

PRODUTO EDUCACIONAL:

# UMA SEQUÊNCIA PARA ENSINAR SOBRE RAIOS CÓSMICOS

Autor: Valmir Galvão Fragozo

Produto educacional produzido no âmbito do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF) sob orientação da Prof.<sup>a</sup> Dra. Nilva Lúcia Lombardi Sales, com a intenção de contribuir e incentivar a abordagem sobre Raios Cósmicos nas aulas de Física

2025

## AGRADECIMENTOS

Agradeço à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo fomento ao Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF) durante todo o período de formação.

Agradeço especialmente a minha orientadora Nilva Lúcia Lombardi Sales por todo apoio, ensinamento, paciência e incentivo durante esses anos. Agradeço também aos meus professores e companheiros de pós-graduação, que tornaram essa trajetória mais leve e prazerosa, além de muito enriquecedora por compartilhar essa experiência com eles.

Agradeço a minha família, principalmente a meu pai, minha mãe e minha avó. A meus amigos que me apoiaram durante essa jornada, principalmente a meu amigo Daniel Camargo, pelo apoio durante todos esses anos. E não poderia faltar um agradecimento especial a minha namorada e a minha irmã, por estarem sempre comigo.

Expresso minha gratidão também a coordenação e professores do Colégio EcoVille Itapetininga pelo apoio e suporte, além de viabilizar a aplicação desse trabalho de mestrado. Agradeço também ao meu professor de ensino médio, orientador de estágio e amigo, Gustavo Guerreiro, por sempre me apoiar e incentivar minha carreira como professor de física.

Ressalto que o presente trabalho foi realizado com o apoio do Governo do Estado de São Paulo, por meio da Secretaria da Fazenda e Planejamento, vinculada à minha participação como supervisor pedagógico na UNIVESP.

# Apresentação

Caro professor,

Este documento apresenta uma Sequência Didática (SD) desenvolvida pelo professor Valmir Galvão Fragozo no âmbito do Programa de Mestrado Nacional Profissionalizante no Ensino de Física (MNPEF) da Universidade Federal de São Carlos, sob orientação da prof. Dra. Nilva Lúcia Lombardi Sales.

Esta SD foi construída e aplicada pelo professor em 2024 com estudantes do 3º ano do Ensino Médio (EM) de uma escola particular de Itapetininga-SP. Essa aplicação trouxe sugestões de melhorias e permitiu a construção desta última versão corrigida e apresentada aqui neste documento.

A proposta central desta SD é problematizar os conteúdos de Tempestades Solares com o tema Raios Cósmicos (RC), em uma perspectiva dialógica. Para isso, apresentamos ao longo da SD atividades que valorizam a problematização, a criticidade, o trabalho em grupo e a autonomia dos estudantes.

A SD foi estruturada a partir da dinâmica didático pedagógica dos Três Momentos Pedagógicos (3MP) propostos por Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2002): Problematização inicial (PI), Organização do Conhecimento (OC) e Aplicação do Conhecimento (AC). Para melhor adequação do tema a SD, a estrutura dos 3MP foi organizada de maneira fractal, ou seja, com pequenos fragmentos de cada momento pedagógico, inserido dentro de outros momentos. Cada um desses momentos tem atividades com objetivos específicos que buscam efetivar o processo de ensino-aprendizagem por meio de uma abordagem dialógica e problematizadora.

As atividades se dividem em: discussões em sala de aula, questionários escritos, atividades dialógicas, fichas de estudo, apresentações e produções de textos. Cada tipo de atividade tem um objetivo específico e procura trabalhar habilidades como: trabalho e discussão em grupo, autonomia, pesquisa, leitura, escrita, raciocínio lógico, argumentação, criatividade e criticidade. Essa diversidade de recursos didáticos é fundamental para atender à diversidade de formas de aprender dos estudantes.

Nesse documento, há diversas sugestões e orientações de como trabalhar com as atividades, incluindo os objetivos de cada uma, mas há espaço para outras possibilidades de uso, a partir de seu contexto escolar. Todas elas estão disponibilizadas em uma pasta compartilhada no link a abaixo, o que facilita a reprodução, caso deseje reuplicar da mesma forma.

<https://drive.google.com/drive/folders/IXR-DByrG2bfdqNwjHpceQ9OwoR-KDOxL?usp=sharing>

## Sumário

<b>O Produto Educacional</b> .....	6
Contextualização para os professores.....	7
Os Três Momentos Pedagógicos (3MP) .....	8
Raios Cósmicos.....	13
César Lattes.....	20
Física de Partículas.....	28
Tempestade Solares .....	33
Sugestão de Organização.....	41
Detalhamento do Produto .....	46
Problematização Inicial .....	46
Notícia sobre Tempestades Solares .....	47
Vídeo-Notícia sobre Consequências das Tempestades Solares .....	48
Questionário da Problematização Inicial.....	49
Questionário sobre as tempestades solares .....	51
Redação sobre as consequências das tempestades solares .....	53
Organização do Conhecimento .....	55
Atividade Kahoot.....	55
Palavra cruzada.....	57
Atividade Modelo Padrão.....	58
Questionário 3: O que aprendemos até agora? .....	60
Aplicação do Conhecimento.....	61
Painel Integrado.....	61
Referências .....	65

## O Produto Educacional

Esse Produto Educacional foi produzido a partir de uma pesquisa de mestrado profissional pertencente ao programa MNPEF, sendo uma produção obrigatória. O produto é uma SD que foi desenvolvida de modo que outros professores interessados na proposta didática sejam capazes de utilizá-la sem uma necessária consulta ao texto da dissertação que originou e elaborou o Produto Educacional.

Portanto, esse Produto Educacional consiste em uma SD voltada para o ensino de Raios Cósmicos, partindo da problematização sobre Tempestades Solares. A proposta foi elaborada com o objetivo de oferecer aos professores do EM, especialmente aqueles que lecionam para turmas do 3º ano, uma ferramenta pedagógica para abordar temas de Física Moderna e Contemporânea.

Estruturada com base nos 3MP, a SD contempla atividades dialógicas e problematizadoras que visam promover um aprendizado contextualizado. Além disso, o material busca conectar os conceitos de Física de Partículas ao cotidiano dos alunos, despertando interesse por temas científicos contemporâneos e destacando a relevância da ciência brasileira nesse campo.

Nas próximas seções serão descritos as sugestões para melhor aplicação da SD, procurando um diálogo simples e direto com os professores que tiverem interesse em aplicar esse trabalho em suas aulas de Física.

Todo o material utilizado nesse Produto Educacional está disponível gratuitamente no link abaixo: <https://drive.google.com/drive/folders/1XR-DByrG2bfdqNwjHpceQ9OwoR-KDOxL?usp=sharing>

## Contextualização para os professores

O desenvolvimento deste mestrado teve um impacto importante na formação do professor e pesquisador autor desta dissertação, ajudando a ampliar sua forma de pensar e de atuar em sala de aula. Ao longo do trabalho, estudar a literatura, planejar a SD e analisar as atividades aplicadas contribuiu para construir um olhar mais investigativo e reflexivo sobre a própria prática. Um dos efeitos mais marcantes desse processo foi o exercício constante de criar atividades problematizadoras e dialógicas, o que acabou influenciando diretamente o modo como as aulas do dia a dia passaram a ser planejadas. Essa experiência trouxe novas inspirações para tornar as aulas mais participativas, mais abertas ao diálogo e mais voltadas para o desenvolvimento do raciocínio dos estudantes.

Além disso, o mestrado reforçou a ideia de que a sala de aula pode ser também um espaço de pesquisa, onde é possível testar, observar e repensar práticas. Assim, essa trajetória formativa contribuiu para consolidar uma postura mais segura, fundamentada e criativa, fortalecendo tanto o trabalho como professor quanto a atuação como pesquisador no ensino de Física.

A seguir, está descrito um pouco do percurso desenvolvido ao longo da pesquisa realizada durante o mestrado, bem como algumas das atividades elaboradas para compor a SD proposta. Essas produções representam parte do processo de criação, experimentação e reflexão que acompanharam todo o trabalho.

## **Os Três Momentos Pedagógicos (3MP)**

Nas práticas pedagógicas tradicionais, ainda é comum observar a ausência de um diálogo verdadeiro entre educador e educando, sendo frequente a substituição da escuta ativa por interações superficiais, que podem ser respondidas facilmente por “sim” ou “não”, ou que necessitam de um conhecimento específico, se limitando a conversas pontuais ou à simples permissão para que o aluno fale.

No entanto, o conceito de dialogicidade, conforme formulado por Freire (2011), vai muito além dessa compreensão reduzida. O diálogo, em sua concepção freireana, é um ato de construção coletiva do conhecimento, que exige abertura, respeito e compromisso com a transformação da realidade. É por meio dela que os estudantes são desafiados a se posicionar, a expor suas ideias, inquietações e hipóteses, o que contribui diretamente para o desenvolvimento do pensamento crítico e da autonomia intelectual.

Incorporada à proposta dos 3MP desde suas primeiras formulações, a dialogicidade passou a ocupar papel central na dinâmica de ensino problematizadora, sendo compreendida como elemento estruturante da dinâmica (Muenchen; Delizoicov, 2012). Ao promover a escuta ativa, o respeito as opiniões e a construção coletiva do saber, o diálogo transforma a relação pedagógica e permite que o conhecimento escolar se articule com os saberes dos sujeitos envolvidos.

O ensino a partir do diálogo permite que os alunos se sintam livres para expor suas opiniões e que aprendam a respeitar e ouvir as opiniões dos outros, além de possibilitar que o conhecimento a ser construído por ele, se relacione com a realidade vivida pelo educando. (Araújo; Niemeyer; Muenchen, 2013, p. 189).

Nesse sentido, a dinâmica dos 3MP possibilita o rompimento com o paradigma curricular transmissivo, geralmente sustentado por uma abordagem conceitual. Essa dinâmica, quando usada como metodologia de ensino, se estrutura em três etapas: Problematização Inicial, a Organização do Conhecimento e a Aplicação do Conhecimento, proposta por Delizoicov e Angotti (1991).

Nessa metodologia, os conteúdos curriculares são trabalhados em consonância com situações vivenciadas no cotidiano dos estudantes, por meio de temas problematizadores, partindo da abordagem temática, que pode ser entendida como uma “perspectiva curricular cuja lógica de organização é estruturada com base em temas com os quais são selecionados os conteúdos de ensino das disciplinas. Nessa abordagem, a conceituação científica da programação é subordinada ao tema” (Delizoicov, Angotti E Pernambuco, 2002, p. 189). Essa perspectiva permite a valorização de suas concepções prévias e favorece a sistematização de conhecimentos científicos de forma contextualizada.

Além disso, é importante esclarecer que o tema desta sequência foi definido previamente. A escolha se deu em razão do interesse pessoal do autor e da relação com o grupo de pesquisa ao qual está vinculado, que já vinha desenvolvendo estudos sobre o tema. Tal decisão também se justifica pela relevância científica e educacional da temática dos Raios Cósmicos.

A seguir, serão apresentados e discutidos os três momentos que compõem a dinâmica didática-pedagógica dos 3MP.

## **1º Momento - Problematização Inicial (PI)**

A problematização inicial é caracterizada pela apresentação de uma discussão que gere inquietação, curiosidade e dúvidas aos estudantes sobre o tema escolhido.

Para este momento, o professor é responsável por apresentar problematizações sobre o tema escolhido, que façam emergir contradições ou concepções alternativas que não respondem satisfatoriamente ao problema, com liberdade para os estudantes apresentarem seus conhecimentos prévios sobre o assunto (Araújo, 2015). Este não é um momento para o professor fornecer explicações diretas de suas problematizações, e sim, mostrar o caminho para uma construção do conhecimento a partir da problematização do tema a ser trabalhado, uma vez que de maneira natural, o educando perceberá que com apenas seu conhecimento prévio não será suficiente para responder satisfatoriamente as questões apresentadas pelo professor (Delizoicov, Angotti e Pernambuco, 2007).

Por mais que possua esse primeiro momento para o professor adotar uma postura que busque mais o diálogo sobre as problematizações apresentadas e que busque trabalhar suas habilidades críticas em relação a algum problema, não se torna interessante abandonar esta postura nas duas etapas seguintes da dinâmica (Delizoicov, Angotti e Pernambuco, 2002).

## **2º Momento – Organização do Conhecimento (OC)**

Neste segundo momento ocorre a sistematização do conteúdo necessário para o estudante compreender as problematizações iniciais, além de apresentar como esse conhecimento se relaciona na resolução de problemas. Esta se torna uma etapa desafiadora para o professor, justamente pela possibilidade de em um mero descuido, retornar às aulas com estratégias transmissivas de ensino, retomando a educação bancária. Por isso deve-se adotar metodologias de ensino-aprendizagem que não reproduzam essa lógica de uma educação transmissiva, mas sim, com foco na autonomia do estudante e buscando manter a dialogicidade durante todo o segundo momento (Delizoicov, Angotti e Pernambuco, 2002).

Como mencionado por Araújo (2015), a dialogicidade possibilita que os estudantes apresentem uma postura de participação na construção de seus conhecimentos, pois eles envolvem-se e buscam soluções e respostas, de forma compartilhada, para a compreensão das problematizações lançadas inicialmente a eles.

### **3º Momento – Aplicação do Conhecimento (AC)**

Por fim, no terceiro e último momento, as problematizações apresentadas inicialmente são retomadas para dar aos estudantes uma nova possibilidade de responder as perguntas iniciais, agora com o conhecimento necessário para respondê-las satisfatoriamente. Ou até mesmo, a partir da problematização inicial e dos conteúdos apresentados no segundo momento, apresentar novas situações propostas pelo professor.

Apesar da possibilidade de o professor optar por uma avaliação formativa neste momento, a aplicação do conhecimento se torna uma ótima oportunidade para uma avaliação dialógica-problematizadora, justamente pela necessidade que a maioria dos educadores tem de preencher boletins e documentos que visam classificar os estudantes pelos seus desempenhos nas avaliações.

Nesse sentido, a última etapa é o momento de o educador perceber como se deu a evolução e construção do conhecimento a partir da problematização inicial, se houve superação dos limites explicativos das questões apresentadas e como os estudantes foram capazes de relacionar o conteúdo compreendido por eles durante a OC, com as novas propostas realizadas no último momento (Delizoicov, Angotti e Pernambuco, 2002).

Vale ressaltar que na SD produzida, os 3MP foram utilizados como estruturante da organização de aula em sua maneira fractal, na qual cada momento está inserido dentro de outro, ou seja, contendo em menor escala, os elementos característicos dos demais. Para um melhor aprofundamento sobre essa estrutura ver a dissertação ou o artigo de Braga e José (2021).

## Raios C3smicos

Este trabalho tem como intenç3o principal apresentar alguns epis3dios hist3ricos em forma de narrativa, buscando oferecer subs3dios a outros colegas professores. Ressalta-se tamb3m que n3o se trata de uma investiga3o aprofundada sobre a Hist3ria e Filosofia da Ci3ncia, mas sim de um esfor3o voltado 3 elabora3o de propostas pedag3gicas inspiradas em epis3dios hist3ricos selecionados, com o objetivo de tornar o ensino mais contextualizado para os estudantes e de f3cil acesso ao professor, tomando os devidos cuidados para n3o cometer equ3vocos epistemol3gicos criticados por pesquisadores da 3rea.

### A descoberta dos Raios C3smicos

Em 1785, Charles Augustin Coulomb (1736-1806), iniciou as observa3es sobre o funcionamento dos eletrosc3pios. Coulomb observou que uma esfera eletrizada, carregada e em ambiente fechado, suspensa por um fio de seda, era descarregada de maneira progressiva.

Algumas d3cadas depois, esses trabalhos foram reproduzidos em 1835 e 1879, por Michael Faraday (1791-1867) e William Crookes (1832-1919), respectivamente. Chegando a conclus3es semelhantes 3s de Coulomb, de que a velocidade de descarga era proporcional 3 press3o do ar, corroborando para a ideia da ioniza3o do ar atmosf3rico. O que apontava para a exist3ncia de uma condutividade intr3nseca do ar (Bandeira e Macke-danz, 2019).

Em 1895, Roentgen (1845-1923) realizou importantes avan3os no conhecimento sobre os raios-X, e que influenciou os estudos de Henri

Becquerel (1852-1908), que investigou corpos fosforescentes, principalmente os sais de urânio. Ele verificou que os sais emitiam raios que eram capazes de aumentar a condutividade do ar atmosférico, retirando os elétrons dos gases e formando íons (Bandeira e Mackedanz, 2019).

Esses “raios” acabaram sendo nomeados na época como *raios ionizantes* (Bustamante, 2013). Assim se deu início aos estudos sobre a radioatividade, fenômeno que ficou muito famoso no início do século XX, tanto dentro da comunidade científica como na sociedade europeia em geral. Fama que se estendeu de maneira preocupante até mesmo a produtos de consumo pessoal (Lima, Pimentel e Afonso, 2011).

Entre os interessados da comunidade científica, estavam Marie Curie (1867-1934) e Pierre Curie (1859-1906), que realizaram grandes contribuições para o entendimento da radioatividade. Eles descobriram elementos que tinham características radioativas, como o polônio e o rádio, e que outras substâncias também eram capazes de emitir esses raios de forma espontânea. Os raios alfa, que apresentavam baixo poder de penetração, não atravessando nem mesmo uma barreira fina e com uma quantidade de carga relativamente alta, e os raios beta, que penetravam facilmente barreiras mais grossas e apresentavam uma carga menor (Saran, 2012).

Após essas descobertas, foi possível determinar a velocidade de ionização a partir da taxa de descarga de um eletroscópio, utilizando a radioatividade como padrão de calibragem (Bandeira e Mackedanz, 2019).

Ainda no início do século XX, na Escócia, Charles Thomson Rees Wilson (1869-1959) e concomitantemente, na Alemanha, Hans Geitel (1855-1923) e Julius Elster (1854-1920), aprimoraram o experimento do eletroscópio de Coulomb. Eles realizaram uma montagem experimental com duas finas folhas de ouro, mantidas no interior de um recipiente de

vidro, presas a uma haste carregada e ligada a uma esfera de carga conhecida, carregando as folhas de ouro, que sofrem repulsão, afastando-se uma da outra.

Ambos chegaram a conclusões semelhantes, eles observaram que depois de certo tempo, as folhas perdiam suas cargas, voltando a ficar próximas umas da outra, mesmo o aparato experimental sendo isolado eletricamente. Para eles, uma possível explicação seria que o ar estava ionizado e os elétrons livres eram atraídos pelas folhas, neutralizando-as novamente, constatando uma descarga de maneira indefinida, mesmo feita de maneira cuidadosamente isolada (Carlson e De Angelis, 2010).

A partir desses experimentos e análises, foi possível chegar a conclusões que contribuíram para o aprimoramento das medidas de ionização do ar atmosférico, utilizando a taxa de descarga das folhas de ouro como referência (Bandeira e Mackedanz, 2019).

### **Mas o que poderia causar essa ionização do ar?**

Com o conhecimento da época sobre as radiações alfa e beta, sabia-se que eram capazes de descarregar imediatamente um eletroscópio, com isso, uma das primeiras justificativas era que ainda restavam resíduos de substâncias radioativas no material do experimento. Outros argumentavam que no solo terrestre havia muitas dessas substâncias radioativas, e que essa seria a fonte dessa ionização do ar (Carlson e De Angelis, 2010).

Entretanto, ao tomarem conhecimento dos trabalhos realizados por Ernest Rutherford (1872-1937) e sua equipe em 1902, no qual mostraram que a ionização foi significativamente reduzida quando o recipiente

fechado foi cercado por escudos metálicos mantidos livres de impurezas radioativas. Mostrando que parte da radiação vinha de fora (Carlson e De Angelis, 2010). A partir disso, começou-se de vez a buscar por essa tal fonte radioativa externa ao instrumento.

Uma das hipóteses mais argumentadas pela comunidade científica, era de que essa fonte seria uma radioatividade natural da crosta terrestre, e assim houve uma busca por uma prova experimental.

Ao observar toda essa discussão, Charles Wilson sugeriu uma hipótese, de que a origem para a radiação seria extraterrestre, de fora do planeta Terra. Na tentativa de sua comprovação, ele mediu a ionização do ar em túneis de grande profundidade, sob uma camada de rocha sólida, na esperança dos resultados mostrarem um decréscimo no valor da ionização, pelo fato de a radiação ser atenuada por essa camada de rocha, porém os resultados não foram satisfatórios (Bandeira E Mackedanz, 2019).

Em contrapartida, ao analisar as hipóteses e resultados de Wilson, o engenheiro químico Albert Nodon (1862-1934) realizou estudos precisos da variação da ionização do ar conforme a altitude. Ele sugeriu que a radiação teria uma origem extraterrestre, justificando de que ela seria apenas muito penetrante (Bandeira E Mackedanz, 2019).

O pensamento de Theodor Wulf (1868-1946) foi de que se a radiação é proveniente do solo, então quanto mais distante da superfície, menor será seu efeito sobre os eletroscópios. A partir disso, em 1909 decide investigar a origem da radiação levando um eletroscópio para o topo da torre Eiffel, realizando medições da ionização do ar tanto no topo da torre, a 300 metros de altura, quanto no solo. Wulf constatou que a taxa de ionização não diminuía conforme o aumento da altitude, e sim ao contrário, o valor era ainda maior próximo do topo da torre. Os resultados desse experimento

foram de grande contribuição para as pesquisas sobre a origem dessa radiação, justamente pelo rigor metodológico utilizado por ele, com coleta de dados em diferentes horários do dia e por um alto número de dias, gerando confiabilidade nos resultados. Porém, Theodor Wulf era cético em relação a seus próprios resultados, e ainda mantinha sua aposta de uma radiação com origem a partir do solo terrestre (Bustamante, 2013).

Entre os anos de 1909 e 1911, o italiano Domenico Pacini (1878-1934), realizou uma série de experimentos a partir dos dados obtidos por Wulf. O primeiro objetivo de Pacini era buscar entender qual a relação entre a condutividade do ar e o tipo de meio envolvido. Para tentar responder essas questões, além de buscar a comprovação de que essa radiação era emitida pelo solo, Pacini realizou uma sequência de experimento sob o Golfo do Gênova, coletando dados tanto na superfície quanto a uma profundidade de 3 metros (Bandeira E Mackedanz, 2019).

Um dos avanços dos experimentos de Pacini em relação ao de Wulf, foi o aprimoramento do aparato utilizado, o eletrômetro era mais sensível a coleta de informações e isolado em uma caixa de cobre, fato que possibilitou sua imersão a tal profundidade. Os resultados da sequência de experimento no golfo foram claros, ao comparar as taxas de descargas do eletrômetro, o valor na superfície era 20% maior do que as taxas a 3 metros de profundidade (Bandeira E Mackedanz, 2019). Reforçando mais uma vez as hipóteses de que a fonte dessa radiação não era o solo terrestre, justamente porque a água absorveria tal radiação, além de confirmar o poder de penetrabilidade, pelo fato de que as condições do aparato desenvolvido por Pacini não foram suficientes para inibir as taxas de descarga.

A divulgação desses resultados influenciou o físico austríaco Viktor Franz Hess (1883-1964), que após analisar resultados como os de Wulf e

do físico inglês Arthur Stewart Eve, buscou estudar o coeficiente de absorção do ar em relação aos raios gama. O resultado desta série de experiências realizadas em laboratório, permitiu inferir que a radiação deveria ser absorvida pelo ar a altitudes maiores do que 500 metros, supondo ainda uma fonte de radiação do solo terrestre (Bustamante, 2013).

A partir desses resultados, Hess começou a realizar uma série de experimentos, classificados como inseguros e arriscados, em balões, durante os anos de 1911 e 1913. Chegando a incríveis 5.350 metros de altura em algumas de suas ascensões, sendo elas em sua maioria durante a noite, somente uma delas durante o dia, porém sob eclipse total, o que possibilitou desconsiderar o Sol como fonte direta de radiação ou qualquer interferência aos resultados (Bandeira E Mackedanz, 2019).

Durante a análise dos dados coletados em suas ascensões, além das conclusões já esperadas por ele em relação a medição do coeficiente de absorção de raios gama próximo a superfície ir diminuindo até aproximadamente 1 km de altitude, ele se deparou com informações que mostravam uma relação entre o aumento da altitude e o aumento da ionização no ar. Portanto, só restava a explicação de que a fonte para essa radiação deveria ser extraterrestre, pelo fato dela provir do topo da atmosfera, além de altamente penetrante, por ser capaz de causar ionizações até mesmo em recipientes isolados, como os aparatos utilizados por Pacini (Bandeira E Mackedanz, 2019).

Essa última característica era tão fascinante no meio científico que nomeou tal radiação como radiação ultrapenetrante. Mas somente após os resultados conclusivos de Pacini e Hess, a radiação leva o nome em que hoje é conhecida, os Raios Cósmicos, nome que teve como responsável por

sua popularização, Robert Millikan (1868-1953), já renomado cientista estadunidense (Bustamante, 2013).

O pioneirismo do descobrimento da radiação cósmica logo teve suas divergências, muitas de suas referências dependiam da língua materna que tratava sobre o assunto, no italiano ligavam a descoberta a Domenico Pacini, e no alemão, a Viktor Hess. Porém, já no ano em que o responsável pelas descobertas seria agraciado com o prêmio Nobel, Pacini já não estava mais vivo, faleceu em 1934 devido a uma forte pneumonia, facilitando assim a decisão de agraciar Viktor Franz Hess com o prêmio Nobel de 1936 pela descoberta dos Raios Cósmicos (Bustamante, 2013).

## ***César Lattes***

Césare Mansueto Giulio Lattes, nasceu no dia 11 de julho de 1924, na cidade de Curitiba, capital do Estado do Paraná, filho de imigrantes italianos. Seu primeiro contato com o ambiente acadêmico foi quando ingressou no primário pelo Instituto Menegati, na cidade de Porto Alegre, no ano de 1929, mas um ano depois, se mudou para Torino, na Itália, continuando seus estudos em uma escola pública local. Retornou ao Brasil e concluiu o curso primário em uma escola americana em Curitiba, em 1933. Aos 12 anos, ingressou no Instituto Médio Dante Alighieri, para cursar a etapa do Ginásio, semelhante ao Ensino Médio atual, vindo a concluir em 1938. Ao finalizar o Ginásio, Lattes já tinha em mente a intenção de cursar Física, contudo, outros fatores reforçaram as pretensões dele para seguir a carreira na área das ciências (Bassalo, 1990).

Giuseppe Lattes, pai de César Lattes, conheceu Gleb Wataghin, Físico ucraniano reconhecido no Brasil e no mundo, e falou sobre seu filho. Wataghin, além de conversar com Lattes, ainda explicou a ele que não era necessário finalizar o curso do Ginásio para ingressar a faculdade de Física. Outros fatores citados por Lattes que o incentivaram a seguir essa carreira foram sua facilidade com a matéria, justificando que não seria necessário para ele se esforçar muito nos estudos, além dos benefícios da profissão como professor, como as quantidades de férias que teria ao longo do ano. Em 1943, aos 19 anos, foi graduado Bacharel em Física pela Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras da Universidade de São Paulo, a USP (Bassalo, 1990).



Vieira (2019, P. 67).

Na Faculdade, por conta das aulas ministradas por Giuseppe Occhialini (1907-1993) no terceiro ano do curso, Lattes se interessou e aprendeu analisar e fazer leituras de filmes de raios X, revelando filmes expostos a radiação e medindo propriedades físicas (Vieira, 2019). Com essa proximidade criada entre os dois durante as aulas, Occhialini ao partir para fora do Brasil deixa como “presente” para Lattes uma câmara de Wilson, junto com o desafio de consertá-la. A partir desse contato com a câmara, Lattes e mais dois amigos iniciam os estudos sobre Raios Cósmicos e suas detecções na câmara (Vieira e Vieira, 2016).

Em 1945, Lattes recebe outro presente de Occhialini, as emulsões nucleares, denominadas também como chapas fotográficas, responsáveis por registrar trajetórias de partículas com a ajuda de um microscópio. A vantagem em relação a câmara de Wilson é que nas emulsões a nitidez e as precisões dos traços eram ainda melhores (Vieira e Vieira, 2016).

Lattes, por se aprofundar na análise das emulsões nucleares, solicita a Occhialini que tente uma vaga para ele trabalhar junto ao grupo liderado

por Cecil Powel (1903-1969), no laboratório da Universidade de Bristol (Vieira, 2019).

Em 1946, ao chegar em seu novo local de pesquisa, o primeiro objetivo de Lattes foi aprimorar as propriedades de detecção nas emulsões nucleares, tendo uma ótima ideia ao sugerir para a empresa que era responsável pela produção das chapas fotográficas inserir o elemento químico boro em sua fabricação, facilitando a observação indireta dos nêutrons criado pelo choque dos raios cósmicos com a atmosfera. Occhialini levou consigo algumas das chapas de emulsões nucleares, com e sem boro, aos Pirineus franceses em um passeio de férias. Ao retornar a Bristol, a equipe de físicos e microscopistas conseguiram detectar a existência de uma partícula de massa intermediária entre o elétron e o próton, chamada de méson (Vieira e Vieira, 2016).

Edifício que abriga o laboratório H.H. Wills na Universidade de Bristol em que Lattes trabalhou.



VIEIRA (2019, p. 16).

Após análises mais minuciosas sobre as emulsões nucleares com o boro, foi identificado que aquela partícula era a mesma que foi proposta em 1935 e foram ainda identificados dois eventos que mostravam um possível decaimento em uma outra partícula, o méson  $\mu$ , chamado na época de méson  $\mu$ , chamado na época de méson  $\mu$  (Vieira e Vieira, 2016).

Com o objetivo de expor as chapas fotográficas e obter resultados mais confiáveis, Lattes localizou o monte Chacaltaya, na Bolívia, a 5,2 mil metros de altitude. A fim de evitar eventos que poderiam interferir na detecção, escolheu um local com pressão atmosférica próxima à metade da encontrada ao nível do mar. Além disso, devido à altitude elevada, havia maiores chances de capturar partículas que colidiram com a atmosfera (Vieira, 2019).

Carro de boi transportando uma câmara de nuvens até o monte Chacaltaya.



Vieira (2019, p. 51).

Ao retornar a Bristol e analisar os resultados das chapas, encontrou mais de 30 eventos de decaimento do méson pi ( $\pi$ ) em méson mi ( $\mu$ ) (Vieira e Vieira, 2016).

Após a repercussão da descoberta feita pelo grupo de Bristol, principalmente no cenário europeu, Lattes decide “tentar a sorte” e encontrar os mésons entre as partículas secundárias produzidas pelo acelerador na Universidade de Berkeley (EUA), que possuía um dos mais potentes aceleradores da época (Vieira e Vieira, 2016).

Esse novo desafio foi relativamente mais fácil que a detecção natural dos mésons em Chacaltaya, junto a seu colega de laboratório, Eugene Gardner (1913-1950). No início de 1948 eles já tinham dados suficientes para anunciar que foram detectados mésons de maneira artificial em aceleradores de partículas. Feito que tornou Lattes ainda mais reconhecido no cenário científico mundial. Seus feitos contribuíram para criações de campanhas no Brasil em prol de melhorias para condições de trabalho para cientistas e professores, além da criação de um centro de pesquisas em Física.

Essas campanhas resultaram na criação do CBPF, o Centro Brasileiro de Pesquisas em Física, em janeiro de 1949, liderado por José Leite Lopes (1918-2006), além de uma mudança no olhar sobre a importância da ciência e no investimento a ela para o desenvolvimento do país, no contexto de poder político e econômico.

Lattes voltando ao Brasil ao final de 1948, já reconhecido mundialmente.



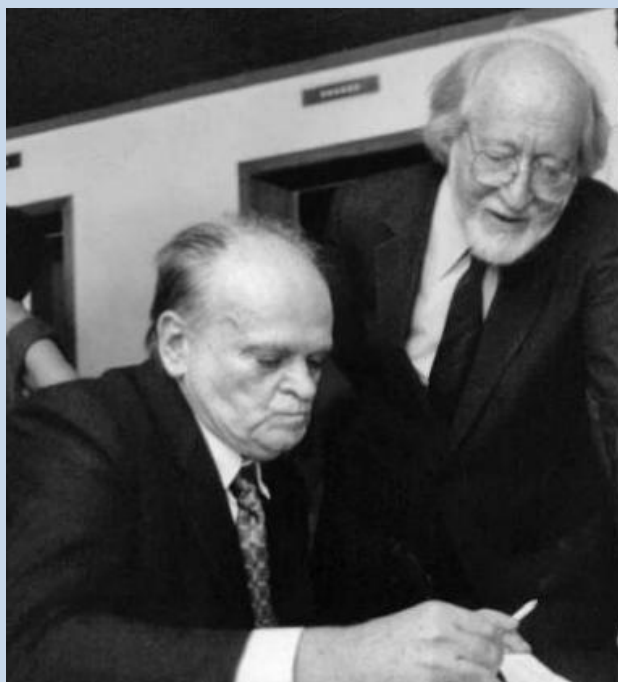
VIEIRA (2019, p. 30).

A USP deu a ele o título de Doutor Honoris Causa, se tornando Prof. Dr. Lattes e assim começou a atuar como professor na universidade (Vieira e Vieira, 2016).

Mesmo após suas publicações sobre os trabalhos realizados em Bristol e Berkeley, Lattes não foi agraciado com o prêmio Nobel, mas Cecil Powel, então diretor do laboratório em Bristol, acabou por receber o prêmio. Ainda hoje há dúvidas do porquê Lattes não recebeu o prêmio, Marasciulo (2020) menciona que à política interna do prêmio até o ano de 1960 premiava apenas o chefe da equipe que liderava uma descoberta, porém a argumentos como o de Rezende et. al (2019) de que o fato de Lattes ser brasileiro influenciou na decisão de não ser um vencedor do prêmio.

Pesquisas recentes mostram que Lattes foi indicado sete vezes para o prêmio Nobel de Física, por seus trabalhos na detecção nas emulsões nucleares no laboratório de Bristol e pela detecção artificial no acelerador de partículas na Universidade de Berkeley, sendo até hoje o maior número de indicações a um físico brasileiro.

Lattes e Leite Lopes no edifício do CBPF, no Rio de Janeiro.

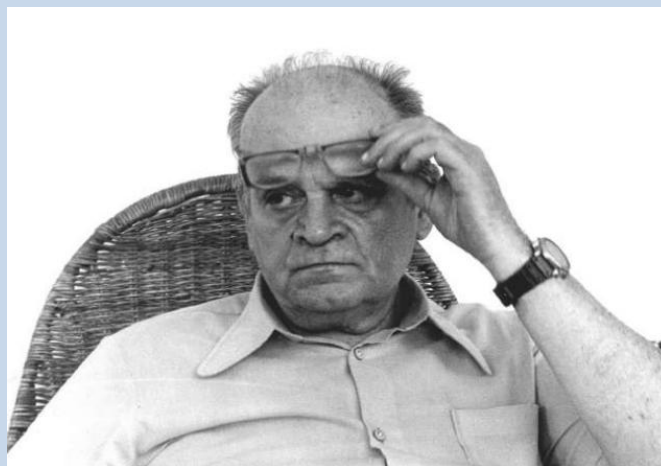


VIEIRA (2019, p. 47).

Lattes foi diretor científico do CBPF, liderou o projeto de construção do Laboratório de Física Cósmica de Chacaltaya, um dos maiores projetos científicos da época, liderou a colaboração entre Brasil e Japão, o CBJ, que ampliaria a estrutura do laboratório de Chacaltaya e seria responsável por dar continuidade nos estudos sobre Raios Cósmicos e de fenômenos relacionados à produção múltipla de píons. Lattes também foi um dos responsáveis pela criação do Conselho Nacional de Pesquisa, o CNPq (Vieira e Vieira, 2016).

Após acabar se envolvendo com um escândalo ao denunciar um desvio de verbas do CBPF, que seriam destinadas à construção de um acelerador de partículas, Lattes acabou sendo duramente criticado por trazer o ocorrido aos noticiários. Toda essa repercussão fez com que ele decidisse se afastar do Brasil, ficando em tratamento médico por dois anos nos EUA por conta de seu transtorno mental que o fazia oscilar em estado de humor de euforia e depressão (Vieira e Vieira, 2016).

Cesar Lattes



VIEIRA (2019, p. 63).

Em 1957, Lattes decide retornar ao Brasil e continuar sua luta para o fortalecimento da educação científica no país.

A trajetória de César Lattes, assim como a de muitos outros cientistas, evidencia que a carreira científica está longe de ser linear ou isenta de dificuldades. Ressaltar esse aspecto em sala de aula é fundamental para desconstruir a imagem idealizada do cientista, frequentemente associada a uma figura distante da realidade dos estudantes. Ao compreender que a ciência é construída por pessoas, com trajetórias complexas, os alunos podem se reconhecer nesse processo e perceber a possibilidade de também atuarem nesse cenário científico.

## Física de Partículas

A quantidade de partículas descobertas ao longo do século XX fez com que os físicos da época começassem a pensar em maneiras de classificar todas essas novas informações de uma maneira acessível. Atualmente, temos ao todo 61 partículas ditas como elementares, aquelas que possuem apenas um único constituinte (Abdalla, 2005). A teoria que engloba a classificação dessas partículas se tornou uma das mais sólidas teorias já construídas na Física e permanece válida até hoje, o Modelo Padrão de Partículas (MP), segundo Moreira (2009). Abaixo serão descrito as classificações que compõe o MP.

Primeiramente o MP pode ser dividido em dois grandes grupos:

**Férmions:** possuem spin fracionário ( $1/2$ ;  $3/2$ , etc) e obedecem ao Princípio de Exclusão de Pauli.

**Bósons:** possuem spin inteiro (0, 1, 2, etc) e não obedecem ao Princípio de Exclusão de Pauli.

Essas duas classificações fazem com que surjam outras ramificações para ambas, primeiro descreveremos a partir dos Férmions.

Os Férmions possuem duas classes fundamentais:

**Léptons:** não possuem carga de cor.

**Quarks:** possuem carga de cor.

A cor se trata de uma propriedade dessas partículas e não de uma cor propriamente dita, portanto, assim como a carga elétrica, que é também uma propriedade de certas partículas, pode ser positiva ou negativa, a propriedade cor, que poderia ser chamada de carga cor, e apresenta três variedades que foram chamadas de vermelho, verde e azul (Moreira, 2009), o estudo dessa propriedade da matéria deu origem a área da Cromodinâmica Quântica ou QCD (Quantum Chromodynamics).

Tanto os Léptons quanto os Quarks podem ser classificados em seis tipos de “sabores”:

**Léptons:** Elétron, múon, Táu e seus respectivos neutrinos: neutrino do elétron, neutrino do múon e neutrino do Táu.

**Quarks:** up, down, charm, strange, top e bottom.

Portanto, os férmions são constituídos por 44 partículas, sendo 6 sabores de quarks, mas cada quark possui sua antipartícula correspondente e ainda cada uma com três cargas de cores possíveis, totalizando 36 quarks (6 sabores de quarks X 2 para cada antipartícula X 3 cargas de cor = 36). Os léptons com 6 sabores, mais suas respectivas antipartículas, totalizam mais 12 férmions para o modelo padrão (Abdalla, 2005).

Agora descreveremos as ramificações da classe dos Bósons (partículas que possuem o spin inteiro e estão intimamente ligadas a mediação das quatro interações fundamentais).

As quatro interações fundamentais são: gravitacional, eletromagnética, força forte e força fraca, sendo que cada uma delas ocorre via interação de partículas que são chamadas de partículas mediadoras ou bósons

mediadores. Cada uma interage com sua propriedade fundamental, por exemplo, a partícula responsável pela mediação da força eletromagnética é o fóton, e como dito por **Young e Freedman (2016)**:

“Dois elétrons se repelem no momento em que um emite um fóton enquanto o outro absorve, do mesmo modo que dois patinadores podem se afastar quando um joga uma bola grande para o outro.” (Young & Freedman, 2016, p. 459).

Segundo Moreira (2004), os Bósons podem ser classificados como:

**Glúons:** Os bósons mediadores das interações fortes são glúons, que possuem carga de cor, interação de curto alcance e que ocorre via interações entre cargas de cor.

**Partículas Z e W:** As partículas mediadoras da força fraca, são  $W^+$ ,  $W^-$ , Z; estes são muito massivos, o que implica em um raio de ação limitado, interação de curto alcance e em geral associada aos decaimentos do tipo beta.

**Fótons:** O fóton é a interação eletromagnética, pode ser atrativa ou repulsiva, por conta de sua massa nula ela é uma interação de longo alcance.

**Bóson de Higgs:** O bóson de Higgs representa a explicação para a origem da massa das outras partículas elementares, por meio da interação com o campo de Higgs, que permeia todo o universo.

**Gráviton:** Partícula responsável pela interação da força gravitacional.

Uma outra classificação para um determinado grupo inserido no MP são os Hádrons. Por conta de os Quarks nunca terem sido observados livres de outros Quarks e, portanto, sempre confinados (Moreira, 2004), tal confinamento pode ser encontrado de duas maneiras:

**Bárions:** formados por três quarks e respeitam o Princípio de Exclusão de Pauli. Exemplo: Prótons e Nêutrons.

**Mésons:** formados por um par quark-antiquark e não respeitam o Princípio de Exclusão de Pauli. Exemplo: píons e káons.

O quadro a seguir, elaborado por Abdalla (2005), apresenta as partículas que compõem o MP, seguindo a classificação apresentada neste capítulo. Vale destacar que o bóson de Higgs, cuja existência foi confirmada experimentalmente apenas em 2012, não está incluído na representação abaixo.

	Partículas	Antipartículas	Total
Léptons	$e^-, \nu_e, \mu, \nu_\mu, \tau, \nu_\tau$ (6)	$e^+, \bar{\nu}_e, \bar{\mu}, \bar{\nu}_\mu, \bar{\tau}, \bar{\nu}_\tau$ (6)	12
Quarks	u, d, s, c, b, t (cada quark pode ter 3 cores) (6x3 = 18)	$\bar{u}, \bar{d}, \bar{s}, \bar{c}, \bar{b}, \bar{t}$ (18)	36
Mediadoras	$\gamma, W^+, W^-, Z^0, g_1, g_2, g_3, g_4, g_5, g_6, g_7, g_8$ (12)	As antipartículas são as mesmas que as partículas	12
Total			60

Abdalla, 2005, p. 44



## Tempestade Solares

Os RC são partículas subatômicas altamente energéticas provenientes do espaço. Essas partículas, compostas majoritariamente por prótons e núcleos atômicos, apresentam um amplo espectro de energia. Devido a interação com campos magnéticos interestelares, a identificação direta de sua origem é extremamente complexa. No entanto, métodos indiretos apontam que partículas com energias entre  $10^9$  eV e  $10^{15}$  eV têm origem galáctica (dentro da nossa galáxia), enquanto aquelas com energias superiores a  $10^{19}$  eV são atribuídas a fontes extragalácticas (de outras galáxias), segundo Oliveira, Rockenbach e Pacini (2014).

O quadro abaixo mostra o espectro de energia de acordo com a origem dos RC.

Faixas de energia dos raios cósmicos e sua possível origem

Faixa de Energia	Possível Origem
Até $10^9$ eV	Raios Cósmicos Solares (SCR)
$10^9$ a $10^{15}$ eV	Origem Galáctica
$10^{15}$ a $10^{19}$ eV	Remanescentes de Supernovas
Acima de $10^{20}$ eV	Origem Desconhecida (Possivelmente extragaláctica)

Adaptada de Oliveira, Rockenbach e Pacini (2014).

Dentro desse espectro, os Raios Cósmicos com energias até  $10^9$  eV podem ser explicados por fenômenos associados à atividade solar, sendo assim denominados Raios Cósmicos Solares (SCRs, sigla em inglês) e chegam à Terra com uma quantidade de energia relativamente baixa, mas em grande quantidade por conta da proximidade com nossa estrela (Saran, 2012, p. 44). Esse fenômeno está intimamente relacionado com as manchas

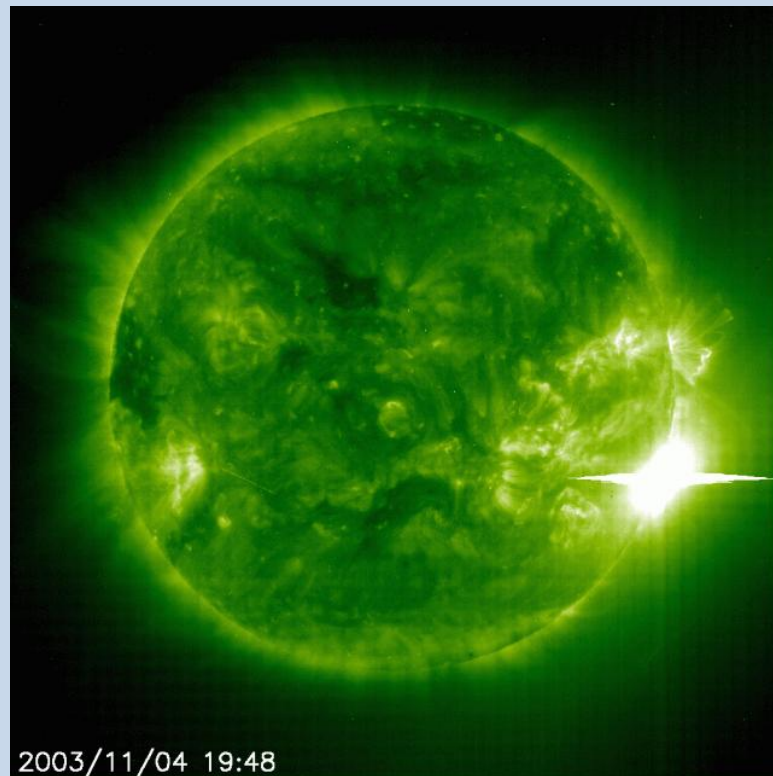
e erupções solares (flares), que possuem variações em suas ocorrências e intensidades ao longo do tempo.

### **Erupções solares (flares) –**

Erupções solares são explosões que ocorrem na superfície do Sol, liberando enormes quantidades de energia, luz e partículas de alta velocidade para o espaço. Esses eventos estão frequentemente associados a tempestades magnéticas solares conhecidas como Ejeções de Massa Coronal (EMC), que podem afetar o ambiente espacial ao redor da Terra (NASA, 2025).

A intensidade das erupções solares é classificada em um sistema que utiliza letras: A, B, C, M e X. As erupções de classe A representam eventos menos energéticos, enquanto as de classe X são as mais intensas. Semelhante à escala Richter, usada para medir terremotos, cada classe representa um aumento de dez vezes na liberação de energia. As erupções de classe X são consideradas as maiores explosões do sistema solar. Durante esses eventos, loops magnéticos imensos, com dimensões de dezenas de vezes maiores que a Terra, podem se projetar da superfície solar, resultado da reconexão de campos magnéticos solares (NASA, 2025).

Explosão solar capturada pelo observatório SOHO.



Fonte: NASA

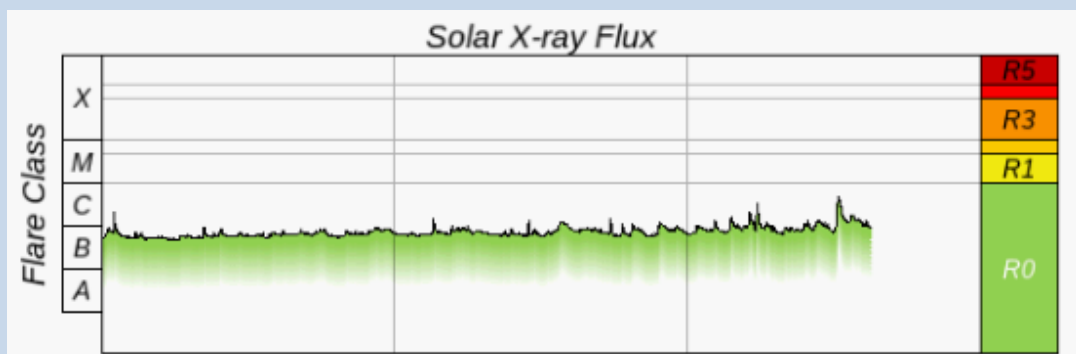
Atualmente, diversas instituições científicas e agências governamentais mantêm monitoramento constante da atividade solar e suas possíveis consequências. Entre essas instituições, destacam-se a NASA, a NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) e a Agência Meteorológica da Força Aérea dos Estados Unidos (AFWA), que atuam em cooperação no acompanhamento em tempo real do comportamento do Sol.

Esse trabalho de vigilância é fundamental para a emissão de alertas antecipados, permitindo que medidas preventivas sejam adotadas a fim de minimizar os impactos sobre sistemas tecnológicos sensíveis, como satélites de comunicação, redes elétricas e naves espaciais.

O site da NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration), está disponível um dashboard interativo, no qual é possível acompanhar, em tempo real, a intensidade das erupções solares dos últimos quatro

dias. Esse painel, acessível pelo link <https://www.swpc.noaa.gov/communities/space-weather-enthusiasts-dashboard>, apresenta gráficos como o de Solar X-ray Flux, que classificam as erupções de acordo com sua intensidade.

Gráfico em tempo real da intensidade das erupções solares e potencial de impacto.

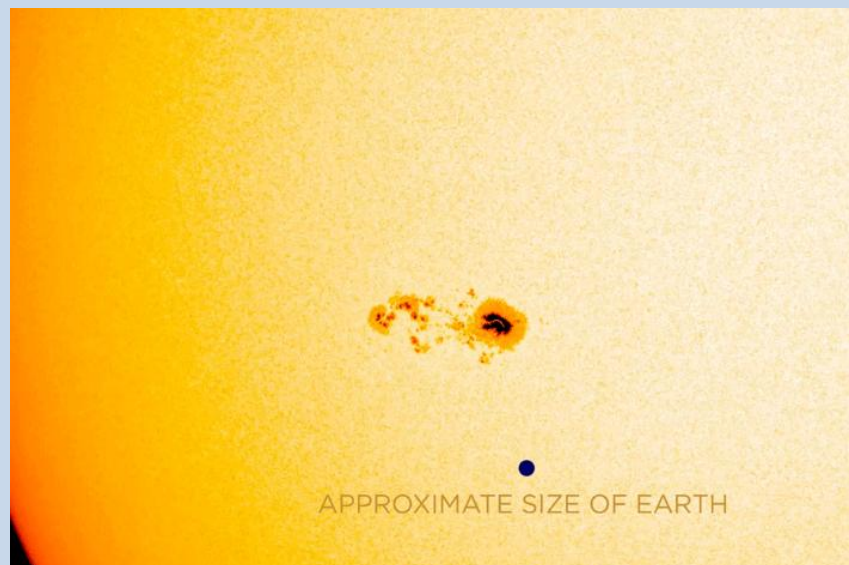


Fonte: Space Weather Prediction Center/NOAA.

### **Manchas Solares (Sunspots) –**

As manchas solares são regiões visivelmente mais escuras da fotosfera do Sol, caracterizadas por temperaturas mais baixas em relação às áreas ao redor. Essas manchas surgem devido à concentração intensa de linhas de campo magnético, que bloqueiam temporariamente o fluxo convectivo de energia na superfície solar. Por serem indicadores importantes da atividade magnética solar, as manchas solares são amplamente utilizadas pelos cientistas como uma ferramenta de monitoramento do Ciclo Solar, ajudando a compreender e prever períodos de maior ou menor atividade solar (NASA, s.d).

Mancha solar capturada em 2011, comparada ao tamanho da Terra.



Fonte: NASA

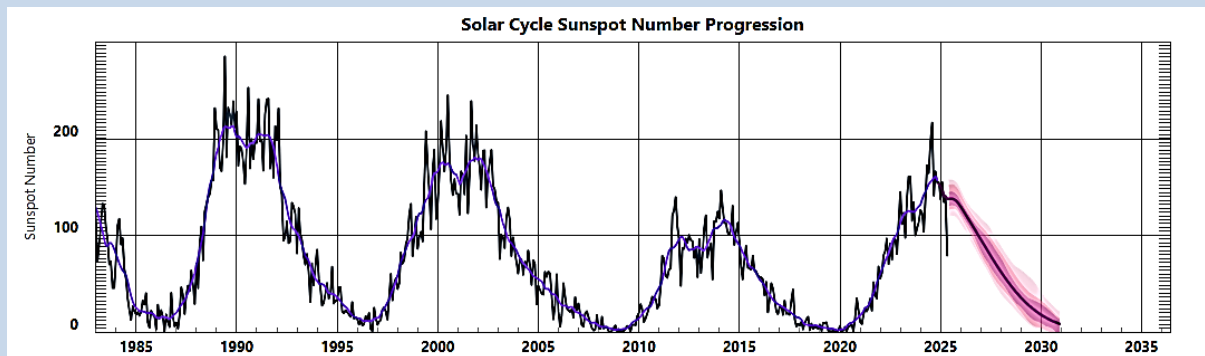
Para entendermos porque as manchas solares são causadas pelo campo magnético do Sol, é importante conhecer algumas características de nossa estrela. O Sol é constituído predominantemente por plasma, um estado da matéria formado por gás eletricamente neutro<sup>1</sup>. Esse plasma em constante movimento influencia diretamente as linhas do campo magnético solar, provocando torções, rotações e emaranhamentos que alteram a estrutura magnética da superfície solar. Quando essas linhas magnéticas se tornam intensamente entrelaçadas, elas dificultam a transferência de calor das camadas internas para a superfície, originando regiões temporariamente mais frias conhecidas como manchas solares. Essas áreas podem atingir temperaturas próximas a 3.700 °C, contrastando com os aproximadamente 4.000 °C da fotosfera ao seu redor, o que as torna visivelmente mais escuras no disco solar (NASA, s.d).

---

<sup>1</sup> Plasma: Conhecido como quarto estado da matéria, quando os plasmas se formam, as ligações moleculares se rompem e os elétrons se separam dos átomos dos quais eles faziam parte. O plasma é composto de íons e elétrons, ambos eletricamente carregados, por tanto, como um todo, são considerados eletricamente neutro.

Um outro dado importante divulgado pelo site da Space Weather Prediction Center/NOAA, é o monitoramento do números de manchas solares, evidenciando a relação do número de manchas com o ciclo solar.

Evolução do número de manchas solares ao longo de vários Ciclos Solares.



Fonte: Space Weather Prediction Center/NOAA.

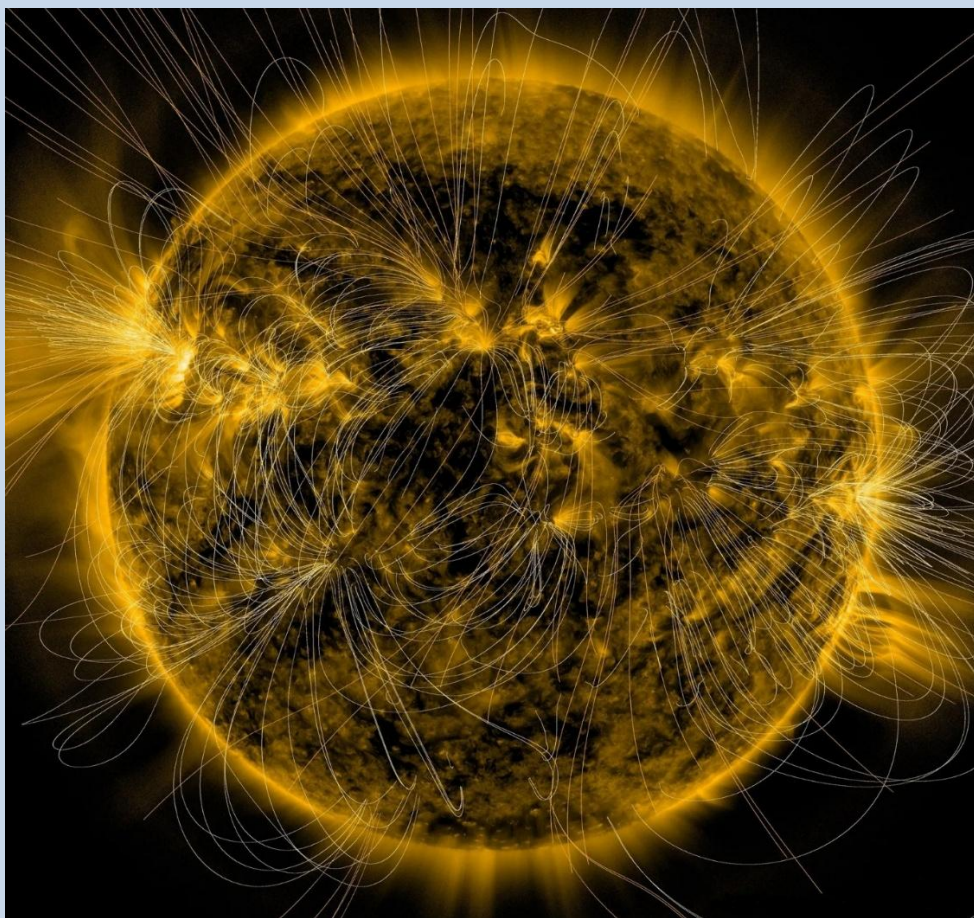
### **Tempestades Solares –**

Como mencionado anteriormente, as variações de manchas solares e erupções solares estão associadas ao chamado Ciclo Solar, um período de aproximadamente 11 anos que se inicia e termina com um mínimo solar, fase em que o Sol apresenta baixa atividade, com poucas manchas solares e eventos energéticos (Saran, 2012). Entre dois mínimos solares ocorre o máximo solar, caracterizado por uma intensa atividade do campo magnético, incluindo um aumento significativo no número de manchas solares e na ocorrência de erupções solares (Dobrijevic, 2022).

Uma outra consequência de um máximo solar é o aumento das tempestades solares. As tempestades solares são explosões súbitas e intensas de partículas, energia, campos magnéticos e matéria lançadas pelo Sol em direção ao sistema solar. Essas tempestades têm origem nos campos magnéticos solares, que se entrelaçam e se deformam devido à rotação diferencial do Sol (seu equador gira mais rapidamente do que os polos). Com o

tempo, esses campos magnéticos se tornam tão torcidos que se rompem e se reconectam em um processo conhecido como reconexão magnética, liberando enormes quantidades de energia (NASA, s.d).

Representação dos campos magnéticos do Sol, sobreposta a uma imagem do Sol capturada em luz ultravioleta extrema.



Fonte: NASA/SDO/AIA/LMSAL (2016).

Quando direcionadas à Terra, as tempestades solares podem causar intensas perturbações no campo magnético do planeta, fenômeno

conhecido como tempestade geomagnética. Esse tipo de tempestade pode desencadear uma série de efeitos, como:

- Interferências e apagões em sistemas de comunicação por rádio.
- Falhas em redes de distribuição de energia elétrica.
- Surgimento de auroras polares em latitudes mais baixas.

Apesar de seu potencial de impacto sobre infraestruturas tecnológicas, tais eventos não oferecem riscos diretos à saúde humana, uma vez que o campo magnético terrestre, juntamente com a atmosfera, atua como uma barreira protetora, atenuando os efeitos mais severos da radiação e das partículas carregadas emitidas pelo Sol (NASA, s.d).

## Sugestão de Organização

No quadro abaixo, apresenta-se uma sugestão de organização das atividades propostas. As atividades foram pensadas para serem desenvolvidas em grupos de até 5 estudantes, porém o professor tem liberdade para inserir novos tópicos ou ajustar a dinâmica, caso deseje formar um maior número de grupos. A sequência foi estruturada considerando uma carga de três aulas de Física por semana, mas pode ser adaptada conforme a realidade de cada contexto escolar.

M.P	Objetivos	Atividades (dentro do modelo Fractal)	Número da aula
P.I	(P.I) – Problematização inicial sobre tempestades solares e suas consequências.	(P.I) – Apresentar a problematização (a partir da notícia entregue a eles) sobre as tempestades solares, a partir de 7 perguntas a serem respondidas pelos estudantes e posteriormente realizando uma síntese dessas respostas.	1 2
	(O.C) – Discutir sobre as características do Sol, conceitos sobre tempestades solares e como as tempestades solares podem afetar a Terra.  (A.C) – Realizar a redação “Consequências tempestade solar”, como processo de reflexão sobre os efeitos nos quais os estudantes acreditam que possam acontecer.	(O.C) – Discutir dos conceitos relacionados às tempestades solares, relacionando a notícia e as respostas apresentadas por eles após a problematização.  (A.C) – Resolução do Questionário 1 e Questionário 2, a fim de organizar o conhecimento necessário para as próximas aulas.	3 4 5

O.C	<p>(P.I) – Introdução do problema: “As partículas ejetadas pelo sol que atingem nosso planeta, podem causar efeitos ao nosso corpo?”</p> <p>(O.C) – Conhecer o processo histórico da descoberta dos Raios Cósmicos.</p>	<p>(O.C) – Realizar a atividade na plataforma Kahoot sobre os principais fatos da descoberta dos Raios Cósmicos.</p> <p>(O.C) – Realizar a Atividade Palavra Cruzada, a fim dos estudantes relacionarem alguns conceitos apresentados até o momento.</p>	6 7 8
	<p>(O.C) – Conhecer sobre a construção do modelo de partículas atual.</p> <p>(O.C) – Conhecer sobre alguns resultados das pesquisas sobre os Raios Cósmicos e a importância de Cesar Lattes nesse cenário.</p> <p>(A.C) – Montar de um modelo de partículas pelos estudantes.</p>	<p>(A.C) – Elaborar um modelo de partículas a partir das Fichas de estudo, com os estudantes criando seus próprios critérios e classificações.</p> <p>(A.C) – Realizar o Questionário 3 para cumprimento da apostila e reflexão sobre o conhecimento construído até o momento.</p>	9 10
A.C	<p>(P.I) – Problematizar aos estudantes: “Qual o destino da humanidade?”</p> <p>(O.C) – Compreender sobre as energias das partículas enviadas pelo Sol e o Impacto dos raios cósmicos na saúde humana.</p> <p>(A.C) – Apresentação oral, em grupo, sobre o destino da humanidade e perigos cósmicos.</p>	<p>(O.C) – Preencher as fichas de estudos sobre os temas que cada grupo recebeu na primeira parte do painel integrado.</p> <p>(A.C) – Elaborar uma apresentação sobre os temas da segunda etapa do painel integrado.</p>	11 12 13 14

A elaboração da SD sobre Raios Cósmicos buscou não apenas aproximar os estudantes dos fenômenos e conceitos da Física Moderna, mas também atender às orientações curriculares da Base Nacional Comum Curricular (BNCC) para o Ensino Médio. De acordo, por exemplo, com a Competência Específica 2 da área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias, na qual os alunos devem ser capazes de analisar e utilizar interpretações sobre a dinâmica da Vida, da Terra e do Cosmos para fundamentar decisões éticas e responsáveis.

Nesse sentido, a proposta dialoga diretamente com as habilidades (EMI3CNT203) e (EMI3CNT207). A primeira propõe avaliar e prever seus impactos no corpo humano, com base nos mecanismos de manutenção da vida, nos ciclos da matéria e nas transformações e transferências de energia, utilizando representações sobre tais fatores. O que se concretiza nas atividades que exploram o papel dos Raios Cósmicos na atmosfera terrestre, seus efeitos sobre o ser humano e campo magnético, além das possíveis interferências em sistemas tecnológicos.

(EMI3CNT203) Avaliar e prever efeitos de intervenções nos ecossistemas, e seus impactos nos seres vivos e no corpo humano, com base nos mecanismos de manutenção da vida, nos ciclos da matéria e nas transformações e transferências de energia, utilizando representações e simulações sobre tais fatores, com ou sem o uso de dispositivos e aplicativos digitais (como softwares de simulação e de realidade virtual, entre outros).

A segunda habilidade, (EMI3CNT207), está relacionada à análise de vulnerabilidades e desafios contemporâneos. Ao discutir temas como as tempestades solares e suas consequências para a sociedade tecnológica, os estudantes são incentivados a refletir sobre riscos e medidas de prevenção, desenvolvendo uma postura crítica e ética diante da interdependência entre

fenômenos cósmicos e a vida na Terra. Essa habilidade não foi propositalmente pensada para estar dialogando com a sequência, mas que apareceu naturalmente nas respostas dos estudantes, principalmente vinculadas as dificuldades socioemocionais de se viver sem o uso de tecnologias.

(EM13CNT207) Identificar, analisar e discutir vulnerabilidades vinculadas às vivências e aos desafios contemporâneos aos quais as juventudes estão expostas, considerando os aspectos físico, psicoemocional e social, a fim de desenvolver e divulgar ações de prevenção e de promoção da saúde e do bem-estar.

Na segunda etapa do painel integrado, os estudantes foram convidados a se posicionar diante da questão sobre o investimento na exploração espacial e os cuidados com o planeta Terra, debatendo possíveis implicações científicas, éticas e sociais dessas escolhas. Essa atividade está diretamente relacionada à habilidade (EM13CNT304) da BNCC, que propõe analisar e debater situações controversas envolvendo a aplicação de conhecimentos científicos com base em argumentos consistentes, legais, éticos e responsáveis, distinguindo diferentes pontos de vista.

(EM13CNT304) Analisar e debater situações controversas sobre a aplicação de conhecimentos da área de Ciências da Natureza (tais como tecnologias do DNA, tratamentos com células-tronco, neurotecnologias, produção de tecnologias de defesa, estratégias de controle de pragas, entre outros), com base em argumentos consistentes, legais, éticos e responsáveis, distinguindo diferentes pontos de vista.

A discussão sobre os limites e as prioridades da ciência, nesse contexto, estimulou os alunos a refletirem sobre o papel da humanidade no uso dos recursos naturais, no avanço tecnológico e na responsabilidade com as futuras gerações. Ao confrontar perspectivas distintas, como a defesa da pesquisa espacial como caminho para o progresso científico e a necessidade

de preservar as condições de vida no próprio planeta, os estudantes exercitaram o pensamento crítico e a argumentação fundamentada em evidências.

No momento da PI, a discussão sobre os efeitos dos RC foi proposta a partir de uma abordagem que buscava relacionar fenômenos naturais de alta energia a situações reais que afetam o cotidiano tecnológico da sociedade. Os estudantes foram instigados a refletir sobre como partículas vindas do espaço podem interferir no funcionamento de satélites, aeronaves e sistemas de comunicação, levando à necessidade de compreender e avaliar riscos associados a esses eventos.

Essa etapa está em consonância com a habilidade (EMI3CNT306) da BNCC, que orienta o estudante a avaliar os riscos envolvidos em atividades cotidianas, aplicando conhecimentos das Ciências da Natureza para justificar o uso de equipamentos e recursos, bem como comportamentos de segurança voltados à integridade física, individual, coletiva e socioambiental. A reflexão sobre os raios cósmicos favoreceu o desenvolvimento dessa competência ao permitir que os alunos relacionassem conceitos físicos a situações concretas, compreendendo como a pesquisa científica e a tecnologia buscam mitigar possíveis impactos desses fenômenos.

(EMI3CNT306) Avaliar os riscos envolvidos em atividades cotidianas, aplicando conhecimentos das Ciências da Natureza, para justificar o uso de equipamentos e recursos, bem como comportamentos de segurança, visando à integridade física, individual e coletiva, e socioambiental, podendo fazer uso de dispositivos e aplicativos digitais que viabilizem a estruturação de simulações de tais riscos.

Assim, ao articular conteúdos de Física Moderna com uma abordagem dialógica e problematizadora, a SD proposta não apenas contextualiza

o tema dos Raios C3smicos, mas tamb3m promove o desenvolvimento de compet3ncias essenciais, conforme orienta a BNCC.

## **Detalhamento do Produto**

A seguir ser3 apresentada a vers3o atualizada do produto educacional pensado e elaborado no 3mbito desta pesquisa de mestrado. As atividades ser3o organizadas conforme a estrutura dos 3MP, respeitando as caracter3sticas pr3prias de cada etapa em que foram aplicadas, de modo a evidenciar o percurso metodol3gico seguido e suas contribui33es para o processo de aprendizagem.

Para toda a sequ3ncia de aula foi elaborada uma apresenta3o expositiva-dialogada atrav3s de projetor multim3dia para auxiliar e nortear o professor durante as aulas e com possibilidade de explorar algumas tecnologias que necessitam da conex3o a algum servidor online.

Todo o material utilizado nesse Produto Educacional est3 dispon3vel gratuitamente no link abaixo: <https://drive.google.com/drive/folders/IXR-DByrG2bfdqNwjHpceQ9OwoR-KDOxL?usp=sharing>

## **Problematiza3o Inicial**

Começaremos pela problematiza3o inicial, momento pedag3gico que permite ao professor investigar as concep33es pr3vias dos estudantes sobre o tema em discuss3o. Trata-se de um espaço que favorece a abertura para o di3logo, possibilitando que os alunos compartilhem suas impress3es e ideias iniciais. Essa etapa 3 fundamental para diferenciar percep33es

espontâneas de conceitos científicos, além de criar um ponto de partida que orienta as atividades posteriores.

### ***Notícia sobre Tempestades Solares***

A primeira etapa da SD, seguindo a dinâmica dos 3MP, é conhecida como Problematização Inicial, etapa essa que deve ser iniciada antes mesmo da primeira aula, disponibilizado em momento anterior a aula I, uma notícia sobre tempestade solar e que será responsável para auxiliar o início da discussão no primeiro momento pedagógico.

A notícia foi produzida pela CNN Brasil e publicada no ano de 2023, feita por Ashley Strickland, escritora da CNN, o tema principal da publicação é uma discussão e apresentação de fatos a respeito do aumento da atividade solar e quais seriam suas consequências para o planeta Terra e os seres vivos que residem aqui.

**NOTÍCIA UTILIZADA PARA INICIAR AS DISCUSSÕES SOBRE TEMPESTADE SOLAR.**



Fonte: CNN Brasil

Link da notícia: <https://www.cnnbrasil.com.br/tecnologia/atividade-solar-esta-atingindo-pico-mais-cedo-do-que-o-esperado-dizem-cientistas/>

## ***Vídeo-Notícia sobre Consequências das Tempestades Solares***

Um dos recursos usados para dar início a problematização é a utilização de uma imagem do Sol, na qual o professor deve realizar alguns questionamentos a respeito da imagem, como:

“O que você compreende por atividade solar?”

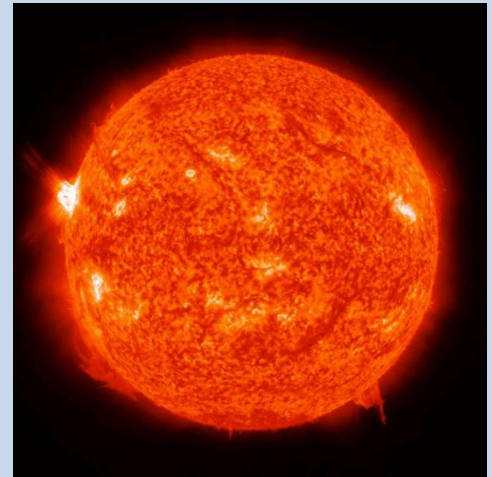
“O que são essas manchas?”

“Como eu sei se o Sol está ativo ou não?”

“Essas manchas brancas, estão mais quentes ou frias?”

“A ação humana possui relações com as tempestades solares?”

“A humanidade sobreviveria sem a tecnologia atual?”



Posteriormente a exibição de um vídeo-notícia com caráter sensacionalista a respeito das consequências que um máximo solar poderia causar em nossa tecnologia atual. Logo após o vídeo, proponha uma roda de conversa com questões como:

“Você compartilhou alguma informação a respeito desse tema? Se sim, para quem enviou e por que decidiu compartilhar?”


“Como podemos saber se essas informações são confiáveis?”

Link para o vídeo-notícia: <https://www.youtube.com/watch?v=eCpgp99DaeM>


## ***Questionário da Problematização Inicial***


Essa atividade tem como objetivo levantar as concepções prévias dos estudantes. É importante que o professor conheça de que forma os estudantes pensam para que, ao longo da SD, haja adaptações e/ou o professor busque novas atividades que proporcionem avanços dos conhecimentos prévios e que superem concepções alternativas sem base científica.

Além disso, é fundamental que o professor deixe claro que, nesse momento, não serão fornecidas respostas prontas, pois o essencial é que os estudantes preencham o questionário com os conhecimentos que possuem e exponham suas opiniões, para que posteriormente essas ideias sejam discutidas em grupo.



### Questionário sobre Tempestade Solar



 Considere o texto lido e seus conhecimentos sobre o assunto para discutir e responder as questões a seguir.

- 1) Você já recebeu notícias a respeito desse tema? Se sim, como eram tais notícias?
- 2) Qual a importância do Sol para a vida aqui na Terra?
- 3) Você acredita que as tempestades solares podem afetar os equipamentos elétricos e magnéticos ou até mesmo os sistemas de internet? Como você acha que isso pode acontecer ou por que você considera que isso não pode acontecer?
- 4) Se o Sol está tão distante, por que deveríamos nos preocupar com o que acontece nele?
- 5) Na sua opinião, por que está havendo uma maior preocupação atualmente a respeito desse tema?
- 6) Quais são as proteções que temos contra o Sol?
- 7) Na sua opinião, como uma tempestade solar pode afetar o corpo humano?

---

---

---

---

Durante o tempo restante da aula, permita que os estudantes respondam ao questionário, pois o preenchimento é crucial para a discussão na aula 2, sendo o momento de o professor questioná-los sobre as respostas escrita por eles e uma possibilidade de troca de conhecimento entre os relatos de outros grupos.

Um dos métodos utilizado pelo professor nesse momento para a sistematização desses resultados pode ser o de repetir as perguntas de modo que cada grupo tenha seu momento de fala e a partir das respectivas respostas, anota-se na lousa as palavras ou termos chaves para uma retomada desses termos em um momento posterior.

## **Questionário sobre as tempestades solares**

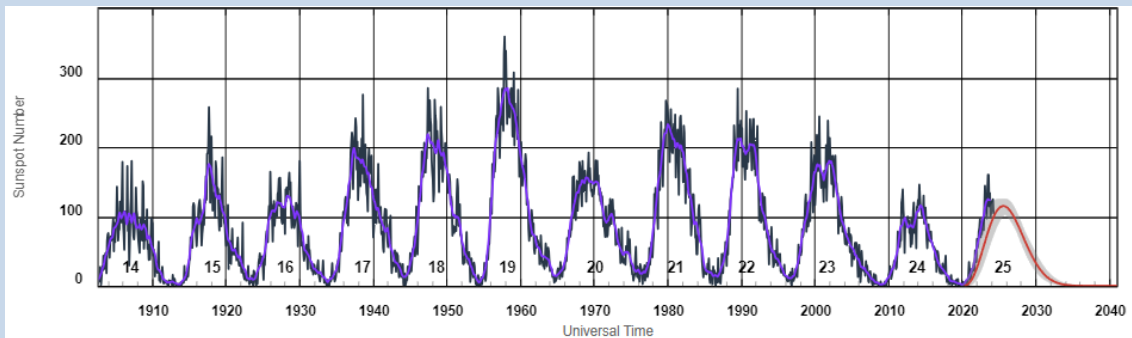
A Aula 3 é o momento de começar a sistematizar e relacionar alguns conteúdos considerados importantes para o entendimento do tema Tempestade Solar com os termos e palavras chaves mencionados por eles no final da Aula 2. Uma das estratégias utilizadas foi abordar alguns conteúdos que foram apresentados a eles em aulas anteriores.

Sugestões de Tópicos para complementar a discussão inicial sobre Tempestades Solares:

- Quais são as formas de gerar campo magnético?
- Como você acha que é gerado o campo magnético do Sol? E da Terra?
- O que é o estado de Plasma?
- Como monitoramos a atividade solar?

Ao final da aula, com o objetivo de instigar ainda mais as questões feitas inicialmente na aula 1 e criar um desconforto em relação ao tema, foi apresentada a figura abaixo, obtida de forma gratuita pelo site de divulgação sobre as condições climáticas espaciais, o Space Weather Prediction Center, criado pela organização governamental National Oceanic And Atmospheric Administration (NOAA). A proposta é fazer com que eles tenham uma reflexão do porquê que está havendo uma maior preocupação atualmente a respeito das Tempestades Solares, sendo que sua intensidade não pode ser considerada nem a mais intensa em um período de mais de 100 anos.

### Progressão do número de manchas solares do ciclo solar.



Fonte: NOAA

Nas duas últimas aulas destinadas a PI, Aula 4 e 5, tem como foco abordar discussões relacionadas a como as partículas e radiações emitidas pelo Sol poderiam interagir e afetar o campo magnético terrestre e nossa atmosfera, e ainda deixar uma questão em aberto, sobre como essas emissões solares poderiam afetar o corpo humano. Um tema interessante neste momento foi abordagem sobre auroras polares, algo que a maioria dos estudantes já visualizaram em algumas fotos pela internet, mas poucos (no mundo) puderam ver presencialmente, fazendo com que demonstrem interesse em saber mais sobre esse efeito que possui sua beleza própria.

Ao final da Aula 3 e 5, escolhidas justamente por serem as últimas aulas do dia em que foram aplicadas, deve ser entregue os questionário 1 e 2 respectivamente, para cada aula. Com o objetivo de ser um momento em que o estudante organize suas ideias e conhecimentos construídos por ele durante as aulas e relacione os conceitos apresentados com as questões propostas. Sendo uma ótima oportunidade para discutirem em grupo, podendo por exemplo continuar com a mesma separação de grupo decidida no início da Aula 1.

As atividades serão entregues para serem realizadas em casa e deverão ser devolvidas na aula seguinte. É importante que os estudantes tentem resolver as questões sozinhos, buscando inicialmente aplicar os conhecimentos já discutidos em sala. Caso surjam dificuldades, recomenda-se que recorram às anotações feitas durante as aulas ou realizem uma pesquisa complementar na internet sobre os tópicos abordados.

### *Questionário 1 : O que aprendemos até agora?*

Após as nossas discussões, vamos organizar nosso conhecimento sobre o Sol. Para isso, reúna-se com seu grupo, e responda as questões a seguir, relacionando com os conceitos apresentados até agora:

- 1) O que você compreende sobre o que é uma mancha solar?
- 2) Na sua opinião, o que é um ciclo solar?
- 3) Explique como as tempestades solares estão ligadas à atividade do Sol?
- 4) Qual é a composição de uma ejeção de massa coronal (EMC)?
- 5) Como a EMC pode interagir com a atmosfera terrestre?

---

---

---

---

### *Questionário 2 : O que aprendemos até agora?*

Após as nossas discussões, vamos organizar nosso conhecimento sobre o Sol. Para isso, reúna-se com seu grupo, e responda as questões a seguir, relacionando com os conceitos apresentados até agora:

- 1) Na sua opinião, por que a magnetosfera é considerada um escudo protetor contra tempestades solares?
- 2) Explique com suas palavras, por que esse sistema é necessário para a vida na Terra?
- 3) Na sua opinião, por que os cientistas concordam que uma aurora serve como uma verificação de uma tempestade solar?
- 4) O que causa essa variedade de cores nas auroras?

---

---

---

---

---



## **Organização do Conhecimento**

Nesse momento é essencial valorizar os conhecimentos prévios dos alunos, articulando-os aos novos conteúdos, de modo que o aprendizado faça sentido. O professor também deve incentivar a pesquisa, o diálogo e a cooperação entre os estudantes, criando um ambiente em que a autonomia e a curiosidade sejam desenvolvidas.

As atividades abaixo foram criadas com o objetivo de manter a dialogicidade nas aulas, não deixando o professor retornar a prática transmissiva do ensino.

### ***Atividade Kahoot***

O objetivo da Aula 6 consiste em apresentar discussões sobre fatos históricos e conceituais em relação ao processo de descobrimento dos Raios Cósmicos ao longo dos anos, como cientistas da época tiveram que elaborar e testar teorias até a confirmação de que realmente havia partículas que chegam ao topo da atmosfera e tinham suas origens desconhecidas. Além de continuar o debate instaurado inicialmente sobre quais seriam os efeitos dessas partículas que chegam em nossa atmosfera em relação ao corpo humano.

Se torna interessante uma abordagem histórico-conceitual justamente por evidenciar aos estudantes como é feito e elaborado todo o processo de construção de teorias, de que não é apenas uma pessoa responsável por um descobrimento científico e sim um conjunto de fatores que torna possível esse avanço científico.

Um recurso a ser utilizado ao final da aula é uma plataforma de aprendizado baseada em jogos, individuais ou em grupos, usada como tecnologia educacional em escolas e outras instituições de ensino, conhecido como Kahoot.

Foi elaborada uma sequência de 9 perguntas sobre a discussão feita durante a aula 6 e os desdobramentos históricos apresentados a eles. A competição em jogos educacionais se mostra muito interessante e uma ótima estratégia para engajamento dos estudantes, transformando aulas que muitas vezes os deixam sonolentos e acomodados, em um desafio para vencer seu companheiro e se atentar a maior parte das informações e discussões feitas em aula.

Por que a descoberta de Domenico Pacini sobre a radiação cósmica não foi considerada definitiva?

22

A técnica utilizada não excluía totalmente da radiação

Os experimentos foram realizados em loc

Quiz  
Quem descobriu que sais de urânio emitiam raios capazes de aumentar a condutividade do ar em 1896? ▾

Quiz  
Quais foram os elementos descobertos por Marie e Pierre Curie: ▾

Quiz  
Qual foi a conclusão de Theodor Wulf após seus experimentos na Torre Eiffel? ▾

Quiz  
Quem foi agraciado com o Prêmio Nobel de Física em 1936 pela descoberta da radiação cósmica? ▾

Quiz  
Onde Domenico Pacini realizou seus experimentos detalhados entre 1909 e 1911? ▾

Quiz  
Por que Domenico Pacini não recebeu o prêmio Nobel de 1936? ▾

Link para acesso da atividade: <https://create.kahoot.it/share/aula-6-historia-dos-raios-cosmicos/c16bcf63-5b4f-4fb8-b76f-2686104cad54>

## ***Palavra cruzada***

A estratégia de se utilizar a abordagem histórico-conceitual se estendeu também para a Aula 8, mas agora com um foco no descobrimento de novas partículas, consequência dos estudos sobre Raios Cósmicos e principal fonte de pesquisa para as novas partículas descobertas, como o pósitron (a antipartícula do elétron) e o méson pi (Píon), sendo um ótimo momento para o professor apresentar as principais informações sobre a vida e feitos de Cesar Lattes, justamente pelo fato de que a maioria dos estudantes do Ensino Médio atual nunca terem ouvido falar sobre Lattes e sua importância para a Ciência no Brasil e no Mundo.

Para concluir a aula foi elaborada uma palavra-cruzada com palavras associadas aos temas discutidos nas últimas aulas, com o objetivo de que eles pudessem relacionar conceitos e nomes importantes discutidos anteriormente.

### **Horizontais**

2. Antipartícula do elétron
6. Gerado pelo impacto inicial de um raio cósmico com a atmosfera terrestre
8. Elemento descoberto por Marie e Pierre Curie
9. Sigla da grande quantidade de partículas carregadas e radiação eletromagnética emitidas pelo Sol
10. Tipo de partícula que possui suas propriedades semelhantes menos sua carga elétrica
13. Ganador do prêmio Nobel pela descoberta dos raios cósmicos
15. Nome da pessoa que descobriu a existência do pósitron (2 palavras)

### **Verticais**

1. Ganador do Prêmio Nobel de 1933
2. Nome do Físico que possui um Observatório em sua homenagem (2 Palavras)
4. Partículas de alta energia vindas de diversas regiões do espaço e que atingem a Terra
5. Nome de um importante Físico Brasileiro que participou da descoberta do Méson Pi
7. Local onde Domenico Pacini fez seus experimentos com o eletrômetro em baixo d'água
11. Partícula descoberta por James Chadwick em 1932
12. Objeto de estudo de Coulomb que iniciou a discussão sobre a ionização do ar atmosférico
14. Nome de um importante pioneiro no estudo dos raios cósmicos da Itália

## Atividade Modelo Padrão

Após apresentar aos estudantes durante as aulas anteriores o conceito de partículas elementares e a montagem de um pequeno modelo de partículas até então descobertas, com apenas 4, o objetivo agora é classificar a enorme quantidade de partículas que vieram a ser descobertas e a necessidade de se criar um modelo mais sofisticado para classificar e ajudar no entendimento dessa nova era da Física de Partículas.

Para isso, foi elaborado uma ficha de estudo para cada partícula que está inserida dentro do Modelo Padrão de Partículas Elementares (MP), que deve ser distribuída para cada um dos grupos formados para a atividade e designada a seguinte proposta:

“Montem e classifiquem seu próprio modelo de partículas e descrevam quais classificações e ordenações que utilizaram para fazer tal separação e que apresentassem o modelo criado.”

Aqui está um modelo da Ficha de Estudo criada para cada partícula:

The diagram shows a study card for the Muon with several red annotations pointing to specific parts:

- Ano da descoberta:** Points to the year 1937 in a white box at the top.
- Nome da partícula:** Points to the name *Múon* in a green box.
- Características da partícula:** Points to a red box containing:
  - Massa:  $1,88 \times 10^{-28} \text{ kg} (105,7 \text{ MeV}/c^2)$
  - Carga Elétrica:  $-1,6 \times 10^{-19} \text{ C} (-e)$
  - Spin:  $\frac{1}{2}$
- Descrição de como a partícula foi descoberta:** Points to a dark blue box containing:
  - Como foi descoberto:
  - S.H. Neddermeyer e C.D. Anderson observaram a partícula em uma câmara de núvens em 1937.

Apenas depois da apresentação de todos os grupos, na Aula 10, o professor deve mostrar o modelo mais conhecido atualmente e realizar algumas discussões sobre semelhanças e diferenças entre o MP e o criado pelos alunos. Relembre o estudante de que essa atividade não será avaliada se está certa ou errada, a fim de que diminua a chance de o grupo realizar a pesquisa do atual MP e apenas se apropriar desse modelo.

Após a apresentação do modelo padrão, o professor deve explorar outros conteúdos envolvidos ao MP, como suas classificações derivadas, os Hádrons, Léptons, Férmions e Bósons, principalmente para retomar e dar significado a termos apresentados a eles anteriormente, como o conceito de Mésons.

Apresenta-se também sobre as quatro tipos de interações fundamentais: Gravitacional, eletromagnética, forte e fraca, que também estão associadas ao MP e suas partículas mediadoras correspondentes, finalizando com uma breve discussão sobre Cromodinâmica Quântica.

**1905**

**Fóton**

Como foi descoberto:  
Teorizado por Albert Einstein em 1905 e confirmado experimentalmente.

Massa: 0 (sem massa)  
Carga Elétrica: 0 (neutro)  
Spin: 1

**1968**

**Quark Up**

Como foi descoberto:  
Também proposto por Murray Gell-Mann e George Zweig e descoberto experimentalmente no CERN.

Massa:  $3,92 \times 10^{-30}$  kg (2,2 MeV/c<sup>2</sup>)  
Carga Elétrica:  $(+\frac{2}{3}e)$   
Spin:  $\frac{1}{2}$

**2012**

**Bóson de Higgs**

Como foi descoberto:  
O bóson de Higgs foi encontrado dia 4 de julho de 2012, no colisor de partículas LHC, no CERN, ao colidir prótons com energias muito altas. O bóson de Higgs é conhecido como a partícula que dá massa a outras partículas.

Massa:  $2,22 \times 10^{-25}$  kg (124,97 GeV/c<sup>2</sup>)  
Carga Elétrica: 0 (neutro)  
Spin: 0

### ***Questionário 3: O que aprendemos até agora?***

No Questionário 3, os estudantes são convidados a refletir sobre a composição da matéria e como suas estruturas fundamentais podem se organizar para formar partículas mais complexas. As questões abordam a constituição de prótons e nêutrons a partir de quarks, incentivando o aluno a aplicar os conceitos estudados sobre partículas elementares e sua interação. O objetivo é que o estudante utilize seus conhecimentos prévios para justificar respostas e compreender a organização da matéria em nível subatômico.

*Questionário 3: Aplicando o conhecimento*

1) A partícula próton é constituída de três quarks de dois tipos diferentes. Assinale a alternativa que contém os quarks que constituem o próton e justifique sua resposta:

2) Com base nesta informação, o nêutron – uma partícula (não fundamental) também formado por três quarks, mas com uma carga total NULA – deve ser formado por:

O objetivo das perguntas é mobilizar os conhecimentos sobre partículas elementares. Alguns estudantes podem se sentir confuso nesse momento, necessitando de uma explicação mais detalhada pelo professor.

## **Aplicação do Conhecimento**

Nessa etapa, buscou-se gerar um diálogo ativo entre os alunos por meio de fichas de estudos elaboradas para o trabalho em grupos, seguidas de apresentações coletivas, com o intuito de desenvolver habilidades de comunicação e resolução de problemas. Além de promover a interação, essa organização almeja que os estudantes revisitem conceitos discutidos em aulas anteriores, aplicando-os em situações-problema semelhantes às apresentadas no início da proposta.

### ***Painel Integrado***

O Painel Integrado foi escolhido como a atividade que estruturou a dinâmica dentro do último momento pedagógico. Essa atividade foi dividida em duas etapas: a Primeira Formação e a Segunda Formação, que se caracterizam, respectivamente, pela realização da ficha de estudo pelos estudantes e pela apresentação dos grupos.

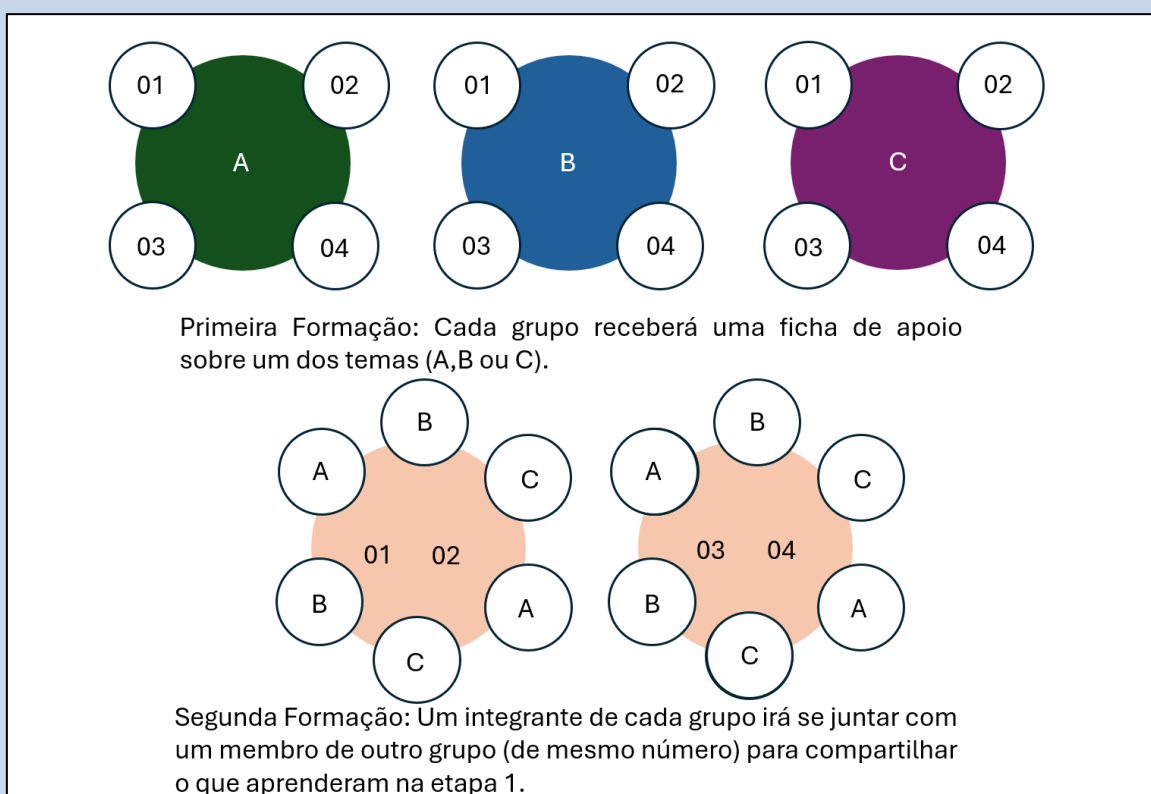
A *primeira formação*, é responsável pela “formação de especialistas”, na qual os estudantes são separados em grupos e cada grupo é responsável pelo estudo de um tema específico, determinado pelo professor. Para nortear os especialistas foi elaborado uma ficha de estudo para cada tema.

Na *segunda formação*, ocorre a formação de outros grupos e com uma proposta que eles apresentem uma solução para o problema designado a eles. Sugerimos que os grupos tenham aproximadamente o tempo de uma aula (50 min) para elaborar uma apresentação (Com cartazes ou em slides) sobre qual posicionamento tomaram em relação à proposta.

Levando em conta cada particularidade em relação ao número de alunos em cada turma, se torna interessante o professor adaptar a estrutura do Painel Integrado com uma organização mais efetiva, para turmas com números de estudantes diferentes.

A proposta apresentada aqui neste trabalho consiste em turmas que possuam entre 12 e 16 alunos, para isso foi desenvolvido o esquema ilustrado abaixo, tanto para auxiliar o professor durante a aplicação, como também, para explicar e facilitar aos estudantes o entendimento da estrutura da atividade.

#### ESQUEMA DA ESTRUTURA DO PAINEL INTEGRADO



**Primeira Etapa:** Estudo da ficha de apoio para “especialização” dos estudantes no tema dado a eles.

Grupo A: Análise das partículas emitidas pelo Sol e outras Estrelas. (Relatório do NOAA)

Grupo B: Relatório sobre Mudanças Climáticas. (Relatório do IPCC)

Grupo C: Impacto dos Raios Cósmicos na saúde humana. (Relatório da NASA).

**Segunda Etapa:** Apresentação dos grupos sobre quais posicionamentos tomariam e suas soluções para o problema.

“Qual deve ser o destino da humanidade? Devemos permanecer na Terra enfrentando os desafios ambientais que nos cercam, ou buscar colonizar outros lugares como Marte e a Lua? Quais seriam os riscos à saúde e à vida humana nesses ambientes e o que poderíamos fazer para minimizar esses perigos?”

*Este produto educacional representa não apenas o resultado de uma pesquisa, mas também um reflexo das inquietações, experiências e aprendizados construídos ao longo da minha trajetória como professor de Física. Ele nasceu do desejo de tornar a Física mais próximo dos estudantes, mais significativo e conectado com os desafios do mundo contemporâneo.*

*Ao organizar este material, pensei constantemente no professor que está em sala de aula, lidando com limitações de tempo, estrutura e recursos, mas que, ainda assim, insiste em promover uma educação de qualidade.*

*Por isso, busquei elaborar uma proposta que fosse prática, acessível e flexível, de modo a facilitar o trabalho docente e fortalecer sua autonomia em sala. Espero, sinceramente, que este produto possa contribuir para o ensino de Física, despertando nos alunos curiosidade, senso crítico e encantamento pela ciência, e oferecendo ao professor um apoio concreto em sua prática cotidiana.*

## Referências

ABDALLA, Maria C. B. O discreto charme das partículas elementares. *Física na Escola*, São Paulo, v. 6, n. 1, p. 38–44, 2005.

ARAÚJO, L. B. **Os Três Momentos Pedagógicos como estruturantes de currículos**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2015.

ARAÚJO, L. B.; NIEMEYER, J.; MUENCHEN, C. Uma análise dos trabalhos presentes nos Encontros de Pesquisa em Ensino de Física (EPEF): problematizações ou perguntas? In: **IX CONGRESO INTERNACIONAL SOBRE INVESTIGACIÓN EN DIDÁCTICA DE LAS CIENCIAS**, 9-12 set. 2013, Girona. Atas [...]. Girona, 2013. p. 188-193.

BANDEIRA, Y. B.; MACKEDANZ, L. F. Mecanismos de limitação da energia de raios cósmicos durante sua propagação. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, vol. 41, nº 4, e20190118, 2019.

BASSALO, J. M. F. César Lattes: um dos descobridores do então méson pi. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 7, n. 2, 1990.

BRAGA, G. R.; JOSÉ, W. D. Articulações entre Teoria da Flexibilidade Cognitiva e os Três Momentos Pedagógicos: confecção e análise de um material didático na estrutura fractal. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v.38, n.1, p. 84-107, 2021.

BUSTAMANTE, M. C. A descoberta dos raios cósmicos ou o problema da ionização do ar atmosférico. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 35, n. 2, abr. 2013.

CARLSON, P.; DE ANGELIS, A. Nationalism and internationalism in science: the case of the discovery of cosmic rays. *The European Physical Journal H*, [S.l.], 2010. Disponível em: <https://arxiv.org/abs/1012.5068>. Acesso em: 24 maio 2025.

DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A. *Física*. São Paulo: Cortez, 1991.

DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A. P.; PERNAMBUCO, M. M. C. A. **Ensino de Ciências: Fundamentos e Métodos**. São Paulo: Cortez, 2002.

DELIZOICOV, Demétrio; ANGOTTI, José André; PERNAMBUCO, Marta Maria. **Ensino de Ciências: fundamentos e métodos**. 2. ed. São Paulo: Cortez, 2007.

DOBRIJEVIC, D. **Solar Cycle: What Is It and What Can We Expect?** Space.com, 4 abr. 2024. Disponível em: <https://www.space.com/solar-cycle-frequency-prediction-facts>. Acesso em: 7 abr. 2025.

FREIRE, P. **Pedagogia do oprimido**. 50. ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 2011.

LIMA, R. S.; PIMENTEL, L. C. F.; AFONSO, J. C. O Despertar da Radioatividade ao Alvorecer do Século XX. **Química Nova na Escola**. Vol. 33, N° 2, p 93-98 mai. 2011.

MARASCIULO, M. César Lattes: conheça a trajetória do brasileiro injustiçado pelo Nobel. **Revista Galileu**, 11 jul. 2020. Disponível em: <https://revistagalileu.globo.com/Sociedade/noticia/2020/07/Cesar-lattes-conheca-trajetoria-do-brasileiro-injusticado-pelo-nobel.html>. Acesso em: 22 jan. 2025.

MOREIRA, M. A. O Modelo Padrão da Física de Partículas. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 31, n. 1, abr. 2009.

MOREIRA, M. A. Partículas e Interações. **Física na Escola**, v. 5, n. 2, p. 10-14, 2004.

MOREIRA, Marco Antônio. A física dos quarks e a epistemologia. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 29, n. 2, p. 161-173, 2007.

MUENCHEN, Cristiane; DELIZOICOV, Demétrio. A construção de um processo didático-pedagógico dialógico: aspectos epistemológicos. **Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v. 14, n. 3, p. 199–215, set./dez. 2012.

NASA. **Solar storms and flares**. *NASA Science*. Atualizado em: nov. de 2024. Disponível em: <https://science.nasa.gov/sun/solar-storms-and-flares/>. Acesso em: 23 jun. 2025.

NASA. **Sunspots**. [S.l.]: NASA, [s.d.]. Disponível em: <https://science.nasa.gov/sun/sunspots/>. Acesso em: 23 jun. 2025.

OLIVEIRA, A. G. I. De., ROCKENBACH, M., & PACINI, A. A. Raios cósmicos e a Heliosfera. **Revista Brasileira De Ensino De Física**, v. 36, n. 2, p. 1–13. <https://doi.org/10.1590/S1806-11172014000200016>.

REZENDE, D. S. et al. César Lattes e a descoberta do méson pi. In: **ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS- ENPEC**. 12., 2019, Natal. Anais [...]. Natal, RN: Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 25-28 jun. 2019.

SARAN, M. C. B. **Astrofísica de partículas na sala de aula: uma sequência de ensino e aprendizagem sobre raios cósmicos para o ensino médio**. 2012 129 p. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências Exatas) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2012.

VIDEIRA, A. A. P.; VIEIRA, C. L. **Lattes - 10 anos depois**. Rio de Janeiro: CBPF, 2016. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/290447288>. Acesso em: 22 jan. 2025.

VIEIRA, C. L. **César Lattes – Arrastado pela história**. 3. ed. Rio de Janeiro: Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas (CBPF), 2019.

YOUNG, H.; FREEDMANN, R. **Ótica e Física moderna**. Ed. Pearson, 2016.