

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA

THAUÃ LIMA BARCELLOS AVEIRO

**DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA: A FÍSICA DE ALTAS ENERGIAS PARA ALUNOS DO
ENSINO BÁSICO**

**Bagé
2021**

THAUÃ LIMA BARCELLOS AVEIRO

**DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA: A FÍSICA DE ALTAS ENERGIAS PARA ALUNOS DO
ENSINO BÁSICO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Licenciatura em Física da Universidade Federal do Pampa, como requisito parcial para obtenção do Título de Licenciado em Física.

Orientador: Margarida Maria Rodrigues Negrão

Coorientador: Mauro Sérgio Góes Negrão

Ficha catalográfica elaborada automaticamente com os dados fornecidos
pelo(a) autor(a) através do Módulo de Biblioteca do
Sistema GURI (Gestão Unificada de Recursos Institucionais).

A368d Aveiro, Thauã Lima Barcellos

Divulgação Científica: A Física de Altas Energias
para alunos do ensino básico / Thauã Lima Barcellos
Aveiro.

71 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) --
Universidade Federal do Pampa, FÍSICA, 2021.

"Orientação: Margarida Maria Rodrigues Negrão".

1. Divulgação Científica. 2. Física de Altas
Energias. 3. Seminários remotos. 4. Educação
Científica. 5. Ensino Médio. I. Título.



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
Universidade Federal do Pampa

THAUÃ LIMA BARCELLOS AVEIRO

**DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA: A FÍSICA DE ALTAS ENERGIAS PARA ALUNOS DO ENSINO
BÁSICO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Licenciatura em Física da Universidade Federal do Pampa, como requisito parcial para obtenção do Título de Licenciado em Física.

Trabalho de Conclusão de Curso defendido e aprovado em: 07 de outubro de 2021.

Banca examinadora:

Prof. Dra. Margarida Maria Rodrigues Negrão

Orientadora
UNIPAMPA

Prof. Dr. Edson Massayuki Kakuno

UNIPAMPA

Prof. Dr. Pedro Fernando Teixeira Dorneles

UNIPAMPA



Assinado eletronicamente por **PEDRO FERNANDO TEIXEIRA DORNELES, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 14/10/2021, às 21:48, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.



Assinado eletronicamente por **EDSON MASSAYUKI KAKUNO, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 14/10/2021, às 22:11, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.



Assinado eletronicamente por **MARGARIDA MARIA RODRIGUES NEGRAO, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 15/10/2021, às 19:32, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.unipampa.edu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **0639968** e o código CRC **89D96128**.

Referência: Processo nº 23100.015445/2021-02 SEI nº 0639968

AGRADECIMENTO

Agradeço aos meus familiares por todo apoio, incentivo e conforto durante minha trajetória acadêmica, em especial minha mãe Naira Regina Lima Barcellos Aveiro, minha irmã Tanane Lima Barcellos Aveiro, meu irmão Talisson Lima Barcellos Aveiro, meu pai Valmir Barcellos Aveiro e avós Enir Barcellos Aveiro e Ecilda Garcia. Aos colegas de curso e melhores amigos que fiz durante minha graduação, especialmente à Jéssica Vaz que me suportou e apoiou nos desesperos durante as provas, trabalhos e seminários, como também aos demais amigos pelos momentos de risadas e descontrações nos intervalos de aula, além dos fortes laços de amizade que construí com esses fora de vida acadêmica e tornaram minha vida mais leve e alegre. Obviamente, não poderia faltar todo pessoal frequentador da 1207, onde ouvi grandes conselhos relacionados a vida acadêmica, ajuda com os estudos e além, claro, pelas risadas e piadas. Grandes amizades que sempre levarei no meu coração.

Também agradeço a todos os professores que tive o imenso prazer de tê-los como meus educadores na graduação. Especialmente aos professores Edson Kakuno e Pedro Dorneles, que sempre estiveram dispostos a ajudar, seja qual fosse a situação, além dos seus ensinamentos. Sempre serão exemplos de profissionais para mim. À minha orientadora e coorientador, Margarida Maria Rodrigues Negrão e Mauro Sérgio Góes Negrão, que me acolheram e se disponibilizaram quando os procurei meio perdido, para estudar sobre Física de Partículas, e me encaminharam até aqui. Sem eles, este trabalho não teria acontecido, muito obrigado!

Agradeço a todos os professores que passaram por mim enquanto estudante do ensino básico, especialmente a Adriane Griebeler, que foi a principal influência no meu ingresso num curso de física quando passei pelo ensino médio. Foi a responsável por me abrir os olhos à ciência, e agradecerei eternamente por isso.

Enfim, agradeço por todos aqueles que de uma forma ou outra participaram deste percurso da minha vida ao meu lado. Todo apoio, conforto e ombros amigos foram muito importantes ao longo desta jornada da minha vida. Muito obrigado!

RESUMO

No presente trabalho é desenvolvida uma pesquisa com alunos do ensino médio por meio da aplicação de formulários e seminários remotos envolvendo divulgação científica. Com foco em inserir conceitos da Física de Altas Energias nas escolas, este trabalho tem como objetivo investigar qual o nível do protagonismo que a divulgação científica através de seminários expositivos remotos pode alcançar. A pesquisa foi realizada em duas partes, com a aplicação de duas apresentações envolvendo um par de questionários pré e pós-seminário, formados por perguntas idênticas, sobre o tema em foco. A ideia chave está nos seus momentos de aplicação, visto que um é empregado antes de iniciar a apresentação, e outro após o término desta. Esse foi um mecanismo proposto para que se consiga avaliar qual o impacto da divulgação científica por seminários, apresentados a um grupo de alunos do ensino médio de diversas escolas locais matriculados no Curso pré-vestibular Simplifica, onde foi realizada a pesquisa. Comparando respostas e identificando qual foi o grau de desconstrução e acréscimo de conhecimento dos assuntos após a aplicação das ações foi possível medir o impacto provocado no grupo investigado.

Palavras-chave: Divulgação Científica. Física de Altas Energias. Seminários remotos. Educação Científica. Ensino Médio.

ABSTRACT

The present work develops a research with high school students through the application of forms and remote seminars involving scientific dissemination. Focusing on introducing concepts of High Energy Physics into schools, this work aims to investigate what level of prominence scientific dissemination through remote expository seminars can achieve. The research was carried out in two parts, with the application of two presentations involving a pair of pre- and post-seminar questionnaires, formed by identical questions, on the topic in focus. The key idea was centered in its application moments, as one was used before the presentation started, and the other after the presentation ended. This mechanism was proposed in order to assess the impact of scientific dissemination through seminars, presented to a group of high school students from various local schools, who are enrolled in the Simplifica pre-university course, where the research was carried out. Comparing responses and identifying the degree of deconstruction and increased knowledge of such issues after the actions took place, it was possible to measure the impact caused on the investigated group.

Key-words: Scientific dissemination. High Energy Physics. Remote seminars. Scientific education. High school.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Relação de partículas elementares	22
Figura 2 – Gráficos comparativos entre as respostas na questão 1 seminário 1	33
Figura 3 – Gráficos comparativos entre as respostas na questão 2 seminário 1	34
Figura 4 – Gráficos comparativos entre as respostas na questão 3 seminário 1	34
Figura 5 – Gráficos comparativos entre as respostas na questão 1 seminário 2	40
Figura 6 – Gráficos comparativos entre as respostas na questão 2 seminário 2	40
Figura 7 – Gráficos comparativos entre as respostas na questão 3 seminário 2	41

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Etapas do desenvolvimento do projeto	27
Tabela 2 – Respostas dos alunos no formulário pré-seminário 1	31
Tabela 3 – Respostas dos alunos no formulário pós-seminário 1	32
Tabela 4 – Respostas dos alunos no formulário pré-seminário 2	37
Tabela 5 – Respostas dos alunos no formulário pós-seminário 2	38

LISTA DE ABREVIATURAS

Q1 – Questão 1

Q2 – Questão 2

Q3 – Questão 3

LISTA DE SIGLAS

BNCC – Base Nacional Comum Curricular

PCN – Parâmetros Curriculares Nacionais

CAPES – Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior

CERN – European Organization for Nuclear Research

FERMILAB – Fermi National Accelerator Laboratory

QCD - Quantum Chromodynamics

SI – Sistema Internacional de Unidades

LHC – Large Hadron Collider

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
1.1	Dos objetivos	16
1.1.1	Objetivos gerais	16
1.1.2	Objetivos específicos	16
2	DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA E FÍSICA DE PARTÍCULAS	18
2.1	O Referencial Bibliográfico	18
2.2	A Divulgação Científica	19
2.3	A Física de Partículas	20
2.4	A Divulgação científica da Física de Partículas	22
3	METODOLOGIA	24
3.1	Procedimentos metodológicos	24
3.1.1	Metodologia de desenvolvimento da pesquisa	24
3.1.2	Instrumentos de pesquisa	27
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	29
4.1	Respostas obtidas referentes ao primeiro seminário	30
4.2	Respostas obtidas referentes ao segundo seminário	35
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	42
	REFERÊNCIAS	44
	APÊNDICES	46

1 INTRODUÇÃO

Embora a humanidade já tenha conhecimento acerca da natureza do átomo há mais de um século e o estudo das partículas elementares tenha iniciado pela década de 30 do século passado, o termo Modelo Padrão, só surgiu na década de 1970. Até meados da década de 1950, a investigação no tema das partículas foi realizada com a utilização de raios cósmicos como fonte. Os aceleradores de partículas posteriormente ocuparam esse lugar e, na última década, ganharam espaço nos noticiários graças a detecção de partículas que permitiram confirmar Modelos com mais de cinquenta anos, como o que previa a existência do bóson de Higgs, cuja descoberta representa o evento recente que trouxe o tema da Física de Partículas para o convívio da sociedade e despertou o interesse no assunto. O número de livros, filmes e seriados que discutem as repercussões dos experimentos realizados nos aceleradores de partículas parece crescer ano após ano. Suas abordagens envolvem de religião a viagens no tempo, levantando discussões éticas e sociais, mas também abrindo espaço para um mergulho desconcertante em abordagens questionáveis e pseudocientíficas. Como a Física abordada nas disciplinas regulares dos cursos de Graduação possui um caráter mais Clássico e mais associado a Física de Baixas Energias, o conteúdo abordado por elas costuma se distanciar daquilo que é frequentemente exibido nos noticiários de caráter de divulgação científica, ficando este restrito as disciplinas eletivas. Dentro dos cursos de Licenciatura a abordagem do tema se mostra de extrema relevância mediante a percepção de vários cientistas de que a divulgação científica deve ficar majoritariamente por conta do licenciado em seu ambiente profissional e, portanto, sua qualificação na abordagem consistente do tema se faz necessária. Em seu texto, a Base Nacional Comum Curricular (BNCC), cita diversas vezes a utilização da divulgação científica como ferramenta integradora de saberes desde o Ensino Fundamental. Embora não seja utilizado o termo divulgação científica explicitamente, os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) estimulam o compartilhamento dos saberes científicos em diversos momentos. A Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional, no inciso IV do artigo 43 do capítulo IV determina que, uma das finalidades da educação superior é promover a divulgação de conhecimentos culturais, científicos e técnicos (BRASIL, 1996)

Esta proposta de trabalho é uma consequência do projeto “Quadro de Divulgação de Física”, iniciado em março de 2018 com o objetivo de promover a divulgação científica de temas associados a Física de Altas Energias e Cosmologia no campus Bagé. Após o interesse ter sido despertado em um grupo de licenciandos do curso de Física, nasceu a proposta de formar um grupo de estudos em Física de Altas Energias com o objetivo de promover a divulgação do tema junto a todos os que tivessem o interesse despertado.

Na primeira fase deste trabalho, estabeleceu-se a proposta de elaborar um levantamento bibliográfico no tema da divulgação científica e uma investigação local sobre a familiaridade de professores de várias áreas do conhecimento tanto sobre o tema da divulgação quanto sobre a Física de Partículas. O resultado do questionário investigativo levou à conclusão de que seria pouco produtiva a ação de divulgação científica desvinculada de alguma dose de educação científica. Embora vários docentes tenham respondido positivamente às perguntas relativas:

- a existência de projetos de divulgação científica nas escolas em que atuam e/ou nas universidades onde realizaram seus processos formativos;
- ao interesse em colaborar com projetos de divulgação científica em suas escolas.

Foi, também, bastante significativo o número de respondentes que admitiram nunca ter tido contato com o tema de Física de Altas Energias e/ou não saber como inserir o assunto em suas práticas pedagógicas.

Com o objetivo de incorporar os resultados obtidos nessa segunda etapa, foram propostos dois seminários com temas envolvendo física de partículas, para que fossem aplicados com um grupo de alunos do ensino básico. As ações foram realizadas em formato remoto, devido a continuidade da necessidade de imposição de regras de distanciamento social provocadas pela pandemia da COVID-19. Elas contaram com o apoio de professor mediador e foram dirigidas a alunos do ensino médio. Foram elaboradas questões pré e pós-apresentação, para uma possível análise do impacto daquele formato de ação de divulgação científica nas impressões cognitivas dos alunos sobre o assunto.

No capítulo 2, serão delineados alguns conceitos sobre a evolução da Física de Partículas e sobre a Divulgação Científica, assim como o referencial bibliográfico adotado.

No capítulo 3, a metodologia utilizada para coleta de dados e informações através da pesquisa realizada é descrita, relatando a realização dos seminários e os formulários com questões pré e pós-apresentações.

No capítulo 4 são apresentados os resultados e discussões feitos a partir dos dados coletados, com a finalidade de analisar o impacto que a divulgação científica por seminário teve nas ideias primárias que os alunos tinham sobre Física de Altas Energias.

Por fim, no capítulo 5 estão as considerações finais deste trabalho, contextualizando ideias a partir dos resultados descritos no capítulo 4.

1.1 Dos objetivos

1.1.1 Objetivos gerais

Este trabalho tem como objetivo principal a utilização de tópicos relacionados à física de partículas em atividades não formais, para a criação de um ambiente de receptividade ao tema dentro de cenário de divulgação científica para alunos do ensino médio. Neste momento de pandemia e distanciamento social, que dificulta a execução de outras propostas mais interativas, o foco principal foi a aplicação da divulgação científica como forma de seminários para os alunos e também aplicando questões pré e pós-apresentação. As questões tiveram a função de investigar e comparar impressões cognitivas dos alunos antes e após as discussões dos tópicos propostos. A partir disso, foi possível realizar uma avaliação preliminar de qual a relevância imediata da divulgação científica dentro da escola na forma de seminário. Além das discussões, os alunos contaram com textos de apoio sobre os assuntos discutidos, produzidos pelo ministrante dos seminários com o amparo das devidas referências bibliográficas.

1.1.2 Objetivos específicos

- i. Divulgar a física de partículas através de seminários nas escolas para alunos do ensino médio;
- ii. Propiciar material de apoio em nível de ensino básico;

- iii. Analisar a importância da divulgação científica através dos resultados obtidos nas questões pré e pós-seminário, verificando as ideias dos alunos antes e após a aplicação do projeto.

2 DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA E FÍSICA DE PARTÍCULAS

Neste capítulo serão apresentadas algumas considerações sobre divulgação científica e sobre Física de Partículas. Será apresentado aqui um breve histórico da evolução da Física de Partículas a partir do século XX.

2.1 O Referencial Bibliográfico

A busca por referencial bibliográfico referente à divulgação científica associada ao tema de partículas elementares foi realizada junto ao Portal de Periódicos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), alguns sites de instituições de ensino superior, centros de pesquisa e ferramentas de busca em geral. Dentre as várias publicações constantes do Portal de Periódicos da CAPES há um vasto acervo de teses, artigos, resenhas, livros etc, algumas publicações foram selecionadas.

Os principais textos sobre o tema da divulgação utilizados no presente trabalho foram duas revisões sobre o emprego de textos de divulgação científica (BATISTELE, DINIZ, OLIVEIRA, 2018) e (FERREIRA, QUEIROZ, 2012) que forneceram um panorama bem vasto sobre o cenário brasileiro. Em (LONDERO, MOSINAHTI, 2015) foi possível delinear o cenário da pesquisa sobre o ensino de Física de Partículas. Em (HERSHBERGER, 2021) são apresentadas ações de divulgação bastante interessantes que costumam ser desenvolvidas no CERN (European Organization for Nuclear Research) e no FERMILAB (Fermi National Accelerator Laboratory).

No que concerne ao tema da Física de Partículas, alguns livros e materiais didáticos disponíveis para download foram selecionados e, mesmo os mais antigos e um pouco desatualizados, se mostraram de grande ajuda para traçar uma linha histórica sobre o tema. No presente trabalho não será apresentado um exame exaustivo sobre o histórico das partículas. O tema será apenas descrito em linhas gerais. As principais fontes de consulta para o traçado de uma perspectiva histórica foram os livros (CLOSE, 2004), (SOARES, BELICH, HELAYEL-NETO, 2018), (HODDESON, BROWN, RIORDAN, DRESDEN, 1997), (BALTHAZAR, OLIVEIRA, 2010) e (OSTERMANN, MOREIRA, 2000). Por ser um tema em constante evolução,

as notícias mais atualizadas sobre a Física de Partículas precisam ser retiradas dos sites dos principais aceleradores.

As próximas seções apresentadas neste capítulo serão baseadas em todo referencial bibliográfico descrito nesta seção, porém vale ressaltar que o texto apresentado é resultado de discussões do grupo e impressões próprias.

2.2 A Divulgação Científica

A divulgação científica é um tema de relevância crescente em nossa sociedade, seja ela realizada em espaços formais ou não formais. Por um lado, a proliferação de afirmações e a disseminação de “teorias” pseudocientíficas nas redes sociais vêm tomando proporções desconcertantes e o apelo atrativo de tais “pontos de vista” é surpreendente. Terraplanismo e terapias quânticas são exemplos clássicos desse movimento pseudocientífico. Ultimamente o enorme desconhecimento público sobre temas científicos tem contribuído significativamente para a elaboração de conjecturas bastantes bizarras associadas à Física.

Traduzir especificidades em uma linguagem acessível e estimular mentes de todas as faixas etárias a mergulhar nos encantos da ciência não deveria ser percebido como um fardo e sim como um privilégio. Várias afirmações equivocadas e conexões imprecisas proferidas pelo público leigo são de inteira responsabilidade da comunidade científica omissa em relação a divulgação da ciência, não somente na Física, que é o foco desse trabalho, mas em várias outras áreas, e todo esse cenário poderia ser, ao menos parcialmente, remediado se houvesse uma interlocução bem estabelecida entre universidade e público.

Desde a popularização da Mecânica Quântica, a proliferação crescente de inverdades e charlatanices quânticas é assombrosa. Abundam pessoas que a tratam como uma novidade, embora seja uma teoria centenária, e que a apliquem das formas mais grotescas. O tema das partículas e aceleradores também vem fornecendo bastante material para alimentar as mais variadas conjecturas. Apelidar o bóson de Higgs, por exemplo, como “partícula de Deus” para torná-la atraente e relevante ao público leigo, parece ser uma forma pouco prudente de levar a Física de Altas Energias ao dia a dia das pessoas. Mais do que despertar a curiosidade científica, ela atrai fanáticos de toda espécie. Ações simples junto ao público em

geral, como a explicação sobre os regimes de validade das teorias físicas vigentes, resolveria vários problemas associados a teses pseudocientíficas.

Há que se ter um cuidado especial com a linguagem utilizada na divulgação científica. Se ela for técnica demais e impregnada de termos de difícil compreensão, o público compreensivelmente se fechará e rejeitará as ações que forem propostas. Se a linguagem for banalizante demais, os temas potencialmente se perderão em folclore e superstição. Estabelecer o diálogo e despertar o interesse do público-alvo, desmistificando a imagem do cientista como dono absoluto da verdade são desafios constantes do praticante de ações de divulgação.

No Brasil, a divulgação científica na área de Física de Altas Energias ocorre mais comumente através de textos em revistas, jornais e blogs. As revistas variam de caráter, indo desde as mais especializadas, frequentemente preferidas por professores e estudantes de graduação, às mais informais, onde a linguagem tende a apresentar um caráter por vezes sensacionalista. Os jornais, infelizmente, limitam-se a escrever textos quase nunca revisados por profissionais e cheios de informações truncadas e/ou incompletas. Os blogs nacionais representam um campo em expansão e os documentários ainda são ausentes. Lamentavelmente a maior quantidade de material de divulgação encontrado sobre o tema das partículas ainda está em inglês, afastando o público leigo.

2.3 A Física de Partículas

Os conceitos associados ao átomo e ao seu interior tiveram uma grande evolução ao longo de todo o século XX e deste início de século XXI, alvo desta seção.

Ao longo da história sempre foi possível encontrar pessoas curiosas sobre os constituintes da matéria, independente das denominações dadas a eles no decorrer do processo. Os gregos antigos já especulavam sobre a natureza do átomo, que consideravam ser indivisível. Há pouco mais de cem anos, a humanidade ainda acreditava que o átomo era indivisível e impenetrável. Hoje, o tamanho do átomo é conhecido, assim como sua constituição (prótons, nêutrons e elétrons).

O conceito de elementar está associado à indivisibilidade e, ao longo da história, torna-se claro que a revisão da determinação da elementaridade das partículas está associada a energia das sondas utilizadas no processo de

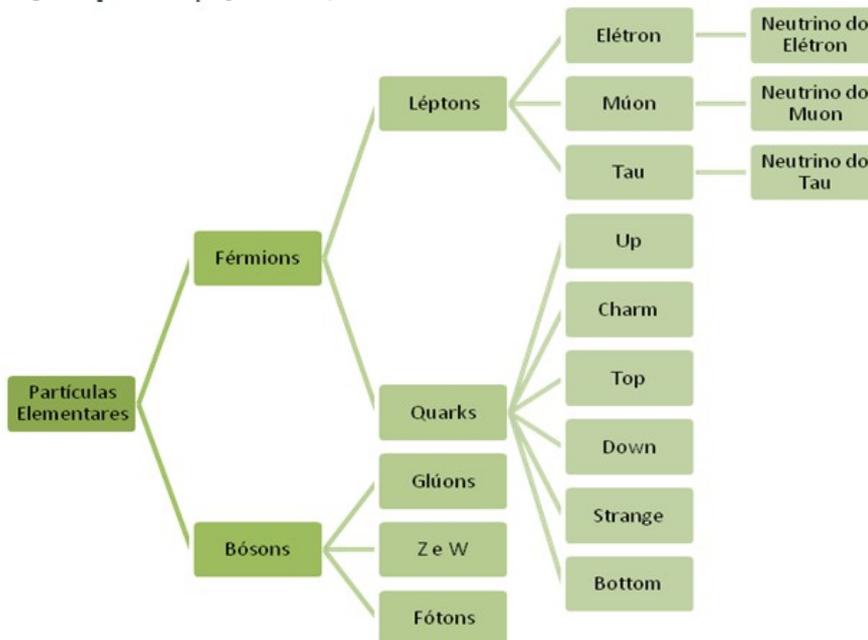
investigação dos constituintes da matéria. Quanto maior a energia envolvida no processo de detecção, mais profundamente ocorre a observação. Para que seja possível investigar dentro de comprimentos da ordem de 10^{-15} m, por exemplo, são necessárias sondas da ordem de Giga elétrons-volt (GeV).

A detecção das partículas chamadas elementares ocorre nos aceleradores de partículas desde a década de 1950. As energias envolvidas nos processos de investigação têm aumentado incrivelmente desde então, permitindo a descoberta de todo um universo de objetos, dentre eles, os quarks. Desde 1968 sabe-se que tanto o próton quanto o nêutron são partículas compostas por três quarks. A partir da década de 1950, o aumento crescente das energias envolvidas nos experimentos com os aceleradores permitiram que várias partículas fossem descobertas.

As forças que regem as interações são: a gravidade, que é uma força atrativa e regida pelas leis de Newton; o eletromagnetismo, que mantém a coesão do átomo; a força nuclear fraca, que é responsável pelos efeitos radioativos e a força nuclear forte, que atua diretamente nos quarks. Recentemente foi anunciada a possibilidade de existência de uma quinta força associada aos múons, porém até o momento permanece o cenário de quatro forças fundamentais.

Em uma das várias classificações possíveis, as partículas passaram a ser agrupadas como léptons (elétron, múon, tau, neutrinos e suas antipartículas), quarks (componentes dos hádrons) e bósons (mediadores das interações). Os hádrons são subdivididos em bárions e mésons. Grosso modo, os bárions são hádrons compostos por combinações de três quarks (ou três antiquarks) e os mésons por combinações de quark e antiquark. Vale lembrar que não há uma classificação melhor ou pior, há a classificação mais conveniente para o cenário a ser trabalhado naquele momento.

Figura 1 – Relação de partículas elementares



Fonte: Autor (2021)

A utilização da Teoria de Grupos em Partículas Elementares na década de 1960 favoreceu bastante a classificação dos objetos detectados nos aceleradores e a predição de novas partículas a partir associação entre os números quânticos das partículas e as representações dos grupos. A proposta de uma invariância dos eventos mediante as simetrias dos grupos de Lie permitiu o estabelecimento de toda uma lógica organizacional no universo das partículas.

Na década de 1970 foi proposto o Modelo Padrão, para explicar as interações da matéria. Ele agrupa as forças eletromagnética, forte e fraca. O setor do Modelo padrão que descreve as interações entre os quarks (a força forte) é chamado de Cromodinâmica Quântica (QCD em inglês). A unificação das forças fraca e eletromagnética é chamada de força eletrofraca. Embora possua vários parâmetros livres, o Modelo Padrão ainda é o melhor mecanismo de descrição das interações elementares até hoje.

2.4 A divulgação científica da Física de Partículas

No mundo inteiro há poucos países que inserem a Física de Partículas em seus currículos escolares como conteúdo regular. Na maior parte dos casos, este torna-se um capítulo opcional e depende do interesse dos professores em integrá-lo às atividades das aulas.

No Brasil, os cursos de graduação em Licenciatura frequentemente têm a oferta de um aprofundamento do tema dentro de seu ciclo de formação vinculado a existência de pesquisadores da área integrando seus corpos docentes. Caso não haja, o contato com o tema fica limitado à superficialidade do tratamento oferecido pelos livros de graduação em seus capítulos destinados à Física Moderna.

A existência de grupos de pesquisa voltados para a área de Física de Altas Energias, por sua vez, favorece, mas não garante um incentivo ao aprofundamento no tema e à elaboração de propostas de sua introdução em projetos voltados às práticas didáticas dos licenciandos.

A divulgação científica é frequentemente associada aos espaços não formais de conhecimento e aprendizado. O fato da Física de Partículas encontrar-se dissociada dos currículos escolares permite que a introdução do tema na vida de estudantes dos ensinos básico e médio ocorra de forma lúdica e desvinculada de cobranças de desempenho escolar. Isso favorece incrivelmente a propostas de ação que fujam do lugar comum e abordem o tema de forma criativa e inovadora, sem banalizá-lo ou utilizar discursos sensacionalistas ou pseudocientíficos.

A investigação realizada na primeira etapa do trabalho de conclusão de curso deixou bastante clara a necessidade de um projeto de educação científica junto à divulgação em si.

A educação científica está associada ao compartilhamento de conteúdo acadêmico com pessoas não tradicionalmente membros de comunidades científicas e envolve frequentemente um resgate da cidadania e a apropriação das ações integrantes do processo decisório no âmbito da ciência.

A divulgação científica está associada à popularização da ciência e à contação de feitos científicos, geralmente dando preferência a eventos com maior apelo ao público leigo.

3 METODOLOGIA

Nessa seção, será apresentado o mecanismo metodológico empregado para a realização da pesquisa e descrição do desenvolvimento do projeto.

3.1 Procedimentos metodológicos

3.1.1 Metodologia de desenvolvimento da pesquisa

No início do projeto, foi definido o tema central de pesquisa, isto é, a divulgação da física de partículas nas escolas, delimitando os objetivos principais do trabalho, e logo em seguida, começou-se a busca textual por referenciais teóricos que tratassem do assunto em foco.

Na primeira etapa deste projeto, com o propósito de identificar a ligação e interesse dos professores do ensino básico e superior, de várias áreas, com a divulgação científica desde os primeiros momentos de suas formações até a docência, foi produzido um questionário com respostas objetivas e outras de resposta curta, dissertativa. O questionário abordou assuntos relacionados à sua percepção da divulgação científica, seus conhecimentos sobre a física de partículas e pseudociência com suas aplicações em contextos gerais e de que maneira essa divulgação acontece, ou não, em suas escolas ou universidades de docência e formação profissional.

Com os dados obtidos na primeira etapa, foi perceptível o interesse dos professores na divulgação científica dentro das escolas, e intervenções em sala que ocasionassem contribuições para suas aulas. Por meio dos relatos destes, ficou perceptível a importância da divulgação de diferentes temas científicos, que nem sempre costumam ser abordados na aula em função do conteúdo programático escolar. Em suas respostas e comentários, os professores ressaltaram que diversos assuntos científicos estão sendo abordados em numerosos meios de comunicação para a sociedade, gerando dúvidas, diálogos e até conclusões pseudocientíficas por leigos. Para os professores participantes, a divulgação científica é vista como uma das formas de aproximar a ciência aos mais interessados e curiosos, e como uma

grande aliada no combate à pseudociência e ideias com pouco teor científico que leigos no tema possam carregar.

Com base nas conclusões obtidas, há um ambiente bastante propício a ideia inicial de promover ações interativas como rodas de conversa sobre temas científicos, pseudociência, (in)correção de abordagem de temas científicos nos meios de comunicação e outros. O distanciamento social imposto pela pandemia do coronavírus associado à escassez de condições dos estudantes de todos os segmentos de acompanhar adequadamente as atividades remotas impôs restrições e forçou a revisão das propostas de ações. As rodas de conversa e os encontros presenciais com jogos e atividades lúdicas inicialmente planejados tiveram que dar lugar a apresentação de seminários remotos.

Desta forma, para esta segunda etapa do projeto foi proposta e aplicada uma sequência de seminários abordando temas de Física de Altas Energias como forma de divulgação científica desses assuntos para alunos e ex-alunos do ensino médio de diversas escolas locais, de faixa etária entre 16 – 30 anos, que estão matriculados no Curso pré-vestibular Simplifica, onde a ação foi realizada. As apresentações foram desenvolvidas de forma remota pela plataforma Google Meet, dispondo de *slides* (Apêndices G e H) ilustrativos e textos explicativos (Apêndices E e F) produzidos pelo próprio autor, com as devidas referências bibliográficas. No total, dois seminários foram aplicados, cada um possuindo uma hora de duração.

É importante ter sempre em mente, que a divulgação científica tem por objetivo cativar o público leigo e não espantá-lo. Por esse motivo, é imperativo que a interlocução seja livre de termos técnicos e rebuscados, mais adequados a um público especializado. Por outro lado, os temas abordados não podem ser conduzidos de forma sensacionalista ou espetacularizada, para não diminuir sua relevância nem gerar um ambiente propício a proliferação de pseudoteorias absurdas.

O primeiro seminário, intitulado “Os Grandes Pequenos Mundos do Universo”, abordou o assunto relacionado a escalas de grandezas, especificamente a grandezas de comprimento. Com este tema, a ideia principal foi apresentar aos alunos o quão relativo algo como grande ou pequeno e distante ou perto pode ser, passando por escalas macroscópicas a subatômicas, como as partículas elementares, além de apresentar um pequeno contexto histórico que data a criação do metro, salientando as dificuldades apresentadas e a relevância que tal ato trouxe

globalmente no decorrer dos anos. Toda a evolução dos modelos atômicos, estrutura do átomo e o conceito de partícula elementar, apresentando os quarks, foram assuntos discutidos finalizando o tema.

Em primeiro lugar, as unidades do Sistema Internacional (SI) foram utilizadas como ligação por terem um caráter introdutório e não requererem conhecimentos aprofundados de qualquer conteúdo de física. A escolha pela unidade de comprimento teve como objetivo utilizar aquela que foi considerada a mais concreta e visualizável por parte do público-alvo. Embora a física de partículas trabalhe explicitamente com unidades de energia para se expressar, a escolha da unidade de comprimento foi feita com a intenção de plantar a ideia de que o mundo subatômico existe em escalas tão extremamente diminutas que necessita tratamento especial. Obviamente, a expectativa é ter facilitado o caminho para a aceitação futura de que as escalas envolvidas não são atendidas pela mecânica clássica, deixando a associação de uma abordagem quântica implicitamente vinculada às dimensões do interior do átomo.

O segundo seminário, intitulado “A Física do Visível ao Invisível”, teve foco nas aplicabilidades da Física de Altas Energias e uma breve apresentação do Modelo Padrão, trazendo assuntos relacionados aos aceleradores de partículas, com foco principal nas pesquisas da área realizadas no Brasil com o acelerador Sirius, localizado em Campinas, São Paulo, e o funcionamento com propriedades da luz síncrotron. Complementando, diferenças entre aceleradores circulares e lineares foram brevemente discutidas, como também apontados os colisores, introduzindo o *Large Hadron Collider* (LHC) na discussão. Nestes assuntos, o foco foi direcionado a apresentar brevemente certos conceitos da Física de Altas Energias, expandindo o que foi discutido no primeiro seminário, como também as diversas aplicações que os aceleradores de partículas podem ter para a sociedade, como pesquisa, indústria, saúde ou mercado.

Aqui foi possível conectar a eterna curiosidade do “para que serve” com o empoderamento do sentimento de cidadania ao utilizar o acelerador nacional como exemplo para divulgar as possibilidades de aplicações comerciais de um aparato científico e mostrar o quão perto deles o aparato se encontra.

Na tabela 1 abaixo são catalogadas as etapas de desenvolvimento do projeto, desde o seu início.

Tabela 1 – Etapas do desenvolvimento do projeto.

Data	Descrição da atividade
Fevereiro / março de 2021	Encontros para discussões de escolha do tema e objetivo da pesquisa do projeto. Revisão bibliográfica sobre o assunto escolhido.
Março de 2021	Encontros para apresentação das questões propostas que seriam aplicadas no formulário de pesquisa com os professores. Aplicação e participação dos professores através do formulário proposto para coleta de informações.
Abril de 2021	Início da escrita do pré-projeto. Realização da entrevista com os professores que mostraram interesse em aprofundar a pesquisa. Finalização da escrita do pré-projeto para entrega à banca.
Junho / julho de 2021	Início aos estudos para os seminários. Encontros para definir ideias e novas formulações para esta sequência.
Julho de 2021	Início da escrita dos textos de apoio para os seminários. Início da escrita da monografia.
Agosto de 2021	Término da escrita dos textos de apoio para os seminários. Início do desenvolvimento dos formulários. Início da produção das apresentações (<i>slides</i>) dos seminários.
Setembro de 2021	Aplicação dos seminários e formulários com os alunos. Início a análise e discussão das informações obtidas. Finalização da escrita da monografia para entrega à banca.

Fonte: Autor (2021)

3.1.2 Instrumentos de pesquisa

Com a finalidade de avaliar a relevância imediata da divulgação científica por seminário no grupo de estudantes do curso pré-vestibular Simplifica, foram elaborados formulários (Apêndices A, B, C e D) de caráter pré e pós-apresentação, aplicados com os alunos presentes. A investigação consistiu de questões objetivas relacionadas ao assunto do seminário, idênticas em ambos os formulários, para que os alunos respondessem antes de iniciar a apresentação, expondo em cada pergunta qual alternativa de resposta mais se aproximava do seu pensamento inicial sobre o assunto e, ao término do seminário, retornaram às questões, revelando se houve, ou não, mudanças nas suas ideias sobre o tema tratado.

Para não haver identificação pessoal dos alunos nos formulários, foi solicitado que cada um estabelecesse por conta própria um número aleatório para si, com cinco algarismos, visando uma menor probabilidade de ocorrerem números repetidos entre alunos.

No total, quatro formulários foram aplicados, dois pré-seminários e dois pós-seminários. Cada um composto por uma questão de texto curto, onde o aluno identificava o número de cinco algarismos escolhido por ele, e três questões objetivas, que dispunham de três alternativas de resposta, cada uma. Para que não houvesse receio por parte do aluno em responder os formulários como alguma espécie de avaliação escolar, cada questão foi formulada de forma curta e direta. Nenhuma das questões objetivas envolveu cálculo de qualquer espécie.

O primeiro par de formulários pré e pós-seminário contava com os temas sobre escala de grandezas, características do átomo e conceito de partícula elementar, assuntos que foram discutidos durante o primeiro seminário. Abaixo estão as indagações feitas:

1. *Como podemos classificar algo como grande ou pequeno?*
2. *O que se entende por uma partícula elementar?*
3. *Sobre o átomo, podemos afirmar que:*

No segundo par de formulários, foram tratados assuntos relacionados aos aceleradores de partículas, ondas eletromagnéticas e características da física de partículas, que foram apresentados durante o segundo seminário. Abaixo estão as indagações feitas:

1. *A Física de Altas Energias estuda a natureza da:*
2. *Quando falamos em luz, sem especificações, estamos falando de (a):*
3. *Em relação aos aceleradores de partículas, podemos dizer que:*

A seguir (capítulo 4) serão descritos os resultados e discussões, apresentando cada dado obtido nos questionários com as devidas análises, procurando comparar as respostas individuais de cada aluno nas suas conclusões em cada par de formulários pré e pós-seminário, visando identificar a relevância da divulgação científica nesta modalidade para o grupo investigado.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

De acordo com a metodologia de pesquisa adotada e estudos relacionados, neste tópico serão tratadas e discutidas as respostas obtidas pelos formulários pré e pós-seminários, dadas por alunos do ensino médio.

Suas ideias iniciais sobre os temas trabalhados foram expostas nos questionários pré-seminários e, posteriormente, nos questionários pós-seminários, as mesmas perguntas foram apresentadas novamente, com o intuito de verificar se houve mudança nos pensamentos inicialmente incorretos, ou então, se foram mantidas ou alteradas as ideias iniciais corretas.

Essa abordagem teve como objetivo verificar qual o impacto da divulgação científica por seminário nos conhecimentos daquele grupo de alunos. Embora os resultados obtidos não permitam extrapolar e generalizar a validade do impacto provocado pelo formato empregado, a experiência se mostrou bastante útil como evento teste para ações futuras.

Resumidamente, o foco foi analisar a comparação entre os pensamentos iniciais dos alunos em relação ao tema, com as possíveis alterações, ou não, que esse pode sofrer no término do seminário, possibilitando que o aluno fosse apresentado ao tema e reformulasse seu pensamento para o mais próximo do correto possível. Vale reforçar que não foi solicitado nenhum dado que identifique a identidade do aluno. Para que a comparação entre as respostas pudesse ocorrer, foi solicitado que o aluno se identificasse em ambos os seminários com um número aleatório, criado por ele, contendo cinco algarismos para que a probabilidade de ocorrerem números repetidos fosse mínima.

O primeiro seminário abordou conceitos relacionados às escalas de grandezas do mundo macroscópico ao subatômico, e também assuntos introdutórios à Física de Partículas. O segundo seminário deu continuidade ao assunto do primeiro, com uma exploração mais aprofundada às partículas elementares e aplicabilidade dos aceleradores de partículas com a pesquisa e para a sociedade. As ações foram desenvolvidas com estudantes e ex-estudantes do ensino médio matriculados no curso pré-vestibular Simplifica.

Nessa primeira seção serão discutidas as respostas apresentadas nos questionários referentes ao primeiro seminário, e na seguinte se darão as respostas obtidas com o tema do segundo seminário.

4.1 Respostas obtidas referentes ao primeiro seminário

O primeiro seminário, intitulado “Os Grandes Pequenos Mundos do Universo”, contou com a participação de doze alunos do curso pré-vestibular Simplifica. Antes de se dar início a apresentação, foi solicitado que os alunos respondessem as perguntas no questionário do Google Forms, referentes a conteúdos que seriam discutidos no seminário. É importante ressaltar que foi informado aos alunos que não havia necessidade de se preocupar com respostas corretas ou incorretas, e que apenas fosse respondido com a alternativa mais se aproximava do seu pensamento sobre o questionamento.

No início do questionário, foi pedido que o aluno se identificasse com um número aleatório, de cinco algarismos, inventado por ele, e este seria o mesmo utilizado para responder o formulário que viria no término do seminário, de forma que não houvesse identificação de sua identidade pessoal.

Abaixo está descrita a questão que solicitava o número de identificação no formulário pré-seminário 1, obtendo doze respostas:

- *Escreva um número com 5 algarismos de forma criativa, por favor.*

Posteriormente, uma sequência de três questões de múltipla escolha foi apresentada, cada uma contendo três alternativas de resposta.

As três questões com as suas três alternativas de resposta estão descritas abaixo:

1. *Como podemos classificar algo como grande ou pequeno:*
 - *Observando seu comprimento, área e volume.*
 - *Analisando sua escala de grandeza em comparação a outra de referência.*
 - *Medindo seu peso.*
2. *O que se entende por partícula elementar?*
 - *O constituinte primário, indivisível, que se une para formar outras partículas.*
 - *Uma partícula específica de um elemento químico encontrado na natureza.*
 - *As partículas que compõem os quatro elementos da natureza (água, terra, fogo e ar).*
3. *Sobre o átomo, podemos afirmar que:*

- *É o que forma toda a matéria, indivisível e observável.*
- *É composto por partículas, possuindo um núcleo e uma nuvem eletrônica.*
- *É uma esfera maciça que se liga a outras para formar diferentes elementos*

A tabela 2 abaixo relaciona as respostas dos alunos participantes referentes as três questões que foram apresentadas no primeiro formulário pré-seminário.

Tabela 2 – Respostas dos alunos no formulário pré-seminário 1

(continua)

Aluno	Q1. Como podemos classificar algo como grande ou pequeno?	Q2. O que se entende por uma partícula elementar?	Q3. Sobre o átomo, podemos afirmar que:
02034	Observando seu comprimento, área ou volume	Uma partícula específica de um elemento químico encontrado na natureza	É o que forma toda a matéria, indivisível e observável
28113	Observando seu comprimento, área ou volume	Uma partícula específica de um elemento químico encontrado na natureza	É o que forma toda a matéria, indivisível e observável
36251	Medindo seu peso	As partículas que compõem os quatro elementos da natureza (água, terra, fogo e ar)	É composto por partículas, possuindo um núcleo e uma nuvem eletrônica
43795	Observando seu comprimento, área ou volume	Uma partícula específica de um elemento químico encontrado na natureza	É composto por partículas, possuindo um núcleo e uma nuvem eletrônica
54568	Observando seu comprimento, área ou volume	Uma partícula específica de um elemento químico encontrado na natureza	É o que forma toda a matéria, indivisível e observável
57891	Observando seu comprimento, área ou volume	O constituinte primário, indivisível, que se une para formar outras partículas	É o que forma toda a matéria, indivisível e observável
67885	Observando seu comprimento, área ou volume	As partículas que compõem os quatro elementos da natureza (água, terra, fogo e ar)	É composto por partículas, possuindo um núcleo e uma nuvem eletrônica
76812	Analisando sua escala de grandeza em comparação a outra de referência	Uma partícula específica de um elemento químico encontrado na natureza	É composto por partículas, possuindo um núcleo e uma nuvem eletrônica
87109	Analisando sua escala de grandeza em comparação a outra de referência	Uma partícula específica de um elemento químico encontrado na natureza	É o que forma toda a matéria, indivisível e observável
87650	Observando seu comprimento, área ou volume	Uma partícula específica de um elemento químico encontrado na natureza	É composto por partículas, possuindo um núcleo e uma nuvem eletrônica

(conclusão)

95463	Observando seu comprimento, área ou volume	As partículas que compõem os quatro elementos da natureza (água, terra, fogo e ar)	É o que forma toda a matéria, indivisível e observável
501689	Observando seu comprimento, área ou volume	Uma partícula específica de um elemento químico encontrado na natureza	É composto por partículas, possuindo um núcleo e uma nuvem eletrônica

Fonte: Autor (2021)

Agora, na tabela 3 abaixo, estão descritas as respostas obtidas nas questões do primeiro questionário pós-seminário.

Tabela 3 – Respostas dos alunos no formulário pós-seminário 1.

(continua)

Aluno	Q1. Como podemos classificar algo como grande ou pequeno?	Q2. O que se entende por uma partícula elementar?	Q3. Sobre o átomo, podemos afirmar que:
02034	Analisando sua escala de grandeza em comparação a outra de referência	O constituinte primário, indivisível, que se une para formar outras partículas	É composto por partículas, possuindo um núcleo e uma nuvem eletrônica
28113	Observando seu comprimento, área ou volume	O constituinte primário, indivisível, que se une para formar outras partículas	É o que forma toda a matéria, indivisível e observável
36251	Analisando sua escala de grandeza em comparação a outra de referência	O constituinte primário, indivisível, que se une para formar outras partículas	É composto por partículas, possuindo um núcleo e uma nuvem eletrônica
43795	Observando seu comprimento, área ou volume	O constituinte primário, indivisível, que se une para formar outras partículas	É composto por partículas, possuindo um núcleo e uma nuvem eletrônica
54568	Analisando sua escala de grandeza em comparação a outra de referência	O constituinte primário, indivisível, que se une para formar outras partículas	É composto por partículas, possuindo um núcleo e uma nuvem eletrônica
57891	Observando seu comprimento, área ou volume	Uma partícula específica de um elemento químico encontrado na natureza	É composto por partículas, possuindo um núcleo e uma nuvem eletrônica
67885	Analisando sua escala de grandeza em comparação a outra de referência	O constituinte primário, indivisível, que se une para formar outras partículas	É composto por partículas, possuindo um núcleo e uma nuvem eletrônica
76812	Medindo seu peso	O constituinte primário, indivisível, que se une para formar outras partículas	É o que forma toda a matéria, indivisível e observável
87109	Analisando sua escala de grandeza em comparação a outra de referência	O constituinte primário, indivisível, que se une para formar outras partículas	É o que forma toda a matéria, indivisível e observável

(conclusão)

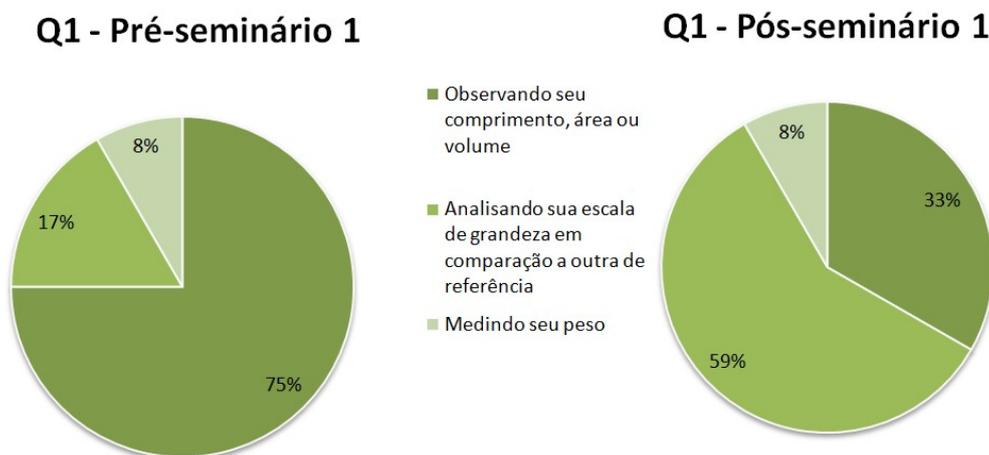
87650	Analisando sua escala de grandeza em comparação a outra de referência	O constituinte primário, indivisível, que se une para formar outras partículas	É composto por partículas, possuindo um núcleo e uma nuvem eletrônica
95463	Analisando sua escala de grandeza em comparação a outra de referência	O constituinte primário, indivisível, que se une para formar outras partículas	É composto por partículas, possuindo um núcleo e uma nuvem eletrônica
501689	Observando seu comprimento, área ou volume	O constituinte primário, indivisível, que se une para formar outras partículas	É o que forma toda a matéria, indivisível e observável

Fonte: Autor (2021)

Comparando individualmente as respostas dos alunos apresentadas nas tabelas 2 e 3, é observável que, em alguns casos, houve mudança total (nas três questões) entre as respostas pré e pós-seminário. Tais dados mostram que algumas dessas mudanças foram significativas, indo de um conceito mais abstrato sobre o tema tratado a respostas mais próximas do correto pela literatura. Ainda assim, podendo comparar particularmente por questões, há casos em que uma possível confusão possa ter sido gerada, visto que inicialmente foram dadas respostas mais corretas, e no pós-seminário, essas foram desviadas para alternativas mais equivocadas.

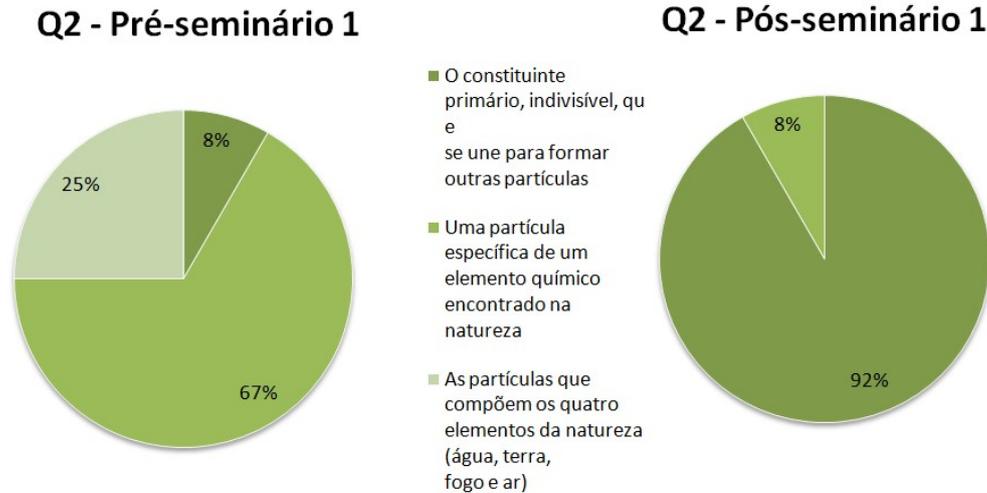
De modo geral, nos gráficos abaixo, é possível visualizar as comparações entre as mudanças nas respostas obtidas antes e após a apresentação do seminário.

Figura 2 – Gráficos comparativos entre as respostas na questão 1 seminário 1.



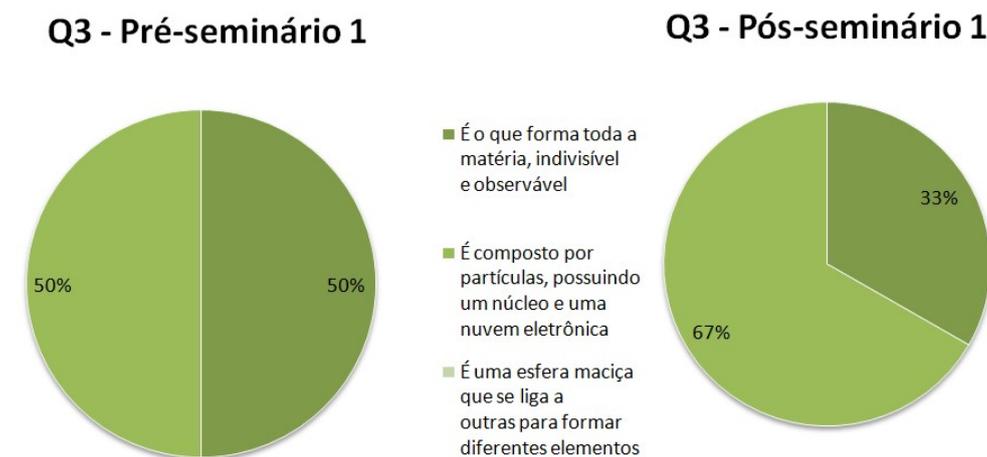
Fonte: Autor (2021)

Figura 3 – Gráficos comparativos entre as respostas na questão 2 seminário 1.



Fonte: Autor (2021)

Figura 4 – Gráficos comparativos entre as respostas na questão 3 seminário 1.



Fonte: Autor (2021)

Comparando as respostas com o auxílio dos gráficos, é notório que houve mudanças nas respostas. Com as tabelas, é possível identificar onde tais mudanças ocorreram. É importante ressaltar algumas mudanças significativamente relevantes, como ocorrido na questão 2, onde um aumento imenso pode ser notado, de 8% para 92%, para a resposta que mais se aproxima de correta pela literatura. Na questão 1 também pode ser observado o mesmo ocorrido, tendo uma melhora nas respostas de 17% para 59%.

Na questão 3, mesmo com uma mudança positiva da porcentagem de respostas, pela tabela 3 é observável que houve recaídas na estimativa dos pronunciamentos dos participantes, como nos casos dos alunos 76812 e 501689, onde inicialmente foi respondido a alternativa correta e, após o seminário, uma

modificação para uma afirmação não certa aconteceu. Situações semelhantes a esta também são perceptíveis nas questões 1 e 2.

É possível que os estudantes tenham respondido sem refletir ou não tenham conseguido prestar a atenção desejada ao que foi apresentado. No formato remoto é difícil avaliar as reações e o envolvimento com as atividades. É claro que as respostas podem ter parecido ambíguas ou pouco claras para os alunos. Em um ambiente presencial uma atividade de conversa anterior e posterior sobre as mesmas questões teria oferecido dificuldade em avaliar numericamente, mas talvez tivesse oferecido maior envolvimento por parte do grupo. A realização de questões de resposta aberta foram descartadas completamente visto que o objetivo foi desvincular a atividade de qualquer forma de avaliação.

Uma realidade bastante clara é a de que as atividades de educação científica e/ou divulgação científica não podem ser ações isoladas e desconectadas. Elas precisam ocorrer de forma contínua e precisam ser pensadas de forma a se complementarem de forma natural, lúdica, interessante e eficaz. Por se tratarem de ações que envolvem o despertar de interesse intelectual pessoal, só serão realmente estimulados pelas atividades aqueles que conseguirem desenvolver uma conexão com os temas abordados.

4.2 Respostas obtidas referentes ao segundo seminário

Com a participação de treze alunos do curso pré-vestibular Simplifica, o segundo seminário, intitulado “A Física do Visível ao Invisível”, discutiu assuntos relacionados à aplicabilidade da Física de Altas Energias, com foco em específico nos aceleradores de partículas, como também as grandezas físicas que neles estão envolvidas.

Assim como nos questionários para o primeiro seminário, os formulários pré e pós-apresentação foram estruturados inicialmente com a orientação de indicar um número aleatório de cinco algarismos para que a comparação entre as respostas pudesse ser feita, de forma que não identificasse o aluno. Posteriormente, três questões de múltipla escolha envolvendo o assunto tratado foram apresentadas, cada uma com três alternativas de resposta para que os alunos selecionassem no pré-formulário aquela que mais se enquadrava no seu pensamento inicial e, no

término, respondiam novamente para verificar se houve mudanças nas suas ideias ou não.

Abaixo estão descritos os três questionamentos presentes nos formulários, com suas alternativas de resposta:

1. *A física de altas energias estuda a natureza da:*
 - *Estrutura elementar da matéria e como ela interage.*
 - *Energia nas usinas nucleares e eólicas.*
 - *Ocorrência de diferentes atividades climáticas*
2. *Quando falamos em luz, sem especificações, estamos falando de(a):*
 - *Apenas iluminação que permite enxergarmos as cores.*
 - *Luz do Sol que viaja através do espaço para chegar na Terra.*
 - *Radiações classificadas no espectro eletromagnético por suas frequências*
3. *Em relação aos aceleradores de partículas, podemos dizer que:*
 - *Funcionam apenas com partículas elementares, para que um fenômeno específico seja estudado.*
 - *Existem apenas no exterior, pois no Brasil não há estudos nesta área por falta de recursos.*
 - *Possui múltiplas aplicações tanto na pesquisa quanto na indústria, podendo trazer influências diretas para a sociedade.*

É importante ressaltar que, assim como no primeiro seminário, não foi exercido qualquer tipo de pressão sobre os alunos para resposta correta. Apenas foi pedido a eles a gentileza de responder inicialmente conforme seu pensamento, e posteriormente, de acordo com o que foi apresentado no seminário numa tentativa de não amedrontar os participantes, deixando-os confortável com o questionário e que não os levasse a pesquisar respostas sobre o assunto na *internet*.

Na tabela 4 abaixo, estão apresentadas as respostas obtidas pelos treze alunos participantes nas questões 1, 2 e 3, no questionário pré-seminário 2:

Tabela 4 – Respostas dos alunos no formulário pré-seminário 2.

(continua)

Aluno	Q1. A física de altas energias estuda a natureza da:	Q2. Quando falamos em luz, sem especificações, estamos falando de(a):	Q3. Em relação aos aceleradores de partículas, podemos dizer que:
12121	Ocorrência de diferentes atividades climáticas	Apenas iluminação que permite enxergarmos as cores	Funcionam apenas com partículas elementares, para que um fenômeno específico seja estudado
13179	Ocorrência de diferentes atividades climáticas	Apenas iluminação que permite enxergarmos as cores	Possui múltiplas aplicações tanto na pesquisa quanto na indústria, podendo trazer influências diretas para a sociedade
22052	Energia nas usinas nucleares e eólicas	Apenas iluminação que permite enxergarmos as cores	Funcionam apenas com partículas elementares, para que um fenômeno específico seja estudado
28113	Ocorrência de diferentes atividades climáticas	Luz do Sol que viaja através do espaço para chegar na Terra	Existem apenas no exterior, pois no Brasil não há estudos nesta área por falta de recursos
36251	Estrutura elementar da matéria e como ela interage	Luz do Sol que viaja através do espaço para chegar na Terra	Funcionam apenas com partículas elementares, para que um fenômeno específico seja estudado
54568	Estrutura elementar da matéria e como ela interage	Luz do Sol que viaja através do espaço para chegar na Terra	Possui múltiplas aplicações tanto na pesquisa quanto na indústria, podendo trazer influências diretas para a sociedade
57891	Ocorrência de diferentes atividades climáticas	Luz do Sol que viaja através do espaço para chegar na Terra	Existem apenas no exterior, pois no Brasil não há estudos nesta área por falta de recursos
68697	Estrutura elementar da matéria e como ela interage	Luz do Sol que viaja através do espaço para chegar na Terra	Possui múltiplas aplicações tanto na pesquisa quanto na indústria, podendo trazer influências diretas para a sociedade
76812	Energia nas usinas nucleares e eólicas	Luz do Sol que viaja através do espaço para chegar na Terra	Existem apenas no exterior, pois no Brasil não há estudos nesta área por falta de recursos
87109	Estrutura elementar da matéria e como ela interage	Luz do Sol que viaja através do espaço para chegar na Terra	Funcionam apenas com partículas elementares, para que um fenômeno específico seja estudado

(conclusão)

87560	Estrutura elementar da matéria e como ela interage	Luz do Sol que viaja através do espaço para chegar na Terra	Funcionam apenas com partículas elementares, para que um fenômeno específico seja estudado
95463	Estrutura elementar da matéria e como ela interage	Radiações classificadas no espectro eletromagnético por suas frequências	Existem apenas no exterior, pois no Brasil não há estudos nesta área por falta de recursos
501689	Estrutura elementar da matéria e como ela interage	Luz do Sol que viaja através do espaço para chegar na Terra	Funcionam apenas com partículas elementares, para que um fenômeno específico seja estudado

Fonte: Autor (2021)

Agora, na tabela 5 abaixo, serão apresentadas as respostas dos alunos para as mesmas perguntas, porém no formulário pós-seminário 2.

Tabela 5 – Respostas dos alunos no formulário pós-seminário 2.

(continua)

Aluno	Q1. A física de altas energias estuda a natureza da:	Q2. Quando falamos em luz, sem especificações, estamos falando de(a):	Q3. Em relação aos aceleradores de partículas, podemos dizer que:
12121	Estrutura elementar da matéria e como ela interage	Radiações classificadas no espectro eletromagnético por suas frequências	Possui múltiplas aplicações tanto na pesquisa quanto na indústria, podendo trazer influências diretas para a sociedade
13179	Energia nas usinas nucleares e eólicas	Luz do Sol que viaja através do espaço para chegar na Terra	Funcionam apenas com partículas elementares, para que um fenômeno específico seja estudado
22052	Estrutura elementar da matéria e como ela interage	Radiações classificadas no espectro eletromagnético por suas frequências	Possui múltiplas aplicações tanto na pesquisa quanto na indústria, podendo trazer influências diretas para a sociedade
28113	Estrutura elementar da matéria e como ela interage	Luz do Sol que viaja através do espaço para chegar na Terra	Funcionam apenas com partículas elementares, para que um fenômeno específico seja estudado
36251	Estrutura elementar da matéria e como ela interage	Radiações classificadas no espectro eletromagnético por suas frequências	Possui múltiplas aplicações tanto na pesquisa quanto na indústria, podendo trazer influências diretas para a sociedade

(conclusão)

54568	Energia nas usinas nucleares e eólicas	Luz do Sol que viaja através do espaço para chegar na Terra	Possui múltiplas aplicações tanto na pesquisa quanto na indústria, podendo trazer influências diretas para a sociedade
57891	Estrutura elementar da matéria e como ela interage	Radiações classificadas no espectro eletromagnético por suas frequências	Possui múltiplas aplicações tanto na pesquisa quanto na indústria, podendo trazer influências diretas para a sociedade
68697	Estrutura elementar da matéria e como ela interage	Radiações classificadas no espectro eletromagnético por suas frequências	Possui múltiplas aplicações tanto na pesquisa quanto na indústria, podendo trazer influências diretas para a sociedade
76812	Estrutura elementar da matéria e como ela interage	Luz do Sol que viaja através do espaço para chegar na Terra	Possui múltiplas aplicações tanto na pesquisa quanto na indústria, podendo trazer influências diretas para a sociedade
87109	Energia nas usinas nucleares e eólicas	Luz do Sol que viaja através do espaço para chegar na Terra	Existem apenas no exterior, pois no Brasil não há estudos nesta área por falta de recursos
87560	Energia nas usinas nucleares e eólicas	Luz do Sol que viaja através do espaço para chegar na Terra	Funcionam apenas com partículas elementares, para que um fenômeno específico seja estudado
95463	Estrutura elementar da matéria e como ela interage	Radiações classificadas no espectro eletromagnético por suas frequências	Possui múltiplas aplicações tanto na pesquisa quanto na indústria, podendo trazer influências diretas para a sociedade
501689	Estrutura elementar da matéria e como ela interage	Luz do Sol que viaja através do espaço para chegar na Terra	Possui múltiplas aplicações tanto na pesquisa quanto na indústria, podendo trazer influências diretas para a sociedade

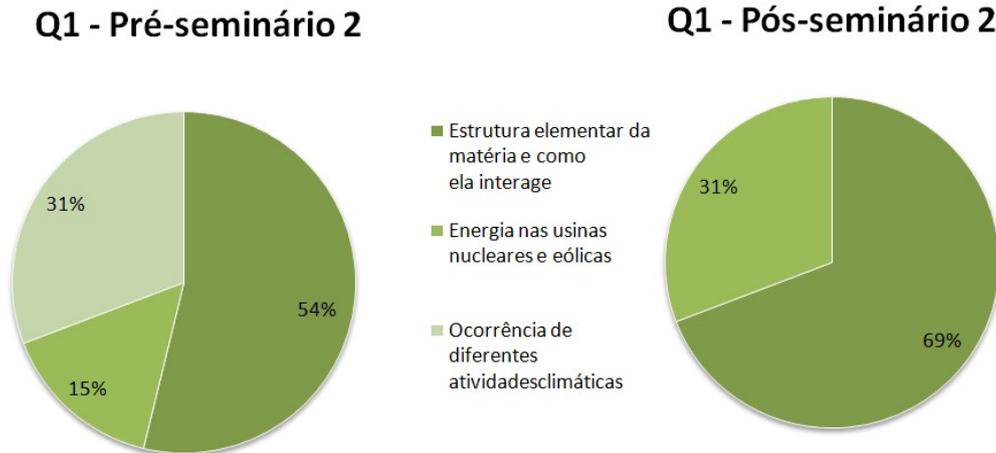
Fonte: Autor (2021)

Comparando individualmente as respostas dos participantes pelas tabelas 4 e 5, é possível perceber casos similares ocorridos na proposta do primeiro seminário, onde inicialmente a resposta foi apresentada como a correta, e no pós-seminário foi selecionada uma alternativa incorreta. É interessante levantar situações ocorridas, como na questão 1 dos alunos 87109, 87560 e 54568, onde estes inicialmente

marcaram a alternativa correta e, no final do seminário, desviaram suas respostas para uma mesma alternativa equivocada.

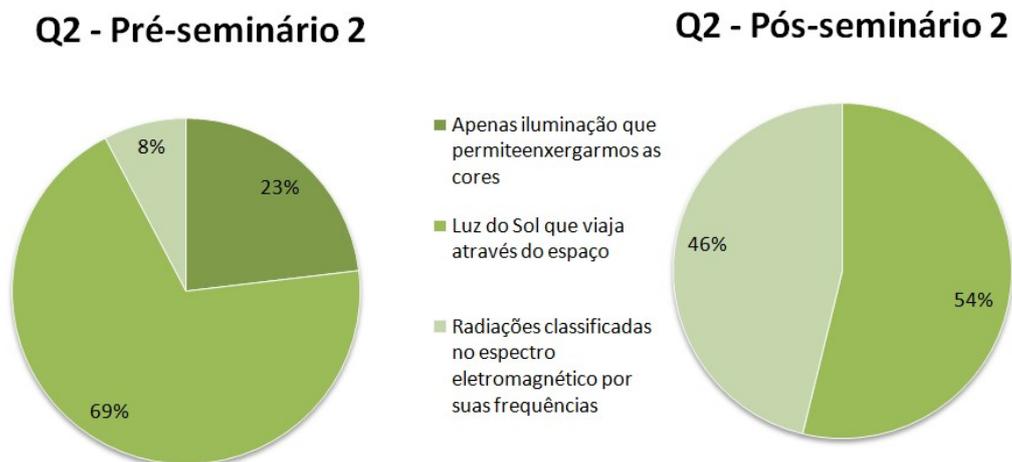
Para uma comparação geral das respostas, abaixo estão apresentados os gráficos comparativos de cada questão com as respostas pré e pós-seminário.

Figura 5 – Gráficos comparativos entre as respostas na questão 1 seminário 2.



Fonte: Autor (2021)

Figura 6 – Gráficos comparativos entre as respostas na questão 2 seminário 2.



Fonte: Autor (2021)

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Levando em consideração os referenciais teóricos adotados, descritos no capítulo 2, a pesquisa foi realizada com o objetivo de identificar o impacto da inserção da divulgação científica no grupo de alunos e ex-alunos do ensino médio matriculados no curso pré-vestibular Simplifica, com a identificação de ideias iniciais que os alunos apresentaram sobre os tópicos trabalhados dentro da Física de Altas Energias, qual foi seu grau de desconstrução e acréscimo de conhecimento de tais assuntos após a aplicação do seminário em formato remoto. De acordo com os dados apresentados no capítulo anterior, este foi um dos objetivos alcançados, em parte. Tudo isso foi possível dada a proposta dos questionários pré e pós-seminários, onde foram coletadas as ideias iniciais dos alunos, e após aplicação de cada seminário com seus determinados assuntos, puderam ser reunidas suas ideias atualizadas, verificando se houve ruptura dos pensamentos antigos ou não. Assim, pode ser avaliado se a divulgação científica através de seminários de fato possui protagonismo positivo ou negativo. É possível que a abordagem do tema não tenha sido tão clara quanto seria desejável e é perceptível que o instrumento de investigação necessita ser melhorado caso se queira respostas mais precisas. Como o interesse aqui foi investigar o quanto uma apresentação no formato de seminário remoto pode influenciar a percepção dos estudantes, fica claro que a influência existe. Especificamente, outro objetivo alcançado do projeto também foi disponibilizar material de linguagem acessível aos alunos para que, caso haja interesse, leiam e consigam aprofundar-se nos extensos conceitos que a Física de Altas Energias proporciona com seus estudos.

Com relação à pesquisa realizada, é possível ressaltar alguns dados que mais se destacam entre os outros. Como já comentado no capítulo anterior, o fato de haverem casos onde o conhecimento regrediu, no qual a alternativa correta foi apresentada inicialmente, e após os seminários elas foram alteradas para respostas incorretas, é deveras curioso. Para isso, podem ser levados em conta diversos fatores, como confusão na interpretação, dificuldade de concentração durante apresentação ou má condução do seminário por parte do ministrante. Além disso, certas dificuldades enfrentadas durante a pandemia da COVID-19 que perdura ainda em 2021 também são elementos influenciadores na efetividade de realização da divulgação científica em escolas, onde o pouco contato com os alunos é um dos

principais desses fatores, visto que a dificuldade em cativar a atenção dos participantes é maior. Porém há casos na pesquisa que podem ser classificados positivamente, como apresentados nas questões 1 e 2 do seminário 1, descritos nas figuras 2 e 3, onde uma grande porcentagem dos alunos exibiram crescimento nos seus conhecimentos após a apresentação dos temas, e além desses, outras situações também podem ser classificadas como efetivas, como o interesse demonstrado pelo grupo durante a apresentação dos seminários.

Por fim, para que uma melhor aplicação futura da divulgação científica através de seminários seja mais bem aproveitada e a fim de avaliá-la melhor, deve-se trabalhar o máximo possível para desenvolver formulários claros e precisos para os alunos, de forma que não ocorram confusões entre palavras ou carência de interpretação do contexto trabalhado. Outro fator que se deve tomar cuidado é a linguagem utilizada, assim como os recursos que podem ser empregados na apresentação do seminário. Visto que o assunto pode ser complexo e confuso para alunos do ensino básico, o vocabulário utilizado deve tentar ser o mais simplificado possível, de forma que o participante se sinta confortável em dialogar, fazer comentários e expor suas ideias durante a apresentação. Também é necessário que a atenção dos alunos seja cativada, e para isso, soltar a criatividade e mergulhar nos recursos que são disponibilizados são fatores de grande relevância para criar um ambiente de empatia. Desta forma, a Física de Altas Energias e suas contribuições para a sociedade conseguirá minimamente estar presente no conhecimento dos alunos do ensino médio e para o público que venha a ter interesse. Vale lembrar, contudo, que simplificar a linguagem não significa banalizar o tema e popularizar o conteúdo não implica em espetacularizar a apresentação ou permitir que ele seja associado a abordagens não científicas.

REFERÊNCIAS

BALTHAZAR, Wagner Franklin; Oliveira, Alexandre Lopes de. **Partículas Elementares no Ensino Médio: uma abordagem a partir do LHC**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2010.

BATISTELE, Márcio César Braga *et al.* **O uso de textos de divulgação científica em atividades didáticas: uma revisão**. Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia. Ponta Grossa, v. 11, n. 3, p. 182-210, set./dez. 2018.

BRASIL.Casa Civil. **Lei 9394**. Brasília, 1996.

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília, 2018.

BRASIL, **Parâmetros Curriculares Nacionais. Ciências da Natureza e Matemática e suas tecnologias**. Brasília: MEC, 2000.

CLOSE, Frank. **Particle Physics – A Very Short Introduction**. New York: Oxford University Press Inc, 2004.

FERREIRA, Luciana Nobre de Abreu; QUEIROZ, Saete Linhares. **Textos de Divulgação Científica no Ensino de Ciências: uma revisão**. Revista de Educação em Ciência e Tecnologia, Florianópolis, SC, v.5, n.1, p.3-31, maio 2012 ISSN 1982-153.

HERSHBERGER, Scott. **High school teachers, meet particle physics**. Symmetry Magazine, 2021. Disponível em: <https://www.symmetrymagazine.org/article/high-school-teachers-meet-particle-physics>.

HODDESON, Lillian; BROWN, Laurie; RIORDAN, Michael; DRESDEN, Max. **The Rise of the Standard Model – Particle Physics in the 60s and 70s**. Cambridge University Press, Cambridge, New York, Melbourne, Cape Town, Singapore, São Paulo, 1997.

LONDERO, Leandro; MOSINAHTI, Giovana Letícia. **As Pesquisas sobre o Ensino de Física de Partículas: um estudo baseado em Teses e Dissertações**. X Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – X ENPEC, Águas de Lindóia, SP – 24 a 27 de Novembro de 2015.

MOREIRA, Marco Antonio. **O Modelo Padrão da Física de Partículas**. Rev. Bras. Ensino Fís. vol.31 no.1 São Paulo Apr. 2009.

OSTERMANN, Fernanda; MOREIRA, Marco Antonio. **UMA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA SOBRE A ÁREA DE PESQUISA “FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA NO ENSINO MÉDIO”**. *Investigações em Ensino de Ciências*, Porto Alegre, RS – V5(1), pp. 23-48, 2000.

SOARES, Thales Costa; BELICH, Humberto; HELAYEL-NETO, José Abdalla. **Física de Partículas vista pelas Interações Fundamentais e Formação de Professores**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2018.

TANABASHI, Masaharu *et al.* (Particle Data Group). **Physical Review D – Review of Particle Physics**. *Phys. Rev. D* 98. Califórnia: Editora American Physical Society, 2018.

APÊNDICES

APÊNDICE A – Questionário pré-seminário 1 aplicado com os alunos.

Questionamentos pré-seminário 1

Responda cada questão livremente, de acordo com seu pensamento sobre o questionamento, sem necessidade de certo ou errado.

*Obrigatório

Escreva um número com 5 algarismos, de forma criativa, por favor. *

Sua resposta _____

1. Como podemos classificar algo como grande ou pequeno? *

- Observando seu comprimento, área ou volume
- Analisando sua escala de grandeza em comparação a outra de referência
- Medindo seu peso

2. O que se entende por uma partícula elementar? *

- O constituinte primário, indivisível, que se une para formar outras partículas
- Uma partícula específica de um elemento químico encontrado na natureza
- As partículas que compõem os quatro elementos da natureza (água, terra, fogo e ar)

3. Sobre o átomo, podemos afirmar que: *

- É o que forma toda a matéria, indivisível e observável
- É composto por partículas, possuindo um núcleo e uma nuvem eletrônica
- É uma esfera maciça que se liga a outras para formar diferentes elementos

APÊNDICE B – Questionário pós-seminário 1 aplicado com os alunos.

Questionamentos pós-seminário 1

Agora responda as mesmas questões dadas no início do seminário de acordo com os conceitos apresentados.

***Obrigatório**

Informe exatamente o mesmo número de 5 algarismos escolhido no primeiro questionário, por favor. *

Sua resposta _____

1. Como podemos classificar algo como grande ou pequeno? *

- Observando seu comprimento, área ou volume
- Analisando sua escala de grandeza em comparação a outra de referência
- Medindo seu peso

2. O que se entende por uma partícula elementar? *

- O constituinte primário, indivisível, que se une para formar outras partículas
- Uma partícula específica de um elemento químico encontrado na natureza
- As partículas que compõem os quatro elementos da natureza (água, terra, fogo e ar)

3. Sobre o átomo, podemos afirmar que: *

- É o que forma toda a matéria, indivisível e observável
- É composto por partículas, possuindo um núcleo e uma nuvem eletrônica
- É uma esfera maciça que se liga a outras para formar diferentes elementos

APÊNDICE C – Questionário pré-seminário 2 aplicado com os alunos.

Questionamentos pré-seminário 2

Responda cada questão livremente, de acordo com seu pensamento sobre o questionamento, sem necessidade de certo ou errado.

***Obrigatório**

Escreva um número com 5 algarismos, de forma criativa, por favor. *

Sua resposta _____

1. A física de altas energias estuda a natureza da: *

- Estrutura elementar da matéria e como ela interage
- Energia nas usinas nucleares e eólicas
- Ocorrência de diferentes atividades climáticas

2. Quando falamos em luz, sem especificações, estamos falando de(a): *

- Apenas iluminação que permite enxergarmos as cores
- Luz do Sol que viaja através do espaço para chegar na Terra
- Radiações classificadas no espectro eletromagnético por suas frequências

3. Em relação aos aceleradores de partículas, podemos dizer que: *

- Funcionam apenas com partículas elementares, para que um fenômeno específico seja estudado
- Existem apenas no exterior, pois no Brasil não há estudos nesta área por falta de recursos
- Possui múltiplas aplicações tanto na pesquisa quanto na indústria, podendo trazer influências diretas para a sociedade

APÊNDICE D – Questionário pós-seminário 2 aplicado com os alunos.

Questionamentos pós-seminário 2

Agora responda as mesmas questões dadas no início do seminário de acordo com os conceitos apresentados.

***Obrigatório**

Informe exatamente o mesmo número de 5 algarismos escolhido no primeiro questionário, por favor. *

Sua resposta _____

1. A física de altas energias estuda a natureza da: *

- Estrutura elementar da matéria e como ela interage
- Energia nas usinas nucleares e eólicas
- Ocorrência de diferentes atividades climáticas

2. Quando falamos em luz, sem especificações, estamos falando de(a): *

- Apenas iluminação que permite enxergarmos as cores
- Luz do Sol que viaja através do espaço para chegar na Terra
- Radiações classificadas no espectro eletromagnético por suas frequências

3. Em relação aos aceleradores de partículas, podemos dizer que: *

- Funcionam apenas com partículas elementares, para que um fenômeno específico seja estudado
- Existem apenas no exterior, pois no Brasil não há estudos nesta área por falta de recursos
- Possui múltiplas aplicações tanto na pesquisa quanto na indústria, podendo trazer influências diretas para a sociedade

APÊNDICE E – Texto de apoio para o seminário 1.

1. OS GRANDES PEQUENOS MUNDOS DO UNIVERSO

1.1 História da medição do comprimento

Desde muitos séculos atrás, o ser humano é adepto do uso de medições para grandezas físicas, como distâncias, massa e tempo, e isso permitiu que o comércio e o próprio estilo de vida conquistassem grandes avanços. Por volta do século XIII, os governantes europeus já possuíam uma noção mais avançada sobre as medições, onde os referenciais de comprimento foram estabelecidos a partir dos seus próprios corpos (pés, palmos, polegadas etc.). Porém, no decorrer dos séculos, muitos problemas foram gerados entre os países (principalmente no comércio) por não possuírem uma padronização mundial nas medidas utilizadas. No século XVIII, foi criada a ideia do metro (m), a unidade que é hoje adotada no Sistema Internacional de Unidades (SI), para padronizar as medidas de comprimento. Apenas um século depois o metro foi padronizado mundialmente como a unidade oficial de comprimento, e por volta de 1960, já era possível medir distâncias com precisão de 1 décimo de milionésimo de 1 metro. Nove anos mais tarde, o homem conseguiu estabelecer a distância da Lua, em qualquer fase de sua órbita, até a Terra, através dos lasers desenvolvidos na época. O aprimoramento da precisão nas medições de distâncias é algo extremamente importante para que seja possível compreender como se comportam as escalas de grandezas no universo. Vale lembrar que, apesar de todas as tentativas de chegar a um consenso, ainda hoje há países que utilizam outros sistemas de medidas, forçando a eterna utilização de tabelas de conversão de unidades e favorecendo erros desnecessários.

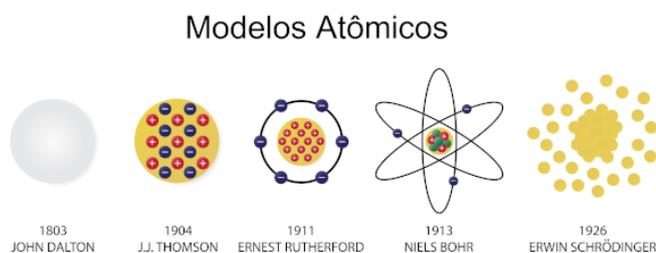
Tudo que é medido, precisa de uma referência para ser comparado, e para isso existe o Sistema Internacional de Unidades. Quando alguém se refere a grande ou pequeno, longe ou perto, rápido ou lento, leve ou pesado, não é diferente. Algumas situações podem parecer óbvias, como por exemplo, quando um ser humano é comparado com uma formiga, com certeza o ser humano adota o papel do grande, e a formiga do pequeno. Caso seja incluído um terceiro elemento neste exemplo, como o planeta Terra, os papéis se modificam e, agora, a Terra assume o papel de grande, o ser humano como pequeno e a formiga de extremamente

pequeno. Necessariamente não é fundamental ter uma unidade específica para realizar comparações que envolvem medidas de comprimento macroscópicas, pois são situações de caráter intuitivo e lúdico. Mas e para aquelas que não percebemos a olho nu ou que necessitam de algum parâmetro de comparação?

1.2 Os mundos microscópicos e subatômicos

Desde a Grécia antiga, o homem se pergunta sobre o que forma a matéria e as coisas do mundo. Hoje em dia sabemos que toda matéria é feita de átomos, formados por prótons e nêutrons no núcleo com elétrons ao seu redor. Esses átomos formam moléculas, e assim, toda matéria é criada. Esse conhecimento pode ser transmitido e compartilhado sem grandes dificuldades graças aos avanços da ciência até os dias de hoje, mas nem sempre foi assim. Leucipo e Demócrito, filósofos gregos a 585 a.C., introduziram o conceito do átomo, o indivisível, essência fundamental que forma a matéria e muito pequeno para ser observado, e esse pensamento persistiu ao longo de 2000 anos. No século XIX, John Dalton acreditava que este seria a “semente” fundamental para formar a matéria, propondo o primeiro modelo atômico: uma esfera maciça, fundamental e indivisível. Em 1897, J. J. Thomson obteve experimentalmente a presença do elétron no átomo e, em 1911, Rutherford propôs a existência do núcleo atômico no centro do átomo. Nessa altura, o átomo já não era mais o constituinte único da matéria. No decorrer dos aprimoramentos dos modelos atômicos e com o surgimento da mecânica quântica, o modelo proposto mais atual foi dado por Schrödinger, em 1923, o modelo quântico para o átomo.

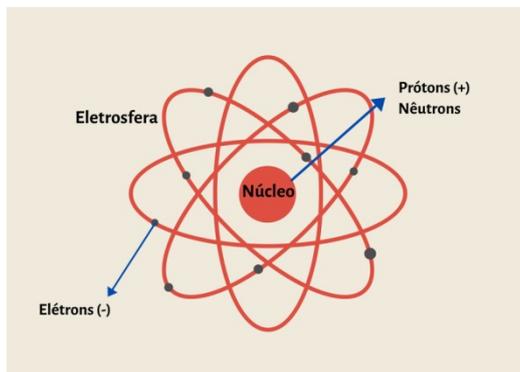
Figura 1.1 – Modelos atômicos



Fonte: <https://www.manualdaquimica.com/quimica-geral/atomo.htm>

Hoje em dia já é consenso que o átomo é formado por um núcleo super denso, rodeado por uma nuvem onde ficam os elétrons, chamada eletrosfera, e que das ideias de Leucipo e Demócrito, apenas aquela que tratava sobre ser impossível observar o átomo diretamente está correta. Tendo o conhecimento da medida do metro, pode ser feita algumas comparações sobre as escalas que o universo subatômico apresenta.

Figura 1.2 – Estrutura atômica



Fonte: <https://www.significados.com.br/atomo/>

O diâmetro de um átomo mede em torno de 10^{-10} m, isso é, pegue 1 metro e o divida em 10 bilhões de pedaços iguais, e então o comprimento de cada pedaço será o valor do diâmetro de um átomo, aproximadamente. Na realidade, embora correto, esse raciocínio em nada ajuda a compreender o quanto o diâmetro de um átomo é diminuto quando comparado ao metro. Por outro lado, se for considerado o diâmetro da ponta de uma caneta esferográfica comum, que é de 1 milímetro ($1 \text{ mm} = 10^{-3} \text{ m}$), para representar o diâmetro do átomo, o metro utilizado na comparação anterior seria representado pelo diâmetro da Terra menos aproximadamente $2,7 \times 10^3 \text{ km}$. Embora ofereça um referencial um pouco mais visualizável e permita uma percepção maior das diferenças brutais entre os comprimentos, ainda é bem abstrata e desafiadora a compreensão das grandezas envolvidas. Por outro lado, fica mais intuitivo compreender o porquê do olho humano não conseguir enxergar um átomo sem o auxílio de aparato experimental potente.

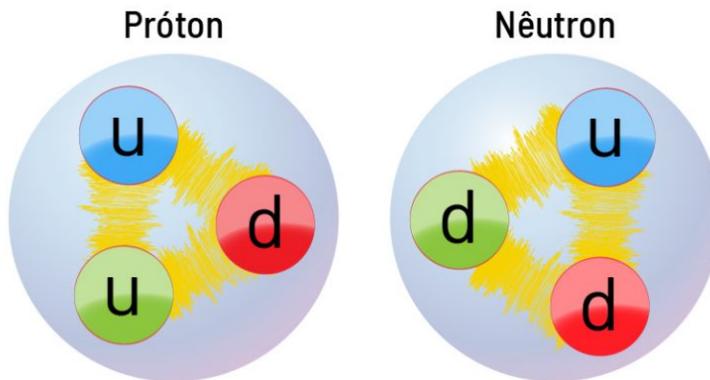
O interessante é que este, 10^{-10} m, é o mesmo comprimento do diâmetro da eletrosfera (região onde ficam os elétrons, em torno do núcleo). O núcleo possui um diâmetro tão pequeno, quando comparado ao da eletrosfera, que seu valor é insignificante para compor o diâmetro do átomo como todo. Em comparação com escalas do dia-a-dia, imagine que o átomo é um estádio de futebol, então o núcleo seria equivalente apenas a uma ervilha no centro do gramado. Seu diâmetro é de 10^{-15} m, e isso seria o correspondente a dividir uma régua de 1 metro em 1000 trilhões de partes iguais!

1.3 Os elementares da matéria

Com o avançar dos estudos da física de partículas, foram descobertas partículas que, até os dias de hoje, são consideradas fundamentais/elementares. A classificação de uma partícula como elementar, depende do universo de percepção de quem a define. Para alguém que trabalha com Física de Partículas, uma partícula é frequentemente dita elementar quando não decai em outra(s), independente de sua massa/energia. Resumidamente, essas são estruturas que não possuem constituintes, são as “sementes” da formação da matéria e indivisíveis, pelo menos até o momento presente, com as energias disponíveis nos aceleradores de partículas. A partícula elementar mais famosa é o elétron, aquela que está ao redor do núcleo atômico e é muito menor que ele.

Já é de conhecimento público que o núcleo atômico é constituído de prótons e nêutrons, ambos com diâmetro individualmente de 10^{-15} m, aproximadamente. São extremamente pequenos quando comparados com o diâmetro do próprio átomo, e apesar disso, são divisíveis. No decorrer do século passado, foram descobertas partículas que formam os prótons e os nêutrons, excluindo-os da classificação elementar. Essas são chamadas de quarks, dadas como partículas fundamentais até os dias de hoje.

Figura 1.3 – Estrutura do próton e nêutron

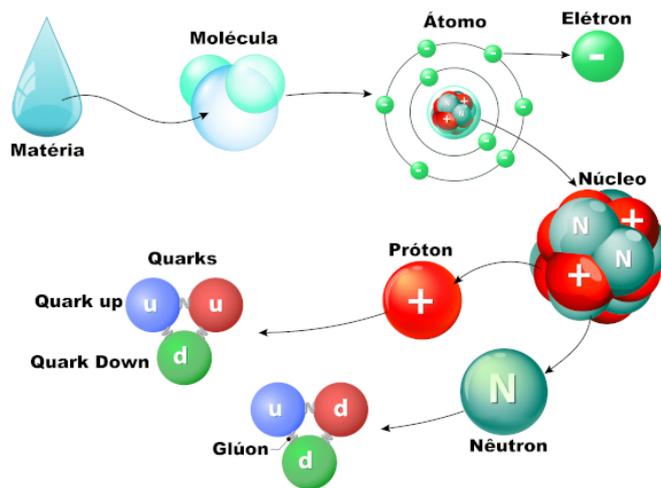


Fonte: ilustração de Beatriz Abdalla/Jornal da USP

Até hoje foram descobertos 6 tipos de quarks: quarks up (u), down (d), bottom (b), top (t), charm (c) e strange (s). O próton, por exemplo, é formado por 2 quarks up e 1 quark down, já o nêutron é formado por 2 quarks down e 1 quark up. Todas as partículas conhecidas são geradas a partir de combinações específicas de quarks e essas combinações não são aleatórias. Elas atendem a um conjunto bastante específico de regras que não serão tratadas em detalhes nesse trabalho, pois fogem do escopo da proposta. Em linhas gerais, há várias grandezas conservadas pelos quarks, que são conhecidas como números quânticos pelo público em geral e como cargas conservadas pelos físicos de altas energias. Independente da forma como são chamadas, essas grandezas conservadas pelos quarks organizam seu comportamento e suas possíveis formas de se combinar para gerar as outras partículas.

Pelo senso comum já é possível conjecturar que a escala de comprimento dos quarks está muito abaixo em relação a dos prótons/nêutrons, pois são necessários três quarks para formar uma dessas partículas. Há estimativas sobre o diâmetro dos quarks estar na ordem de 10^{-18} m, mas ainda não é possível afirmar precisamente seu comprimento. É importante ressaltar que toda a Física que ocorre já nessa escala de comprimentos é feita com base em suposições de valores aproximados. Não há valores exatos, pois não há aparatos experimentais em condições de garantir a exatidão das medidas.

Figura 1.4 – Estrutura subatômica da matéria



Fonte: <https://www.manualdaquimica.com/quimica-geral/atomo.htm>

Obviamente, os olhos do ser humano são limitados para enxergar e medir certas escalas de grandezas que o universo nos apresenta. O mundo subatômico é um exemplo disso. Os microscópios mais refinados e melhor desenvolvidos produzidos até hoje não são capazes de observar diretamente nem mesmo o átomo. As medições e estimativas feitas das partículas conhecidas hoje são feitas de diversas outras maneiras indiretas, e a principal delas ocorre nos aceleradores de partículas, do qual o maior e mais famoso está localizado em Genebra, na Suíça, chamado Large Hadron Collider (LHC), onde muitos resultados já foram obtidos, como descobertas de novas partículas e as medições de suas grandezas físicas.

1.4 Como tudo isso se conecta?

Na primeira seção, foi introduzida a noção de medidas de comprimento, já que ela foi escolhida como tema aqui. Um breve resumo de sua evolução foi apresentado e o Sistema Internacional (SI) de unidades foi introduzido. Nessa seção ficou clara a facilidade de compreensão associada às comparações na realização de definições de cenários variados.

Na segunda seção, foi feita uma apresentação do mundo microscópico e da evolução da concepção do átomo e de sua estrutura, sempre ressaltando os comprimentos envolvidos.

A terceira seção mergulhou no interior do núcleo atômico e os quarks foram apresentados. A necessidade de aparatos específicos para medir objetos tão diminutos foi determinada.

A partir de agora é necessário fazer a separação entre o mundo macroscópico e o microscópico. É muito importante ressaltar que, junto à necessidade de aparatos precisos de medição para tornar o mundo subatômico perceptível, emerge a necessidade de teorias específicas para descrevê-lo.

Assim como a velha e boa régua que mede a mesa não serve para medir o átomo ou seus constituintes, as teorias que regem o mundo macroscópico não se aplicam ao mundo microscópico e vice-versa.

No mundo macroscópico, a mecânica Newtoniana permite construir o mundo e seus aparatos com precisão. No interior do átomo, ela deixa de funcionar e dá lugar à mecânica quântica, que não é aplicável a eventos macroscópicos.

É importante registrar que a escolha da medida de comprimento para a realização dessa atividade foi feita exclusivamente com o objetivo de facilitar a interlocução. Das unidades do Sistema Internacional, ela é a que mais permite realizar uma conexão concreta tanto com os conteúdos abordados pelos estudantes quanto com os exemplos utilizados.

Vale ressaltar aqui que o sistema de unidades utilizado por profissionais da área de Física de Altas Energias não é o Sistema Internacional. Nessa área, o Sistema Natural de unidades é amplamente utilizado e a energia é medida de referência. Isso, porém, é assunto para outro seminário.

APÊNDICE F – Texto de apoio para o seminário 2.

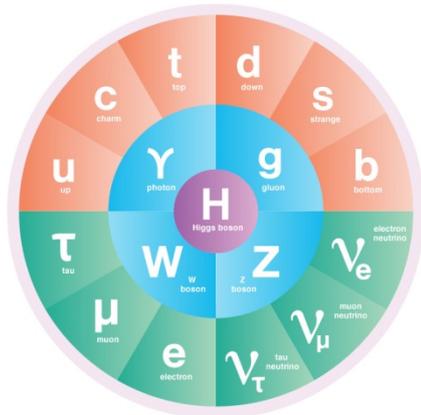
2. A FÍSICA DO VISÍVEL AO INVISÍVEL

2.1. O que é tratado na física de partículas?

Do que somos feitos? Quais são os constituintes básicos da matéria? Essas são perguntas que a humanidade se faz desde que se conhece como civilização e, apenas a partir do século XX, começou-se a obter respostas convenientes para elas. Aproximadamente há 100 anos, o homem descobria que os átomos dos elementos químicos da tabela periódica possuem uma estrutura interna formada por um núcleo e elétrons ao seu redor e assim, a física de partículas começava a ter início.

A física de altas energias, como também é chamada a física de partículas, não trata apenas de encontrar e nomear partículas para que a estrutura da matéria seja revelada, mas também sobre como essas interagem entre si para que tudo seja formado, abordando diversas leis e teorias que a natureza apresenta. Assim, o Modelo Padrão é a teoria mais bem fundamentada e estabelecida dentro das altas energias, estudando todas as partículas encontradas até hoje e como ocorrem suas interações. No Modelo Padrão há a divisão entre dois grandes grupos, chamados férmions e bósons. Férmions são todas as partículas que compõem a matéria, como por exemplo, os quarks e elétrons do átomo. Os férmions possuem spin semi-inteiro e obedecem ao princípio de exclusão de Pauli. Bósons são partículas mediadoras de forças, como por exemplo, os fótons, que são os mediadores da força eletromagnética. Os bósons possuem spin inteiro e não estão limitados pelo princípio de exclusão de Pauli. Dessa forma, o Modelo Padrão está relativamente bem estabelecido para os estudos dos constituintes da matéria e como ocorrem suas interações. Obviamente, como o próprio nome diz, ele é um modelo e há ainda uma série de partículas medidas nos experimentos realizados nos aceleradores que não são previstas teoricamente pelo Modelo Padrão. Mesmo assim, ele é a melhor ferramenta disponível para a Física de Altas Energias e nenhuma outra proposta até hoje conseguiu ser melhor.

Figura 2.1 – Modelo Padrão das partículas elementares



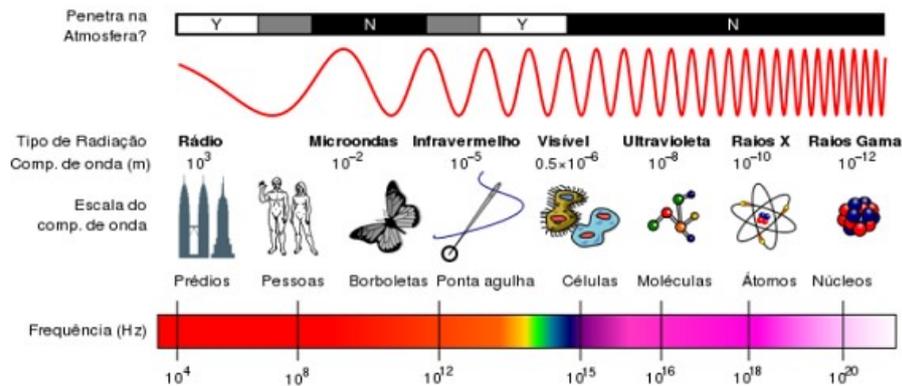
Fonte: <https://universoracionalista.org/desconstruindo-o-modelo-padrao/>

Todo o estudo de partículas e suas interações com suas propriedades físicas na Física de Altas Energias são fundamentais para que a ciência evolua, não apenas na Física ou engenharia, mas também na medicina, química, farmácia, geologia e até mesmo arqueologia, entre outras. Para isso, experimentos e estudos são realizados nos aceleradores e colisores de partículas, onde são abordados assuntos desde descobertas de novas partículas, até observações das menores estruturas possíveis.

2.2 O progresso da ciência pela luz

Quando se fala em luz, a primeira coisa a vir a mente são as lâmpadas que iluminam nossas casas, ou a luz vinda do Sol, pelo espaço. Entretanto essas são apenas alguns exemplos conhecidos de manifestação da luz. As ondas eletromagnéticas estão classificadas no espectro eletromagnético de acordo com sua frequência de oscilação e comprimentos de onda. A luz vinda do Sol e aquela produzida pelas lâmpadas que conhecemos, é chamada luz visível, responsável pela visão do ser humano e todas as cores que podemos enxergar, localizada em uma estreita faixa do espectro eletromagnético.

Figura 2.2 – Espectro Eletromagnético



Fonte: <https://pt.khanacademy.org/science/9-ano/materia-e-energia-as-ondas/ondas-eletromagneticas/a/o-espectro-eletromagnetico>

A luz visível permite que observemos as características macroscópicas da matéria, mas como citado acima, existem outros tipos de radiação que não enxergamos, mas são essenciais para que estrutura, propriedades e composição dos materiais sejam investigadas a partir de certos mecanismos, permitindo a evolução da ciência e que novas descobertas sejam feitas, trazendo benefícios em múltiplas áreas do conhecimento, como agricultura, farmácia, usinas, medicina, petróleo etc.

Localizado em Campinas, São Paulo, existe um dos projetos mais estruturados do Brasil, fornecendo o que há de mais moderno em relação à análise de materiais para qualquer área do conhecimento: o acelerador de partículas Sirius, sendo a maior e mais complexa estrutura já construída no país. Basicamente, este acelerador é um grande emissor de luz síncrotron, um tipo de radiação eletromagnética especial composta por várias frequências de luz, desde o infravermelho até os Raios-X. Para lembrar, o infravermelho é aquela frequência da luz muito utilizada por fisioterapeutas no alívio de dores ocasionadas por contusões e os Raios-X são amplamente utilizados para auxiliar os médicos na emissão de diagnósticos. Com a luz síncrotron, é possível evidenciar estruturas atômicas e moleculares de vários materiais, até em escalas de nanômetros.

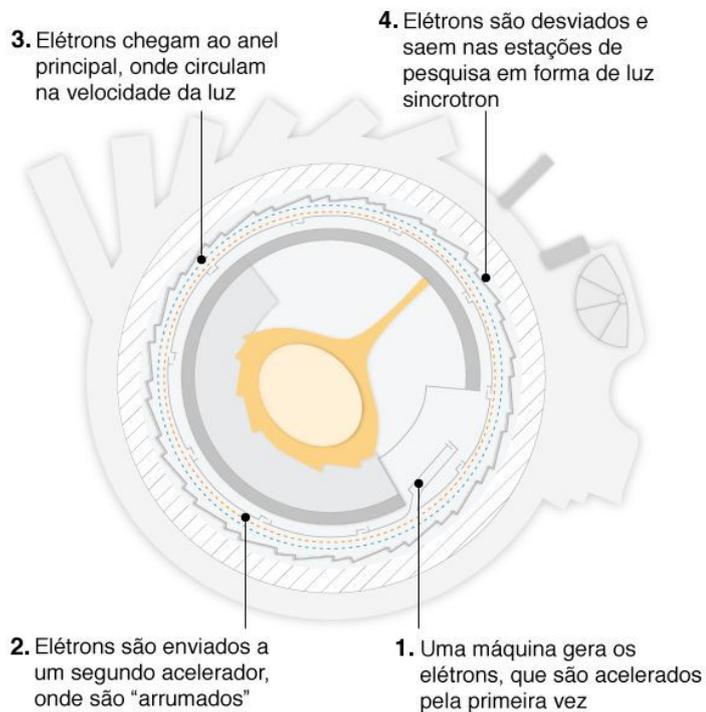
Figura 2.3 – Sirius, Campinas, São Paulo.



Fonte: <https://olhardigital.com.br/2020/07/13/coronavirus/acelerador-de-particulas-brasileiro-estuda-estrutura-do-coronavirus/>

Figura 2.4 – Funcionamento do Sirius

Como funcionará o Sirius



Fonte: CNPEM

BBC

Em 2020, o acelerador Sirius realizou experimentos que contribuíram para os tratamentos da Covid-19. Nele, os cientistas obtiveram resultados detalhados sobre

a estrutura da proteína que mantém o novo Coronavírus vivo, obtendo dados importantes para entender a biologia do vírus para que tratamentos eficazes pudessem ser elaborados. Além disso, a tecnologia da luz síncrotron possibilitou outros diversos avanços em pesquisa na área da saúde e cosmética, como o desenvolvimento do Kaletra, um medicamento usado no tratamento de infecção por pelo HIV, e também para desenvolver detergentes, condicionadores entre outros pela P&G. Para mais, a criação de baterias mais resistentes e baratas para todo tipo de dispositivos na eletrônica também tem suas pesquisas beneficiadas pela utilização da luz síncrotron. O acelerador brasileiro é um bom exemplo das utilizações práticas e comercializáveis de um acelerador de partículas.

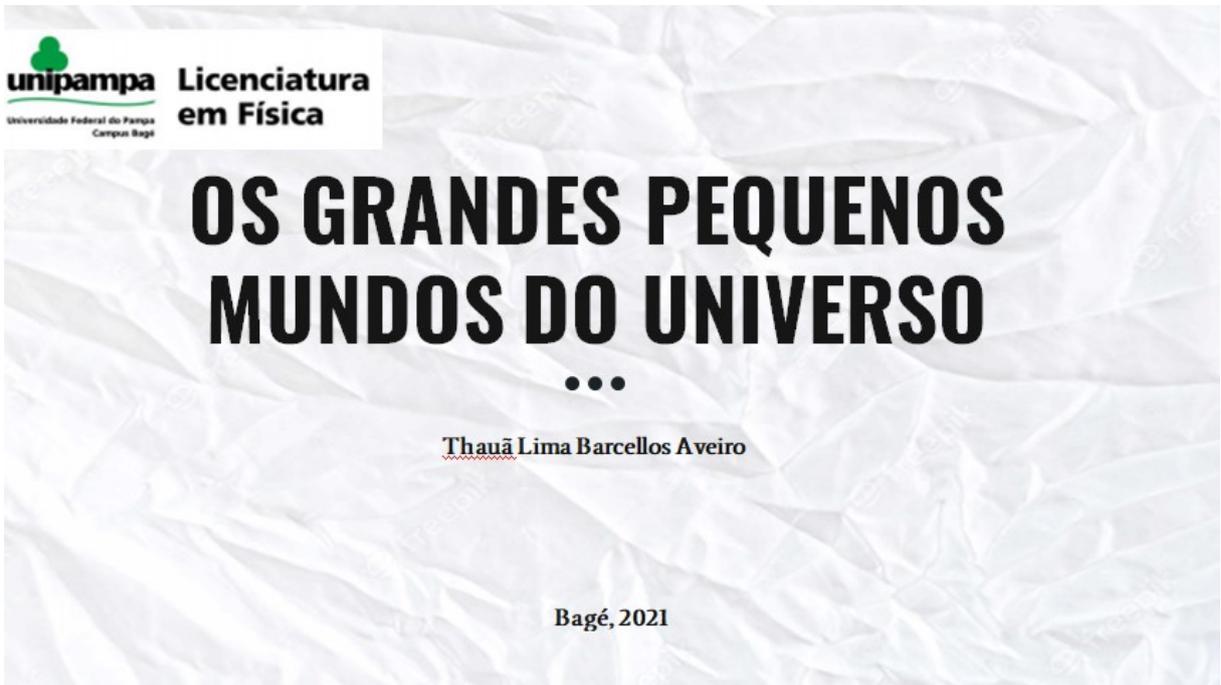
2.3 Diversos aceleradores de partículas

É importante frisar que existem diversos tipos de aceleradores de partículas que funcionam com tecnologias diferentes, desde os usados na indústria, como equipamentos para radioterapia e radiografia, até os utilizados na pesquisa científica, como o Sirius no Brasil e o maior acelerador feito até o momento, o Large Hadron Collider (LHC), na Suíça. Também é necessário afirmar que não são todos que utilizam a tecnologia de luz síncrotron para funcionar. Além do Sirius, que é um acelerador cíclico (partículas percorrem trajetórias circulares), também existe no Brasil um acelerador linear (partículas percorrem trajetórias retilíneas), chamado Pelletron, onde as análises são feitas partindo de um feixe de íons (átomos carregados eletricamente) em alta velocidade que colide com diferentes materiais, sem utilizar a luz síncrotron. O LHC, na Suíça, é um acelerador do tipo colisor de hádrons (partículas formadas por quarks, como os prótons), do qual um feixe de hádrons em alta velocidade colide sobre outro, liberando grande energia e assim podendo ser proposta e realizada uma grande variedade de experimentos.

É evidente que a pesquisa na área da física de altas energias é tão importante quanto outras, visto a grande aplicabilidade que os resultados podem propor para a comunidade como as aqui citadas. Como cidadão de voz ativa é importante estarmos informados sobre como a ciência evolui e influência em nossas vidas, mesmo que não aparente. Assim, poderemos assumir nossa posição como defensores contra discursos que menosprezam as ciências, possibilitando que o

Brasil e outros grandes países contribuintes continuem com suas ascensões científicas.

APÊNDICE G – Slides utilizados para apresentação do seminário 1.



unipampa Licenciatura em Física
Universidade Federal do Pampa
Campus Bagé

OS GRANDES PEQUENOS MUNDOS DO UNIVERSO

•••

Thauã Lima Barcellos Aveiro

Bagé, 2021

Assuntos a serem discutidos

- **História da medição do comprimento:**
 - A padronização do metro ao decorrer dos séculos.
- **Os mundos microscópicos e subatômicos:**
 - O que é o átomo;
 - A evolução dos modelos atômicos;
 - Do pequeno ao grande e vice-versa.
- **Os elementares da matéria:**
 - Do que toda matéria é feita?

História da Medição do Comprimento

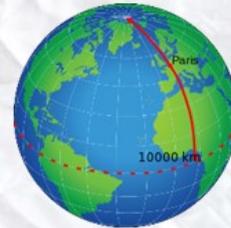
Padronização do metro



Fonte:
https://www.forp.usp.br/restauradora/pg/metrologia/metrologia_med_linea_area/medlinhi.htm

- Os referenciais de comprimento eram estabelecidos a partir de partes dos próprios corpos (pés, palmos, polegadas etc.)

- No século XVIII, foi criada a ideia do metro (m), a unidade que é hoje adotada no Sistema Internacional de Unidades (SI), para padronizar as medidas de comprimento.



Fonte: <https://pt.wikipedia.org/wiki/Metro>

3

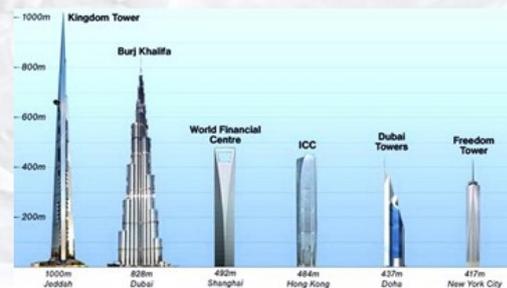
História da Medição do Comprimento

Comparando referenciais

- Tudo que é medido, precisa de uma referência para ser comparado, e para isso existe o Sistema Internacional de Unidades (SI).



Fonte: https://sites.unipampa.edu.br/nit/2020/12/17/vitrine_ep_5/



- Quando alguém se refere a grande ou pequeno, longe ou perto, rápido ou lento, leve ou pesado, não é diferente.

4

Os Mundos Microscópicos e Subatômicos

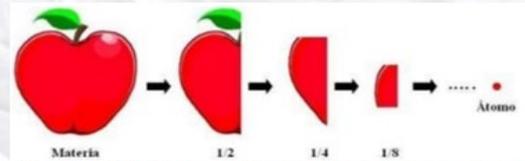
O atomismo grego

- Desde a Grécia antiga, o homem se pergunta sobre o que forma a matéria e as coisas do mundo.

Pensamento de Leucipo e Demócrito



Fonte:
https://www.youtube.com/watch?v=4E0qOagU9jM&ab_channel=Qu%C3%ADmicaObjetiva



Fonte: <https://pt.slideshare.net/newtondasilva/aula-1-o-atomismo-grego>

- Leucipo e Demócrito, filósofos gregos, introduziram o conceito do átomo, o indivisível, essência fundamental que forma a matéria e muito pequeno para ser observado, e esse pensamento persistiu ao longo de 2000 anos.

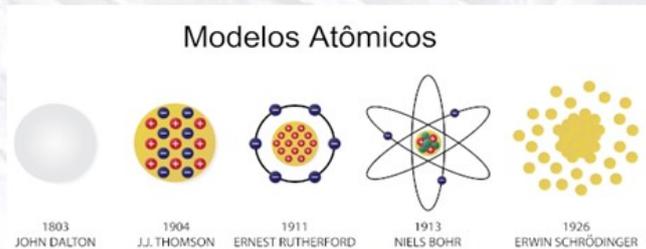
5

Os Mundos Microscópicos e Subatômicos

Evolução dos modelos atômicos

- No século XIX, John Dalton propôs o primeiro modelo atômico: uma esfera maciça, fundamental e indivisível.

- Em 1897, J. J. Thomson obteve experimentalmente a presença do elétron no átomo e, em 1911, Rutherford propôs a existência do núcleo atômico no centro do átomo.



Fonte: <https://www.manualdaquimica.com/quimica-geral/atoms.htm>

6

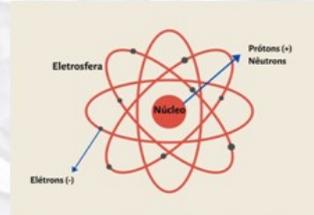
Os Mundos Microscópicos e Subatômicos

Estrutura atômica

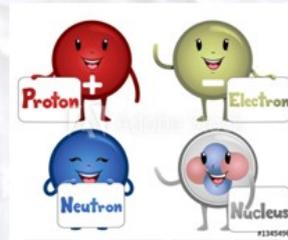
- O diâmetro de um átomo mede em torno de 10^{-10} m;

- Se for considerado o diâmetro da ponta de uma caneta esferográfica comum, que é de 1 milímetro ($1 \text{ mm} = 10^{-3}$ m), para representar o diâmetro do átomo, o metro utilizado seria representado pelo diâmetro da Terra menos aproximadamente 2,7 km.

- O núcleo super denso.



Fonte: <https://www.significados.com.br/atomo/>

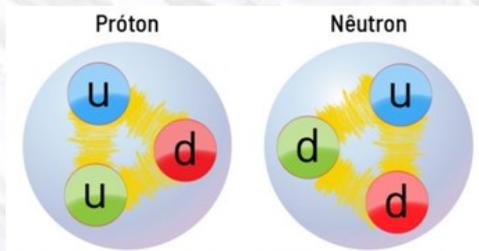


Fonte: <https://stock.adobe.com/br/images/mascot-sub-atomic-particles/134549685>

Os Elementares da Matéria

Até onde conseguimos dividir a matéria?

- Resumidamente, partículas elementares são estruturas que não possuem constituintes, são as "sementes" da formação da matéria e indivisíveis.



Fonte: ilustração de Beatriz Abdalla/Jornal da USP

- No decorrer do século passado, foram descobertas partículas que formam os prótons e os nêutrons, excluindo-os da classificação elementar. Essas são chamadas de quarks, dadas como partículas fundamentais até os dias de hoje.

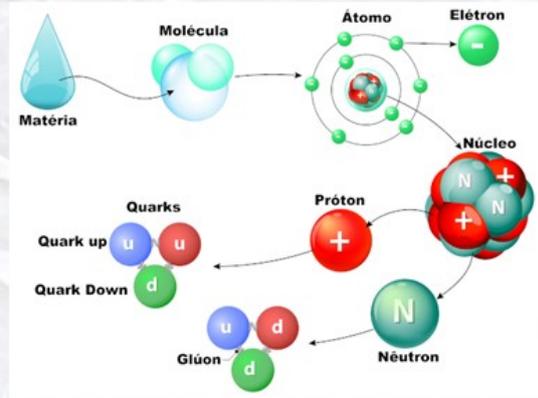


Fonte: <https://bligoo.com.br/quarks/>

8

Concluindo

- Obviamente, os olhos do ser humano são limitados para enxergar e medir certas escalas de grandezas que o universo nos apresenta. O mundo subatômico é um exemplo disso. Os microscópios mais refinados e melhor desenvolvidos produzidos até hoje não são capazes de observar diretamente nem mesmo o átomo.



Fonte: <https://www.manualdaquimica.com/quimica-geral/atomo.htm>

9

No próximo seminário:

- As medições e estimativas feitas das partículas conhecidas hoje são feitas de diversas outras maneiras indiretas, e a principal delas ocorre nos aceleradores de partículas, do qual o maior e mais famoso está localizado em Genebra, na Suíça, chamado Large Hadron Collider (LHC), onde muitos resultados já foram obtidos, como descobertas de novas partículas as medições de suas grandezas físicas.

- Como a física de partículas pode impactar diretamente na nossa vida?

10

APÊNDICE H – Slides utilizados para apresentação do seminário 2.



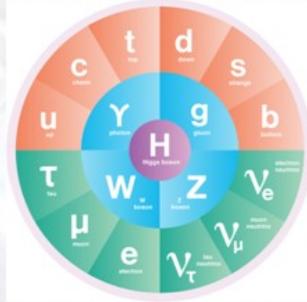
Assuntos a serem discutidos

- **O que é tratado na física de partículas?**
 - Breve apresentação das partículas elementares, suas interações e o Modelo padrão
- **O progresso da ciência pela luz:**
 - O espectro eletromagnético;
 - O acelerador Sirius;
 - A luz sincrotron.
- **Diversos aceleradores de partículas:**
 - Os tipos de aceleradores;
 - Os aceleradores fora do Brasil.

O que é tratado na física de partículas?

O Modelo Padrão

- Os A física de altas energias, como também é chamada a física de partículas, não trata apenas de encontrar e nomear partículas para que a estrutura da matéria seja revelada, mas também sobre como essas interagem entre si para que tudo seja formado, abordando diversas leis e teorias que a natureza apresenta



- O Modelo Padrão está relativamente bem estabelecido para os estudos dos constituintes da matéria e como ocorrem suas interações.

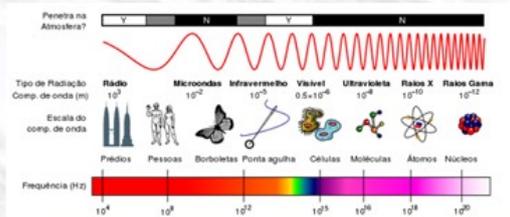
Fonte: <https://universoracionalista.org/desconstruindo-o-modelo-padrao/>

3

O progresso da ciência pela luz

O espectro eletromagnético

- As ondas eletromagnéticas estão classificadas no espectro eletromagnético de acordo com sua frequência de oscilação e comprimentos de onda.



Fonte: <https://pt.khanacademy.org/science/9-ano/materia-e-energia-as-ondas/ondas-eletromagneticas/a/o-espectro-eletromagnetico/>



Fonte: <https://olhardigital.com.br/2020/07/13/coronavirus/acelerador-de-particulas-brasileiro-estuda-estrutura-do-coronavirus/>

- Localizado em Campinas, São Paulo, existe um dos projetos mais estruturados do Brasil, fornecendo o que há de mais moderno em relação à análise de materiais para qualquer área do conhecimento: o acelerador de partículas Sirius.

4

O progresso da ciência pela luz

O acelerador Sirius

- Em 2020, o acelerador Sirius realizou experimentos que contribuíram para os tratamentos da Covid-19.

- A tecnologia da luz síncrotron possibilitou outros diversos avanços em pesquisa na área da saúde e cosmética

Como funcionará o Sirius



Fonte: CNPEM

5

Diversos aceleradores de partículas

Os tipos de aceleradores



Fonte: <http://portal.if.usp.br/fnc/pt-br/acelerador-pelletron>



Fonte:
<https://www.qualitymedicina.com.br/servicos/raio-x/attachment/exame-raiox/>

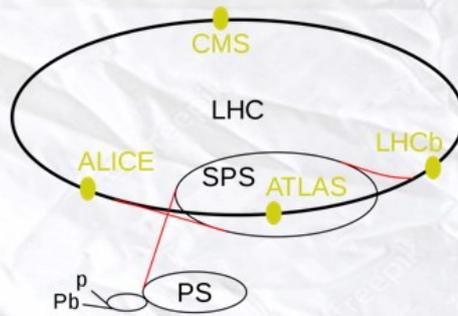


Fonte:
<http://theimagem.com.br/2019/02/11/radiografia-computadorizada-e-a-radiografia-digital-qual-diferenca/>

6

Diversos aceleradores de partículas

Aceleradores fora do Brasil



Fonte:
https://pt.wikipedia.org/wiki/Grande_Colisor_de_H%C3%A1drons



Fonte: <https://www.mdig.com.br/index.php?itemid=11244>

7

Obrigado a todos!

8