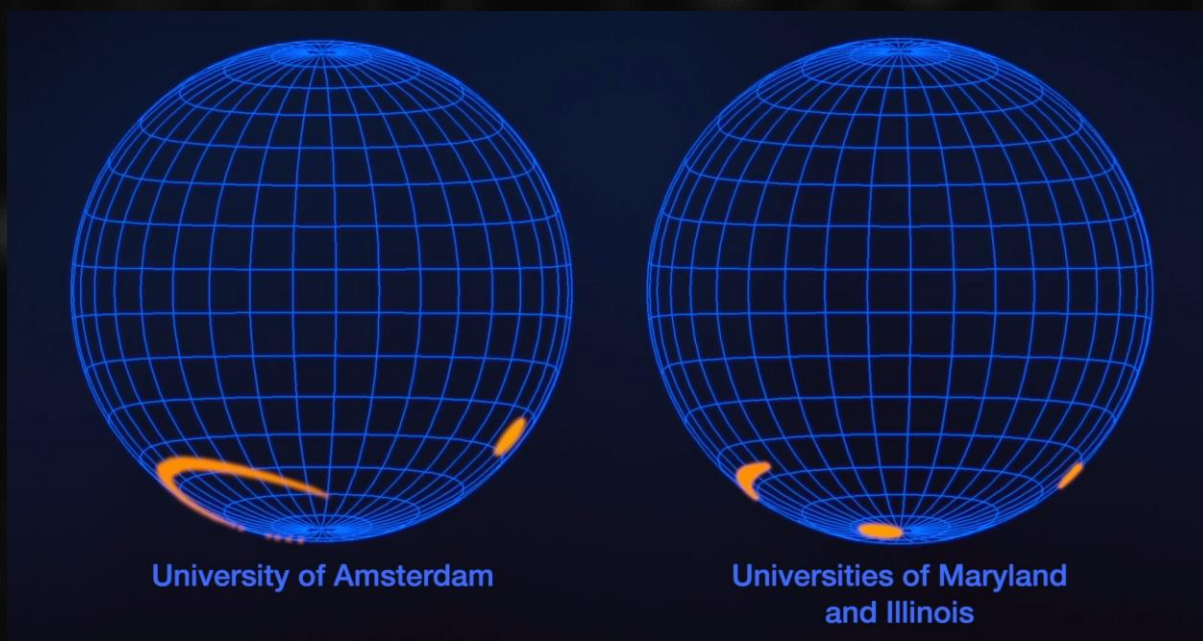
Apesar dessa perda constante de energia, os pulsares são objetos incrivelmente energéticos. A combinação de seus campos magnéticos intensos com sua rápida rotação faz com que eles emitam pulsos regulares de radiação, como um farol cósmico. Esses pulsos viajam através do espaço e podem ser detectados aqui na Terra usando radiotelescópios especiais, permitindo que os

astrônomos estudem esses fascinantes objetos celestes mesmo estando a enormes distâncias.

Para visualizar equações deduzidas sobre as características dos pulsares, visite o capítulo 6 do livro Essential Radio Astronomy.

Um vídeo criado pelo Goddard Space Flight Center da NASA, em 2018, intitulado “Simulações Criam Novas Perspectivas Sobre Pulsares”, contendo uma simulação de um pulsar, permite melhor visualizar e compreender as relações de poderosos campos magnéticos e elétricos ao redor de uma estrela de nêutrons, além dos comportamentos de elétrons e pósitrons em estado de alta energia.

Figura 10 - Representação dos hot spots observados pelo NICER na superfície do pulsar J0030+0451, mostrando a distribuição assimétrica e complexa das regiões de emissão no polo sul magnético da estrela de nêutrons.



Fonte: NASA, Scientific Visualization Studio, 2019.

Dica de ouro

Use a analogia do farol marítimo - assim como um farol na costa emite pulsos regulares de luz para orientar navios, os pulsares emitem pulsos regulares de radiação que nos ajudam a estudar o Universo. Essa comparação é bastante prática e de fácil compreensão pelos estudantes!

Agora que você já conhece melhor os "faróis cósmicos", está pronto para começar a aventura de apresentá-los aos seus estudantes. Na próxima seção, vamos ver como montar nosso experimento com LED para simular esses incríveis fenômenos astronômicos.

QUAIS FERRAMENTAS POSSO UTILIZAR?

A seguir, será mostrado o passo a passo para montar um circuito LED blinker, uma atividade prática e simples que simula o piscar dos pulsares no espaço, utilizando componentes básicos como LED e resistores; o uso do software gratuito Tracker Online para analisar vídeos e identificar padrões de "piscar" em pulsares simulados na escola; e uma simulação interativa em 3D que permite explorar o comportamento dos pulsares, ajustando variáveis como velocidade, inclinação, feixe de radiação, etc.

Na parte do Circuito LED blinker, vamos aprender a montar um circuito super simples e divertido que simula o piscar dos pulsares no espaço. Usando um LED, resistores e outros componentes básicos, os professores e estudantes aprenderão a criar um simulador analógico de um pulsar. É uma ótima maneira de trazer conceitos de eletrônica e astronomia para a sala de aula de forma prática, mostrando como cientistas detectam sinais de estrelas tão distantes.

Em seguida iremos explorar o programa Tracker Online, uma ferramenta gratuita e fácil de usar que ajuda a analisar vídeos. Professores e estudantes descobrirão como medir o "piscar" de pulsares simulados e criar gráficos para discutir padrões. Trata-se de uma atividade acessível e ideal para integrar tecnologia com o ensino de física, astronomia e astrofísica.

Na parte da simulação Pulsar 3D, os professores e estudantes vão interagir com uma simulação 3D de um pulsar, podendo ajustar variáveis como velocidade, inclinação, feixe de radiação, etc. É como explorar o espaço diretamente do smartphone, tablet ou computador! Essa atividade chama a atenção dos estudantes e ajuda eles visualizarem o que acontece no Universo, tornando conceitos complexos mais claros e interessantes.

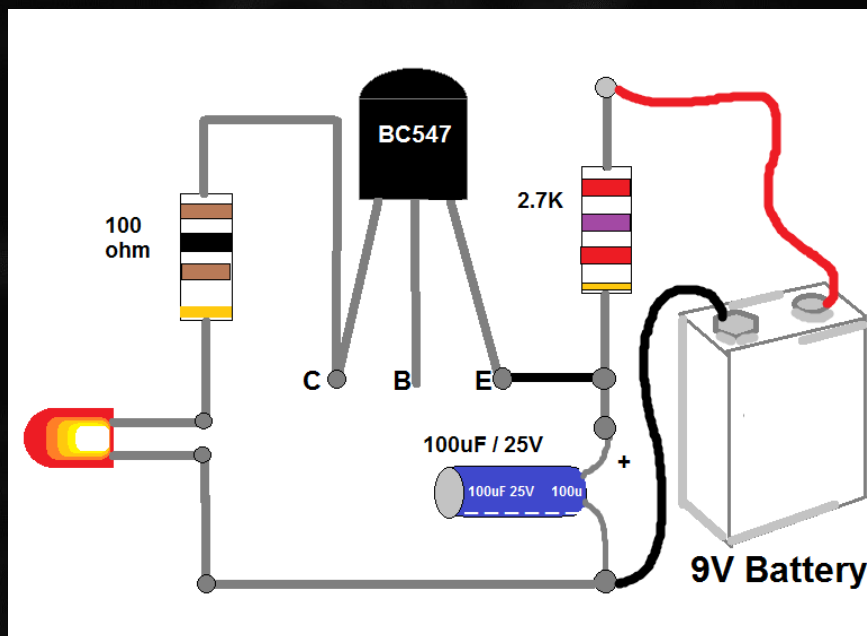
MONTANDO O CIRCUITO LED BLINKER

Um circuito blinker é um circuito eletrônico que faz com que um LED (Diodo Emissor de Luz) pisque intermitentemente, ou seja, liga e desliga de forma cíclica. Um circuito blinker típico pode ser construído usando componentes como transistores, capacitores e LEDs (Figuras 11 e 12). Esse circuito é comumente usado para criar indicadores de estado, luzes de sinalização intermitente e outros dispositivos que exigem uma saída visual intermitente.

funcionamento do Circuito LED blinker

O circuito blinker utiliza o transistor como uma chave eletrônica controlada pelo capacitor para alternar o LED entre os estados ligado e desligado, criando assim a intermitência. Esse processo pode ser explicado através de quatro estágios:

Figura 11 - Representação genérica de um circuito LED blinker.



Fonte: Homemade Circuit Projects

Estágio 1 - Acumulação de Carga no Capacitor

Inicialmente, o circuito está em repouso, com o capacitor descarregado. Quando a fonte de alimentação é ativada, o capacitor começa a acumular carga elétrica gradualmente em suas placas. A tensão no capacitor aumenta progressivamente à medida que ele é carregado, armazenando energia elétrica para que possa ser utilizada.

Estágio 2 - Ativação do Transistor

Quando a tensão acumulada no capacitor atinge um ponto que supera a resistência interna do transistor, ou limiar de acionamento do transistor, ocorre um evento crítico. Nesse momento, o transistor entra em um estado conhecido como "saturação" ou "avalanche", permitindo a passagem de corrente elétrica do pino emissor (E) para o pino coletor (C).

Estágio 3 - Descarga do Capacitor Através do LED

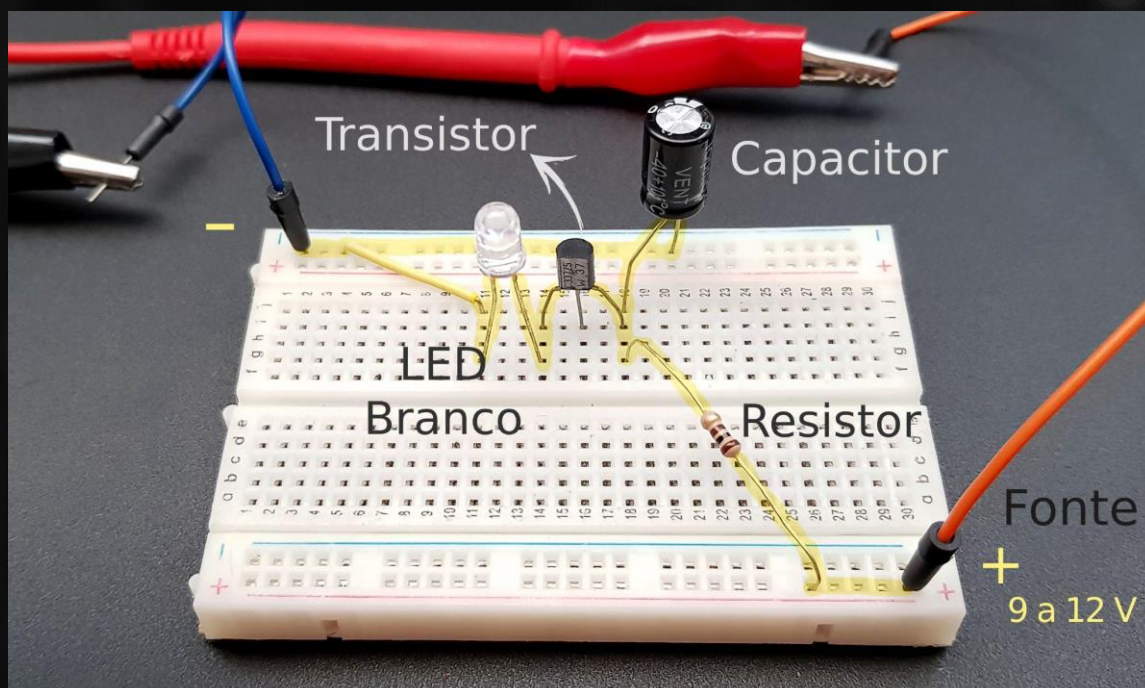
A entrada do transistor em estado de saturação é o gatilho para a descarga do capacitor. Isso faz com que a carga elétrica armazenada no capacitor seja liberada rapidamente. A corrente elétrica flui do capacitor até o LED, resultando na iluminação do LED.

Estágio 4 - Repetição do Ciclo

Após a descarga do capacitor, o processo recomeça. O capacitor inicia novamente o processo de carregamento, acumulando carga elétrica gradualmente. Assim que a tensão no capacitor atinge novamente o limiar de acionamento do transistor, o ciclo se repete, fazendo com que o LED pisque intermitentemente.

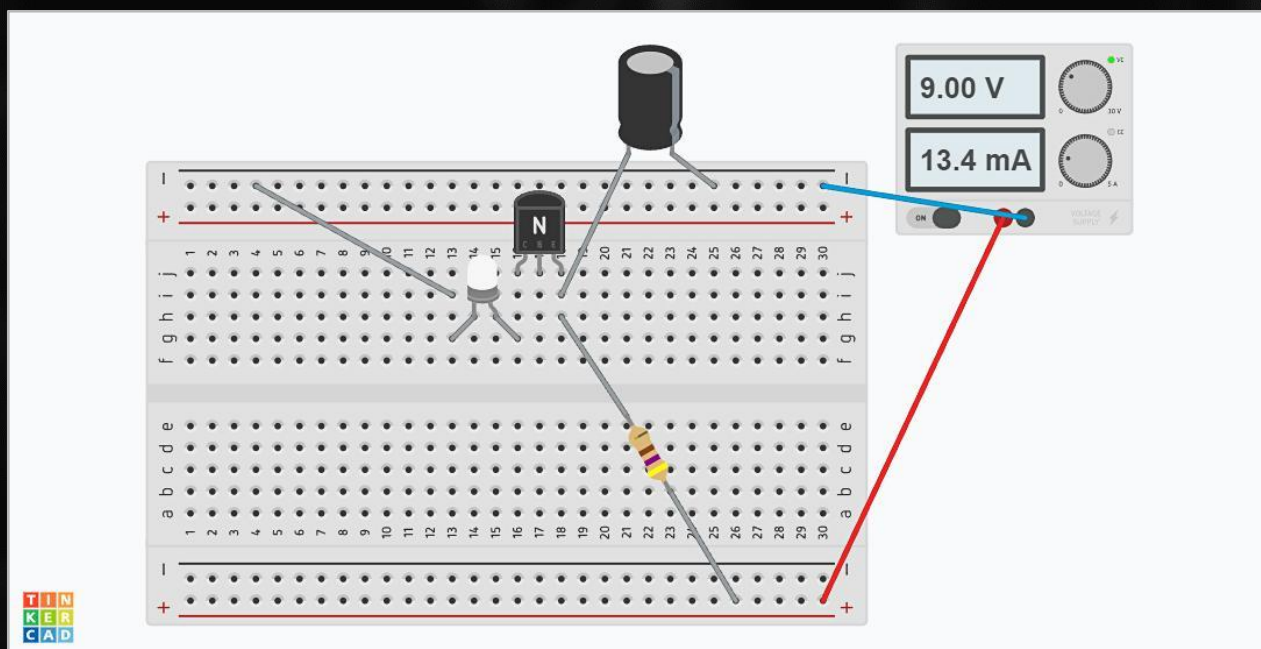
A taxa de cintilação do LED pode ser controlada ajustando-se os valores da resistência, do capacitor e da tensão de alimentação. Quando o capacitor se carrega e descarrega rapidamente, o LED piscará rapidamente, quando esse processo ocorre mais lentamente, o LED também piscará mais lentamente.

Figura 12 - Circuito LED blinker utilizado para o experimento. O realce amarelo representa o caminho percorrido pelos elétrons no circuito.



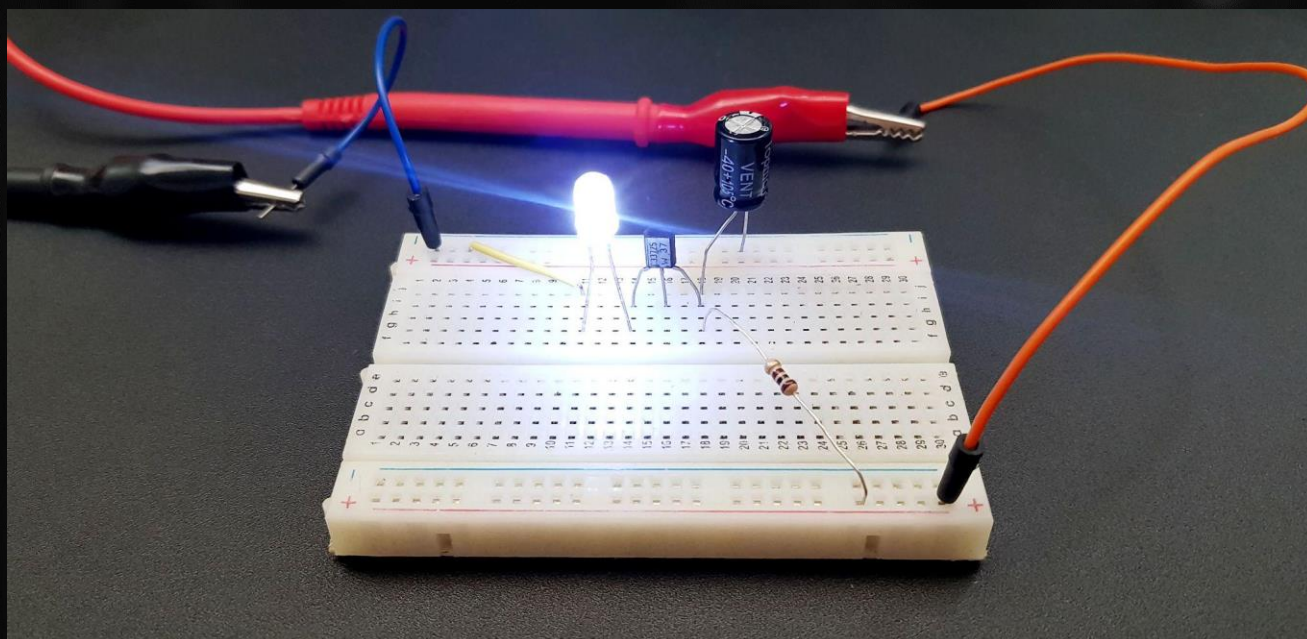
Fonte: Autoria própria

Figura 13 - Simulação do circuito LED blinker realizada na plataforma Tinkercad.



Fonte: Tinkercad/Captura de tela realizada pelo autor.

Figura 14 - Foto capturada no momento em que o capacitor descarrega e a corrente passa pelo transistor, acendendo o LED.



Fonte: Autoria própria

Ao utilizar uma fonte variável de 0 a 12 V, por exemplo, é possível controlar o intervalo de tempo do brilho do LED: em uma tensão de 9 V o LED pisca aproximadamente a cada 1 segundo, já em 12 V o LED pisca em frações de 1 segundo. É possível calcular o intervalo de tempo do brilho do LED, na casa dos milésimos de segundos de precisão, a partir da análise de vídeo no software livre Tracker, como mostram as Figuras 16, 17 e 21.

Lista de componentes para a montagem do circuito blinker:

- 1 Protoboard pequena
- 1 LED branco
- 1 transistor NPN C33725 ou BC337
- 1 Capacitor 1000 μ F 16 V
- 1 resistor 470 ohms
- 1 Fonte de 9 a 12 V
- Fio simples para conexão

Um guia rápido em PDF, ilustrado na Figura 15, contendo o passo a passo de como montar um circuito LED blinker, intitulado “Como montar um Circuito LED blinker em 6 passos” está disponível para ser baixado gratuitamente em <https://zenodo.org/doi/10.5281/zenodo.10594691>. Além das etapas de montagem do circuito, o guia rápido contém informações sobre os componentes eletrônicos utilizados no experimento e o funcionamento de uma placa protoboard.

Figura 15 - Guia rápido “Como montar um Circuito LED blinker em 6 passos”, disponível para ser baixado em PDF em <https://zenodo.org/doi/10.5281/zenodo.10594691>.



Fonte: Autoria própria

O vídeo original utilizado para processamento no software livre Tracker e um GIF do funcionamento do circuito blinker podem ser baixados em: <https://zenodo.org/doi/10.5281/zenodo.10086827>.

O circuito LED blinker também pode ser montado utilizando uma plataforma de prototipagem eletrônica de baixo custo, como a Arduino Uno, que pode ser facilmente encontrada em lojas online e também em lojas físicas. O processo de montagem do circuito LED blinker com o Arduino pode ser visualizado no Apêndice A.

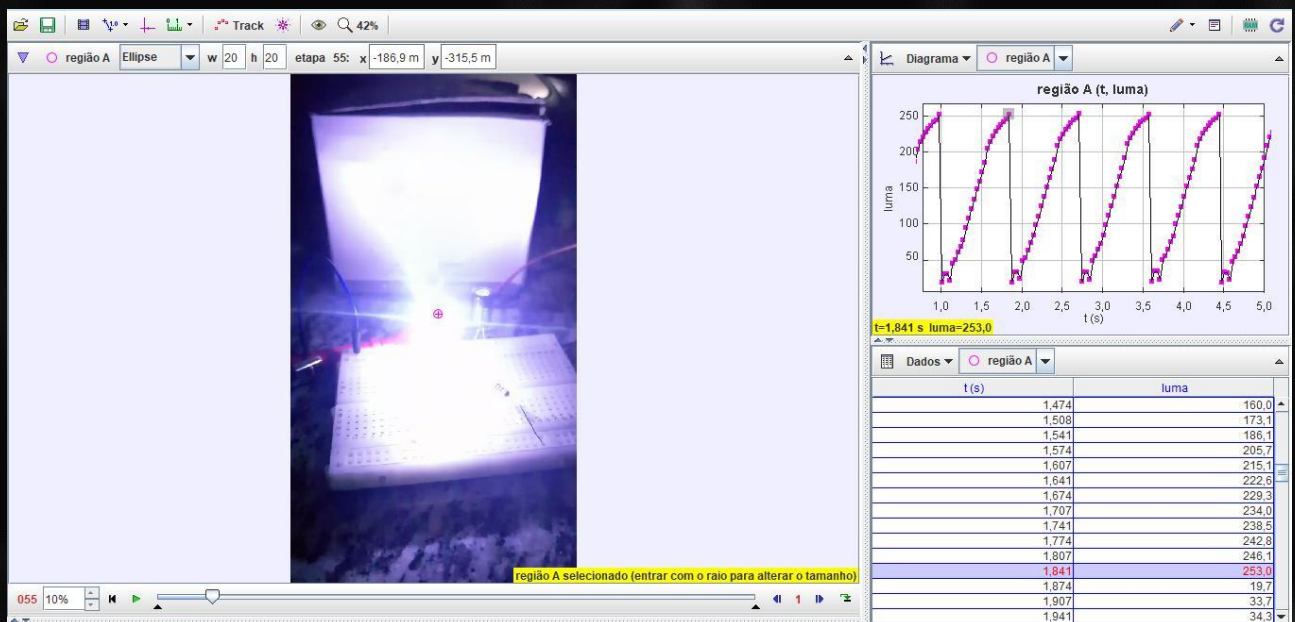
O SOFTWARE TRACKER ONLINE E ANÁLISE DE VÍDEO

O software livre Tracker é um software que foi projetado por Douglas Brown, professor da faculdade de Cabrillo College situada na cidade de Santa Cruz, Califórnia, EUA. Trata-se software aberto de análise de imagem e vídeo, criado em parceria com o Open Source Physics.

A partir do experimento circuito LED blinker proposto, é importante envolver os estudantes no processo, podendo o professor utilizar o guia rápido “Como montar um Circuito LED blinker em 6 passos” para montar o circuito em sala de aula, disponível para download em <https://zenodo.org/doi/10.5281/zenodo.10594691>.

Os estudantes podem utilizar o próprio smartphone para gravar os vídeos a serem processados no software livre Tracker, como gravar um vídeo do circuito LED blinker no próprio dispositivo. Tal possibilidade faz com que os estudantes possuam na galeria do smartphone os próprios vídeos a serem processados dentro do programa, caráter esse altamente acessível e compartilhável com a turma, por exemplo. Esse processo pode ser visualizado na Figura 38.

Figura 16 – Captura da tela inicial de processamento de vídeo do software livre Tracker.



Fonte: Tracker/Captura de tela realizada pelo autor

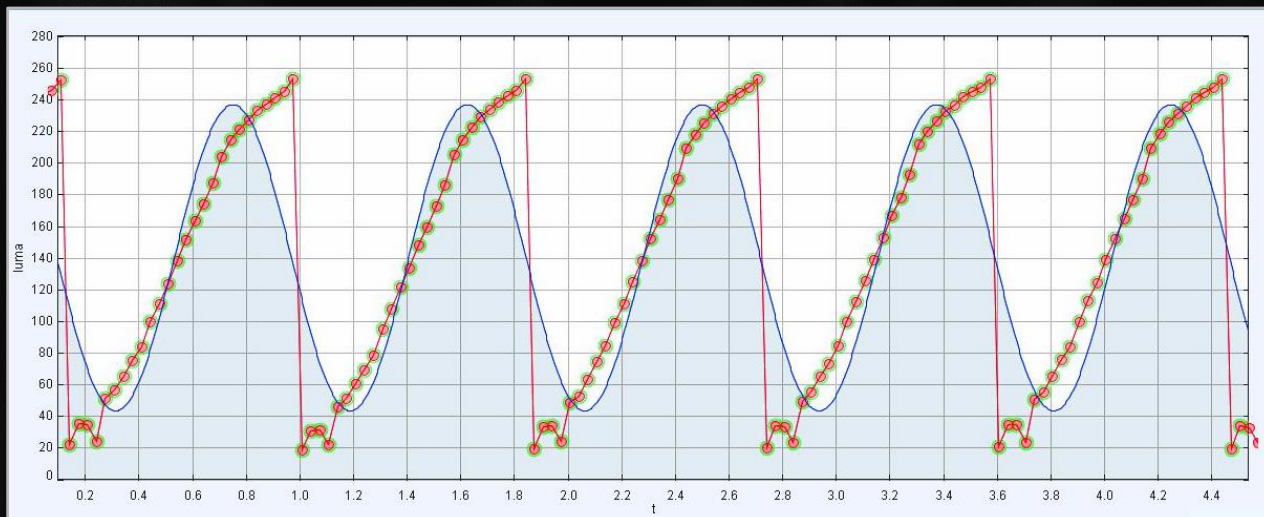
Um passo a passo do processamento de vídeo utilizando o software livre Tracker, bem como a análise dos dados com o auxílio do ChatGPT, pode ser descrito da seguinte forma:

1. No computador ou laptop, abra o site do Tracker Online <https://physlets.org/Tracker/TrackerJS/>;
2. Clique em "arquivo" e carregue o vídeo que você gravou do LED;
3. Dê play no vídeo e aguarde até o fim da visualização, após um tempo ele irá para a tela branca do programa;
4. Clique em "Track", depois "novo", em seguida selecione a opção "Região RGB";
5. Agora segure a tecla shift do teclado e clique com o mouse onde aparece o LED no seu vídeo. Um círculo rosa irá aparecer onde você clicou;
6. No canto inferior esquerdo, aperte o ícone verde "play". Logo em seguida o programa irá começar a fazer a análise do vídeo e gravar os dados. Deixe analisar por 5 segundos;
7. Na janela de dados, no canto inferior direito, clique no botão "Dados" e desmarque as opções "x" e "y";
8. Agora clique na coluna tempo "t (s)", no primeiro valor em 0 segundos. Aperte a seta para baixo do teclado para andar pelos valores da tabela;
9. Anote os valores de tempo e de luma (brilho), para quando o brilho do LED é máximo. Exemplo:

t	luma	[para t em segundos e luma em RGB (brilho total)]
0.128	253.6	
0.981	254.0	
1.834	254.0;	
10. Depois de anotar os dados, abra o ChatGPT (se necessário crie uma conta) e peça para ele determinar o intervalo de tempo entre os valores mostrados;
11. Depois que o ChatGPT calcular o intervalo de tempo, peça para calcular a frequência em Hertz dos valores apresentados.

É possível mudar o tamanho da região de análise (região rosa sobreposta ao LED na Figura 16) no software livre Tracker, para isso basta modificar os valores em pixels de "w" e "h", que aparecem na barra superior da janela "Análise de dados por região". Dependendo do tamanho da região selecionada próxima ao LED, ex.: 500 w e 500 h, o gráfico gerado será levemente reajustado, apresentando um desenho diferente, porém com o mesmo comportamento da relação tempo x intensidade de brilho.

Figura 17 - Captura de tela da janela Ferramenta de Dados do software livre Tracker. Eixo X: representa o tempo em segundos. Eixo Y: representa o brilho do LED na unidade luma (de 0 a 255). Parte superior: momento em que o LED brilha com máxima intensidade. Senoide azul: ajuste de curvas (comando “fit”) para uma função seno com base nos dados de tempo e brilho (t x luma).

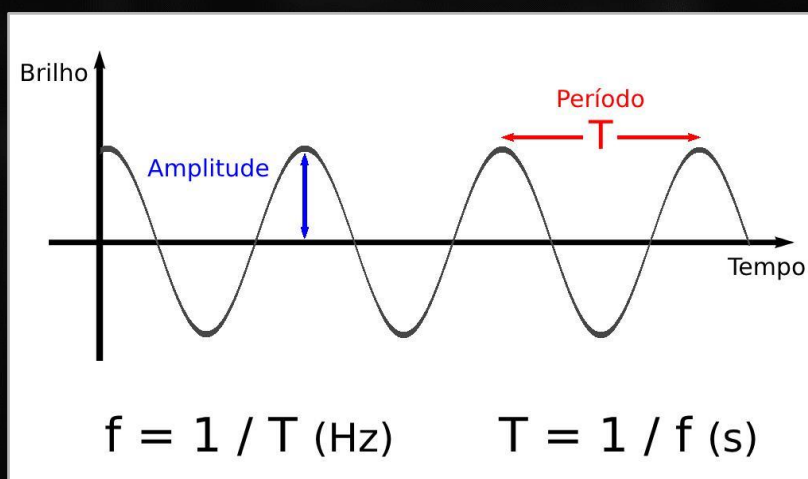


Fonte: Tracker/Captura de tela realizada pelo autor

Na Figura 17, é possível perceber uma equidistância entre os pontos do gráfico ao longo do eixo X, o que poderia ser comparado ao intervalo de pulsos de rádio, por exemplo. Esse comportamento pode ser visualizado também na Figura 18. Essas distâncias equivalentes, em relação ao eixo X, representam o intervalo de tempo entre cada pulso, ou brilho máximo do LED.

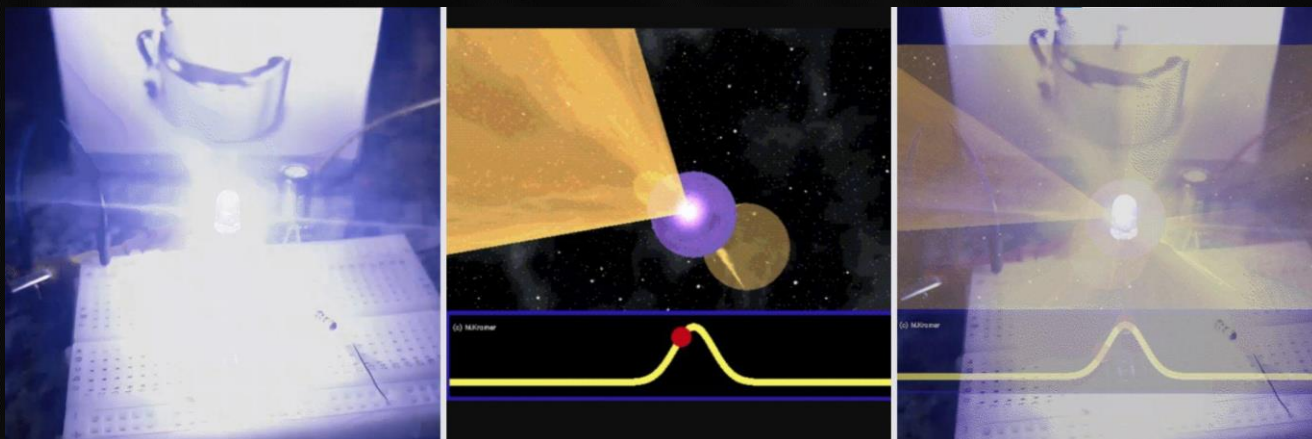
O vídeo do funcionamento do circuito blinker, que pode ser baixado e utilizado como exemplo no programa Tracker, e um GIF relacionando o brilho do LED com o comportamento de um pulsar, podem ser baixados em <https://zenodo.org/doi/10.5281/zenodo.10086827>.

Figura 18 - Propriedades básicas de uma onda; Fórmulas gerais de frequência e de período.



Fonte: Autoria própria

Figura 19 - Esquerda: Vídeo original do LED piscando. Centro: GIF da simulação da rotação de um Pulsar. Direita: Sobreposição sincronizada do brilho do LED com o da velocidade de rotação de um pulsar.



Fonte: [A Cosmic Lighthouse](#) - Michael Kramer (University of Manchester)/Autoria própria

Tabela 2 - Dados de tempo e brilho do LED apresentados na análise de vídeo no programa Tracker, num intervalo de tempo de aproximadamente 5 segundos. Foram selecionados apenas os valores de quando o brilho do LED é máximo (próximo de luma 255).

Tempo (s)	Valor do brilho (RGB)
0,975	253,1
1,841	253,0
2,707	253,4
3,573	253,1
4,439	253,1
5,305	253,2

Fonte: Autoria própria

Modelos de linguagem avançados, como o ChatGPT, podem ser empregados de maneira estratégica como ferramentas pedagógicas em ambientes de ensino. Esses recursos, quando integrados ao currículo, apresentam o potencial de enriquecer a experiência de aprendizado em sala de aula. A seguir serão apresentados exemplos de análise de dados através de inteligência artificial, inserindo comandos simples no prompt¹ do modelo de linguagem, com base nos dados apresentados na Tabela 2.

¹Prompt: Um prompt de modelo de linguagem é uma instrução ou uma série de instruções dadas a um modelo de linguagem para gerar uma resposta. Ele serve como um ponto de partida para o modelo de linguagem, orientando-o sobre o tipo de texto que deve ser produzido. Portanto, o prompt desempenha um papel crucial na determinação da saída (resultado gerado) do modelo de linguagem.

Figura 20 – Dados da Tabela 2 inseridos na área de comando do ChatGPT.

```
"t brilho
0,975 253,1
1,841 253,0
2,707 253,4
3,573 253,1
4,439 253,1
5,305 253,2"

Calcule e mostre o intervalo de tempo para cada brilho.
```

Fonte: ChatGPT. Captura de tela realizada pelo autor

Figura 21 – Resposta realizada pelo ChatGPT através do comando mostrado na Figura 17.

1. Entre o primeiro e o segundo par de valores:
Intervalo de tempo = $1,841 - 0,975 = 0,866$ segundos
2. Entre o segundo e o terceiro par de valores:
Intervalo de tempo = $2,707 - 1,841 = 0,866$ segundos
3. Entre o terceiro e o quarto par de valores:
Intervalo de tempo = $3,573 - 2,707 = 0,866$ segundos
4. Entre o quarto e o quinto par de valores:
Intervalo de tempo = $4,439 - 3,573 = 0,866$ segundos
5. Entre o quinto e o sexto par de valores:
Intervalo de tempo = $5,305 - 4,439 = 0,866$ segundos

Fonte: ChatGPT. Captura de tela realizada pelo autor.

Figura 22 - Resposta realizada pelo ChatGPT quando solicitado para calcular a frequência do brilho do LED.

A frequência é o inverso do intervalo de tempo. Para calcular a frequência, você pode usar a fórmula:

$$\text{Frequência} = 1 / \text{Intervalo de Tempo}$$

No caso, como já calculamos o intervalo de tempo, que é de 0,866 segundos, agora podemos calcular a frequência:

$$\text{Frequência} = 1 / 0,866 \text{ segundos} \approx 1,153 \text{ hertz}$$

Portanto, a frequência é aproximadamente 1,153 hertz (Hz). Isso significa que ocorre um evento (no caso, uma mudança de brilho) a cada 0,866 segundos, o que corresponde a uma frequência de cerca de 1,153 Hz.

Fonte: ChatGPT/Captura de tela realizada pelo autor

Para complementar o experimento e o uso do programa Tracker, é possível utilizar, também, um simulador de pulsares, elaborado pelo Nebraska Astronomy Applet Project (NAAP) da Universidade de Nebraska-Lincoln. Nesse simulador (Figura 52) é possível simular pulsares em movimento circular, onde é mostrado de forma visual o efeito de deslocamento para o vermelho da onda de rádio emitida (redshift) e também o deslocamento para o azul (blueshift), ambas relacionadas ao Efeito Doppler².

Portanto, o professor pode utilizar os recursos e técnicas citadas acima para envolver os estudantes numa investigação em sala de aula, desde a montagem do circuito, à captura de vídeos do LED piscando.

Em seguida, é possível utilizar o software livre Tracker para processar o vídeo gravado e adquirir dados do comportamento observado, para então, relacionar com o comportamento dos pulsares e sua detecção através da radioastronomia. É recomendado, também, utilizar uma ferramenta de linguagem baseada em inteligência artificial, como o ChatGPT, Copilot, Claude, Gemini, etc., para a realização de uma pesquisa estruturada e da interpretação dos dados coletados (Figuras 20, 21 e 22).

² Efeito Doppler: pode ser entendido como a alteração da frequência percebida pelo observador em virtude do movimento relativo de aproximação ou afastamento entre a fonte emissora e esse observador.

SIMULAÇÃO INTERATIVA PULSAR 3D

A simulação Pulsar 3D representa um avanço significativo no uso de tecnologias interativas para o Ensino de Astronomia e Astrofísica, especialmente para a demonstração de objetos astronômicos exóticos, como os pulsares. Desenvolvida como um recurso didático para ser utilizado em sala de aula, essa simulação permite a visualização e a exploração de diversas características e dinâmicas dos pulsares e das estrelas de nêutrons. A partir do uso dessa simulação é possível compreender os aspectos físicos e dinâmicos desses corpos celestes, sendo possível promover uma experiência imersiva tanto para os estudantes quanto para os educadores.

A simulação Pulsar 3D pode ser acessada em <https://cometsinthesky.github.io/pulsar-3D/>.

Durante a Global Hands-on Universe Conference 2024 (GHOU 2024), a simulação Pulsar 3D foi oficialmente lançada. A apresentação pode ser assistida na íntegra em https://www.facebook.com/watch/live/?ref=watch_permalink&v=1284263109605448&t=7150.

O simulador Pulsar 3D foi registrado junto ao Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI), em 1º de outubro de 2024, sob o processo de número BR512024003499-4, com o apoio do Centro de Desenvolvimento Tecnológico (CDT) da Universidade de Brasília (UnB) e do Núcleo de Propriedade Intelectual (Nupitec).

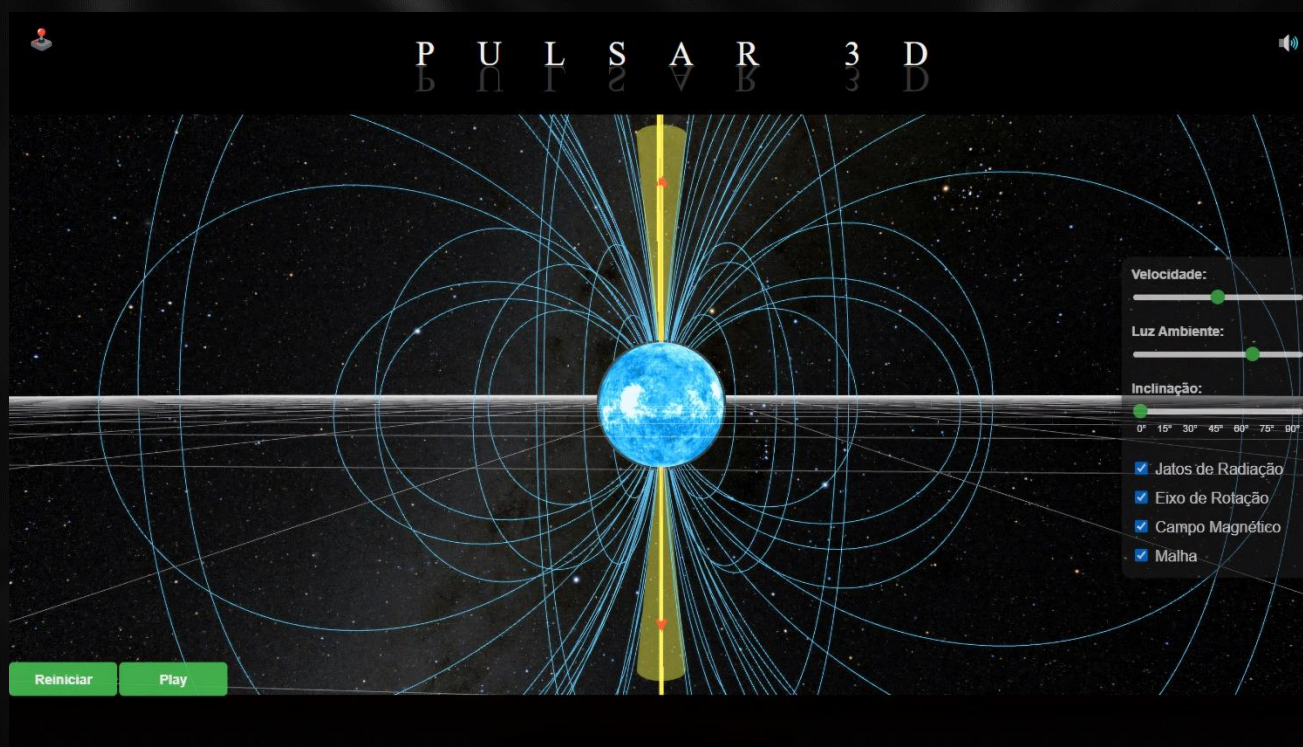
A interface do Pulsar 3D apresenta recursos sofisticados de renderização tridimensional, utilizando a biblioteca Three.js - a mesma utilizada pela NASA no Eyes on the Solar System - para criação de objetos em 3D, controle de câmera e imersão visual. A inclusão de um fundo estelar realista, baseado em fotografias reais e mapas estelares astrométricos e astrofotométricos da NASA, como os catálogos Hipparcos-2, Tycho-2 e Gaia Data Release 2, reforça o caráter autêntico da simulação. Esses mapas mostram a posição, o brilho e a cor de 1,7 bilhão de estrelas, o que acaba criando um ambiente virtual imersivo e interativo, em 3 dimensões, que facilita a contextualização científica e a didática em Astronomia e Astrofísica.

A utilização de um fundo composto por estrelas reais na simulação Pulsar 3D foi uma escolha estratégica para ampliar a imersão e o realismo científico do ambiente virtual. Esse cuidado com a fidelidade astronômica permite que os usuários não apenas explorem os pulsares em um espaço tridimensional imersivo, mas também consigam visualizá-los dentro de um ambiente próximo do real.

Essa abordagem favorece uma experiência didática mais realista e conectada à realidade tecnológica atual.

A página do GitHub da simulação, onde está alocado o código-fonte, imagens, informações e toda a documentação relacionada à Simulação Pulsar 3D pode ser acessada em <https://github.com/cometsinthesky/pulsar-3D>.

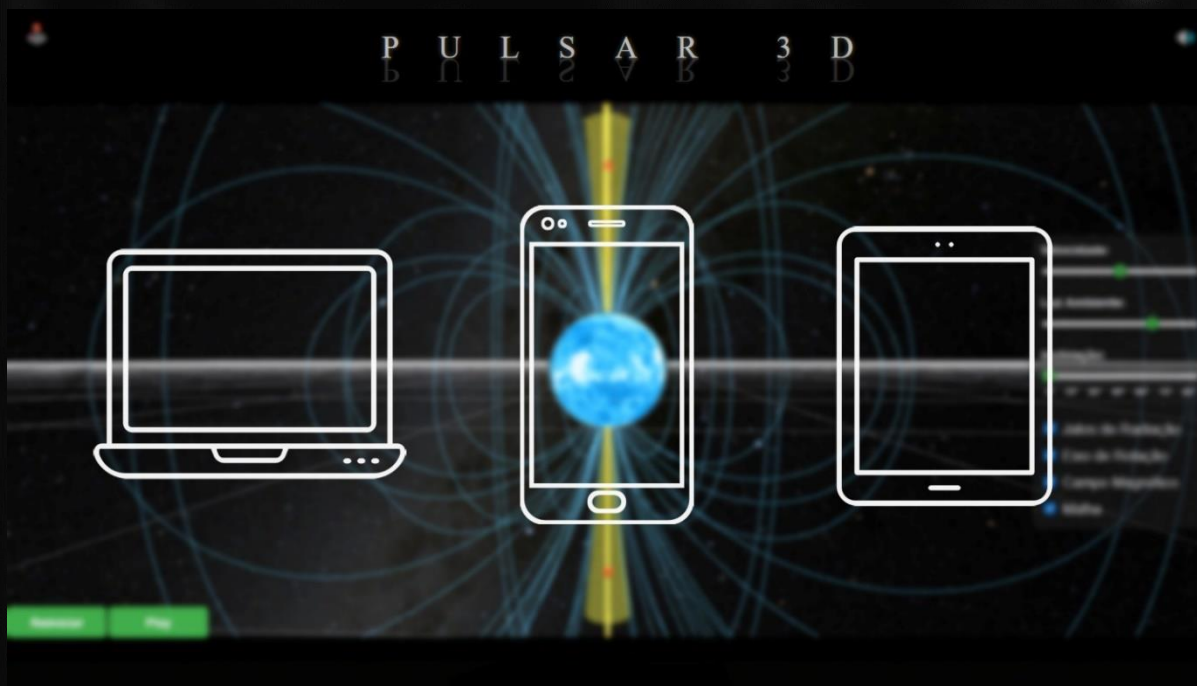
Figura 23 - Tela do simulador Pulsar 3D, com o menu interativo no canto direito, botões de play, pausa e reiniciar no canto inferior esquerdo. No canto superior esquerdo está o botão de controles e no canto superior direito está o botão de ligar e desligar o som.



Fonte: [GitHub Pages: cometsinthesky/pulsar-3D](https://github.com/cometsinthesky/pulsar-3D)/Lucas Ferreira (UnB/IF/MNPEF).

Além do fator estético a simulação oferece controles interativos (chamados na programação de sliders), que permitem ao usuário ajustar diversos parâmetros, como a velocidade de rotação do pulsar, a inclinação do eixo de rotação, a visualização dos feixes de radiação emitidos pelo pulsar, as linhas de campo magnético, a luz ambiente, etc. Esses recursos não apenas enriquecem a experiência, mas também possibilitam a criação de cenários customizáveis que ilustram diferentes fenômenos relacionados aos pulsares. A funcionalidade de grade 3D e de visualização do eixo de rotação, facilita a compreensão da escala e das propriedades do pulsar.

Figura 24 - Dispositivos e responsividade do simulador Pulsar 3D, podendo ser acessada através de computadores, smartphones e tablets.



Fonte: [GitHub Pages: cometsinthesky/Lucas Ferreira \(UnB/IF/MNPEF\)](https://github.com/cometsinthesky/Lucas-Ferreira).

A implementação do Pulsar 3D reflete uma abordagem inovadora no ensino de física e de ciências, pois busca integrar aspectos de interatividade, conectividade e uso de tecnologias em sala de aula, como simulações interativas, que atendem às demandas e realidades da educação atual. A simulação não apenas facilita a compreensão de conceitos avançados de Astrofísica, como também incentiva o desenvolvimento de habilidades críticas, como o raciocínio espacial e a análise de fenômenos complexos. Ao possibilitar o aprendizado ativo e exploratório, a ferramenta contribui de forma significativa para a promoção da alfabetização científica e para o engajamento dos estudantes em temas relevantes para a compreensão de conceitos em Astronomia, Astrofísica, Universo, etc.

Essa simulação destaca o potencial das tecnologias digitais em transformar o ensino de física e de ciências, i. e. oferecendo recursos que vão além das limitações dos métodos e aulas tradicionais. Ao incorporar imagens descritivas e explicações detalhadas, o Pulsar 3D não é apenas uma ferramenta interativa, é também um recurso didático para que professores possam utilizar em projetos multi e interdisciplinares e atividades em sala de aula. A simulação Pulsar 3D exemplifica como a integração entre tecnologia, design visual, uso de imagens, simulação 3D e métodos de ensino podem criar experiências de aprendizado significativas, conectando e trazendo os estudantes para o universo dos pulsares de maneira prática, acessível e relevante.

Um plano de aula detalhado em como utilizar o Pulsar 3D em sala de aula e em projetos pode ser acessado em <https://zenodo.org/records/13824696>.

Figura 25 - Plano de aula e atividades a partir do uso da simulação Pulsar 3D.

The screenshot displays a Zenodo record for a lesson plan titled "Pulsar 3D Simulation Lesson Plan (Class Activity)". The record is authored by Lucas Ferreira (Researcher) and Vanessa Andrade (Supervisor). It features a description of the educational resource, which provides a comprehensive lesson plan for exploring pulsars using an interactive 3D simulation. The lesson is designed for middle school, high school, and undergraduate students, offering hands-on learning experiences and guided exploration of pulsar properties. The record also includes keywords, a citation, and a list of files. The main file is a PDF titled "Plano de aula simulação Pulsar 3D (PT-BR).pdf". The PDF content shows the lesson plan's title, authors, and objectives. The objectives state that students will explore pulsar properties through a 3D simulation, understanding how pulsars emit radiation and how their magnetic fields and rotation affect these phenomena. The record also shows 41 views and 33 downloads, and it is indexed in OpenAIRE.

Pulsar 3D Simulation Lesson Plan (Class Activity)

FERREIRA, LUCAS (Researcher)¹; ANDRADE, VANESSA CARVALHO DE (Supervisor)¹

Description: This educational resource provides a comprehensive lesson plan for exploring the properties and behavior of pulsars using an interactive 3D simulation, both in English and Portuguese. Aimed at middle school, high school, and undergraduate students, the lesson offers a hands-on learning experience to understand how pulsars emit radiation, the role of their magnetic fields, and the effects of their rotation. The lesson is designed to last 50 minutes and includes engaging activities such as class discussions, a guided exploration of the Pulsar 3D simulation, and scenario-based learning.

Students will have the opportunity to visualize these complex concepts through an interactive 3D simulation accessible via computers, tablets, or smartphones. A set of evaluation questions and discussion prompts is also provided to assess student understanding and encourage deeper reflection on Pulsars.

Pulsar 3D Simulation: <https://cometsinthesky.github.io/pulsar-3D/>

Pulsar 3D Github page: <https://github.com/cometsinthesky/pulsar-3D>

Keywords: Pulsars; Neutron Stars; Pulsar 3D Simulation; 3D Simulation; Astronomy Education; Magnetic Fields; Pulsar Emissions; Science Education; Science Outreach; Interactive Learning.

Citation: FERREIRA, L.; ANDRADE, V. C. Pulsar 3D Simulation Lesson Plan (Class Activity), Zenodo, 2024. In: <https://zenodo.org/records/13824696>

Files

Plano de aula simulação Pulsar 3D (PT-BR).pdf

Plano de aula simulação Pulsar 3D

Lucas Ferreira (UnB/IF/MNPEF); Prof.ª Dr.ª Vanessa Andrade (UnB/IF/MNPEF)

Tópico da aula: Explorando as características e o comportamento dos Pulsares através de uma simulação interativa em 3D.

Etapas: Ensino Fundamental II, Ensino Médio e Ensino Superior

Objetivo: Os estudantes explorarão as propriedades dos pulsares interagindo com uma simulação 3D. Eles aprenderão como os pulsares emitem radiação, entenderão seus campos magnéticos e observarão como sua rotação afeta esses fenômenos.

Versions

Version v1 Sep 22, 2024
10.5281/zenodo.13824696

Cite all versions? You can cite all versions by using the DOI 10.5281/zenodo.13824695. This DOI represents all versions, and will always resolve to the latest one. [Read more.](#)

External resources

Indexed in

OpenAIRE

Details

DOI
DOI 10.5281/zenodo.13824696

Resource type
Lesson

Publisher
Zenodo

Conference
Global Hands-On Universe Conference 2024 (G-HOU), Online, 24-27 September, 2024

Languages
English, Portuguese

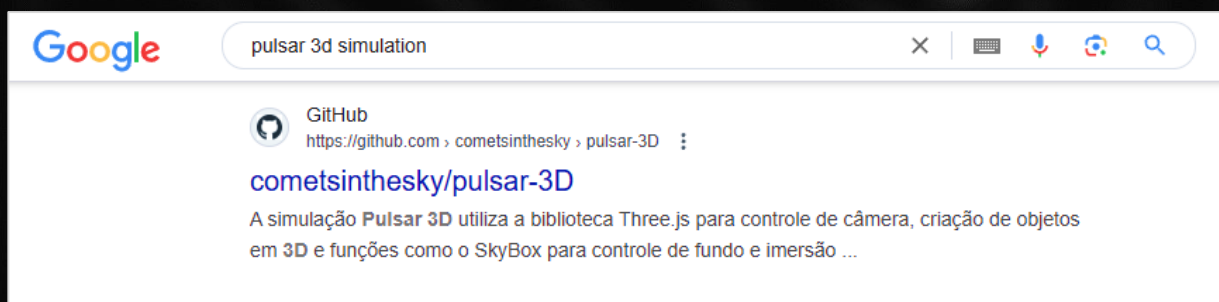
Fonte: [Zenodo](https://zenodo.org/records/13824696)/Lucas Ferreira (UnB/IF/MNPEF) e Vanessa C. Andrade (UnB/IF/MNPEF).

Através do plano de aula é possível explorar as propriedades e o comportamento dos pulsares, de forma direcionada e utilizando a simulação Pulsar 3D em sala de aula. O plano de aula está disponível em português e em inglês. Destinada a estudantes do ensino fundamental II, ensino médio e graduação, o plano de aula proporciona uma experiência prática de aprendizado para compreender como os pulsares emitem radiação, o papel de seus campos magnéticos e os efeitos de sua rotação. Com duração de 50 minutos, o plano de aula inclui atividades hands-on, uso de recursos digitais para o ensino de física, astronomia e ciências, bem como discussões em sala, uma exploração guiada da simulação 3D do Pulsar e aprendizagem baseada em cenários. Os estudantes terão a oportunidade de visualizar esses conceitos complexos por meio de uma simulação 3D interativa, acessível em computadores, tablets ou smartphones. Um conjunto de perguntas avaliativas e sugestões de discussão também está disponível para verificar a compreensão dos estudantes e incentivar uma reflexão mais aprofundada sobre os pulsares, a descoberta realizada por Jocelyn Bell e os impactos da descoberta dos pulsares na Astronomia e na Ciência.

UTILIZANDO A SIMULAÇÃO PULSAR 3D

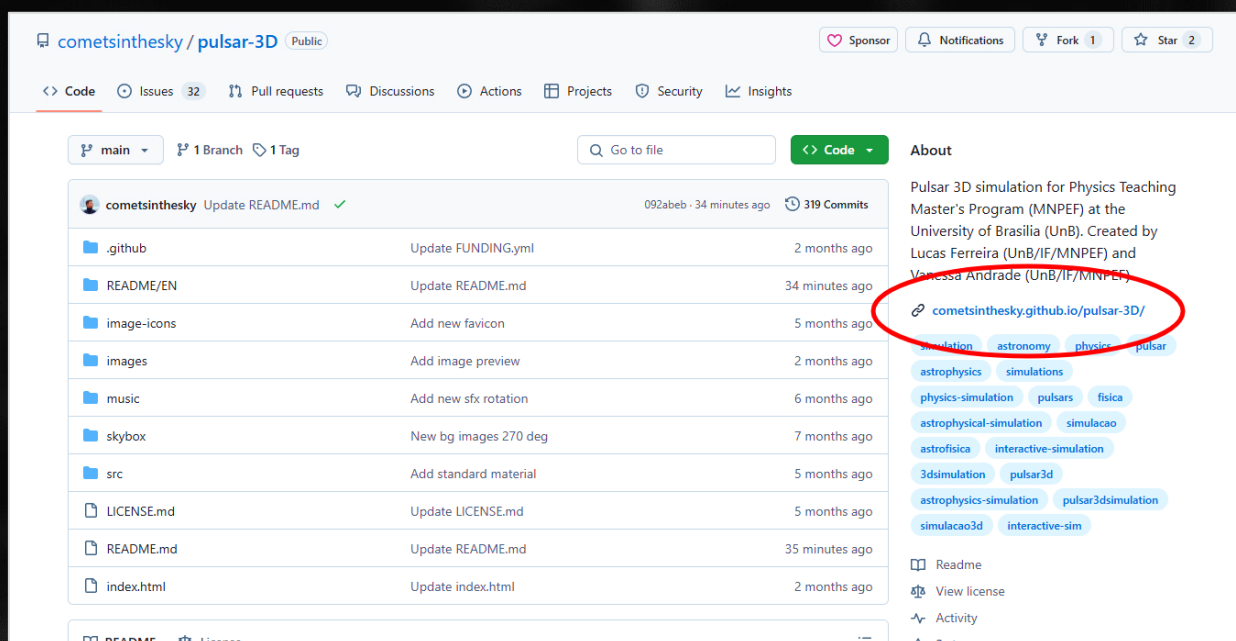
O professor pode utilizar o passo a passo a seguir, para realizar uma explicação detalhada da simulação Pulsar 3D em sala de aula, das características dos pulsares e também dos materiais e recursos disponíveis no site Pulsar 3D. Os estudantes poderão pesquisar na Internet com o smartphone ou tablet o termo “Pulsar 3D simulation”, um link do GitHub será um dos primeiros nos resultados da busca.

Figura 26 - Resultado de busca do termo “pulsar 3d simulation”. Página do repositório da simulação Pulsar 3D no GitHub.



Fonte: Autoria própria.

Figura 27 - Página do repositório da Simulação Pulsar 3D no GitHub.



Fonte: Autoria própria.

Os estudantes podem acessar a simulação Pulsar 3D clicando no link à direita na página do repositório da simulação Pulsar 3D no GitHub, como mostrado na Figura 27. Os estudantes também podem acessar a simulação Pulsar 3D através do QR Code mostrado abaixo. O professor pode salvar ou mostrar o QR Code para os estudantes, para que possam escanear através de seus dispositivos.

Figura 28 - QR Code da Simulação Pulsar 3D.



Fonte: Autoria própria.

Ao acessar o link da Simulação Pulsar 3D, os estudantes serão direcionados para uma página inicial, onde deverão apertar o botão “Entrar na Simulação”. Após pressionar o botão, a simulação Pulsar 3D é carregada.

Os botões Reiniciar e Play/Pausa, controlam a dinâmica da simulação. O botão Play/Pausa, pausa e continua a simulação. Já o botão Reiniciar, retorna a simulação para o estado e cena inicial.

Figura 29 - Botões Reiniciar e Play/Pausa da Simulação Pulsar 3D.



Fonte: Autoria própria.

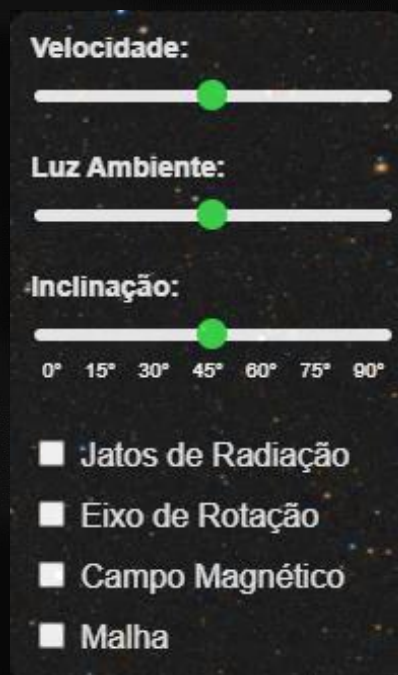
Na tela, é apresentado também um menu com sliders, que controlam as características da Simulação Pulsar 3D. Através desse menu os estudantes podem configurar diversas situações e visualizações para o Pulsar 3D, esses sliders alteram as características da simulação em tempo real. A descrição das funções dos itens desse menu pode ser visualizada no Quadro 1.

Quadro 1: Temas das apresentações dos grupos do 8º e 9º ano.

Botão	Função
Velocidade	Controla a velocidade da simulação/rotação do pulsar
Luz Ambiente	Controla a intensidade do brilho dos objetos da cena e das imagens de fundo
Inclinação	Controla a inclinação do pulsar de 15 em 15 graus
Jatos de Radiação	Ativa as partículas que saem dos polos do pulsar
Eixo de Rotação	Ativa o vetor que representa o eixo de rotação do pulsar
Campo Magnético	Ativa as linhas de campo magnético do pulsar
Malha	Ativa uma malha quadriculada para melhor visualização da inclinação e do comportamento do pulsar

Fonte: Autoria própria.

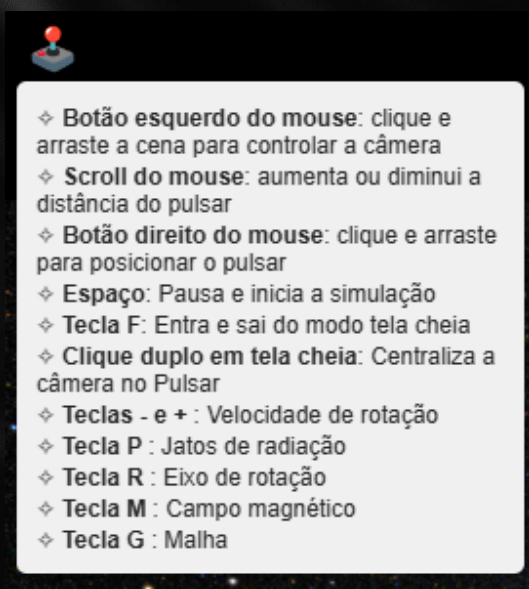
Figura 30 - Menu com sliders e caixas de seleção da Simulação Pulsar 3D.



Fonte: Autoria própria.

No canto superior esquerdo da tela é apresentado um botão no formato de Joystick, representando os botões e teclas possíveis de serem pressionadas e utilizadas durante a simulação. No computador, os comandos mostrados na Figura 31 representam as teclas de atalho a partir do teclado do computador. Esses atalhos auxiliam o professor para a realização de uma demonstração e experiência mais dinâmica e fluida da Simulação Pulsar 3D.

Figura 31 - Ao clicar no botão “Controles”, no canto superior esquerdo da tela, é mostrado as teclas de atalho e as funções da simulação atribuídas a cada tecla.



Fonte: Autoria própria.

O professor pode utilizar, também, o site Pulsar 3D como um recurso para que os estudantes realizem pesquisas sobre os pulsares, suas características, funcionamento, etc., através de textos informativos e imagens traduzidas para o português, como mostra a Figura 32.

Além disso, o professor pode utilizar as imagens em alta resolução que estão no site Pulsar 3D, por exemplo para utilizar durante as aulas de física e de ciências, representar os pulsares em projetos e apresentações, imprimir para a realização de maquetes e projetos na escola, etc. Para fazer download das imagens basta clicar com o botão direito do mouse em cima da imagem e selecionar a opção “Abrir imagem em uma nova guia” ou “Salvar imagem como”.

Figura 32 - Textos informativos e imagens no site Pulsar 3D, abaixo da simulação. Capturas de tela da versão para smartphone.

Como é formado um Pulsar? ▲

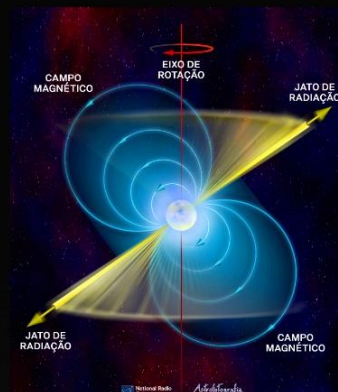
O processo de formação de um pulsar ocorre durante a explosão de uma supernova, que é o estágio final na vida de uma estrela massiva. Quando uma estrela massiva esgota seu combustível nuclear, ela sofre um colapso gravitacional, resultando em uma explosão violenta, ejetando suas camadas externas para o espaço e deixando para trás um núcleo extremamente denso, conhecido como estrela de nêutrons.

A estrela de nêutrons resultante pode girar rapidamente devido à conservação do momento angular, concentrando seu campo magnético e emitindo radiação eletromagnética em feixes estreitos a partir de seus polos magnéticos. Esses feixes de radiação são detectados na Terra como pulsos periódicos, dando origem aos pulsares.



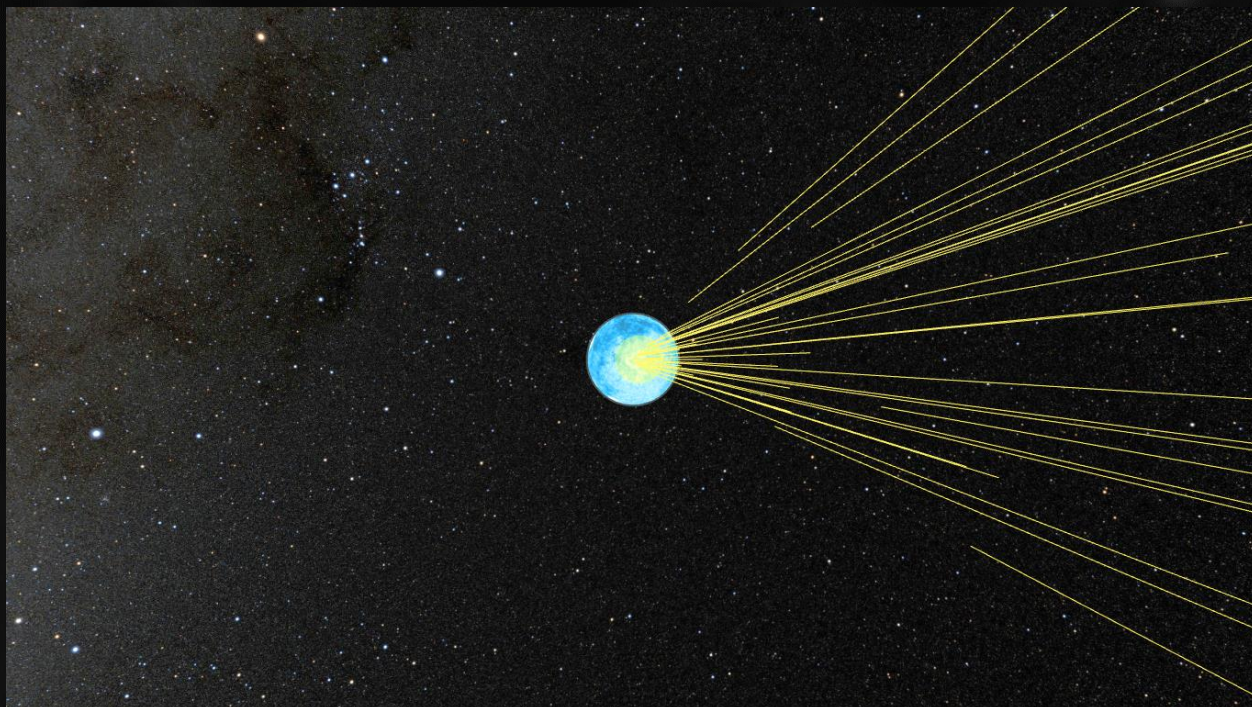
O que é um Pulsar? ▲

Um pulsar é uma estrela de nêutrons altamente magnetizada que gira rapidamente, emitindo feixes de radiação eletromagnética a partir de seus polos magnéticos. Esses feixes de radiação, que podem incluir ondas de rádio, luz visível, raios X e raios gama, são observados da Terra como pulsos regulares de energia, devido à rotação da estrela. Quando o feixe aponta em direção à Terra, é detectado como um pulso, dando a impressão de que a estrela está "pulsando", daí o nome pulsar. Os pulsares são remanescentes densos de supernovas e possuem campos magnéticos incrivelmente fortes, além de uma densidade tão alta que uma pequena quantidade de sua matéria pode pesar milhões de toneladas.



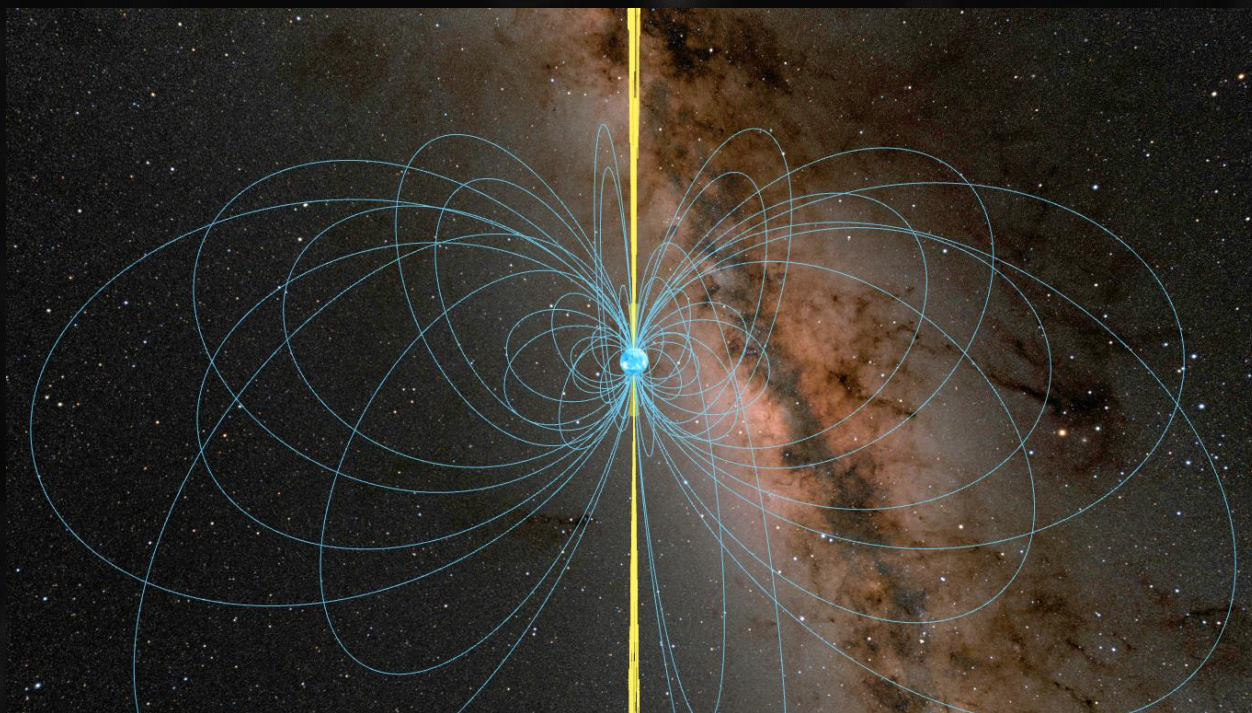
Fonte: Autoria própria.

Figura 33 - Exemplo do comportamento de um pulsar observado na linha de visada da emissão do jato de radiação, visto na Simulação Pulsar 3D.



Fonte: Autoria própria.

Figura 34 - Representação das linhas de campo magnético e dos jatos de radiação sendo emitidos pelos polos do pulsar na Simulação Pulsar 3D.

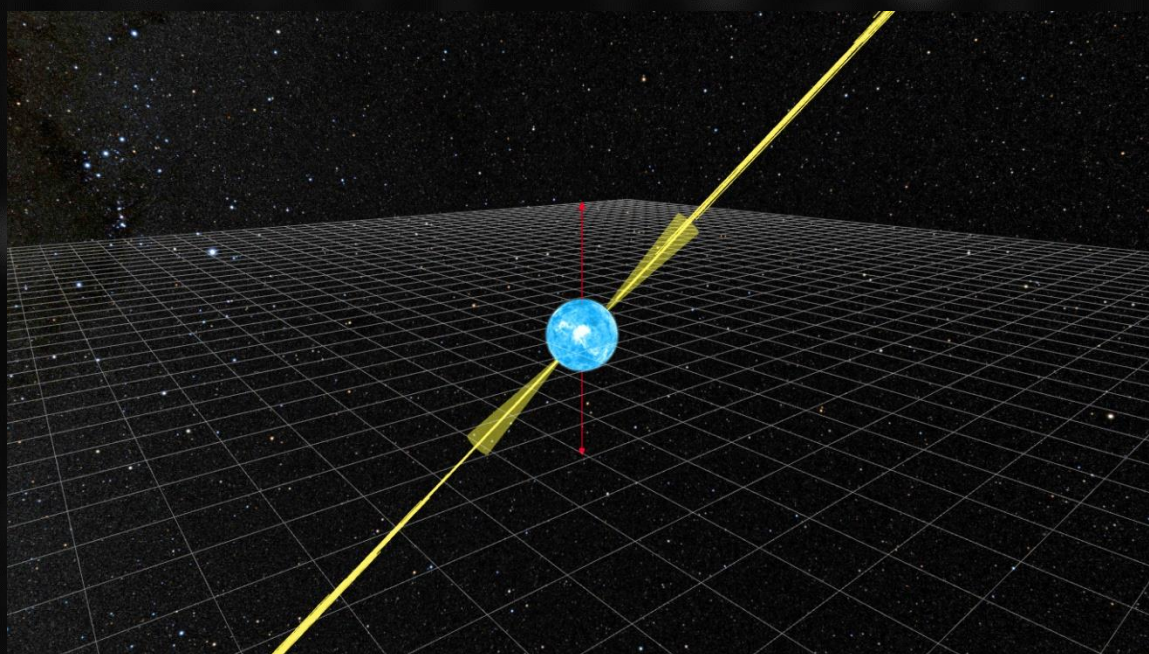


Fonte: Autoria própria.

É possível se distanciar do pulsar (rodinha do mouse no computador ou movimento de pinça no smartphone) na simulação Pulsar 3D e selecionar no menu os botões “Jatos de Radiação” e “Campo Magnético”, para exemplificar aos estudantes a relação do campo magnético e o alinhamento dos jatos de radiação com o polo magnético do pulsar, como mostrado na Figura 34.

É possível selecionar também uma malha de referência (grid) na Simulação Pulsar 3D, para ilustrar aos estudantes a orientação do pulsar, dos jatos de radiação e também do próprio comportamento rotacional dos pulsares e seus eixos: inclinação, rotação e magnético. Esse processo pode ser visualizado através da Figura 35.

Figura 35 - Representação das linhas de campo magnético e dos jatos de radiação sendo emitidos pelos polos do pulsar na Simulação Pulsar 3D.



Fonte: Autoria própria.

A compatibilidade multiplataforma da Simulação Pulsar 3D, capaz de ser acessada através de diversos sistemas operacionais e dispositivos, desde computadores até smartphones e tablets, amplia significativamente o alcance e a potencial implementação da simulação em diferentes contextos educacionais.

Ao permitir que os estudantes explorem interativamente características complexas dos pulsares, a simulação Pulsar 3D não apenas transmite informações científicas, mas também desperta a curiosidade, incentiva a investigação ativa e promove a alfabetização científica. Essa abordagem pedagógica alinha-se às demandas contemporâneas de um ensino de ciências mais dinâmico, tecnologicamente integrado e centrado na experiência do estudante.

APÊNDICE A - MONTAGEM DO CIRCUITO LED BLINKER COM O ARDUINO UNO

A seguir será apresentado o processo de utilização da plataforma de prototipagem eletrônica Arduino para a criação do circuito LED blinker.

Para a montagem do circuito LED blinker com o Arduino, será necessário:

- 1 Protoboard;
- 1 Resistor 100 Ω (Ohms);
- 1 LED branco ou azul;
- 1 placa Arduino Uno (Cabo USB-B e USB incluso)
- 2 Fios conectores (jumpers).

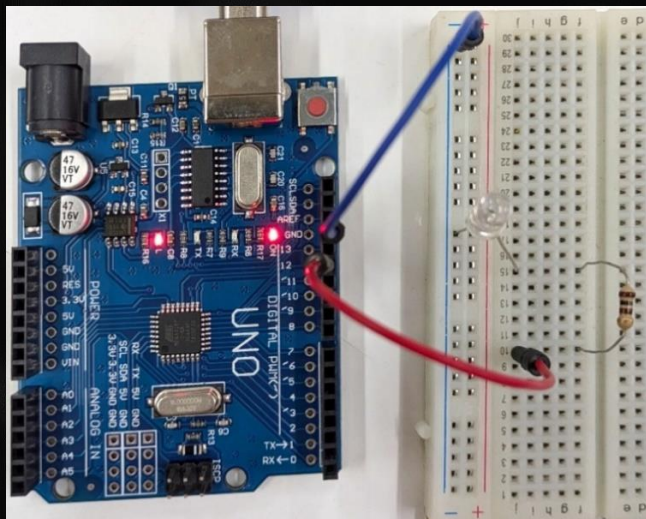
MONTANDO O CIRCUITO LED BLINKER COM ARDUINO UNO

Para a montagem do circuito LED blinker com o Arduino, realize as conexões mostradas nas Figuras 41 e 42. Para facilitar a montagem, siga o seguinte gabarito:

Na placa Arduino
Fio vermelho: Pino 12
Fio azul: Pino GND

Na protoboard
Fio vermelho: Posição 10
Fio azul: Barramento negativo
Resistor: Posição 10 e Posição 15
LED: Perna maior na Posição 15; Perna menor no barramento negativo

Figura 41 - Disposição dos componentes e fios na placa Arduino e protoboard.



Fonte: Lucas Ferreira (UnB/IF/MNPEF).

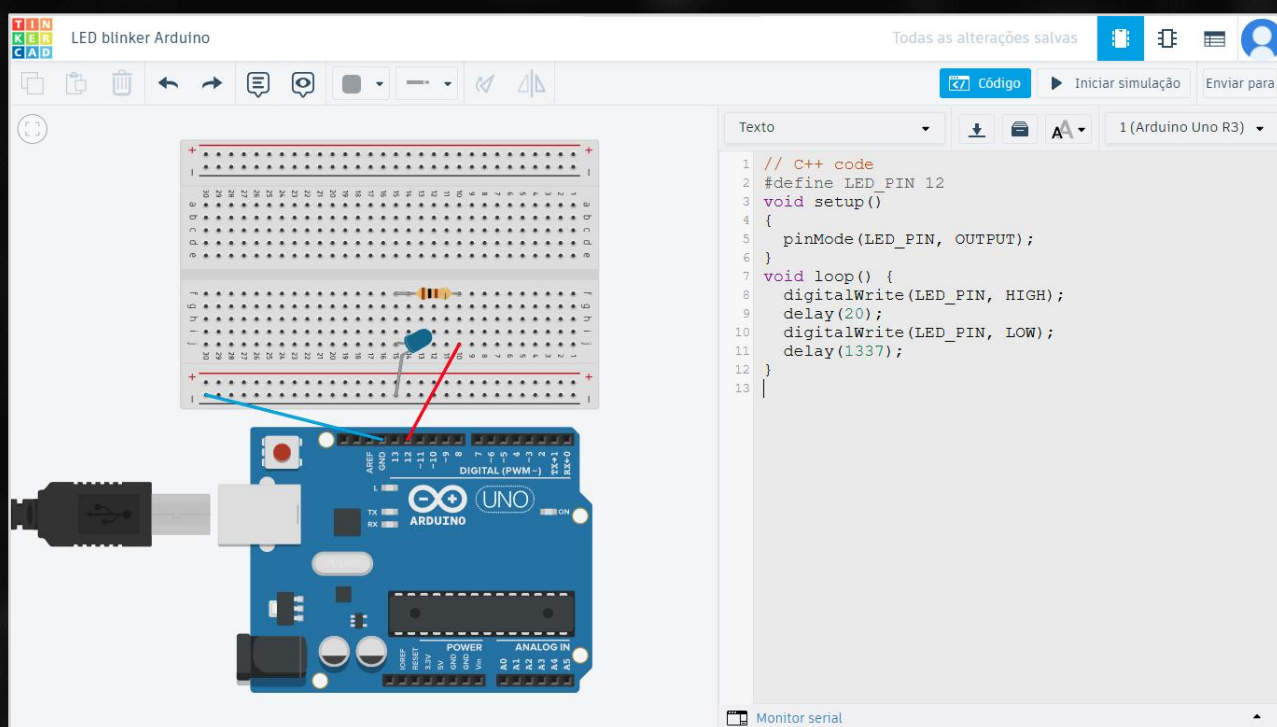
É possível acessar uma simulação na plataforma TinkerCad do circuito LED blinker para Arduino. Essa simulação possibilita uma melhor visualização da disposição e das conexões dos componentes eletrônicos. Ao inserir o código-fonte do circuito na simulação, o professor consegue simular e demonstrar aos estudantes diversos parâmetros, situações e comportamentos de circuitos variados, incluindo o circuito LED blinker na Arduino.

Para acessar a simulação do circuito LED blinker para Arduino na plataforma TinkerCad basta entrar em <https://shorturl.at/Om3OG>.

O professor pode interagir com os estudantes e mostrar o simulador TinkerCad, apresentar as funcionalidades da placa Arduino, a disposição da protoboard e cada um dos componentes utilizados no circuito LED blinker na Arduino. O professor pode também clicar no botão “Iniciar simulação” e demonstrar aos estudantes o comportamento esperado do circuito LED blinker, bem como mostrar o código-fonte para que o circuito funcione (Figura 42).

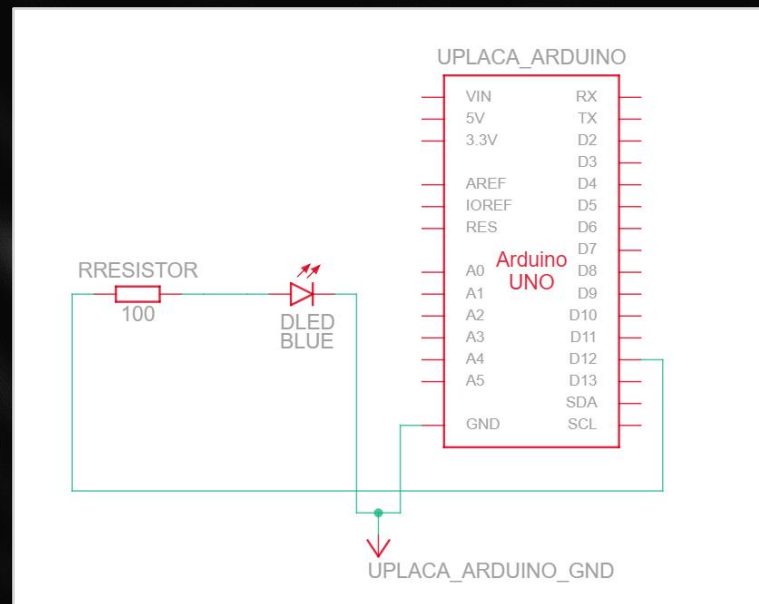
Um diagrama esquemático do circuito (Figura 43) pode ser apresentado aos estudantes, para conhecerem uma outra forma de representar a montagem e o próprio circuito na placa Arduino.

Figura 42 - Simulação do circuito LED blinker com Arduino na plataforma TinkerCad. Disposição dos componentes e fios na placa Arduino e protoboard.



Fonte: TinkerCad/Lucas Ferreira (UnB/IF/MNPEF).

Figura 43 - Diagrama esquemático do circuito LED blinker para Arduino.

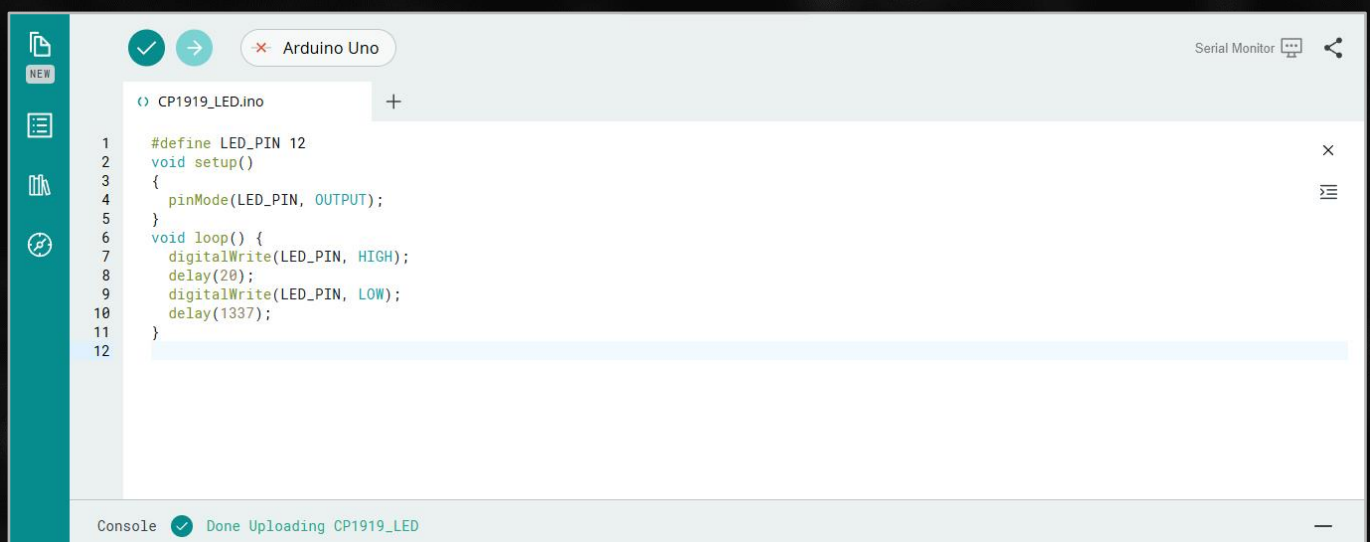


Fonte: TinkerCad.

CÓDIGO-FONTE E CONEXÃO DA ARDUINO UNO

Primeiro passo: Acesse o site [Arduino Cloud](#) e crie uma conta gratuitamente. Em seguida clique no canto direito em “Create New” e selecione “Sketch”. Uma nova janela com um Sketch em branco será aberta.

Figura 44 - Interface da página web Arduino Cloud. Código-fonte do circuito LED blinker para uso na placa Arduino.



Fonte: Arduino Cloud/Lucas Ferreira (UnB/IF/MNPEF).

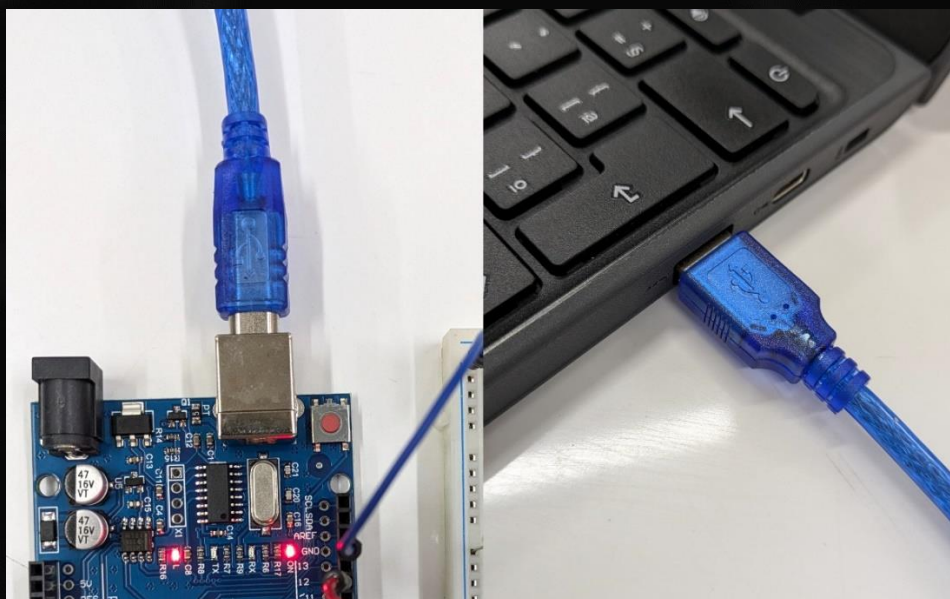
Segundo passo: Cole o código-fonte na área de código do projeto (Sketch) no Arduino Cloud (Figura 44). Basta copiar e colar o código-fonte:

```
#define LED_PIN 12
void setup()
{
  pinMode(LED_PIN, OUTPUT);
}
void loop() {
  digitalWrite(LED_PIN, HIGH);
  delay(20);
  digitalWrite(LED_PIN, LOW);
  delay(1337);
}
```

O valor utilizado no delay de 1337 milissegundos representa o período de 1,337 segundos do pulsar descoberto por Jocelyn Bell, o Pulsar CP1919. O professor pode selecionar diferentes períodos para cada grupo ou atividade.

Terceiro passo: Conecte o cabo USB-B na placa Arduino Uno e em seguida o cabo USB na entrada USB de um notebook ou computador (Figura 45). É possível utilizar, também, uma fonte de alimentação de 9 a 12 V para alimentar a placa, sem a necessidade de utilizar um notebook ou computador.

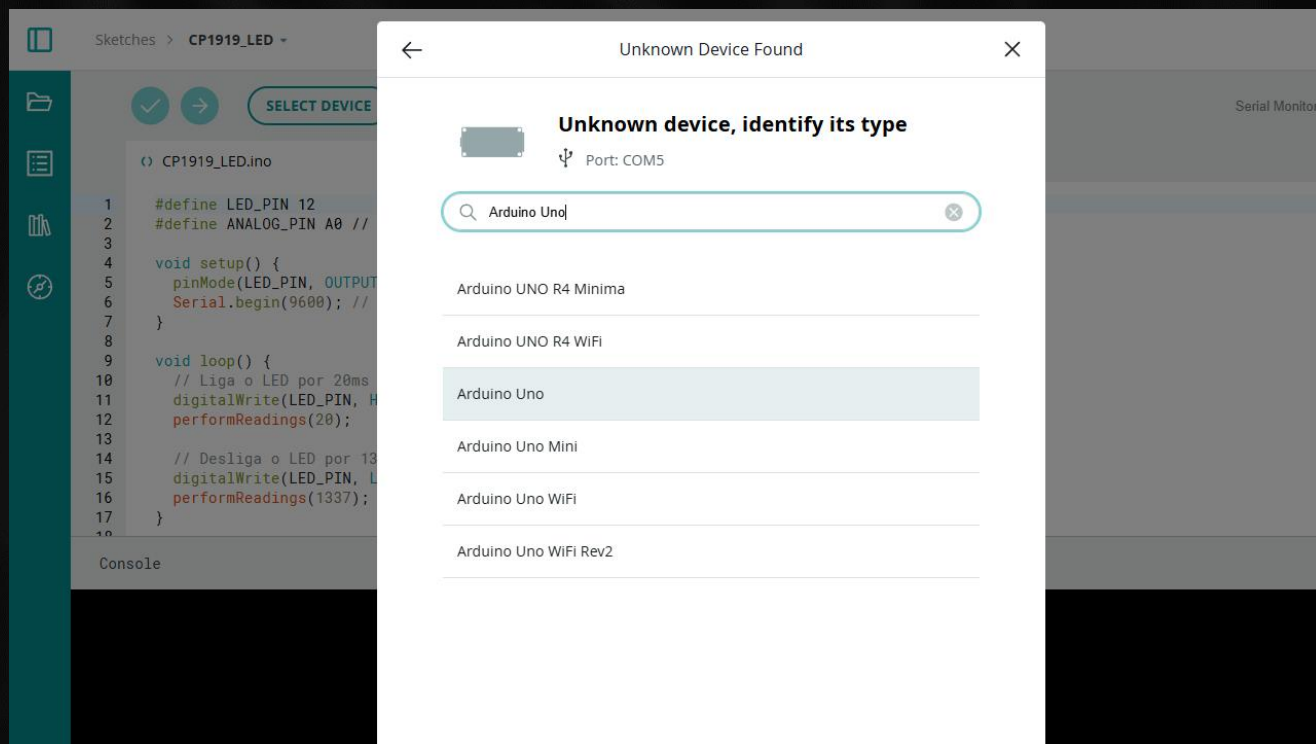
Figura 45 - Conexão USB-B na placa Arduino Uno e USB em um notebook comum.



Fonte: Arduino Cloud/Lucas Ferreira (UnB/IF/MNPEF).

Quarto passo: Após conectar o cabo USB no notebook ou computador, clique no botão “Select device” e selecione o tipo de placa que está sendo conectada, por exemplo Arduino Uno.

Figura 46 – Janela de seleção do tipo de placa Arduino para conexão no Arduino Cloud.

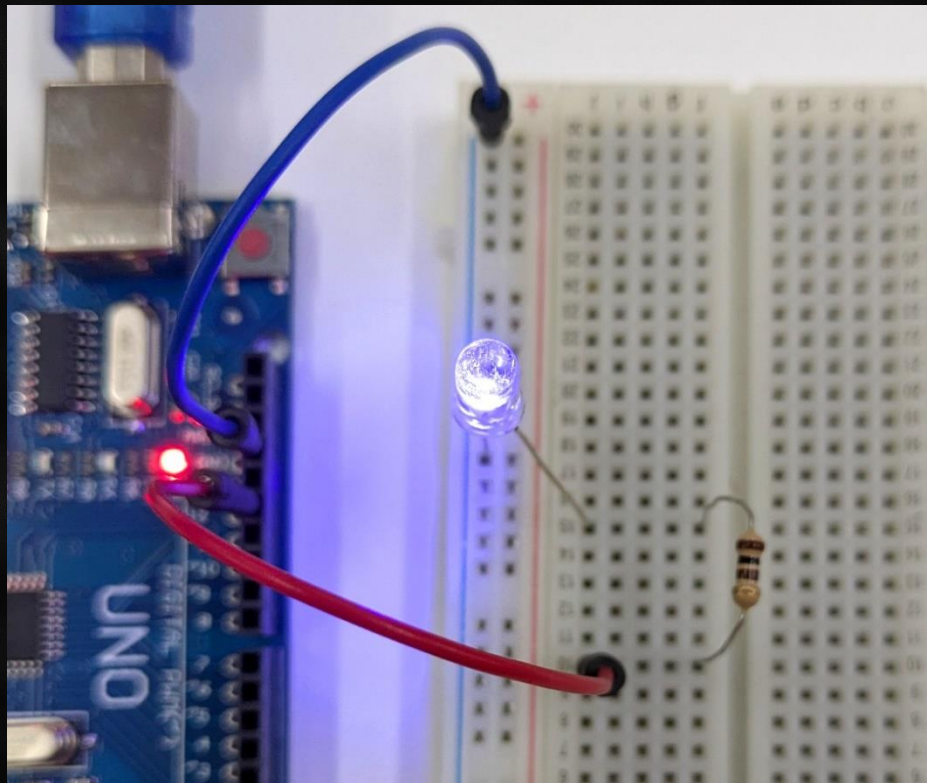


Fonte: Arduino Cloud/Lucas Ferreira (UnB/IF/MNPEF).

Quinto passo: Em seguida, faça upload do código-fonte para a placa, clicando no botão da seta, acima da área de código na Arduino Cloud. O código-fonte será enviado para a placa e começará a executar o código (Figura 47). Se as conexões estiverem corretas, o LED irá piscar e mostrar o comportamento análogo ao circuito LED blinker, piscando rapidamente, depois apagando e piscando novamente, representando a intermitência dos pulsos e o sinal de um pulsar.

Após a construção do circuito LED blinker para Arduino, os estudantes podem realizar o passo a passo descrito no “[Roteiro Passo a Passo Tracker Online Análise Região RGB](#)”, para analisar os vídeos gravados com o smartphone e gerar dados e gráficos no software livre Tracker Online.

Figura 47 - Momento em que o código-fonte é enviado à placa Arduino e executa as funções loop, digitalWrite e delay, para fazer com que o LED acenda de forma intermitente a cada 1,337 segundos.



Fonte: Lucas Ferreira (UnB/IF/MNPEF).

APÊNDICE B - INSTRUMENTO DE COLETA

A seguir serão apresentadas as perguntas utilizadas na coleta dos dados desse trabalho, através de um questionário *online* estruturado.

1. Qual é o seu nível de interesse pela Astrofísica, Astronomia e Pulsares?
2. Você já tinha ouvido falar sobre os pulsares antes de realizar o experimento?
3. Em qual região do Espectro Eletromagnético o LED emite?
4. Em qual região do Espectro Eletromagnético um pulsar emite?
5. Em qual região do Espectro Eletromagnético os astrônomos comumente detectam os pulsares?
6. Você compreendia o que era um pulsar?
7. Para você, a definição de pulsar é:
8. Você entendeu o funcionamento do circuito LED blinker?
9. Qual foi o nível de dificuldade para a gravação do vídeo no smartphone?
10. Você já tinha utilizado o programa Tracker?
11. Qual foi o nível de dificuldade para usar o programa Tracker?
12. O quão interessante você achou o processamento de vídeos através do programa Tracker?
13. Qual foi o nível de dificuldade para processar o vídeo no programa Tracker?
14. Qual foi o nível de dificuldade para analisar os dados no programa Tracker?
15. Você já tinha usado o Chat GPT?
16. Você acredita que inteligência artificial em sala de aula pode ser uma coisa:
17. Qual o nível de dificuldade para processar os dados com o Chat GPT?
18. O que você achou de usar o Chat GPT em sala de aula e para realizar o experimento?
19. Você entendeu o funcionamento do circuito LED blinker?
20. No experimento, o LED piscando representa:
21. Sobre o experimento e o material utilizado, classifique os itens abaixo:
 - Clareza dos procedimentos (passo a passo)
 - Qualidade do experimento
 - Qualidade do material
 - Interação com os colegas
 - Auxílio do professor
 - Facilidade de usar o Tracker
 - Facilidade de processar os dados
 - Facilidade em entender os dados
22. Com o experimento, o quanto você se sentiu motivado a estudar Física?
23. No experimento, o que ms chamou/prendeou sua atenção?

APÊNDICE C - PLANO DE AULA SIMULAÇÃO PULSAR 3D

Este recurso educacional oferece um plano de aula abrangente para explorar as propriedades e o comportamento dos pulsares por meio de uma simulação interativa em 3D, disponível em inglês e português. Voltado para estudantes do ensino fundamental, médio e superior, a aula proporciona uma experiência prática de aprendizado sobre como os pulsares emitem radiação, o papel de seus campos magnéticos e os efeitos de sua rotação. A atividade é planejada para durar 50 minutos e inclui atividades envolventes, como discussões em classe, uma exploração guiada da simulação Pulsar 3D e aprendizado baseado em cenários.

Um plano de aula detalhado em como utilizar o Pulsar 3D em sala de aula e em projetos pode ser acessado em <https://zenodo.org/records/13824696>.

Figura 48 – Plano de aula e atividades a partir do uso da simulação Pulsar 3D.

Pulsar 3D Simulation Lesson Plan (Class Activity)

FERREIRA, LUCAS (Researcher)¹ ANDRADE, VANESSA CARVALHO DE (Supervisor)¹

Description: This educational resource provides a comprehensive lesson plan for exploring the properties and behavior of pulsars using an interactive 3D simulation, both in English and Portuguese. Aimed at middle school, high school, and undergraduate students, the lesson offers a hands-on learning experience to understand how pulsars emit radiation, the role of their magnetic fields, and the effects of their rotation. The lesson is designed to last 50 minutes and includes engaging activities such as class discussions, a guided exploration of the Pulsar 3D simulation, and scenario-based learning.

Students will have the opportunity to visualize these complex concepts through an interactive 3D simulation accessible via computers, tablets, or smartphones. A set of evaluation questions and discussion prompts is also provided to assess student understanding and encourage deeper reflection on Pulsars.

Pulsar 3D Simulation: <https://cometsinthesky.github.io/pulsar-3D/>

Pulsar 3D Github page: <https://github.com/cometsinthesky/pulsar-3D>

Keywords: Pulsars; Neutron Stars; Pulsar 3D Simulation; 3D Simulation; Astronomy Education; Magnetic Fields; Pulsar Emissions; Science Education; Science Outreach; Interactive Learning.

Citation: FERREIRA, L.; ANDRADE, V. C. Pulsar 3D Simulation Lesson Plan (Class Activity). Zenodo. 2024. In: <https://zenodo.org/records/13824696>

Files

Plano de aula simulação Pulsar 3D (PT-BR).pdf

Plano de aula simulação Pulsar 3D
Lucas Ferreira (UnB/IF/MNPEF); Prof.ª Dr.ª Vanessa Andrade (UnB/IF/MNPEF)

Tópico da aula: Explorando as características e o comportamento dos Pulsares através de uma simulação interativa em 3D.
Etapas: Ensino Fundamental II, Ensino Médio e Ensino Superior
Objetivo: Os estudantes explorarão as propriedades dos pulsares interagindo com uma simulação 3D. Eles aprenderão como os pulsares emitem radiação, entenderão seus campos magnéticos e observarão como sua rotação afeta esses fenômenos.

41 VIEWS **33 DOWNLOADS**

Versions

Version v1 Sep 22, 2024
[10.5281/zenodo.13824696](https://doi.org/10.5281/zenodo.13824696)

Cite all versions? You can cite all versions by using the DOI [10.5281/zenodo.13824695](https://doi.org/10.5281/zenodo.13824695). This DOI represents all versions, and will always resolve to the latest one. [Read more.](#)

External resources

Indexed in

OpenAIRE

Details

DOI
[10.5281/zenodo.13824696](https://doi.org/10.5281/zenodo.13824696)

Resource type
Lesson

Publisher
Zenodo

Conference
Global Hands-On Universe Conference 2024 (G-HOU), Online, 24-27 September, 2024

Languages
English, Portuguese

Fonte: [Zenodo](https://zenodo.org/records/13824696)/Lucas Ferreira (UnB/IF/MNPEF) e Vanessa C. Andrade (UnB/IF/MNPEF).

Através do plano de aula é possível explorar as propriedades e o comportamento dos pulsares, de forma direcionada e utilizando a simulação Pulsar 3D em sala de aula. O plano de aula está disponível em português e em inglês. Voltada para estudantes do ensino fundamental II, ensino médio e graduação, o plano de aula proporciona uma experiência prática de aprendizado

para compreender como os pulsares emitem radiação, o papel de seus campos magnéticos e os efeitos de sua rotação. Com duração de 50 minutos, o plano de aula inclui atividades hands-on, uso de recursos digitais para o ensino de física, astronomia e ciências, bem como discussões em sala, uma exploração guiada da simulação 3D do Pulsar e aprendizagem baseada em cenários. Os estudantes terão a oportunidade de visualizar esses conceitos complexos por meio de uma simulação 3D interativa, acessível em computadores, tablets ou smartphones. Um conjunto de perguntas avaliativas e sugestões de discussão também está disponível para verificar a compreensão dos estudantes e incentivar uma reflexão mais aprofundada sobre os pulsares, a descoberta de Jocelyn Bell e os impactos da descoberta dos pulsares.

Os estudantes terão a oportunidade de visualizar esses conceitos complexos por meio de uma simulação interativa em 3D, acessível em computadores, tablets ou smartphones. Também é fornecido um conjunto de questões de avaliação e sugestões de discussão para avaliar o entendimento dos estudantes e promover uma reflexão mais profunda sobre os pulsares.

Simulação Pulsar 3D: <https://cometsinthesky.github.io/pulsar-3D/>.

Página do GitHub da Simulação Pulsar 3D: <https://github.com/cometsinthesky/pulsar-3D>.

APÊNDICE D - PROPOSTA DE PROJETO MULTIDISCIPLINAR REFERENTE À SD

Figura 49 - Seção do planejamento trimestral referente à proposta de projeto multidisciplinar enviada à coordenação pedagógica da escola.

Avaliação Processual 2

Projeto 2: "Universe Lighthouses: Making a Pulsar simulator"

Sala Maker: 2, 7 e 8/08

Deadline: Dia 09/08

Construir um experimento sobre pulsares e circuitos eletrônicos na Sala Maker (2, 7 e 8/08). Os estudantes deverão apresentar os experimentos construídos e explicar a relação do experimento com os conteúdos propostos.

As duplas serão definidas pelo professor em sala de aula.

Os estudantes também irão gerar imagens com inteligência artificial através de prompts, sobre os objetos e tema de cada dupla, para serem expostas em um mural da escola.

"Science Cinema" (Auditório) - Interstellar (2014)

Dia: 21 e 23/08 (Manhã)

Materiais necessários:

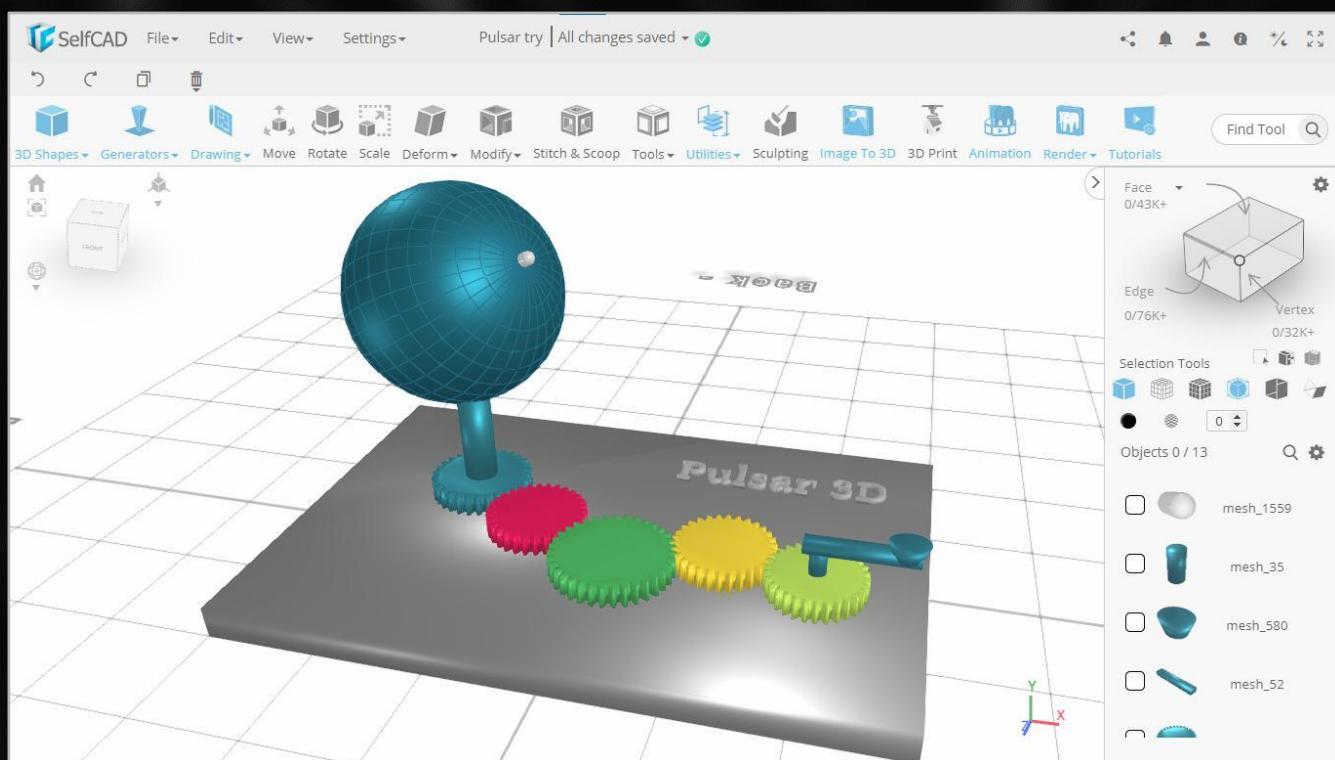
- LED, capacitor, protoboard, resistência, fios de conexão, transistor.
- Smartphone ou Tablet.

Fonte: Lucas Ferreira (UnB/IF/MNPEF).

APÊNDICE E - MODELO PARA IMPRESSÃO 3D

Figura 50 - Esboço para impressão 3D do experimento “Pulsar 3D”, na plataforma online SelfCAD.

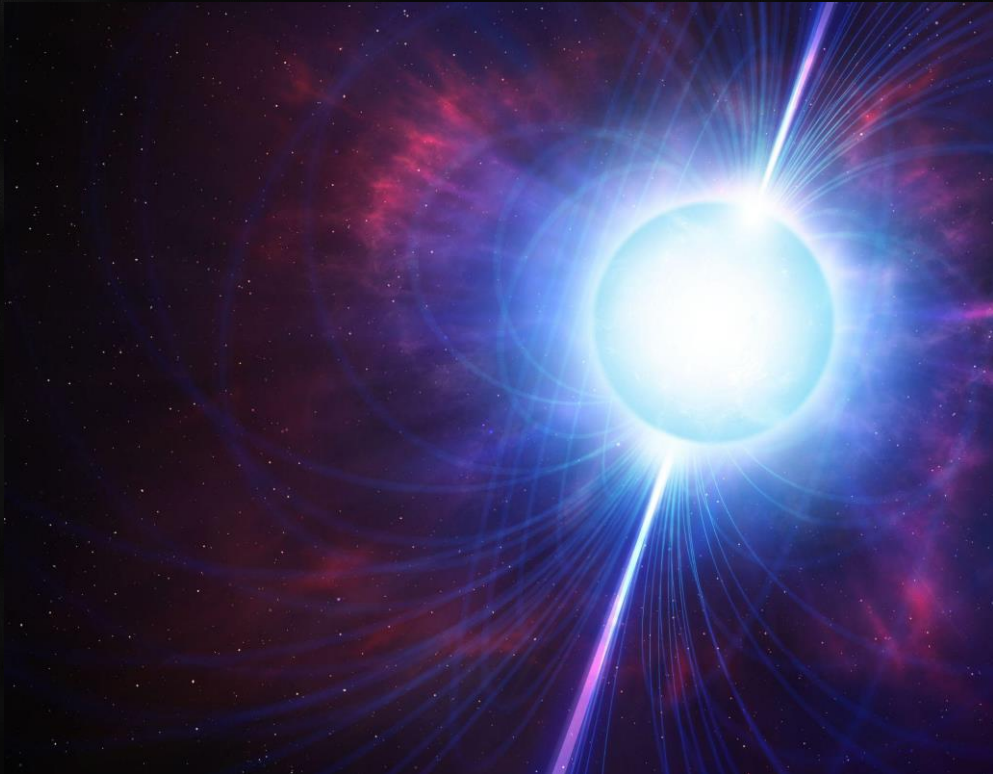
Na esfera, que representa uma estrela de nêutrons em rotação, é colocado um LED para representar o fenômeno dos pulsares. A ideia é fazer com que os estudantes interajam com o experimento, relacionado o movimento que é feito na manivela (à direita) com o movimento e rotação da esfera com o LED (esquerda). Para acessar o conteúdo, basta cadastrar uma conta gratuita e acessar o link <https://www.selfcad.com/shared-objects/2a215b3e6e37732i4l6d2a1i53m4571q3v4v>.



Fonte: SelfCAD/Lucas Ferreira (UnB/MNPEF)

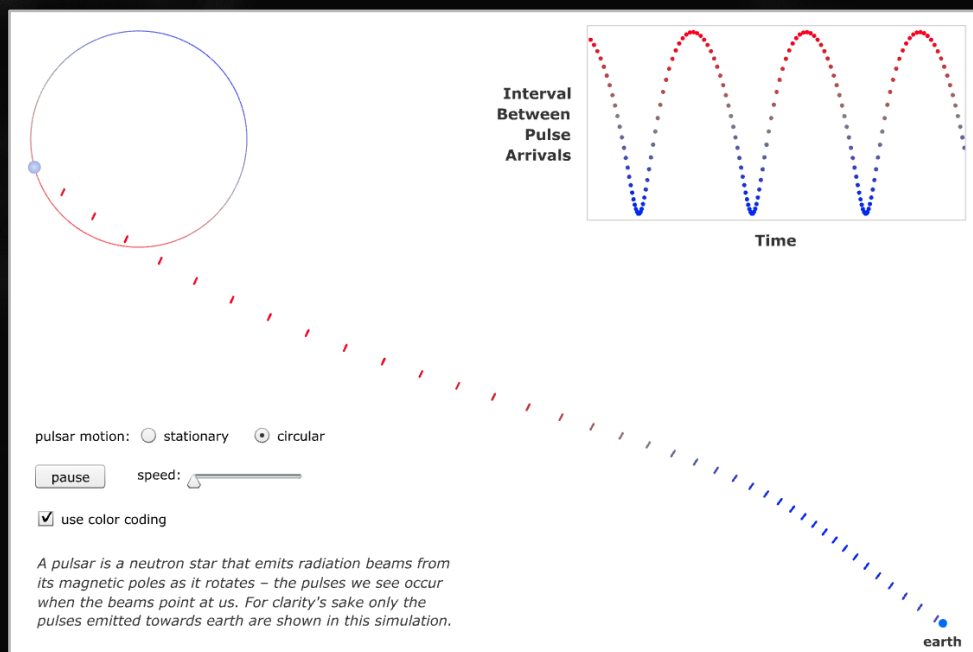
ANEXOS

Figura 51 - Ilustração científica de um pulsar.



Fonte: Mark Garlick/Science Photo Library.

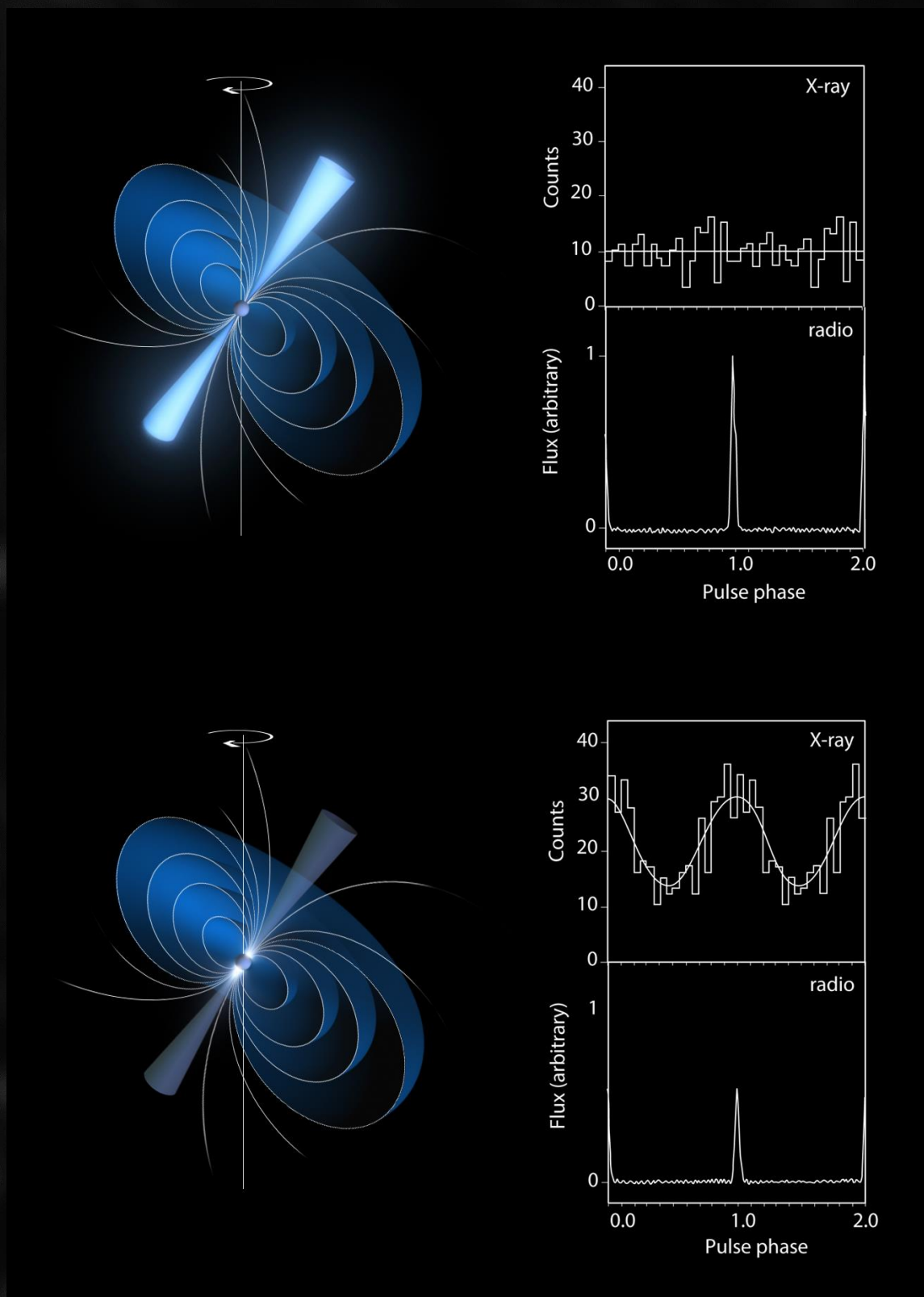
Figura 52 - Simulador de pulsares desenvolvido pelo Nebraska Astronomy Applet Project (NAAP) da Universidade de Nebraska-Lincoln.



Fonte: NAAP/UNL. Disponível em:

<https://astro.unl.edu/classaction/animations/extrasolarplanets/pulsarPeriodSim001.html>.

Figura 53 - Ilustração científica dos dois estados de emissão observados do pulsar PSR B0943+10, que é conhecido por alternar entre um modo "brilhante" e "silencioso" em comprimentos de onda de rádio. Observações do PSR B0943+10, realizadas simultaneamente com o observatório de raios-X XMM-Newton da ESA e radiotelescópios terrestres.



Fonte: SRON, NOVA e ASTRON; ESA/ATG medialab.

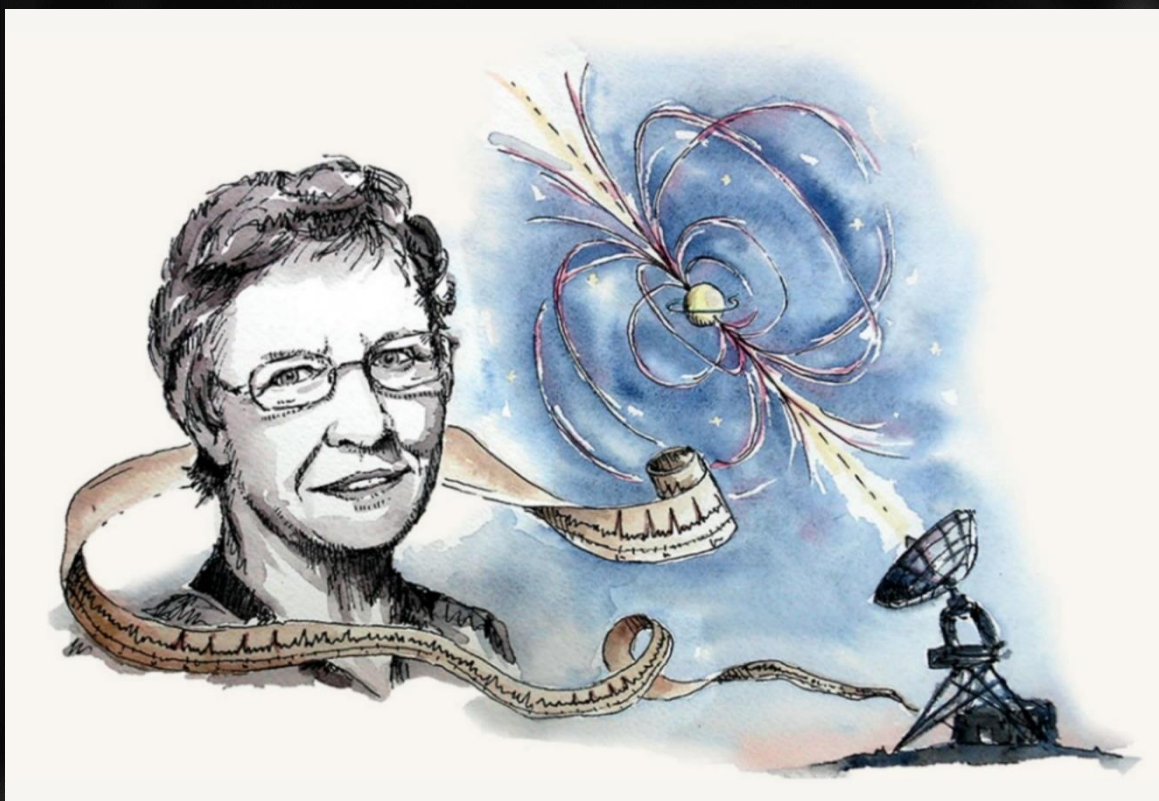
Disponível em: <https://www.sron.nl/news/chameleon-pulsar-baffles-astronomers/>.

Figura 54 - Poster para impressão da Jocelyn Bell e descoberta dos pulsares.



Fonte: Perimeter Institute. Disponível gratuitamente em:
https://resources.perimeterinstitute.ca/products/forces-of-nature-jocelyn-bell-burnell?_pos=1&_psq=jocelyn&_ss=e&_v=1.0.

Figura 55 - Ilustração em aquarela para uso didático da Jocelyn Bell e a descoberta dos pulsares.



Fonte: The Cooper Square Review. Disponível em: <https://coopersquarereview.org/10-women-in-science-you-should-know/#slide-jocelyn-bell-burnell>.

Figura 56 - Ilustração para uso didático da Jocelyn Bell e a descoberta dos pulsares.



Fonte: The Hong Kong University of Science and Technology:
<https://sciencefocus.hkust.edu.hk/transcending-the-prizes-jocelyn-bell-burnell>.

“Se não fosse pelas estrelas, particularmente aquelas que morreram, nós não estaríamos aqui. Somos intimamente, e no fim das contas, filhos das estrelas, a tal ponto que, na verdade, nós somos estrelas”.

Jocelyn Bell, 2013.