



UEPB

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA
CAMPUS CAMPINA GRANDE
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE FÍSICA
CURSO DE LICENCIATURA EM FÍSICA**

NATANAEL GOMES DA SILVA FILHO

**O CÉU QUE NOS COBRE: UMA PROPOSTA DE ENSINO SOBRE METEOROS
NA EDUCAÇÃO BÁSICA**

**CAMPINA GRANDE
2023**

NATANAEL GOMES DA SILVA FILHO

**O CÉU QUE NOS COBRE: UMA PROPOSTA DE ENSINO SOBRE METEOROS
NA EDUCAÇÃO BÁSICA**

Trabalho de Conclusão de Curso (Artigo) apresentado a Coordenação do Curso de Licenciatura em Física da Universidade Estadual da Paraíba, como requisito parcial à obtenção do título de Licenciado em Física.

Orientadora: Prof. Dra. Ana Paula Bispo da Silva

**CAMPINA GRANDE
2023**

É expressamente proibido a comercialização deste documento, tanto na forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano do trabalho.

S586c Silva Filho, Natanael Gomes da.
O céu que nos cobre [manuscrito] : uma proposta de ensino sobre meteoros na educação básica / Natanael Gomes da Silva Filho. - 2023.
20 p. : il. colorido.

Digitado.
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Física) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências e Tecnologia, 2023.
"Orientação : Profa. Dra. Ana Paula Bispo da Silva, Departamento de Física - CCT. "

1. Educação básica. 2. Ensino por investigação. 3. Recursos didáticos. 4. Ensino-aprendizagem. I. Título

21. ed. CDD 530.7

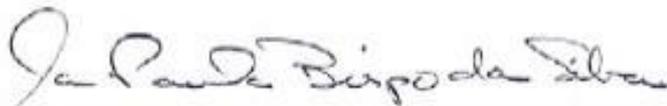
NATANAEL GOMES DA SILVA FILHO

O CÉU QUE NOS COBRE: UMA PROPOSTA DE ENSINO SOBRE METEOROS NA
EDUCAÇÃO BÁSICA

Trabalho de Conclusão de Curso (Artigo)
apresentado a/ao Coordenação do Curso
de Licenciatura em Física da Universidade
Estadual da Paraíba, como requisito par-
cial à obtenção do título de Licenciado em
Física.

Aprovada em: 31/08/2023.

BANCA EXAMINADORA



Profa. Dra. Ana Paula Bispo da Silva (Orientadora)
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)



Profa. Dra. Ana Roberta da Silva Paulino
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)



Profa. Me. Samira Arruda Vicente
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)

À minha mãe, pela dedicação, companheirismo e amizade, DEDICO.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	6
2	METEOROS E CHUVA DE METEOROS.....	6
2.1	Observações de meteoros por radar	9
2.2	Características observacionais da ocorrência de meteoros.....	10
2.3	Algumas considerações.....	13
2.4	Meteoros e a natureza do conhecimento científico	13
3	LEVANDO OS METEOROS PARA A SALA DE AULA.....	14
4	ALGUMAS CONSIDERAÇÕES FINAIS	16
	REFERÊNCIAS.....	17
	AGRADECIMENTOS.....	20

O CÉU QUE NOS COBRE: UMA PROPOSTA DE ENSINO SOBRE METEOROS NA EDUCAÇÃO BÁSICA

UNDER THE HEAVEN: A LESSON PLAN TO TEACH ABOUT METEORS TO BASIC EDUCATION

Natanael Gomes da Silva Filho*

Ana Paula Bispo da Silva**

RESUMO

Meteoros, cometas, eclipses e outros fenômenos que ocorrem nos céus sempre fizeram parte do imaginário popular. Seja por desconhecimento científico ou por tradições populares, várias interpretações e consequências foram e são associadas a que vem dos céus. Mas até que ponto isso realmente nos afeta como seres terrestres? Como podemos nos apropriar desse conhecimento para não nos deixarmos levar por notícias falsas e fantasiosas? Com vistas a tornar o conhecimento sobre causas e consequências de meteoros mais facilmente compreensível, este trabalho apresenta uma proposta para o ensino desse tema na educação básica. Nesse sentido, fazemos uma introdução ao estudo teórico e histórico sobre meteoros. Para a proposta, nos baseamos na metodologia do ensino por investigação e utilizamos diferentes recursos didáticos, como filmes, textos e simuladores. Enquanto proposta, pretendemos que seja passível de adaptação para diferentes contextos de sala de aula e de utilidade para professoras e professores da Educação Básica em diferentes níveis.

Palavras-Chave: Meteoros; Ensino por Investigação; Educação Básica.

ABSTRACT

Meteors, comets, eclipses and other phenomena that occur in the heavens have always been part of the popular imagination. Whether due to scientific ignorance or popular traditions, various interpretations and consequences were and are associated with what comes from the heavens. But to what extent does this really affect us as earthly beings? How can we appropriate this knowledge so as not to get carried away by false and fanciful news? With a view to making knowledge about the causes and consequences of meteors more easily understandable, this work presents a proposal for teaching this topic in basic education. In this sense, we make an introduction to the theoretical and historical study of this theme. For the proposal, we base ourselves on inquiry-based learning and use different didactic resources, such as films, texts and comics. As a proposal, we intend that it be adaptable to different classroom contexts and useful for Basic Education teachers at different levels.

Keywords: Meteors; Inquiry-based Learning; Basic Education.

* Licenciando em Física, Universidade Estadual da Paraíba, natanael.filho@aluno.uepb.edu.br.

** Professora do Departamento de Física, Universidade Estadual da Paraíba, anabispo@servidor.uepb.edu.br.

1 INTRODUÇÃO

Lançado em 2021, o filme “Não olhe para cima”¹ gerou uma série de debates sobre os negacionismos científicos e o papel de diferentes atores na discussão da mídia (Santos; Gomes, 2023; Tuzzo; Cirino, 2022). Em resumo, o filme trata sobre o alerta – desacreditado – de dois cientistas que encontram um cometa a caminho da Terra, com dimensões suficientes para destruí-la. A parte os detalhes políticos e sociais, o filme permite a reflexão: como saber se um corpo celeste, seja um cometa ou um meteoro, é capaz de destruir a Terra? Quais conceitos de astronomia e geociências são necessários para discernir entre afirmações corretas ou não sobre o tema?

O conteúdo referente a processos estelares está previsto como parte da temática “Vida, Terra e Cosmos” para o Ensino Médio, de acordo com a BNCC². O Ensino de Astronomia possui bastante produção própria, concentrando-se no uso de diferentes abordagens de ensino e de aprendizagem para a educação básica³. No entanto, conforme apontam Iachet et. al (2022), no ensino superior as ementas dos cursos de Física abordam com mais frequência o sistema solar e as leis de gravitação, o que pode deixar uma lacuna entre futuros docentes quanto a fenômenos como meteoros (Oliveira; Albrecht, 2018; Carrara, 2023). Sendo assim, este trabalho apresenta uma proposta de ensino sobre meteoros para o Ensino Médio da Educação Básica partindo das discussões levantadas pelo filme. Por outro lado, espera-se fornecer material teórico que pode servir como base para que outros professores e professoras façam suas adaptações para ensinar esse conteúdo.

Para isso, inicialmente apresentamos o conteúdo meteoro e chuva meteórica e os recursos utilizados na pesquisa sobre a intensidade e consequências. Apresentamos uma reflexão introdutória às formas como esse fenômeno adquiriu significados diferentes ao longo da história e as implicações com a natureza do conhecimento científico. No item 3 trazemos a proposta de ensino e as referências teóricas que ajudaram na sua concepção. Por fim, fazemos algumas considerações para que a presente proposta possa ser utilizada em sala de aula.

2 METEOROS E CHUVA DE METEOROS

A atmosfera da Terra recebe diariamente uma grande quantidade de partículas vindas do meio interplanetário, estas partículas recebem o nome de meteoróides. Quando os meteoróides ingressam na atmosfera terrestre sofrem um processo de queima devido ao atrito com a atmosfera formando trilhas ionizadas, chamadas de trilhas meteóricas ou traços meteóricos, ou simplesmente meteoros. Esses meteoros são popularmente conhecidos como estrelas cadentes. Se o meteoróide resiste ao atrito com a atmosfera e atinge o solo, passa a ser chamado de meteorito. A Figura 1 ilustra as etapas que uma partícula passa ao ingressar na atmosfera da Terra.

O termo meteoro é bastante utilizado em ciências atmosféricas, por exemplo, em meteorologia define-se como meteoro tudo na atmosfera que não seja nuvem. Por exemplo, chuva, nevoeiro, etc, (mais informações sobre definições de termos de meteorologia podem ser obtidas no portal do Instituto Nacional de Meteorologia -

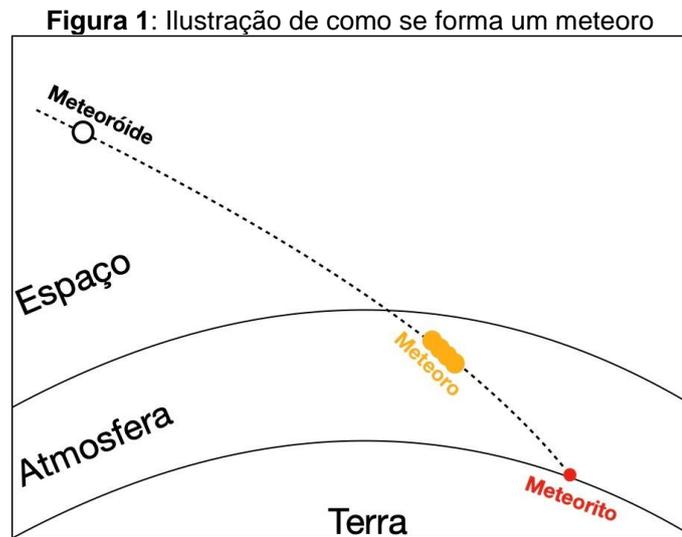
¹ Título em inglês “Don’t look up”

² BNCC = Base Nacional Comum Curricular. Disponível em: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/abase/#medio/a-area-de-ciencias-da-natureza-e-suas-tecnologias>.

³ Há, por exemplo, uma revista específica para Educação em astronomia, desde 2004, a Revista Iberoamericana de Educação em Astronomia (RELEA) ISSN 1806-7573, disponível em: <https://www.relea.ufscar.br/index.php/relea>.

INMET, disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/glossario/glossario>, acesso em 20 de julho de 2023). Neste trabalho, serão discutidos apenas os meteoros resultantes do processo de queima com o atrito da atmosfera terrestre.

Os meteoros podem ser observados constantemente na atmosfera da Terra. A maioria destas partículas não conseguem chegar no solo, sendo assim, os riscos de colisão como os seres vivos são baixos. No entanto, podem danificar satélites que estejam em órbitas próximas a estas partículas.



Fonte: Paulino, 2023

Quando o planeta Terra atravessa regiões do espaço com maior concentração de partículas, o número de meteoros observados aumenta consideravelmente. Este fenômeno é conhecido como chuva de meteoros. As chuvas de meteoros são nomeadas de acordo com o nome da constelação de onde as partículas parecem ter origem. Por exemplo, a chuva de meteoros Orionídeas, tem origem próximo a constelação de Orion e ocorre no mês de outubro. A tabela 1 apresenta as principais chuvas de meteoros e o mês de ocorrência

Tabela 1 - Dados gerais sobre as principais chuvas de meteoros.

Nome	Mês de ocorrência	Constelação
Quadrantídeas	Janeiro	Bootes
Lirídeas	Abril	Lyra
Eta-Aquarídeas	Abril-Maio	Aquarius
Delta-Aquarídeas	Julho-Agosto	Aquarius
Perseídeas	Julho-Setembro	Perseus
Orionídeas	Setembro-Novembro	Orion
Taurídeas	Setembro-Dezembro	Taurus
Leonídeas	Novembro-Dezembro	Leo
Geminídeas	Novembro-Dezembro	Gemini

Fonte: IMO⁴ (International Meteor Organization).

A maioria dos meteoros são observados na região da atmosfera entre 70 e 100 km de altitude. Pois, são pulverizados pelo atrito com atmosfera antes de atingir a altitude de 70 km (Clemesha e Batista, 2006). Esta região recebe o nome de região meteórica. Esta região é muito importante para estudos da dinâmica da atmosfera, porque está localizada na região chamada de mesosfera e baixa termosfera. Esta região apresenta uma dinâmica complexa e dominada por vários tipos de ondas e oscilações mecânicas (Smith, 2012). Através da trilha meteórica deixada pela passagem dos meteoros é possível estudar vários aspectos da dinâmica dessa região (Avery, 1990).

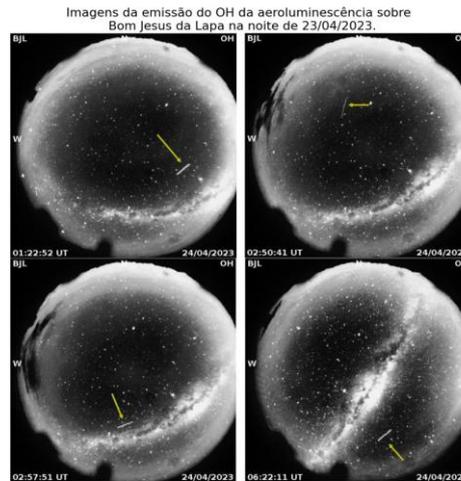
Nessas altitudes o movimento das partículas ocorre, principalmente, através da ação dos ventos oriundos das partículas eletricamente neutras, que são denominados ventos neutros. Já os efeitos do campo magnético da Terra sobre as partículas ionizadas das trilhas podem ser desprezados. Os meteoros são, portanto, traçadores importantes para estudos da dinâmica desta região e podem ser detectados por radares e câmeras.

A Figura 2 mostra uma sequência de quatro fotografias da aeroluminescência noturna da emissão do Hidroxila (OH) que se encontram em comprimentos de onda do infravermelho e, portanto, só podem ser detectados por instrumentos especializados. Essas fotografias foram coletadas por um imageador⁵ de visada total do céu, isto é, com uma abertura de 180° do campo de visão. Esse instrumento opera em Bom Jesus da Lapa (13,2° S; 43,4° W) e as imagens foram coletadas na noite de 23 - 24 de abril de 2023, que foi exatamente o pico máximo da chuva de meteoros Líridas. As setas amarelas apontam para os traços deixados por meteoros, enquanto os pontos brancos são estrelas ou planetas e o traço esbranquiçado é a Via-Láctea. As horas são marcadas em hora universal. Para imagens coletadas nessa altitude com o campo de visão de 180°, o raio aproximado é de 400 km.

Figura 2 - Imagens da emissão do OH da aeroluminescência noturna coletadas sobre Bom Jesus da Lapa na noite 23 de abril de 2023.

⁴ As informações mostradas na Tabela 1 foram retiradas do site da Organização Internacional de Meteoros (Chuva de meteoros, IMO, disponível em: <https://www.imo.net/resources/calendar/>, Acesso em 20 de julho de 2023)

⁵ Sistema de varredura multiespectral concebido para obter melhor resolução espacial, podendo ser dividido em dois grupos: os de varredura de linha, os "linescanners – IRLS (*Infrared Linescanner*)" e os de visada frontal, os "FLIR – (*Forward Looking Infrared*)"



Fonte: EMBRACE⁶

2.1 Observações de meteoros por radar

O radar mais utilizado para o estudo de meteoros recebe o nome de Radar Meteórico, que é um equipamento capaz de emitir e receber ondas eletromagnéticas refletidas pelas trilhas meteóricas (Hocking et al., 2001). Basicamente, um radar meteórico é composto por: (i) uma ou mais antenas emissoras, responsáveis por direcionar as ondas eletromagnéticas para o céu; (ii) um conjunto de antenas receptoras, que recebe as ondas que são refletidas pelas trilhas meteóricas; (iii) módulos eletrônicos que gerenciam as atividades do radar, processam os dados e os armazenam (Fritts et al., 2012).

A partir do sinal recebido pelo radar meteórico, que é conhecido como eco meteórico, é possível determinar o alcance, a posição do meteoro no céu e a velocidade com que o vento arrasta a trilha. Esses parâmetros são utilizados para estimar o vento que está arrastando a trilha meteórica (Hocking et al., 2001; Hindley et al., 2022).

O alcance, que é a distância entre o radar e a trilha meteórica, é determinado a partir da metade do tempo de viagem da onda eletromagnética desde a antena receptora, a reflexão na trilha e detecção pela antena receptora. Este tempo é multiplicado pela velocidade da luz, que é a velocidade de viagem da onda eletromagnética para calcular a distância.

A posição do meteoro no céu é obtida através da disposição do conjunto de antenas receptoras. No caso do radar meteórico que será apresentado neste trabalho, as antenas receptoras estão dispostas na forma de cruz assimétrica. Essa disposição espacial permite saber a ordem de chegada da onda eletromagnética proveniente da trilha em cada antena e, com isso, saber a origem espacial da onda. Por fim, a velocidade de deslocamento da trilha meteórica é calculada a partir da diferença entre a frequência da onda emitida e a frequência da onda recebida, fenômeno conhecido como Efeito Doppler.

⁶ Disponível em <https://www2.inpe.br/climaespacial/portal/o-programa-embrace/>. Acesso em 29 de agosto de 2023.

A partir desses três parâmetros é possível calcular o vetor vento no qual a tripla meteórica está sujeita. Esse vento é, em geral, decomposto em componentes zonal (na direção leste-oeste), meridional (na direção norte-sul) e vertical. Na prática, para fins de estudos da dinâmica, calcula-se o vento dentro de um intervalo de tempo e altitude para aumentar estatisticamente a confiabilidade (Paulino et al., 2015).

Para entender as propriedades físicas dos meteoros como distribuição espacial e temporal, serão utilizados dados do radar meteórico SKiYMET que opera em São João do Cariri (7,4° S; 36,5° W) desde julho de 2004 (Buriti et al., 2008). Esse radar opera continuamente 24 horas por dia na frequência de 35,24 MHz emitindo 2144 pulsos por segundo a uma potência de 12 kW. Fisicamente, o radar meteórico possui uma antena transmissora yagi de três elementos e cinco antenas receptoras yagi disposta na forma de cruz assimétrica. Essas características técnicas do radar permitem determinar ecos meteóricos na região da mesosfera e baixa termosfera (Paulino et al., 2012).

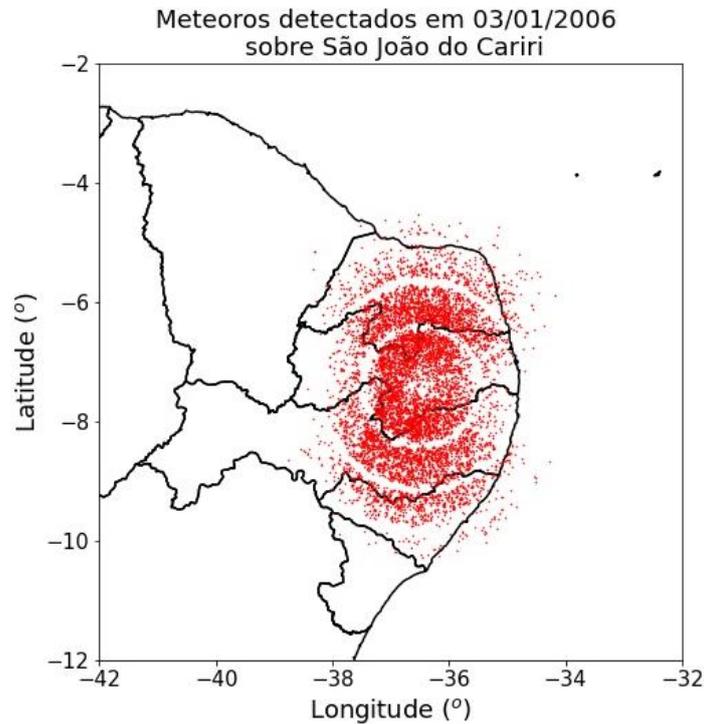
2.2 Características observacionais da ocorrência de meteoros

A primeira curiosidade que surge em relação ao instrumento é o seu campo de visão para detectar os meteoros. Esse é um instrumento de visada de céu por completo, ou seja, é capaz de observar meteoros dentro de um campo de visão de 180°. Na Figura 3 pode ser visto a distribuição horizontal dos ecos meteoros detectados pelo radar sobre São João do Cariri em 03 de janeiro de 2006 e projetados sobre o mapa geográfico. Cada meteoro detectado neste dia é representado por um ponto em vermelho. Percebe-se que o radar conseguiu detectar meteoros no Atlântico acima do Rio Grande do Norte e ao sul, houve detecção de meteoros na divisa entre Alagoas e Sergipe. Isto constitui um raio de aproximadamente de 300 km.

Na Figura 4 pode ser visto a distribuição vertical de meteoros para o dia 03 de janeiro de 2006. Nota-se uma concentração de meteoros entre 70 e 110 km de altitudes, com máximo em torno de 90 km. Outro aspecto que chama a atenção é que a distribuição acompanha uma forma praticamente gaussiana, o que é destacado pela linha contínua laranja. Essa distribuição de meteoros é formada devido a uma combinação de dois fatores: (a) a velocidade de entrada dos meteoros e (b) a densidade atmosférica (Hocking et al., 2001).

Acontece que a densidade atmosférica diminui com a altitude e, em contrapartida, o atrito com a atmosfera atua na ablação dos meteoros, produzindo essa forma quase gaussiana para a ocorrência dos eventos. Nota-se que no pico de concentração de meteoros, por exemplo, detecta-se por dia mais de 600 meteoros no intervalo de 1 km de altitude.

Figura 3 - Projeção da posição horizontal dos meteoros coletado sobre São João do Cariri em 03 de janeiro de 2006 sobre o mapa geográfico.

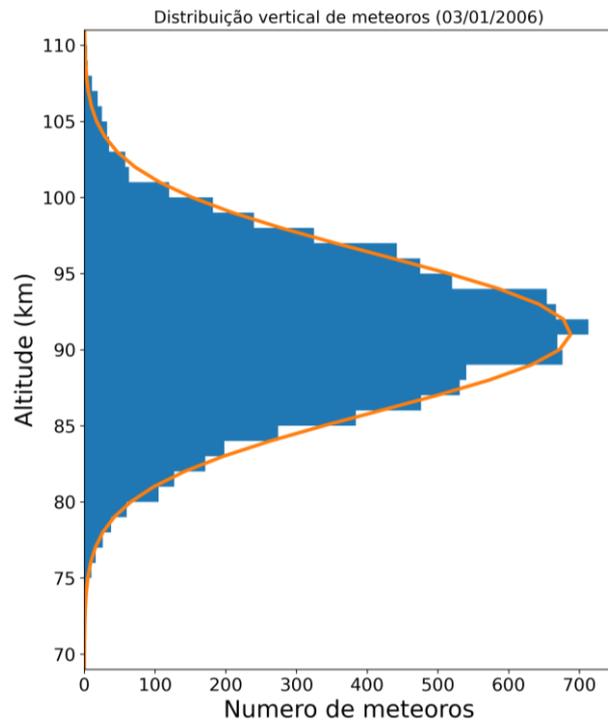


Fonte: Paulino, 2023.

Na Figura 5 pode ser vista a distribuição horária dos meteoros em 06 de janeiro de 2006. Percebe-se uma forte oscilação diurna na ocorrência dos eventos, que inclusive foi ajustada uma função senoidal (linha laranja tracejada) com o mesmo período e amplitude superiores de 200 meteoros. Essa oscilação diurna é produzida devido ao translado da Terra no meio interplanetário, o que faz com que o período do amanhecer tenha mais meteoros que o período do entardecer. Isto porque a face da Terra no amanhecer sofre o efeito do arraste do planeta em relação ao meio interplanetário. Mesmo no período do anoitecer (17-18 horas locais ou 20-21 horas universais), ainda foi possível detectar dezenas de meteoros. Já no período do amanhecer (5-6 horas locais ou 8-9 horas universais), mais de 600 meteoros foram detectados no intervalo de uma hora.

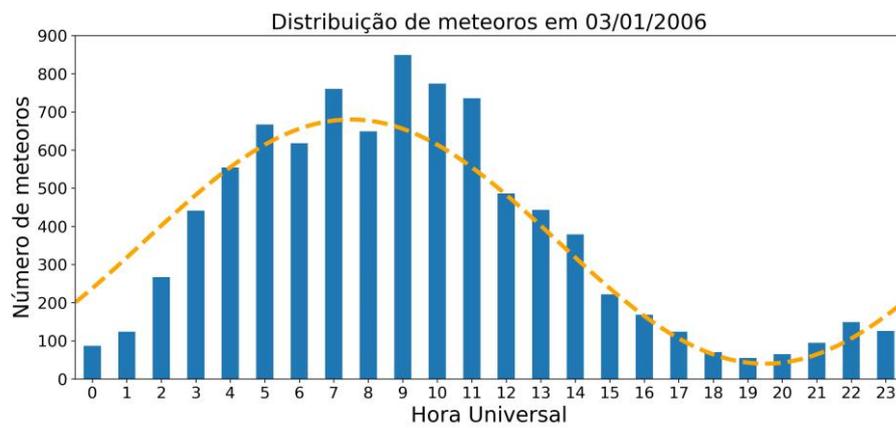
Por fim, na Figura 6 pode ser vista como acontece a distribuição média diária dos meteoros ao longo do ano de 2007. Nota-se que a uma variação anual bem acentuada que foi ajustada pela curva tracejada em laranja. Nos meses do inverno do hemisfério sul, são detectados mais meteoros do que nos meses de verão. Percebe-se também que alguns meses não acompanham a tendência da curva sugerindo mais investigações científicas. Trabalhos publicados com dados de outras localidades mostram que há variações semianual e ainda há tendências de mudanças com o ciclo solar (Younger et al., 2009; Powell e Veljkovicl, 2017; Batubara et al., 2018).

Figura 4 - Distribuição vertical de meteoros coletados sobre São João do Cariri em 03 de janeiro de 2006.



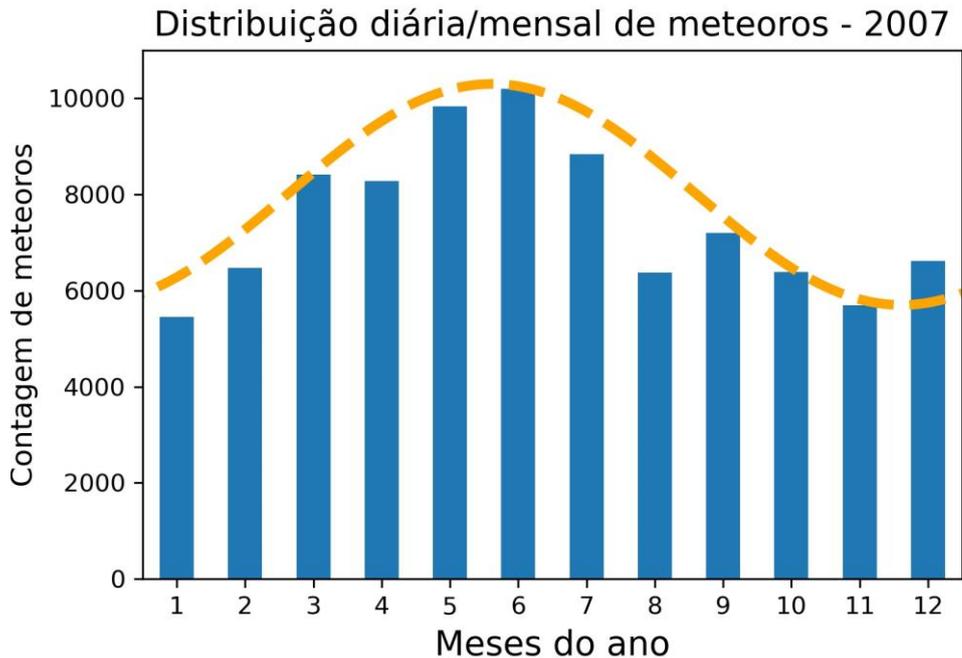
Fonte: Paulino (2023)

Figura 5 - Distribuição horária dos meteoros coletados sobre São João do Cariri em 03 de janeiro de 2006.



Fonte: Paulino (2023)

Figura 6 - Distribuição anula da ocorrência média diária de meteoros para 2007 sobre São João do Cariri.



Fonte: Paulino (2023)

2.3 Algumas considerações

Meteoros são produzidos devido à queima de pequenas partículas que entram na atmosfera da Terra. Dependendo do tamanho das partículas, o fenômeno pode ser visto a olho nu ou a partir de câmera fotográficas. No entanto, a sua grande maioria só pode ser detectada por instrumentos específicos, como é o caso do radar meteórico. A detecção rotineira destes meteoros nos permitiu inferir algumas características que foram exemplificadas neste trabalho:

- A faixa latitudinal de detecção dos meteoros ocorre entre 70 e 110 km, com máximo de concentração em torno de 90 km;
- Há uma forte variação diurna na ocorrência dos meteoros com máximo por volta do amanhecer e mínimo em torno do anoitecer;
- Variações sazonais também são observadas devido à posição da Terra dentro do meio interplanetário que pode encontrar mais ou menos partículas no meio interplanetário.

Em épocas específicas do ano, ocorrem um aumento considerável do número de meteoros que são conhecidos como chuvas de meteoros e surgem porque a Terra atravessa regiões com maior concentração de partículas. Essas chuvas de meteoros recebem nomenclaturas relacionada à constelação dominante de onde as partículas parecem surgir.

A partir do radar meteórico é possível estimar o vento horizontal que arrasta a trilha ionizada. Essas medidas de vento são úteis para estudos da dinâmica da região da mesosfera e baixa termosfera.

2.4 Meteoros e a natureza do conhecimento científico

Meteoros aparecem na história da astronomia já em Aristóteles. Para Aristóteles, considerando sua cosmovisão, meteoros faziam parte da meteorologia, e incluíam-se aí vários fenômenos relacionados ao que ocorria na região sublunar, como chuvas, ventos, etc., ou seja, as mudanças ocorridas a “nível meteorológico” são devidas aos corpos celestes, e tem como causa o fogo e o ar. Tal correlação está baseada na corruptibilidade da região sublunar e nos elementos simples (Aristóteles, 1952; Ramos, 2019).

A visão Aristotélica será revista por Descartes, em outra cosmovisão sem os cinco elementos, mas considerando a matéria e sua extensão. Assim, para Descartes, os meteoros são corpos imperfeitamente mistos, gerados pelo vapor ou pela exalação na região do ar, pela força ou calor dos raios celestes (Silva, 2019). O estudo dos meteoros pertencia à meteorologia, e podiam ser de quatro tipos: “(1) aquosos, como a chuva, a neve e o nevoeiro; (2) aéreos, tais como ventos, ciclones e furacões; (3) ígneos, como estrelas cadentes e fogos no ar; (4) terrestres, como as pedras e os metais gerados por exalações subterrâneas” (Silva, 2019).

Tanto para Aristóteles quanto para os estudiosos do renascimento, a própria cosmovisão implicava numa forma diferente de pensar os meteoros. A diferenciação de fenômenos atmosféricos, da mesma natureza do arco-íris, por exemplo, para fenômenos celestes, levou bastante tempo para ser estabelecida⁷

Um fator importante para mudar essa percepção foram os avanços em instrumentos de observação e também em outras áreas da física, como o eletromagnetismo. Essa mudança se deu principalmente no final do século XIX, com a assunção da luz como onda eletromagnética, o que possibilitou criar novos aparelhos de observação, mais precisos, como o radar meteorológico. Também foi nesse período que várias expedições se deslocaram para o interior do Brasil, para estudar as regiões, os efeitos do magnetismo terrestre, a atmosfera e outros fenômenos que eram mais evidentes na região próxima ao equador (Fetz, 2011; Barboza, 2010)

Essa curta associação histórica com os meteoros possibilita compreender como seu estudo é de relevância para a Educação Básica, principalmente quando nos referimos à Paraíba. Além de expor a provisoriamente do conhecimento científico, nesse caso baseada em cosmovisões e avanços em diferentes áreas, ressalta sua importância em termos de espaço e tempo. Desde o século XIX, a escolha de regiões para explorar fenômenos científicos está atrelada ao domínio geopolítico, como no caso da instalação de aparelhos de medição e captação, mostrando que a ciência também não é politicamente neutra.

3 LEVANDO OS METEOROS PARA A SALA DE AULA

Para a proposta em sala de aula, adotamos a abordagem do ensino por investigação. No ensino por investigação, parte-se do pressuposto que os estudantes devem assumir uma posição ativa, inquirindo e levantando hipóteses para um problema inicial proposto pelo(a) professor(a) (Scarpa; Sasseron, 2017). Carvalho (2018) entende que a fundamentação do ensino por investigação envolve os teóricos da aprendizagem Piaget, Vygotski, e por parte do obstáculo na compreensão de um conceito, o químico Gaston Bachelard. Ainda que discordemos de Carvalho (2018) quanto à assunção de teóricos de áreas distintas para fundamentar uma abordagem⁸, entendemos que a condução da aula a partir de um problema contex-

⁷ É o caso também dos cometas, que foram considerados como fenômenos atmosféricos, por Galileu (Silva, 2006)

⁸ Cabe lembrar que Piaget é construtivista, mas elaborou seus critérios a partir de uma situação muito específica; Vygotski adota o socioconstruivismo e parte de situação distinta historicamente de Pi-

tualizado pode trazer mais resultados satisfatórios do que recorrer aos conceitos já prontos no livro (Oliveira et al, 2020).

O problema que contextualiza considera os conhecimentos prévios do estudante, dando-lhe autonomia para pensar, criar hipóteses e valorizar o próprio espaço. É a partir dessas hipóteses que as aulas seguintes são conduzidas, valorizando o estudante e fazendo-o repensar seu papel no processo de aprendizagem (Freire, 2015; Delizoicov, 1983).

Portanto, para esta proposta assumimos como pressupostos:

- a apresentação de um problema inicial que considera o contexto do estudante (denominaremos problema condutor)
- as hipóteses elaboradas pelo estudante na tentativa de resolver o problema
- a valorização das hipóteses “erradas” como forma de levar o estudante a rever sua percepção e refletir sobre suas ideias e concepções.
- a inclusão de diferentes recursos didáticos e informações para trabalhar conteúdos conceituais, procedimentais e atitudinais (Zabala, 2015).

A proposta está planejada para 4 encontros conforme o quadro 1. Por este conteúdo estar associado a uma temática na BNCC, poderá ser desenvolvido em qualquer um dos anos do Ensino Médio, ou até mesmo como disciplina eletiva. Cada encontro pode tomar mais de uma aula, a depender da situação do professor e do envolvimento dos estudantes, e por este motivo não estabelecemos o tempo de duração dos encontros.

Quadro 1: Proposta para sala de aula.

Encontros	Objetivos	Recursos didáticos	Procedimento
Primeiro	<ul style="list-style-type: none"> - Averiguar o conhecimento prévio do estudante sobre meteoros e seu interesse no assunto - Introduzir a definição de meteoros 	<ul style="list-style-type: none"> - Trecho da animação “A era do gelo – o big bang”. - Trecho inicial do filme “Não olhe para cima” (10 minutos) 	<p>Problema1: Os dois filmes mostram corpos celestes com capacidade de destruir a Terra. Isso é possível? Com base na resposta prevista, levantar a pergunta problematizadora: (Problema 2) Como saber se um meteoro é capaz de afetar a terra?</p> <p>Problema 3: Diferença entre meteoro, cometa, meteorito e asteroides.</p>
Segundo	- Introduzir a in-	- Software STELLARIUM ⁹	Problema 1: Uma

aget; e Bachelard fez seus estudos a partir da filosofia, e não relacionado à aprendizagem. Sendo assim, entendemos que juntar perspectivas tão diferentes não serve como fundamento de qualquer teoria.

⁹ Software @Stellarium, disponível em <http://stellarium.org/>. Para utilização nesta proposta, recomendamos a leitura de Cardinot e Namen (2017)

	fluência da localização para as chuvas de meteoros - Análise de gráficos - Geolocalização	- GPS de celular	pessoa, na cidade do Rio de Janeiro, observa uma estrela cadente (meteoro) no céu. Essa mesma estrela cadente poderia ser vista por um observador localizado em Campina Grande (PB) ¹⁰ ?
Terceiro	- Explicar o funcionamento de antenas e radares - A onda eletromagnética como ferramenta de medição	- Mapas - Gráficos - Caçadores de asteroides: https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/noticias/2022/04/estao-abertas-as-inscricoes-do-caca-asteroides-mcti	Problema 1: Como prever uma chuva de meteoros e seus efeitos?
Quarto	- Reconhecer instrumentos e meteoros	Visita de campo ao observatório de São João do Cariri	Retomar os problemas do primeiro encontro e acompanhar as conclusões dos estudantes.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

4 ALGUMAS CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho apresentamos uma proposta para sala de aula para o tema “meteoros”. Enquanto “proposta”, entendemos que são ideias iniciais que devem ser adaptadas para o contexto específico de sala de aula e do(a) professor(a). Porém, assumimos que a existência de um problema condutor é primordial para que o ensino e a aprendizagem se deem de forma satisfatória e significativa, uma vez que tomamos como pressupostos as ideias de Freire na elaboração

O tema “meteoro” foi escolhido por vários motivos. Um deles é por se tratar de um tema que está previsto nos documentos oficiais da Educação Básica, mas pouco abordado até mesmo no ensino superior. Outro é por ser objeto de estudo de grupos de pesquisa aqui na Paraíba e, portanto, valorizar os conhecimentos locais. E, por último, por estar associado a aspectos na natureza do conhecimento científico, sua provisoriabilidade, a não neutralidade e a relação com diferentes conceitos da física.

Esperamos que o presente trabalho possa contribuir para o ensino de astronomia nos diferentes níveis da educação básica.

¹⁰ Adaptação do trabalho de Cardinot e Namen (2017)

REFERÊNCIAS

- ARISTOTLE, Meteorology. Pp. 445-494. In: Encyclopedia Britannica. **The works of Aristotle**. Vol. I. Chicago: University of Chicago, 1952.
- AVERY, S.K. The meteor radar as a tool for upper atmosphere research. **Advances in Space Research**, v. 10, n. 10, p. 193-200, 1990. ISSN 0273-1177, [https://doi.org/10.1016/0273-1177\(90\)90031-T](https://doi.org/10.1016/0273-1177(90)90031-T)
- BARBOZA, C. H. M. Ciência e natureza nas expedições astronômicas para o Brasil (1850-1920). **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Humanas**, v. 5, p. 273-294, 2010.
- BATUBARA, M., YAMAMOTO, M.-Y., MADKOUR, W., & MANIK, T.. Long-term distribution of meteors in a solar cycle period observed by VHF meteor radars at near-equatorial latitudes. **Journal of Geophysical Research: Space Physics**, v. 123, n. 10, p. 403– 415. 2018. <https://doi.org/10.1029/2018JA025906>
- BURITI, R. A., HOCKING, W. K., BATISTA, P. P., MEDEIROS, A. F., and CLEMESHA, B. R. Observations of equatorial mesospheric winds over Cariri (7.4° S) by a meteor radar and comparison with existing models, **Ann. Geophys**, v. 26, p. 485–497, 2008. <https://doi.org/10.5194/angeo-26-485-2008>.
- CARDINOT, M.; NAMEN, A. Astronomia no Ensino de Física: Uma Abordagem com o Uso de Simulações de Chuvas de Meteoros em um Planetário Virtual. **Ciência & Desenvolvimento-Revista Eletrônica da FAINOR**, v. 10, n. 1, 2017.
- CARRARA, H. F. Educação em Astronomia para a formação do cidadão cientista: análise de meteoros no Ensino Médio. **Trabalho de conclusão de curso**. Universidade Estadual Paulista (Unesp), 2023. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11449/242495>.
- CARVALHO, A. M. P. Fundamentos teóricos e metodológicos do ensino por investigação. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, p. 765-794, 2018.
- CLEMESHA B., BATISTA, P. The quantification of long-term atmospheric change via meteor ablation height measurements, **Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics**, v. 68, n. 17, p. 1934-1939, 2006, ISSN 1364-6826, <https://doi.org/10.1016/j.jastp.2005.12.008>
- DARROZ, L. M. et al. Evolução dos conceitos de Astronomia no decorrer da educação básica. **Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia**, n. 17, p. 107-121, 2014.
- DELIZOICOV, D. **Ensino de Física e a concepção freireana de educação**. Revista de Ensino de Física, v.5, n. 2, p. 85-98, 1983.
- FETZ, M. Expedições científicas no século XIX: o universo da ciência e a diversidade cultural. **Cadernos de Campo: Revista de Ciências Sociais**, 2011.

FREIRE, P. **Pedagogia da autonomia. Saberes necessários à prática educativa.** 51ª ed. Rio de Janeiro; São Paulo: Paz e Terra, 2015.

FRITTS, D. C., JANCHES, D., IIMURA, H., HOCKING, W. K., BAGESTON, J. V., and LEME, N. M. P. Drake Antarctic Agile Meteor Radar first results: Configuration and comparison of mean and tidal wind and gravity wave momentum flux measurements with Southern Argentina Agile Meteor Radar, **J. Geophys. Res.**, v. 117, p. D02105 (1-17), 2012. <https://doi.org/10.1029/2011JD016651>

HINDLEY, N. P., MITCHELL, N. J., COBBETT, N., SMITH, A. K., FRITTS, D. C., JANCHES, D., WRIGHT, C. J., MOFFAT-GRIFFIN, T.: Radar observations of winds, waves and tides in the mesosphere and lower thermosphere over South Georgia island (54° S, 36° W) and comparison with WACCM simulations, **Atmos. Chem. Phys.**, v. 22, 9435–9459, 2022. <https://doi.org/10.5194/acp-22-9435-2022>.

HOCKING, W.K., FULLER, B., VANDEPEER, B. Real-time determination of meteor-related parameters utilizing modern digital technology. **J. Atmos. Sol. Terr. Phys.** v. 63, p. 155–169. 2001. [http://dx.doi.org/10.1016/S1364-6826\(00\)00138-3](http://dx.doi.org/10.1016/S1364-6826(00)00138-3), ISSN 1364-6826.

IACHEL, G.; CONTI, L.; PIRATELO, M. V. M. Um estudo sobre os conteúdos presentes nas disciplinas de astronomia na formação superior de físicos em universidades federais e estaduais do Brasil. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências** (Belo Horizonte), v. 24, 2022.

OLIVEIRA, M. A.; ALBRECHT, E. A. Astronomia na formação inicial de professores do ensino fundamental, uma análise da produção acadêmica no catálogo de teses e dissertações da CAPES. **Anais do V Simpósio Nacional de Educação em Astronomia**, Londrina PR, v. 5, 2018.

OLIVEIRA, N.; TENÓRIO, A. C.; MIRANDA, A. C. S. O episódio da Queda do Meteorito Serra de MAGÉ Numa Abordagem de Ensino de Astronomia. **Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia**, n. 30, p. 21-33, 2020.

PACHECO, M. H.; ZANELLA, M. S. Panorama de pesquisas em ensino de Astronomia nos anos iniciais: um olhar para teses e dissertações. **Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia**, n. 28, p. 113-132, 2019.

PAULINO, A.R., et. al. Distribuição de Meteoros sobre o Brasil. Artigo em construção, 2023.

PAULINO, A. R. Maré lunar observada com radar meteórico em três latitudes no Brasil. **Dissertação de Mestrado (Geofísica Espacial)**. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, Programa de Pós-Graduação do INPE em Geofísica Espacial, 2010.

PAULINO, A.R., BATISTA, P.P., CLEMESHA, B.R. Lunar tides in the mesosphere and lower thermosphere over Cachoeira Paulista (22.7°S; 45.0°W), **Journal of At-**

ospheric and Solar-Terrestrial Physics, Volumes 78–79, p. 31-36, 2012. ISSN 1364-6826, <https://doi.org/10.1016/j.jastp.2011.04.018>.

PAULINO, A.R., BATISTA, P.P., LIMA, L.M., CLEMESHA, B.R., BURITI, R.A., SCHUCH, N. The lunar tides in the mesosphere and lower thermosphere over Brazilian sector, **Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics**, v. 133, p. 129-138, 2015. ISSN 1364-6826, <https://doi.org/10.1016/j.jastp.2015.08.011>.

POWELL, C., VELJKOVICL, K. Temporal and Spatial Variation of Meteor Flux in Radio Data, **Journal of the International Meteor Organization**, v. 45, n. 4, p. 73–81, 2017.

RAMOS, J. P. S. Os Meteoros de Descartes: Objeção cartesiana aos comentários meteorológicos dos jesuítas contemplados na Escolástica Tardia. **Modernos & Contemporâneos-International Journal of Philosophy** [issn 2595-1211], v. 3, n. 7, 2019.

SANTOS, P. R. dos; GOMES, E. F. O fenômeno do negacionismo científico em relação ao Aquecimento Global e o filme “Não olhe para cima”: Reflexões e aplicação em sala de aula. **Educação Ambiental (Brasil)**, v. 4, n. 3, 2023.

SCARPA, D. L.; SASSERON, L. H.; SILVA, M. B. O ensino por investigação e a argumentação em aulas de ciências naturais. **Tópicos Educacionais**, v. 23, n. 1, p. 7-27, 2017.

SILVA, C. C. A natureza dos cometas e o escorregão de Galileu.In: **Os grandes erros da ciência**. Scientific American, 2006.

SILVA, P. T. da. Os meteoros e primeiro confronto com a tradição. **Modernos & Contemporâneos-International Journal of Philosophy** [issn 2595-1211], v. 3, n. 7, 2019.

SMITH, A.K., 2012. Global Dynamics of the MLT. **Surv Geophys** v. 33, p. 1177–1230, 2012. <https://doi.org/10.1007/s10712-012-9196-9> .

TUZZO, S. A.; CIRINO, J. A. F. Entre o consumo dos cidadãos espaciais e dos sub-cidadãos: Reflexões sobre a pirâmide da cidadania midiática. **Comunicação Mídia e Consumo**, v. 19, n. 56, 2022.

YOUNGER, P. T., ASTIN, I., SANDFORD, D. J., MITCHELL, N. J. The sporadic radiant and distribution of meteors in the atmosphere as observed by VHF radar at Arctic, Antarctic and equatorial latitudes, **Ann. Geophys.**, v. 27, p. 2831–2841, <https://doi.org/10.5194/angeo-27-2831-2009> , 2009.

ZABALA, A. **A prática educativa: como ensinar**. Penso Editora, 2015.

AGRADECIMENTOS

Ao Dr. Paulo Prado do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais e ao Dr. Ricardo Buriti pelo fornecimentos dos dados do Radar Meteorológico. Ao programa de Estudo e Monitoramento Brasileiro do Clima Espacial (EMBRACE) do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais pelo fornecimento das imagens do equipamento de Bom Jesus da Lapa.

A Deus pela minha vida e por me ajudar a passar pelos obstáculos ao longo do curso, principalmente nos últimos anos.

A todos os professores do Curso de Licenciatura em Física Plena pelos conhecimentos a mim transmitidos, em especial, à Prof.^a Dra. Ana Paula Bispo da Silva (Orientadora), à Prof.^a Me. Samira Arruda Vicente, à Prof.^a Dra. Ana Roberta da Silva Paulino, ao Prof. de Física da Educação Básica da cidade de Serra Branca Inácio Mamede e à minha família.