



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

**THALIA SILVA BARBOSA**

**UMA BREVE REVISÃO SOBRE A CÂMARA DE NUVENS E SUA APLICAÇÃO NA  
FÍSICA DE PARTÍCULAS**

**CAMPINA GRANDE  
2024**

THALIA SILVA BARBOSA

**UMA BREVE REVISÃO SOBRE CÂMARA DE NUVENS E SUA APLICAÇÃO NA  
FÍSICA DE PARTÍCULAS**

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

**Orientadora:** Profa. Dra. Ruth Brito de Figueiredo Melo.

**CAMPINA GRANDE  
2024**

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.

B238b Barbosa, Thalia Silva.

Uma breve revisão sobre a câmara de nuvens e sua aplicação na física de partículas [manuscrito] / Thalia Silva Barbosa. - 2024.

25 p. : il. colorido.

Digitado.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Física) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências e Tecnologia, 2024.

"Orientação : Profa. Dra. Ruth Brito de Figueiredo Melo, Coordenação do Curso de Física - CCT. "

1. Câmara de nuvens. 2. Partículas subatômicas. 3. Física.

I. Título

21. ed. CDD 530

THALIA SILVA BARBOSA

**UMA BREVE REVISÃO SOBRE CÂMARA DE NUVENS E SUA APLICAÇÃO NA  
FÍSICA DE PARTÍCULAS**

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

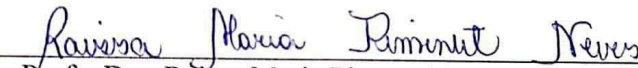
Aprovada em: 07/06/2024.

**BANCA EXAMINADORA**



---

Profa. Dra. Ruth Brito de Figueiredo Melo (Orientadora)  
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)



---

Profa. Dra. Raissa Maria Pimentel Neves (Examinadora)  
Universidade Estadual do Ceará (UECE)



---

Prof. Dr. Jean Paulo Spinelly da Silva (Examinador)  
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)

Ao meu Pai, minha Mãe e minhas Irmãs pela  
dedicação, companheirismo e Amor,  
DEDICO.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

<b>Figura 1</b> - Léptons.....	11
<b>Figura 2</b> - Partícula de alta energia não sofre desvio durante sua trajetória devido a sua alta energia.....	13
<b>Figura 3</b> - A câmara de Nuvens de Wilson, pioneira na visualização de trajetórias de partículas ionizantes.....	13
<b>Figura 4</b> - Modelagem 3D da câmara de nuvens.....	14
<b>Figura 5</b> - Diagrama esquemático, (a) vista superior da câmara de nuvens; (B) vista lateral.....	15
<b>Figura 6</b> - Partículas alfa oriundas de uma fonte de Amerício 241 observadas em uma câmara de nuvens. No canto superior esquerdo, o traço deixado por um elétron.....	16
<b>Figura 7</b> - Montagem final.....	16
<b>Figura 8</b> - Identificação, seta vermelha, de um evento de interação da radiação com a matéria.....	17
<b>Figura 9</b> - A) Câmara de nuvens operando mediante visitação; B) t�picos resultados observados.....	18
<b>Figura 10</b> - Esboço da câmara de nuvens.....	19
<b>Figura 11</b> - Experimento Câmara de nuvens.....	20
<b>Figura 12</b> - Gelo e dissipadores e a câmara de nuvens.....	21
<b>Figura 13</b> - Representação esquemática da câmara de nuvens.....	22

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>7</b>
<b>2</b>	<b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....</b>	<b>8</b>
<b>2.1</b>	<b>A Experimentação no Ensino de Física e os tipos de Abordagem.....</b>	<b>8</b>
<b>2.2</b>	<b>A Física de Partículas, os Múons e a Câmara de Nuvens.....</b>	<b>10</b>
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA.....</b>	<b>14</b>
<b>4</b>	<b>ANÁLISE DOS ARTIGOS.....</b>	<b>14</b>
<b>5</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>22</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>23</b>
	<b>AGRADECIMENTOS.....</b>	<b>25</b>

## UMA BREVE REVISÃO SOBRE CÂMARA DE NUVENS E SUA APLICAÇÃO NA FÍSICA DE PARTÍCULAS

### A BRIEF REVIEW ON CLOUD CHAMBER AND ITS APPLICATION IN PARTICLE PHYSICS

Thalia Silva Barbosa<sup>1</sup>

#### RESUMO

A carência de experimentos no ensino da física moderna pode impedir os alunos de uma compreensão íntegra e autêntica dos conceitos científicos. Sem oportunidades para experimentação, os estudantes podem ficar limitados a um domínio superficial dos princípios físicos. A câmara de nuvens é um equipamento, inventado por Charles Wilson em 1911, que proporciona a observação de partículas subatômicas provenientes de radiação cósmica do universo, por exemplo os léptons (elétron, múon e tau). Este trabalho teve como objetivo, apresentar uma revisão bibliográfica acerca da temática: “Câmara de nuvens”, com foco na realização de atividades experimentais e suas aplicações na educação básica ou no ensino superior, como uma ferramenta auxiliar no ensino da Física. Para isso, realizou-se uma pesquisa no portal dos periódicos da CAPES, como também no Google Acadêmico, no período de 2011 a 2023. Ao final, incluiu-se 10 trabalhos neste estudo, sendo as pesquisas apresentadas em ordem cronológica. Após a análise das pesquisas, concluiu-se que o experimento fornece informações valiosas sobre fenômenos fundamentais da física de partículas, quando observados os padrões de rastros deixados pelas mesmas. A pesquisa em câmaras não apenas contribui para a física teórica, mas também tem aplicações práticas em muitos campos, incluindo medicina, pesquisa espacial e segurança nuclear.

**Palavras-Chave:** câmara de nuvens; partículas subatômicas; física.

#### ABSTRACT

The lack of experiments in the teaching of modern physics can hinder students from gaining a comprehensive and authentic understanding of scientific concepts. Without opportunities for experimentation, students may be limited to a superficial grasp of physical principles. The cloud chamber is an apparatus, invented by Charles Wilson in 1911, which allows for the observation of subatomic particles originating from cosmic radiation in the universe, such as leptons (electron, muon, and tau). This work aimed to present a literature review on the topic "Cloud Chamber," focusing on conducting experimental activities and their applications in basic education or higher education as an auxiliary tool in physics teaching. For this purpose, a search was conducted on the CAPES journals portal as well as on Google Scholar, covering the period from 2011 to 2023. In the end, 10 studies were included in this review, with the research presented in chronological order. After analyzing the studies, it was concluded that the experiment provides valuable information about fundamental phenomena of particle physics when observing the traces left by them. Research in cloud chambers not only contributes to theoretical physics but also has practical applications in many fields, including medicine, space research, and nuclear security.

**Keywords:** Cloud chamber; subatomic particles; physics.

---

<sup>1</sup> Licencianda em Física. Email: [thalia.barbosa@aluno.uepb.edu.br](mailto:thalia.barbosa@aluno.uepb.edu.br).



## 1 INTRODUÇÃO

O ensino de física ao longo dos anos tem enfrentado várias dificuldades significativas. Nesse sentido podemos citar: a utilização de um ensino unicamente expositivo focado apenas na matematização e na memorização dos conteúdos, a abstração dos conceitos, o que torna algo desafiador para os alunos na compreensão e na interligação com seu cotidiano. Esse ponto é importante, pois muitos dos estudantes não conseguem perceber a relevância da física em seu dia a dia, o que resulta em falta de interesse e motivação pela disciplina (Oliveira et al, 2007).

Muitas escolas não têm acesso adequado a recursos e laboratórios para realizar experimentos práticos, o que limita ainda mais a compreensão dos alunos sobre os princípios físicos. Essas problemáticas podem representar desafios significativos para os professores de física, que precisam encontrar maneiras criativas de superá-las e tornar o ensino da disciplina mais acessível e envolvente para os alunos (Leite, 2018). Por outro lado, observa-se que a experimentação tem sido muito importante no ensino de física, pois proporciona uma abordagem prática que complementa o aprendizado teórico e permite aos alunos entenderem os conceitos de forma mais concreta e aplicada.

Os experimentos promovem o desenvolvimento de habilidades práticas como pensamento crítico, raciocínio lógico, resolução de problemas e trabalho em equipe. Os alunos aprendem a formular hipóteses, projetar experimentos, coletar e analisar dados e tirar conclusões com base em evidências empíricas. Essas habilidades são essenciais não apenas para o aprendizado de física, mas também para a vida cotidiana e para futuras carreiras em ciência e tecnologia.

A maior parte dos professores acredita que os experimentos são muito importantes para o ensino de física, mas na maioria das escolas brasileiras o uso de atividades experimentais não é específico, o que muitas vezes está relacionado à indefinição da função do laboratório de ensino no ensino de física (Pinho Alves, 2000). Um laboratório bem equipado e estruturado pode servir como um ambiente propício para a exploração ativa dos alunos, estimulando o pensamento crítico e a investigação científica. Infelizmente, a realidade em muitas escolas é a falta de recursos adequados e de orientações claras sobre como integrar efetivamente as atividades experimentais no currículo de física.

Existem outros fatores, como “restrições de espaço físico e materiais, e dificuldades na condução de atividades experimentais” (Binsfeld e Auth, 2011). Contudo, vale ressaltar que a mera existência de um laboratório não é suficiente para que os experimentos cumpram sua função didática no ensino de física, pois essas atividades devem ser norteadas pela metodologia e não apenas ter um efeito motivador.

Existem muitas abordagens para a utilização das atividades experimentais. Segundo Séré, Coelho e Nunes (2003): “Verificar leis”, “Comparar modelos”, “Comparar métodos experimentais” e “Projetar experimentos” podem ser algumas de suas funções. Porém, é necessário que os professores recebam uma formação que os ajude a discernir os melhores métodos a serem utilizados para que os alunos atinjam os objetivos estabelecidos.

A falta de experimentos no ensino de física moderna pode privar os alunos de uma compreensão completa e autêntica dos conceitos científicos. Sem oportunidades para experimentação prática, os alunos podem ficar limitados a um domínio superficial dos princípios físicos e incapazes de conectar a teoria à prática de uma forma significativa. A Câmara de nuvens, também conhecida como câmara de Wilson, é um dispositivo utilizado na física, para visualizar trajetórias de partículas subatômicas carregadas. Ela consiste em uma câmara cheia de vapor supersaturado, no qual a passagem desses fragmentos carregados cria trilhas de condensação. Foi inventada pelo escocês Charles Thomson Rees Wilson em 1911 e

teve um papel fundamental no estudo das propriedades desses elementos subatômicos (Schaffer et al, 2020).

Dentro deste contexto, este trabalho teve como objetivo, apresentar uma revisão bibliográfica acerca da temática: “Câmara de nuvens”, com foco na realização de atividades experimentais e suas aplicações na educação básica ou no ensino superior, como uma ferramenta auxiliar no ensino da Física. Para isso, realizou-se uma pesquisa no portal dos periódicos da CAPES, como também no Google Acadêmico, no período de 2011 a 2023, utilizando o filtro: Câmara de nuvens, para a seleção dos trabalhos.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1 A Experimentação no Ensino de Física e os tipos de Abordagem

A experimentação como técnica de aprendizagem e ensino tem sido utilizada no ensinamento de Física há alguns anos, e, em especial nos anos 60 e 70, em que se intensificou com a inclusão de projetos de ensino nacionais e internacionalmente nas escolas brasileiras. Desde então, a incorporação de conceitos científicos, de ensino e aprendizagem tem sido objeto de estudos na área, com diferentes abordagens teóricas (Higa e Oliveira, 2012).

Segundo Ferreira (1978), citado por Higa e Oliveira (2012), há diversas abordagens de atividades experimentais, com papéis distintos para o estudante, o professor, o conhecimento e a atividade experimental. A prática experimental pode ser vista como um argumento ou como processo de descoberta própria dos alunos, considerando o processamento da ciência.

O primeiro caso é o de transmissão-recepção. São saberes já estabelecidos, com aulas práticas separadas das aulas teóricas, os discentes são concebidos como sujeitos passivos recepcionando os conhecimentos transmitidos pelo professor. É necessário realizar uma verificação de leis e teorias que não questionadas, em que o livro didático e o professor são os fundamentos, consideradas como critérios de verdade. Na segunda situação, a experimentação é tida como uma estratégia de descoberta fundamentada no modelo de aprendizagem que considera o alunado como um ser, aptos de reestruturar o conhecimento científico de forma própria e através da interação com o meio. O conhecimento é o produto de uma elaboração individual com base no senso comum, que resulta de um processo de condução. (Higa e Oliveira, 2012).

No terceiro caso, a experimentação é o fundamento para a introdução do objetivo e desenvolver o aluno nos processos da ciência. As aulas teóricas têm como finalidade transmitir os conhecimentos necessários, já as atividades práticas introduzem os alunos na prática do conteúdo baseado nos "métodos da ciência". (Higa e Oliveira, 2012).

Araújo e Abib (2003) categorizam as práticas laboratoriais em três formatos diferentes (atividades de demonstração, de verificação e de investigação):

- Atividades experimentais demonstrativas - referem-se a professores conduzindo experimentos e alunos apenas observando o que acontece. Essas atividades costumam ser utilizadas para ilustrar determinados aspectos do conteúdo da aula, facilitando a percepção dos alunos e auxiliando assim no seu aprendizado. Estas atividades muitas vezes são incorporadas em cursos expositivos, realizados no início como forma de despertar o interesse dos alunos pelos temas abordados, ou no final do curso como forma de relembrar o que foi apresentado (Araújo e Abib, 2003).
- As atividades de verificação experimental - são atividades realizadas para verificar ou confirmar certas leis ou teorias. Os resultados de tais experimentos são facilmente previsíveis e os estudantes geralmente conhecem as explicações para esses fenômenos. Por outro lado, esta atividade permite aos alunos explicar os parâmetros que

determinam o comportamento dos fenômenos observados, esclarecê-los com conceitos científicos que conhecem e fazer generalizações, principalmente quando resultados experimentais são extrapolados para novas situações (Araújo e Abib, 2003). Os professores que utilizam tais atividades em suas salas de aula enfatizam que elas motivam os alunos e, o mais importante, tornam o ensino mais realista e concreto, o que significa que a abordagem do conteúdo não se limita aos livros didáticos, ou seja, a aprendizagem é favorecida ao proporcionar oportunidades para que os alunos imaginem de fato fenômenos que aderem à lógica da teoria apresentada.

- Experimentos de investigação - frequentemente citados em estudos recentes no que diz respeito à experimentação, representam uma estratégia que permite aos alunos assumir uma posição mais ativa no processo de construção do conhecimento, e os professores tornam-se mediadores ou facilitadores desse processo. A essência das atividades é envolver mais profundamente os alunos em todas as etapas da investigação, desde a interpretação dos problemas até as possíveis soluções.

Na verdade, muitos métodos experimentais tradicionais (demonstração, verificação) proporcionam aos alunos poucas oportunidades de analisar situações-problema, coletar dados, formular e testar hipóteses, argumentar e discutir com colegas (Suart e Marcondes, 2008). Sob esse pensamento,

[...] se o estudante tiver a oportunidade de acompanhar e interpretar as etapas da investigação, ele possivelmente será capaz de elaborar hipóteses, testá-las e discuti-las, aprendendo sobre os fenômenos químicos estudados e os conceitos que os explicam, alcançando os objetivos de uma aula experimental, a qual privilegia o desenvolvimento de habilidades cognitivas e o raciocínio lógico. (Suart e Marcondes, 2008, p.2).

Devido a esse caráter mais aberto, diferentemente das atividades de pesquisa tradicionais, a investigação geralmente não utiliza roteiros fechados. Vale ressaltar que atividades dessa natureza costumam exigir mais tempo de estudo, pois envolvem uma série de etapas que os alunos precisam desenvolver, desde a análise do problema, formulação de hipóteses, preparação e execução de procedimentos, análise e discussão dos resultados. As atividades de pesquisa podem ocorrer em sala de aula ou, em alguns casos, em várias turmas.

Marandino, Selles e Ferreira (2009), afirmam que: “o ensino experimental colabora para a melhoria do ensino de Ciências na Educação Básica”. Dessa forma, torna-se indispensável aprimorar a experimentação em sala de aula, de modo que o processo de ensino e aprendizagem aumente significativamente, despertando a curiosidade e o desejo de aprender. No ensino de Física atual, as atividades experimentais na maioria das escolas raramente passam a fazer parte da sala de aula e, mesmo que ocorram, estão relacionadas ao funcionamento de materiais/equipamentos. Limita-se a observações superficiais de fenômenos físicos e muitas vezes não consegue fornecer a reflexão e as condições necessárias à realização do processo de investigação.

A experimentação e a investigação científica devem ser estimuladas por via de roteiros abertos, e não de manuais ou roteiros auto explicativos estruturados em uma sequência estrita de etapas, alterando imensamente os papéis de professores e alunos no processo instrutivo. O conhecimento do preceptor deve ser sublime ao do estudante. Esta é uma exigência da matéria ministrada; além disso, ele é responsável por iniciar desafios, impulsionar o debate, desencadear insatisfação dos alunos e desejo de explicações. O professor é o mediador entre a calma e a inquietação, o bom senso e o conhecimento científico (Pereira e Aguiar, 2006).

Corroborando com Zompero e Laburú (2011, p.73):

O ensino por investigação, que leva os alunos a desenvolverem atividades investigativas, não tem mais, como na década de 1960, o objetivo de formar cientistas. Atualmente, a investigação é utilizada no ensino com outras finalidades,

como o desenvolvimento de habilidades cognitivas nos alunos, a realização de procedimentos como elaboração de hipóteses, anotação e análise de dados e o desenvolvimento da capacidade de argumentação.

Diante disso, a montagem e a utilização de um experimento permitirão que o aluno pense de forma mais coerente e desenvolva a lógica do raciocínio, o que é relevante para o aprendizado do mesmo, uma vez que ele terá uma noção clara do funcionamento e das limitações do experimento. Dessa forma, suas participações nas aulas serão menos mecânicas e sua aprendizagem será mais eficiente. Logo, a abordagem que o professor utilizará para conduzir a atividade será deliberada.

De acordo com Gaspar (2014) citado por Andrade (2022), no ensino de ciências:

Não se sabe qual a forma mais eficaz de trabalhar com atividades experimentais, não se conhecem os procedimentos adequados para realizá-las nem os critérios para avaliar o comportamento dos alunos durante sua aplicação. Em relação à avaliação, a maioria dos professores se limita a atribuir um ou dois pontos a mais na nota dos alunos que participaram das atividades, sem maiores exigências ou cobranças após a realização dos experimentos (Gaspar, 2004, p. 7 *apud* Andrade, 2022, p. 34).

Dessa forma, a sugestão de utilizar materiais acessíveis não se deve ao fator financeiro, mas sim à necessidade de que o aluno domine todo o processo de construção do conhecimento, através da construção, por conta própria, dos aparatos. A convivência diária com os materiais utilizados no dia a dia aproxima o aluno do conhecimento científico, uma vez que demonstra que a ciência física é uma ciência do cotidiano. Vale ressaltar que experimentos com materiais de baixo custo podem ser facilmente replicados em grande escala, possibilitando estudos em larga escala e aplicações práticas mais amplas, contribuindo para práticas mais sustentáveis.

## **2.2 A Física de Partículas, os Múons e a Câmara de Nuvens**

O componente curricular da Física tem uma extensa quantidade de requisitos e um número reduzido de aulas dedicadas ao seu desenvolvimento, criando um grande desafio para os professores, que precisam adaptar o conteúdo a essas dificuldades. Infelizmente, uma das áreas que muitas vezes não é trabalhada é a Física Moderna, que é considerada essencial na maioria dos currículos escolares (Moraes et al, 2023).

O advento da Física Moderna teve início a partir de estudos voltados para a composição atômica, uma vez que no final do século XIX a física experimental observou vários fenômenos que a teoria clássica, até então desenvolvida e bem estabelecida, foi posta em prova. Dentre os principais experimentos, podemos destacar a descoberta dos Raios-X (1895), a descoberta da Radioatividade (1896) e a descoberta do elétron (1897) que foram importantes e marcaram o início da Física Nuclear e conseqüentemente da Física de Partículas.

A Física de Partículas teve início em meados do século XX, a partir de estudos voltados para explicar a constituição do átomo. Contudo, as partículas que chegam até nós e que também são detectadas por muitos telescópicos/Colaborações de Pesquisas, são oriundas de jatos relativísticos, mais conhecidos como raios cósmicos que vêm do espaço sideral como resultado de explosões estelares e se desintegraram em partículas elementares quando colidem com átomos da atmosfera. Alguns deles caem na própria atmosfera, enquanto outros (principalmente elétrons, múons, prótons e píons) chegam à terra. Essas observações foram aprimoradas por Charles Wilson que edificou uma câmara de nuvens em 1911. Ao submeter a câmara a um campo magnético, Carl Anderson demonstrou a existência do pósitron em 1932,

um grande sucesso considerando a simplicidade do dispositivo em comparação com os estudos atuais de partículas elementares usando aceleradores de partículas e colisões de partículas (Silva et al, 2019).

Com base em Laganá (2011, p.2):

A maioria das partículas que compõem o chuva se desintegra rapidamente ainda na alta atmosfera, mas algumas delas vivem o suficiente para atingirem o nível do mar, podendo ser observadas na câmara de nuvens. O chuva iniciado pelos prótons é uma fonte riquíssima para o estudo das partículas elementares e, ainda que ao nível do mar restem praticamente apenas múons e elétrons, tais partículas apresentam uma grande diversidade de fenômenos físicos interessantes.

Uma das partículas detectadas pela câmara de nuvens e amplamente trabalhadas na maioria dos experimentos e abordagens desse experimento é o múon, que é uma partícula estável e decai em elétrons, neutrinos e antineutrinos, com vida média  $\tau_m = (2,19703 \pm 0,00004) \text{ m/s}$ . Os múons dos raios cósmicos, são as partículas mais carregadas da superfície da Terra, e em média, cerca de 100 múons passam por uma área horizontal de um metro a cada segundo. Além dessa abundância, essas partículas possuem alto poder de penetração e passam facilmente pelas substâncias. Um detector de múons permite que seja utilizado em salas e laboratórios dentro de qualquer edifício, ou mesmo em locais subterrâneos (Fauth et al, 2010).

Corroborando com Boito (2024 p.01):

A determinação precisa do momento magnético do múon tornou-se uma questão central de física de partículas, pois a investigação desse intervalo entre os dados experimentais e as previsões da teoria pode nos proporcionar informações que levem à descoberta de algum efeito novo e espetacular.

Um múon é uma partícula que pertence à classe dos léptons – a mesma dos elétrons. Porém, sua massa é muito maior, e, portanto, é instável e só pode sobreviver por um curto período de tempo em ambientes de alta energia. Portanto, em estudos experimentais, os múons são sempre acompanhados por inúmeras partículas virtuais. E a contribuição dessas partículas fazem com que o momento magnético efetivo medido no experimento seja maior que o momento magnético, logo a força magnética teórica, igual a 2, é calculada pela equação de Dirac (Boito, 2024). Conforme a figura 1 abaixo:

Figura 1: Léptons

$<2.2 \text{ eV}/c^2$ $0$ $\frac{1}{2} \nu_e$ electron neutrino	$<0.17 \text{ MeV}/c^2$ $0$ $\frac{1}{2} \nu_\mu$ muon neutrino	$<15.5 \text{ MeV}/c^2$ $0$ $\frac{1}{2} \nu_\tau$ tau neutrino
$0.511 \text{ MeV}/c^2$ $-1$ $\frac{1}{2} e$ electron	$105.7 \text{ MeV}/c^2$ $-1$ $\frac{1}{2} \mu$ muon	$1.777 \text{ GeV}/c^2$ $-1$ $\frac{1}{2} \tau$ tau

Fonte: <https://commons.wikimedia>

Conforme Castro (2005), as câmaras de nuvens, também conhecidas como Câmara de Wilson, originaram-se nas colinas chuvosas da Escócia vitoriana. Charles Wilson

(1869-1959) não era um físico de partículas, mas ao longo da sua vida, demonstrou interesse principalmente pelos fenômenos meteorológicos, realizando estudos analíticos das estruturas fundamentais da matéria que se revelaram complexas, mas que ainda assim fazem parte da nossa realidade cotidiana, como os fenômenos da chuva e do nevoeiro. Há muita física por trás de fenômenos dessa natureza, e Wilson faz parte de uma tendência que propõe a realização de experimentos miméticos - ou seja, reproduzir fenômenos físicos naturais e sua complexidade em laboratório - o que, obviamente, requer uma compreensão da física por trás uma compreensão profunda dos processos que governam o fenômeno.

Segundo Castro (2005) houve também um grande interesse pela pesquisa meteorológica na época, motivado pela neblina industrial, pelo espírito vitoriano - um fascínio pela reprodução de aspectos exóticos da natureza na arte e na ciência - e pelas necessidades práticas de transporte. Isso levou ao estabelecimento de várias associações, redes globais e laboratórios meteorológicos, incluindo o observatório de Ben Nevis, no norte da Escócia, que funcionou de 1883 a 1904, onde Wilson conduziu algumas pesquisas sobre nuvens, eventualmente levando ao desenvolvimento da Câmara de Nuvens.

Pinheiro (2015), apresentou de forma sucinta, a construção de uma câmara de nuvens como uma forma de introduzir e motivar temas para a discussão em sala de aula de Física no Ensino Médio. De acordo com o autor, a contextualização histórica é determinada pelo fato de a câmara de nuvens ter sido o primeiro detector que mostrou traços de partículas subatômicas, que não são visíveis a olho nu.

A Câmara de Nuvens é um experimento que permite ver a ionização do vapor de álcool isopropílico, tornando visíveis os rastros deixados pelas radiações ionizantes. Para montar o experimento, são usados materiais como uma caixa de vidro, nitrogênio líquido, álcool isopropílico, feltro, secador de cabelo, areia monazítica, placa de alumínio, dentre outros.

A relevância da Câmara de Nuvens no ensino de Física é a capacidade de captar as interações entre radiações ionizantes e álcool isopropílico supersaturado, o que torna a radiação tátil e palpável para os estudantes. Este experimento proporciona uma abordagem de Física Moderna e Contemporânea de maneira acessível, utilizando recursos descomplicados, permitindo que os estudantes adicionem conceitos abstratos ao seu cotidiano (De Moraes, 2020).

Além disso, a Câmara de Nuvens é uma ferramenta experimental que auxilia no entendimento de conceitos complexos da Física de Partículas, contribuindo para o desenvolvimento da compreensão e aplicação prática dos conhecimentos adquiridos. O estudo da física de partículas através da Câmara de Nuvens tem como objetivo visualizar e explorar conceitos relevantes da Física das Partículas.

Através da didática aplicada, procura-se compreender o espectro do corpo negro, bem como os diferentes tipos de radiação, discutindo os danos e os benefícios causados por ela no nosso dia a dia. Adicionalmente, a abordagem emprega experimentos presenciais e virtuais para aprimorar o aprendizado, permitindo que os estudantes apliquem os conceitos da Física de Partículas em suas vidas diárias (De Moraes, 2020).

A ideia de construir uma câmara de nuvens utilizando um sistema de refrigeração por compressão apresenta diversas vantagens. Uma das características é a grande área de observação dos traços, o que torna possível uma melhor visualização das partículas subatômicas. Ademais, a automação da refrigeração sem a necessidade de manutenção periódica é uma vantagem significativa, uma vez que assegura o funcionamento contínuo da câmara com maior praticidade e segurança.

Outro ponto positivo é a maior duração das demonstrações, que podem se estender por horas, permitindo uma melhor experiência e interação dos visitantes com o equipamento. A configuração do sistema de refrigeração por compressão é mais vantajosa e adequada para

ambientes de ensino não formal, como museus de ciências e laboratórios de ensino (Silva e Laburú, 2019). Quando uma partícula eletrizada (por exemplo, partículas alfas, beta, prótons, múons) interage com a mistura gasosa, desprende elétrons das moléculas do gás via forças eletrostáticas durante as colisões e o resultado é uma trilha deixada pelas partículas do gás ionizadas por onde a partícula passou. Conforme a figura 2 abaixo:

**Figura 2:** Partícula de alta energia não sofre desvio durante sua trajetória devido a sua alta energia

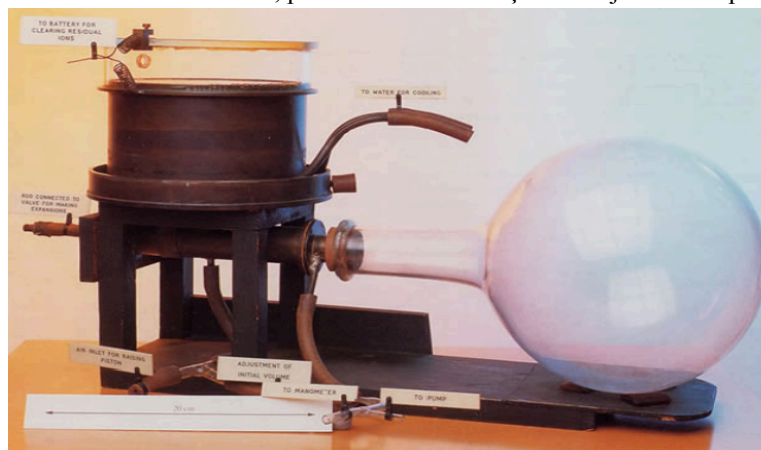


**Fonte:** Schipp (2018).

De acordo com Schipp (2018) os íons resultantes atuam como um centro de condensação em torno do qual uma série de pequenas gotículas se formará se a mistura gasosa estiver no ponto de condensação. Essas gotículas ficam então visíveis, criando um rastro dessa “nuvem” de gotículas por onde passam as partículas, que dura vários segundos enquanto caem no vapor. Essas trilhas têm um formato único. Por exemplo, as trajetórias das partículas alfa, são espessas e retas, enquanto as trajetórias dos elétrons são fracas e mostram mais evidências de deflexão devido a colisões.

Castro (2005), publicou o artigo relatório final de instrumentação para ensino. Em que o objetivo foi recriar a experiência pioneira da física de partículas: a câmara de nuvens, como instrumento para a visualização e o estudo das partículas subatômicas, desenvolvendo um instrumento didático para a compreensão dos conceitos físicos, conforme figura 3:

**Figura 3:** A câmara de Nuvens de Wilson, pioneira na visualização de trajetórias de partículas ionizantes



**Fonte:** Castro (2005).

A metodologia aconteceu em três momentos: primeiro foram feitos estudos sobre visualização em câmara de nuvens. Isso motivou a refletirem sobre os requisitos ideais para a

formação da nuvem. Segundo, foi feita uma revisão de Literatura para melhorar o experimento, o que resultou em dados importantes, como a utilização de metanol em montagens e a relevância do aquecimento do topo da câmara para aumentar a altitude da nuvem. Por último, levando em consideração os dados obtidos no teste preliminar e na revisão da literatura, foram realizadas modificações, criando uma câmara de nuvens mais resistente e apropriada para apresentações públicas e educacionais.

Os testes com a nova montagem da caixa de vapor mostraram resultados mistos. No primeiro teste, o equilíbrio desejado foi rapidamente alcançado, permitindo a visualização das partículas, mas no segundo teste, não conseguiu atingir a condição ótima devido a uma chuva intermitente que reduziu a definição das trajetórias. A falta de boas condições de funcionamento da câmara limitou a capacidade de realizar análises aprofundadas das características das partículas de radiação atmosférica. Isto limitou o uso de câmeras a exposições básicas e não permitiu observações mais extensas, como as feitas pelos pioneiros dos raios cósmicos. Apesar das limitações, este projeto foi considerado uma experiência útil e uma contribuição para as ferramentas do ensino de física nas universidades. A câmara de nuvens desenvolvida pode ser usada para algumas demonstrações de treinamento no futuro.

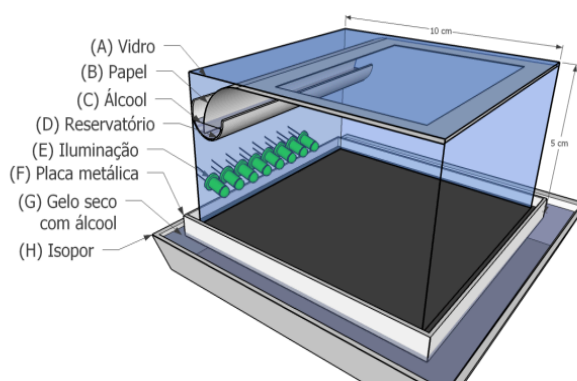
### 3 METODOLOGIA

Neste estudo, realizou-se uma revisão bibliográfica descritiva e narrativa na base de dados do Google Acadêmico e dos periódicos da CAPES, com o objetivo de identificar pesquisas que abordassem o tema "Câmara de nuvens", no período de 2011 a 2023, com enfoque em atividades experimentais, e propostas didáticas com aplicações para o ensino de Física. Ao final, incluiu-se 10 trabalhos neste estudo, sendo as pesquisas apresentadas em ordem cronológica. Devido às dificuldades em localizar artigos sobre a temática, foi incluído duas dissertações de mestrado e um capítulo de livro, pois a quantidade de artigos publicados nessa área é escassa.

### 4 ANÁLISE DOS ARTIGOS

Laganá (2011), em uma publicação na revista brasileira de Ensino de Física, com o artigo intitulado: "Estudo de raios cósmicos utilizando uma câmara de nuvens de baixo custo", realizou um estudo sobre os raios cósmicos, que objetivou comprovar a existência de partículas subatômicas, através da construção de uma câmara de nuvens, conforme a Figura 4:

**Figura 4:** modelagem 3D da câmara de nuvens



**Fonte:** Laganá (2011).

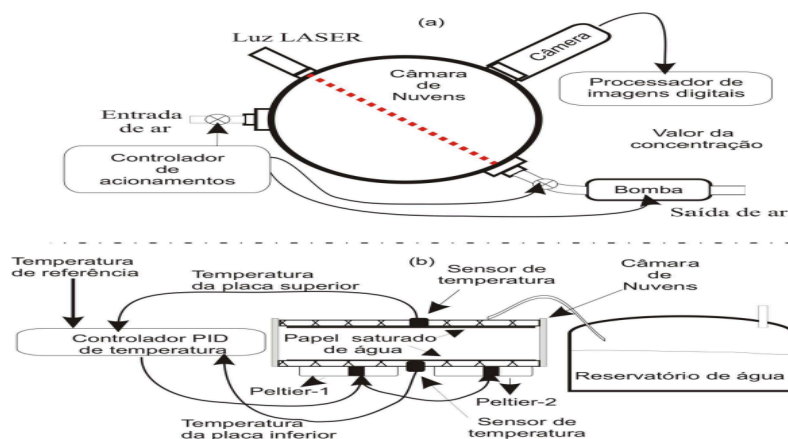


Com o experimento, foram obtidas imagens de raios cósmicos que permitiram visualizar e registrar as interações das partículas com o vapor supersaturado da câmara. No artigo, não há informações fornecidas que indiquem se foi aplicado no ensino médio. Devido à sua acessibilidade, é possível que seja adaptado para ser utilizado em contextos educacionais. Portanto, foi viável analisar os fenômenos classificados como partículas de baixa energia, elétrons ionizantes, prótons e partículas de alta energia, o que possibilitou compreender e classificar diferentes tipos de eventos observados, contribuindo para o conhecimento sobre as partículas elementares e os raios cósmicos.

No artigo publicado na revista controle e automação, descreveram um "sistema automático para a medição da concentração dos núcleos de condensação de nuvens por visão computacional"(Pinheiro et al, 2011). O objetivo do estudo foi propor um procedimento de análise de imagens que utilizasse técnicas de processamento digital para determinar o número de núcleos de condensação de nuvens em uma câmara de nuvens estática por difusão supersaturada de vapor de água. O artefato mencionado no estudo, foi construído com um tubo de 10,0 cm de diâmetro e 1,0 cm de altura, com suas paredes revestidas com material térmico e impermeável. Para alcançar uma supersaturação específica, foi obtido um gradiente de temperatura controlando a diferença de temperatura entre placas de alumínio localizadas nas extremidades superior e inferior do cilindro.

A placa inferior foi conectada a dois resfriadores estáticos (pastilhas Peltier), e o gradiente desejado foi mantido por meio de um controlador de temperatura do tipo PID (Proporcional, Integral e Derivativo). Folhas absorventes, fixadas nas placas de alumínio, foram umedecidas com água destilada de um reservatório para manter a umidade uniforme. O ar contendo os aerossóis a serem medidos foi introduzido na câmara através de uma bomba, e esta foi selada após desligar a bomba para atingir o equilíbrio, conforme a figura 5:

**Figura 5:** Diagrama esquemático, (a) vista superior da câmara de nuvens; (B) vista lateral.



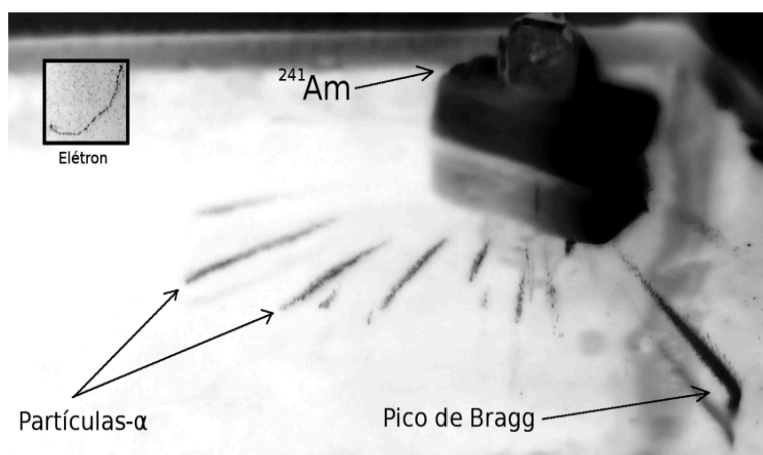
**Fonte:** Pinheiro et al (2011).

No entanto, o artigo não fornece informações sobre a aplicação do experimento com alunos. Conclui-se, que o sistema proposto para medição automática da concentração de núcleos de condensação de nuvens foi bastante eficiente. Além disso, a metodologia apresentada para determinar o volume de amostragem da câmara de nuvens, permitiu a construção de um sistema sem a necessidade de bancadas de calibração, contribuindo para a redução do peso, dimensões e consumo de energia do equipamento.

O artigo intitulado "Decaimentos nucleares em uma câmara de nuvens" (Laganá, 2013), publicado na Revista Brasileira de Ensino de Física, teve como objetivo o estudo de imagens de decaimentos alfa de uma fonte de Amerício 241, capturadas com uma câmara de

nuvens acessível financeiramente. A pesquisa, buscou explorar a análise dos dados para criar uma atividade de discussão de conceitos em física experimental, abordando tanto altas, quanto baixas energias, direcionada a estudantes universitários. O experimento foi realizado com alunos da graduação e foi reconhecido como uma atividade experimental excelente, proporcionando uma experiência prática e enriquecedora no processo de aprendizagem. Concluiu-se que essa prática experimental destacou a importância do aprendizado prático na compreensão de fenômenos nucleares, mostrando-se também como uma atividade educacional valiosa para promover o estudo de conceitos físicos, conforme a figura 6:

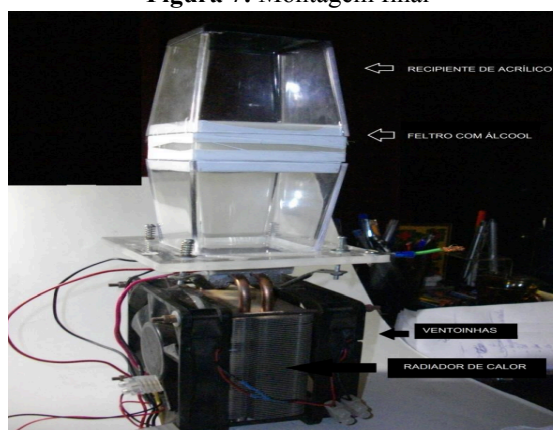
**Figura 6:** Partículas alfa oriundas de uma fonte de Amerício  $^{241}\text{Am}$  observadas em uma câmara de nuvens. No canto superior esquerdo, o traço deixado por um elétron.



Fonte: Laganá (2013).

No ano de 2014, D'Andrea no trabalho de dissertação de mestrado apresentado à Universidade Federal de São Carlos, um estudo com o título: Câmara de Wilson eletrônica para o auxílio na aprendizagem de Física moderna no ensino médio. O trabalho teve como propósito criar um recurso educacional para auxiliar no processo de ensino e aprendizagem de FMC ( Física moderna e contemporânea), especialmente em relação aos temas estrutura da matéria, radioatividade, raios cósmicos e partículas elementares. A câmara de Wilson criada, foi baseada no conceito da Câmara por Difusão, porém com ajustes para torná-la portátil, permitindo que seja levada para a sala de aula sem a necessidade de materiais complicados de encontrar, como gelo seco. Foi escolhido o álcool isopropílico como substância volátil devido à sua facilidade de obtenção no mercado e baixo custo, conforme a figura 7:

**Figura 7:** Montagem final



Fonte: D'Andrea (2014).

O artigo apresenta uma sugestão de atividade prática para a montagem de uma câmara de nuvens onde sua aplicação pode ser no ensino médio e superior, mas não foi aplicado em sala de aula, também traz uma sugestão de sequência didática para abordar conteúdos de física moderna. O estudo sugere que a construção desse instrumento didático pode facilitar o ensino de Física, embora exija esforço e interesse daqueles que desejam realizá-la. Além disso, espera-se que professores do ensino médio, estudantes de licenciatura e de graduação sintam-se incentivados a construir uma câmara de Wilson eletrônica e, possivelmente, aprimorar a proposta original. Concluiu-se que a câmara de Wilson é transportável, podendo ser utilizada em sala de aula e o professor poderá adaptar a qualquer conteúdo que envolva ao tema radioatividade.

Foi lançado no Caderno Brasileiro de Ensino de Física, o artigo com título "A Câmara de Nuvens: Uma Abordagem Integradora entre a Física Clássica e a Física Moderna" (Pinheiro, 2015). O objetivo do estudo era propor uma atividade que unisse a física clássica e moderna no ensino médio, utilizando uma câmara de nuvens como aparato experimental. O aparato foi incorporado no museu e aplicado em sala de aula durante discussões sobre eletrostática, especialmente sobre a estrutura atômica. Os alunos foram envolvidos em discussões históricas e epistemológicas sobre partículas elementares e interações fundamentais, utilizando a câmara de nuvens como instrumento para visualização e compreensão dos conceitos. Observou-se que os alunos demonstraram maior interesse e compreensão dos temas abordados, tanto nas atividades desenvolvidas quanto nas discussões em sala de aula.

O experimento com a câmara de nuvens proporcionou uma experiência prática e visual da interação de partículas carregadas com o vapor d'água na câmara, permitindo aos alunos observar e registrar os trajetos das partículas. Concluiu-se que a câmara de nuvens é um aparato experimental acessível e eficaz para ser utilizado em sala de aula, promovendo o interesse dos alunos, a compreensão dos conceitos discutidos e a contextualização do aprendizado no mundo atual. A integração entre os conteúdos propostos e a complexidade da ciência proporcionada pela câmara de nuvens refletiu a importância de abordagens práticas e históricas no ensino de física, estimulando o questionamento e a reflexão dos alunos sobre diversos temas relacionados à matéria e à cosmologia, conforme a figura 8:

**Figura 8:** Identificação de um evento de interação da radiação com a matéria



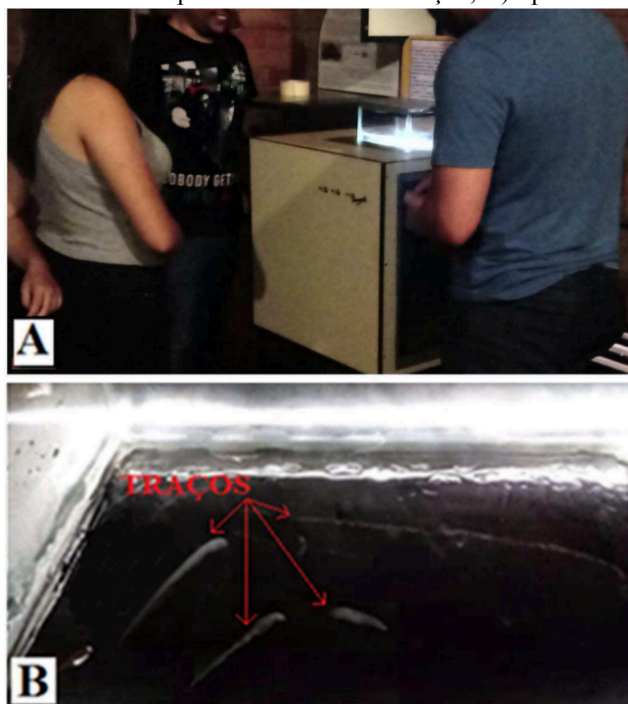
Fonte: Pinheiro (2015).

Em 2019, Silva e Laburú publicaram no Caderno Brasileiro de Ensino de Física um artigo intitulado "Uma Montagem de Câmara de Nuvens por Difusão para Museus de Ciências e Laboratórios Didáticos". O objetivo do estudo foi apresentar uma montagem de

câmara de nuvens por difusão para uso em museus de ciências, bem como em laboratórios didáticos de escolas, universidades e outros ambientes interessados. A proposta visou oferecer uma alternativa acessível e diferenciada em comparação com as câmaras de nuvens comerciais, considerando os custos elevados desses equipamentos.

A câmara de nuvens foi um experimento importante para o estudo da radiação e partículas elementares, capaz de evidenciar traços produzidos por partículas subatômicas. Ele foi apresentado em duas versões: uma operada por "difusão" e a outra por "expansão". A versão de difusão foi direcionada para fins educacionais e demonstrativos. Neste contexto, o estudo propôs uma montagem de uma versão de difusão diferenciada, com um sistema de refrigeração por ciclo de compressão, que ofereceu vantagens como uma ampla área de observação de traços, automação da refrigeração sem necessidade de manutenção e capacidade de realizar várias demonstrações. Esse tipo de câmara é adequado para exposição em ambientes de educação não formal, como museus de ciências, e pode representar uma alternativa mais acessível em comparação com as câmaras de nuvens comerciais, conforme a figura 9:

**Figura 9:** A) Câmara de nuvens operando mediante visitação; B) típicos resultados observados



Fonte: Silva e Laburú, 2019.

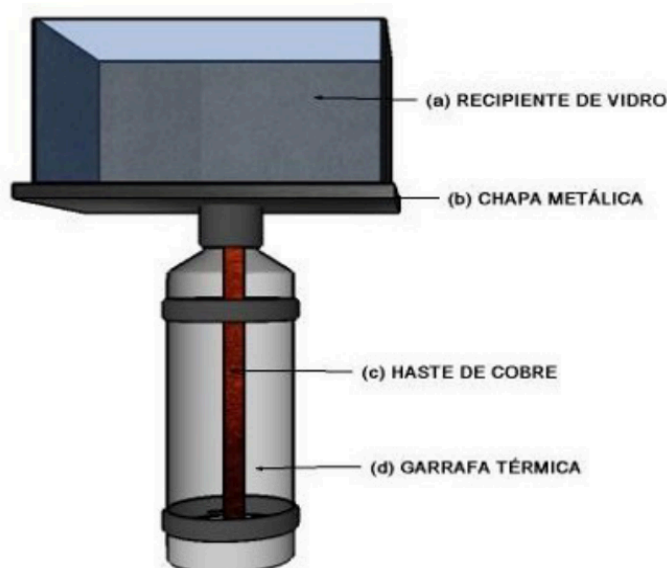
Além disso, o experimento foi aplicado com alunos de escolas públicas e privadas, tanto do ensino médio quanto do fundamental. Durante as visitas, um monitor ou estagiário foi orientado a repetir o procedimento de depósito de álcool e acionar a câmara toda vez que uma nova turma entra no salão, permitindo que os alunos interajam com o equipamento. Isso enriqueceu a relação entre as experiências dos visitantes no museu e o trabalho realizado na escola, contribuindo assim para o aprendizado dos conceitos científicos. Esse trabalho procurou contribuir com uma proposta acessível e diferenciada para os profissionais interessados.

Da Silva et al (2019) publicaram através da editora Atena, no livro "Contradições e Desafios na Educação Brasileira 2" (Guilherme, 2019), o capítulo do livro com o título: "Câmaras de Nuvens: Uma Proposta Experimental Didática". O objetivo do trabalho foi estudar as partículas subatômicas desde um panorama histórico da criação e desenvolvimento

atômico até o modelo atual em que as partículas elementares estão organizadas, e visualizar essas partículas fazendo e utilizando uma câmara semelhante à câmara de nuvens inventada por Charles Wilson em 1911.

O experimento foi realizado com materiais simples e baratos, substituindo o gelo seco por nitrogênio líquido, mais fácil de obter. A montagem do aparelho consistia em um recipiente de vidro revestido com couro camurça, apoiado em uma placa metálica conectada a uma haste de cobre, que foi concentrado em uma garrafa com nitrogênio. Quando o álcool foi adicionado à camurça, ele condensou devido à evaporação e ao resfriamento devido à condução da placa, formando uma camada supersaturada. Desta forma, era possível observar os vestígios deixados por partículas subatômicas como elétrons, prótons, múons e píons, que ionizaram moléculas de álcool ao passarem pela câmara de nuvens, conforme a figura 10:

**Figura 10:** Esboço da câmara de nuvens



**Fonte:** Silva et al (2019).

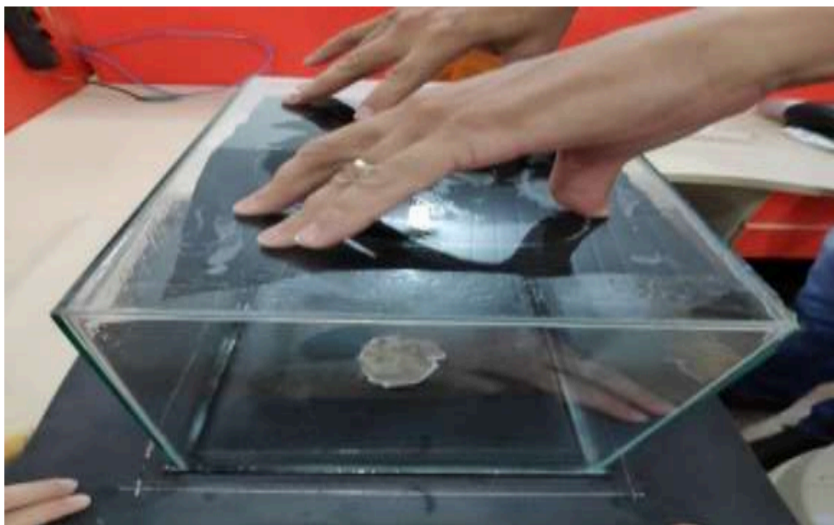
A conclusão do trabalho e do experimento apresentou uma oportunidade de estudar partículas subatômicas como os raios cósmicos de forma didática e experimental. A utilização da câmara de nuvens possibilitou a visualização e análise de partículas elementares, contribuindo para o ensino e pesquisa prática e de fácil acesso do átomo e seus componentes. Além disso, a montagem e o uso da câmara de nuvens proporcionaram aos alunos uma experiência de aprendizagem significativa que os ajudou a compreender os conceitos da física de partículas e do Modelo Padrão.

Em seu trabalho de mestrado dissertado ao Programa de Pós-Graduação da Universidade Federal de Mato Grosso, o trabalho intitulado: “Estudo de radiações ionizantes e não ionizantes utilizando como facilitador a câmara de nuvens caseira” (De Moraes, 2020), teve por objetivo, mostrar uma sequência de ensino utilizando experimentos de câmaras de nuvens para ensinar conceitos de física moderna, como radiação ionizante e não ionizante, modelos atômicos, etc.

De acordo com as informações fornecidas, a construção da câmara de nuvens caseira utilizou os seguintes materiais: utilização de uma caixa de acrílico, encaixes de PVC fixados com silicone em uma placa de alumínio, forrando o fundo com feltro, uma placa de metal com tamanho aproximado de 0,33m x 0,43m no fundo da caixa, álcool isopropílico, e nitrogênio líquido para resfriar a placa, conforme a figura 11:



**Figura 11:** Experimento Câmara de nuvens



**Fonte:** De Moraes (2020).

Dessa forma, a Câmara de Nuvens caseira foi montada a partir desses materiais, permitindo que os estudantes observassem e estudassem os conceitos relacionados à radiação ionizante. O experimento foi aplicado com alunos do ensino médio, com o objetivo de trabalhar conceitos de radiações e apresentar a Física Moderna e Contemporânea. As considerações finais foram: alguns fenômenos observados, como a radiação do corpo negro e sua temperatura, não eram explicados pela Física Clássica.

Com o surgimento da Física Moderna e Contemporânea, esses fenômenos puderam ser explicados, através da sequência didática proposta e, especialmente, da Câmara de Nuvens caseira e acessível (com custo de aproximadamente R\$ 200,00), foi possível observar, detectar e estudar os fenômenos radioativos, mostrando que era necessário apenas disponibilizar tempo e vontade para tornar conceitos tão abstratos palpáveis para os estudantes. O experimento foi capaz de despertar a curiosidade e o interesse dos estudantes em Física Moderna, mostrando a eles novas possibilidades e perspectivas de conhecimento, assim como, quebrar algumas barreiras existentes entre estudantes e conceitos abstratos, como os de radiações ionizantes e não ionizantes.

Foi lançado na Revista Brasileira de Ensino de Física, o artigo com o título “Câmara de nuvens como estratégia pedagógica para o ensino de raios cósmicos” (Cabral et al, 2022). O objetivo deste trabalho foi proporcionar aos alunos do ensino médio uma melhor compreensão do estudo dos raios cósmicos, construindo uma câmara de nuvens e utilizando-a para detectar esses fenômenos. A câmara foi construída por estudantes do ensino médio, sob orientação da professora, como parte de um projeto de inicialização científica, seguindo um modelo ideal e de baixo custo, conforme a figura 12:

**Figura 12:** Gelo e dissipadores e a câmara de nuvens construída



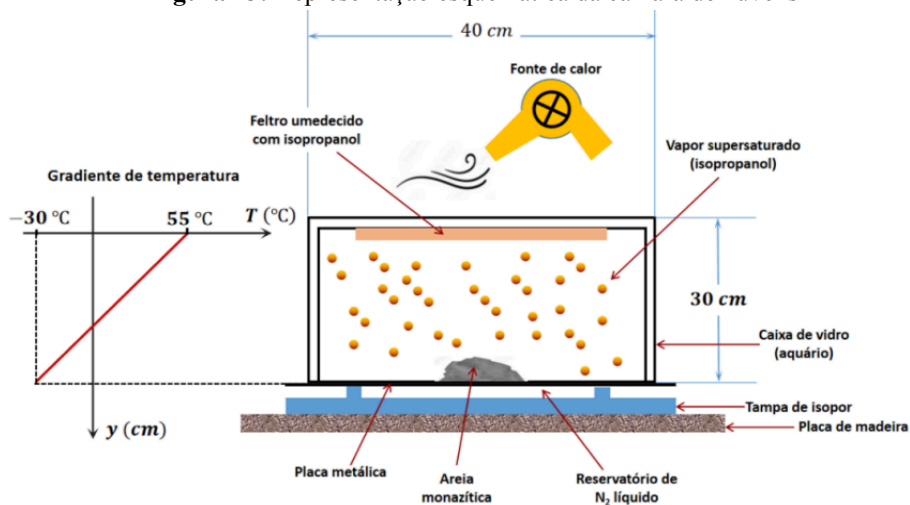
**Fonte:** Cabral et al, 2022.

Os resultados apresentados no trabalho foram obtidos pelos estudantes durante o projeto de iniciação científica. A professora do projeto apresentou as referências básicas sobre a temática, para os estudantes fazerem a construção da câmara de nuvens. Logo após a montagem, registraram a detecção dos raios cósmicos e analisaram os resultados. A amplificação do projeto e o avanço dos alunos envolvidos foram acompanhados pela orientadora quinzenalmente. A conclusão do trabalho destacou a importância da aprendizagem baseada em projetos e da construção da câmara de nuvens como estratégia pedagógica para o ensino de raios cósmicos.

De Moraes et al (2023), com o artigo intitulado "Estudo das Radiações por Meio da Câmara de Nuvem Caseira: Uma Proposta Facilitadora de Ensino de Física" publicado los *Cuadernos de Educación y Desarrollo*, teve como objetivo criar uma câmara de nuvens caseira, como principal instrumento para uma sequência didática, facilitando a compreensão dos conceitos de radiações ionizantes e não ionizantes, tornando conceitos abstratos palpáveis para os estudantes, permitindo-lhes associá-los ao seu cotidiano.

A construção do experimento foi detalhada no trabalho, com etapas que incluíram o uso de uma caixa de vidro (aquário), uma placa metálica com canaletas de PVC para sustentação, e o consumo de aproximadamente vinte litros de nitrogênio líquido durante cerca de 20 minutos para cada tentativa de registro dos rastros de condensação. A câmara de nuvens foi capaz de registrar rastros de partículas carregadas, provenientes de raios cósmicos e materiais radioativos, conforme a figura 13:

**Figura 13:** Representação esquemática da câmara de nuvens



Fonte: De Moraes, (2023)

O experimento da câmara de nuvens caseira, foi aplicado com alunos do 3º ano Técnico em Agropecuária, Integrado ao Ensino Médio A e B do Instituto Federal de Ciência e Tecnologia de Mato Grosso, durante doze aulas de cinquenta minutos cada, totalizando 10 horas de aplicação da sequência, ocorridas nos meses de outubro e novembro de 2019. Através da observação e questionários, foi possível perceber um crescimento dos estudantes, despertando curiosidade e interesse, e mostrando novas possibilidades e perspectivas de conhecimento. Outrossim, o trabalho visou promover a quebra de paradigma, permitindo aos estudantes irem além do entendimento e conhecimento de conceitos físicos, associando os malefícios e benefícios da radiação ao seu cotidiano.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Essa revisão pode ajudar a identificar lacunas no conhecimento, destacar descobertas importantes, fornecendo contribuições para pesquisas futuras nesse campo. Ao realizar uma revisão da literatura, você participa de uma discussão já em andamento e oferece novas perspectivas. A importância dessas pesquisas na área de física moderna é indiscutível, considerando sua escassez e a falta de abordagem desse conteúdo na educação básica.

No ensino superior, muitos alunos enfrentam dificuldades na compreensão dos conceitos físicos, tornando importante a aplicação de experimentos práticos para solidificar o aprendizado. Essa abordagem não apenas torna o conteúdo mais tangível, mas também instiga o pensamento crítico e promove uma compreensão mais profunda dos princípios físicos fundamentais.

Nesse sentido, o estudo de experimentos em Câmaras de Nuvens fornece informações valiosas sobre fenômenos fundamentais da física de partículas e suas interações. Ao observar e analisar os padrões deixados quando as partículas subatômicas interagem com a matéria, os pesquisadores podem entender melhor as propriedades e o comportamento destas partículas, bem como as forças que controlam o seu movimento. Este aprendizado é fundamental para melhorar a nossa compreensão da estrutura do universo e dos processos primordiais que o dominam. Dessa forma, a pesquisa não apenas contribui para a física teórica, mas também tem aplicações práticas em muitos campos, incluindo medicina, pesquisa espacial e segurança nuclear.



## REFERÊNCIAS

ARAÚJO, M. S. T; ABIB, M. L. V. S. **Atividades Experimentais no Ensino de Física:diferentes enfoques, diferentes finalidades.** Revista Brasileira de Ensino de Física, São Paulo, v.25, n.2, p.176-194, jun. 2003.

BINSFELD, S. C.; AUTH, M. A. **A experimentação no ensino de ciências da educação básica: constatações e desafios.** Encontro nacional de pesquisa em educação em ciências, v. 8, p. 1-10, 2011.Disponível em: <https://pt.scribd.com/document>. Acesso em 27 abr. 2024.

BOITO, Diogo Rodrigues. Estudo esclarece questão-chave da física de partículas. [Depoimento]. **Agência FAPESP**, n. 11 janeiro de 2024. online, 2024.Disponível em <https://agencia.fapesp.br/estudo-esclarece-questao-chave-da-fisica-de-particulas/50610>. Acesso em 25 mar. 2024.

CABRAL, RBS, FERREIRA, GC, DE MENDONÇA, JG, & DE SOUZA, SEHT. **A câmara de nuvens como estratégia pedagógica para o ensino de raios cósmicos.** Revista Brasileira de Ensino de Física,São Paulo, v. 44, p. e20210397, 22 de março de 2022.

CASTRO, Nataly Horner Hoe de. **Relatório final de instrumentação para o ensino.** 29 de novembro de 2005. Relatório final. Universidade Estadual de Campinas.São Paulo. 2005. Disponível em: [https://sites.ifi.unicamp.br/lunazzi/files/2014/04/NatalyH-Jun\\_RFv3.pdf](https://sites.ifi.unicamp.br/lunazzi/files/2014/04/NatalyH-Jun_RFv3.pdf) Acesso em 20 Fev. 2024.

D'ANDREA, Alexandre Dimas Queiroz. **Câmara de Wilson eletrônica para o auxílio na aprendizagem de física moderna no ensino médio.** 2014.n.128. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de São Carlos.São Carlos.2014.

DA SILVA, L. M. Pinto, P. H., Lopes, J. M. F. Demétrio, L. F.,& Karia, F. T. **Câmara de nuvens: uma proposta experimental didática.** In: GUILHERME, William Douglas. **Contradições e Desafios na Educação Brasileira.** 2a edição. Ponta Grossa, PR: Editora Atena.2019 cap 19, p.202-210. Disponível em: <https://atenaeditora.com.br/catalogo/ebook/contradicoes-e-desafios-na-educacao-brasileira-2> . Acesso em: 15 de jan. 2024.

DUARTE DE ANDRADE, Rodrigo Ronelli. **Avaliação de Atividades Experimentais no Ensino de Física: uma revisão.** Revista do Professor de Física, [S. l.], v. 6, n. 1, p. 33–45, 2022.

DE MORAES, D. V. BORGES Júnior, A. G., de Brito, B., Nakaema, W. M., & Souza, A. A. (2023). **Estudo das radiações por meio da câmara de nuvens caseira: uma proposta facilitadora de ensino de física.** *Cuadernos De Educación Y Desarrollo*, 15(8), 6969–6986. Disponível em: <https://doi.org/10.55905/cuadv15n8-009>. Acesso em: 30 mar. 2024.

DE MORAES, Devacir Vaz. **Estudo de radiações ionizantes e não ionizantes utilizando como facilitador a câmara de nuvens caseira.** 122 f. 22 jun. 2020. Dissertação (mestrado profissional) - Universidade Federal de Mato Grosso.Barra do Garças.Mato Grosso.2020.

DE OLIVEIRA PEREIRA, Denis Rafael; AGUIAR, Oderli. **Ensino de física no nível médio: tópicos de física moderna e experimentação.** Revista Ponto de Vista, Minas Gerais.

v. 3, n. 1, p. 65-81, 2006.

FAUTH, Anderson Campos; GROVER, Artur Chiaperini; CONSALTER, Daniel Martelo. **Medida da vida média do múon**. Revista Brasileira de Ensino de Física, São Paulo, v. 32, p. 4502-14502-7, Dez. 2010.

GUILHERME, William Douglas. **Contradições e Desafios na Educação Brasileira**, Ponta Grossa, PR: Editora Atena, 2019.

HIGA, Ivanilda; OLIVEIRA, Odisséa Boaventura de. **A experimentação nas pesquisas sobre o ensino de Física: fundamentos epistemológicos e pedagógicos**. Educar em revista, Curitiba, n. 44, p. 75-92, 1 jun. 2012.

LAGANÁ, Caio. **Estudo de raios cósmicos utilizando uma câmara de nuvens de baixo custo**. Revista Brasileira de Ensino de Física, São Paulo, v. 33, p. 3302, set. 2011.

LAGANÁ, Caio. **Decaimentos nucleares em uma câmara de nuvens**. Revista Brasileira de Ensino de Física, São Paulo, v. 35, p. 3314, Set. 2013.

LEITE, Bruno Silva. **A experimentação no ensino de química: uma análise das abordagens nos livros didáticos**. Educación química, México, v. 29, n. 3, p. 61-78, ago. 2018.

MARANDINO, Martha; SELLES, Sandra Escovedo; FERREIRA, Marcia Serra. **Ensino de Biologia: histórias e práticas em diferentes espaços educativos**. São Paulo, p. 215. 2009.

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

PINHEIRO, Lisiane Araujo. **A câmara de nuvens: uma abordagem integrada entre a Física Clássica e a Física Moderna**. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 32, n. 2, p. 517-528, ago. 2015.

PINHEIRO, Francisco Geraldo de Melo; CORTEZ, Paulo Cesar; MOTA, João Cesar Moura. **Sistema automático para a medição da concentração dos núcleos de condensação de nuvens por visão computacional**. Sba: Controle & Automação Sociedade Brasileira de Automática, Ceará, v. 22, p. 296-307, jun. 2011.

PINHO ALVES FILHO, J. **Regras Da Transposição Didática Aplicadas ao Laboratório Didático**. Caderno Catarinense de Ensino de Física, Santa Catarina, v. 17, n. 2, p. 174-188, ago.2000.

SCHÄFFER, Décio; SCHUMACKER, Francine Kohls; ORENCO, Gilberto. **Uma introdução à Física de Partículas para o Ensino Médio: uma tradução adaptada do texto de Bettelli, Bianchi-Streit e Giacomelli**. Revista Brasileira de Ensino de Física, São Paulo, v. 42, p. e20200018, maio. 2020.

SCHIPP, Tiago. **Uma aproximação para o estudo da radioatividade na disciplina de física no ensino médio**. 5. dez. 2018. Trabalho de conclusão. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul, Campus Bento Gonçalves. 2018.

SÉRÉ, M.G.; COELHO, S. M. NUNES, A. D. **O Papel Da Experimentação No Ensino Da Física**. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, Santa Catarina, v. 20, n. 1, p. 30–42, jan, 2003.

SILVA, Osmar Henrique Moura; LABURÚ, Carlos Eduardo. **Uma montagem de câmara de nuvens por difusão para museus de ciências e laboratórios didáticos**. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, Santa Catarina, v. 2, pág. 514-528, ago. 2019.

SUART, R. C.; MARCONDES, M. E. R. **Atividades experimentais investigativas: habilidades cognitivas manifestadas por alunos do Ensino Médio**. Em: ENCONTRO NACIONAL DE ENSINO DE QUÍMICA, 14, Curitiba, 2008.

ZOMPERO, Andreia Freitas; LABURÚ, Carlos Eduardo. **Atividades investigativas no ensino de ciências: aspectos históricos e diferentes abordagens**. Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte), v. 13, p. 67-80, dez. 2011.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pela minha vida, e por me permitir ultrapassar todos os obstáculos encontrados ao longo do curso, que até parecia impossível, mas não me fizeram desistir.

Agradeço a minha família, meus pais Edizio e Mãe Jane e minhas Irmãs Monique e Rubênia, por toda dedicação, apoio e amor durante toda essa trajetória. E também aos demais familiares que sempre estiveram presentes na minha vida.

Agradeço à minha orientadora, Ruth Brito de Figueiredo Melo, por ter tido muita paciência e compreensão em me guiar nesse trabalho tão importante, me apoiando e incentivando na minha pesquisa, assim como os membros da banca examinadora, professora Raissa Maria Pimentel Neves e professor Jean Paulo Spinelly da Silva por terem me dado o privilégio de tê-los nesse momento tão especial e colaborando para o meu trabalho. Como também aos demais professores do curso por todos os ensinamentos transmitidos.

Agradeço também a Millena e sua Mãe que me deram todo suporte necessário de moradia para eu dormir na casa delas durante esses cinco anos de curso, e por me tratarem como da família, sem a ajuda de vocês teria sido mais difícil esse trajeto.

Agradeço também às minhas amigas que sempre me apoiaram e aconselharam nessa trajetória, ao qual cito Gesair, Eduarda e Cananda. As amigas de curso que Deus me presenteou, ao qual cito minha dupla Anafaby, Evelin e Vitória por vivenciarem todos os desesperos do curso e tornarem os dias mais leves. E aos colegas de sala que se fizeram presentes durante todos esses anos. A Cris da coxinha, por todo apoio e amor no seu estabelecimento, lá ninguém fica triste. E aos meus animais que sempre me confortaram durante horas e horas de estudo.

E a todos que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho.

Agradeço também a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES), pela pesquisa em seus periódicos.