

# O Ensino das Partículas Elementares a partir de uma Sequência Didática

massa →	$\approx 2.3 \text{ MeV}/c^2$	$\approx 1.275 \text{ GeV}/c^2$	$\approx 173.07 \text{ GeV}/c^2$	0	$\approx 126 \text{ GeV}/c^2$
carga →	2/3	2/3	2/3	0	0
spin →	1/2	1/2	1/2	1	0
	<b>u</b> up	<b>c</b> charm	<b>t</b> top	<b>g</b> glúon	<b>H</b> bóson de Higgs
<b>QUARKS</b>	$\approx 4.8 \text{ MeV}/c^2$	$\approx 95 \text{ MeV}/c^2$	$\approx 4.18 \text{ GeV}/c^2$	0	
	-1/3	-1/3	-1/3	0	
	1/2	1/2	1/2	1	
	<b>d</b> down	<b>s</b> strange	<b>b</b> bottom	<b><math>\gamma</math></b> fóton	
	$0.511 \text{ MeV}/c^2$	$105.7 \text{ MeV}/c^2$	$1.777 \text{ GeV}/c^2$	$91.2 \text{ GeV}/c^2$	
	-1	-1	-1	0	
	1/2	1/2	1/2	1	
	<b>e</b> elétron	<b><math>\mu</math></b> múon	<b><math>\tau</math></b> tau	<b>Z</b> bóson Z	
<b>LÉPTONS</b>	$< 2.2 \text{ eV}/c^2$	$< 0.17 \text{ MeV}/c^2$	$< 15.5 \text{ MeV}/c^2$	$80.4 \text{ GeV}/c^2$	
	0	0	0	$\pm 1$	
	1/2	1/2	1/2	1	
	<b><math>\nu_e</math></b> neutrino do elétron	<b><math>\nu_\mu</math></b> neutrino do múon	<b><math>\nu_\tau</math></b> neutrino do tau	<b>W</b> bóson W	
					<b>BÓSONS DE CALIBRE</b>

# **AGRADECIMENTOS**

Agradeço à Sociedade Brasileira de Física (SBF) e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo fomento ao Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF) durante todo o período de formação e pela bolsa de estudos fornecida.

“O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de financiamento 001.”

“This study was financed in part by the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Finance code 001.”

# SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO, JUSTIFICATIVAS E TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA .....	03
FÍSICA DAS PARTÍCULAS ELEMENTARES.....	07
APLICAÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA .....	08
Primeira Unidade Didática – Dividida em Três Atividades .....	08
Segunda Unidade Didática – Dividida em Duas Atividades .....	12
Terceira Unidade Didática – Dividida em Duas Atividades .....	14
Quarta Unidade Didática – Dividida em Duas Atividades .....	16
Tabela Apresentando as Unidades Didáticas/Duração, Atividades Envolvidas e Objetivos Propostos .....	18
CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	19

# APRESENTAÇÃO, JUSTIFICATIVAS E TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA

Ao tratarmos de assuntos que envolvam as Partículas Elementares (PE), faz-se necessário antes falarmos sobre o átomo e sua composição básica; será um preâmbulo para o desenvolvimento do tema. Atualmente, nem o significado da palavra átomo – proveniente do grego *atomos*, que significa, de modo geral, indivisível – equivale, em termos científicos, ao que ela realmente representa e, com leis físicas próprias que são imperceptíveis a nós, simplesmente nos fazem existir.

Damos aqui uma ideia de sua dimensão:

O diâmetro de um átomo está para o diâmetro de uma maçã assim como o diâmetro de uma maçã está para o diâmetro da Terra. Portanto, para conceber uma maçã cheia de átomos, pense na Terra com seu interior completamente preenchidos com maçãs. O número de átomos na maçã e de maçãs dentro da Terra são de mesma ordem de grandeza. (HEWITT, 2002, p. 198).

O diâmetro de um átomo é da ordem de  $10^{-10}$  metros. Alinharíamos 10 milhões de átomos para compor 1 milímetro.

Das várias descrições existentes na literatura, as duas selecionadas que se seguem resumem bem qual é a estrutura de um átomo: “o átomo é formado por um núcleo central rodeado por um arranjo complexo de elétrons” (HEWITT, 2002, p. 544) e “um átomo típico possui uma espécie de nuvem de elétrons em seu exterior. [...] A carga é arbitrariamente chamada negativa. [...]. Bem dentro do átomo [...], está o núcleo, em geral composto de prótons carregados positivamente e nêutrons, eletricamente neutros” (SAGAN, 1980, p.218).

O átomo possui, então, componentes ainda menores: elétrons que circundam um núcleo central. E dentro desse núcleo, o que temos? Prótons e nêutrons, que são formados por partículas ainda menores, chamadas de quarks e glúons.

Chegamos à temática de nossa pesquisa, assim como em seu objetivo principal: elaborar um material para trabalhar junto de alunos (as) do Ensino Médio (EM) sobre as Partículas Elementares (PE) e suas interações, ou seja, trabalhar sobre os menores constituintes da matéria - até hoje estabelecidos - e como interagem entre si.

Como estudar aquilo que te compõe, compõe o Universo observável, e não se deslumbrar com tal ideia? O fascínio pelo tema nos nutriu e foi à gênese deste nosso trabalho acadêmico. Queríamos transformar esta ideia em algo físico, real.

Contextualizemos então estas primeiras informações com o nosso mundo habitual e contemporâneo, abordando a comodidade ou urgência que são recorrentes neste exemplo: para que o paciente de um hospital tenha um diagnóstico mais rápido e preciso de sua enfermidade ele precisará de um exame, muitas vezes a obtenção de algum tipo de imagem interna de seu corpo, apropriado e específico para obter este diagnóstico mais exato. E o que possibilitará tal exame?

Este será proporcionado por uma máquina - ultrassom, raios X, PET Scan (Tomografia por Emissão de Pósitrons, da sigla em inglês), etc. - concebida por uma enorme quantidade de pessoas vinculadas à ciência e à tecnologia que, em algum momento, desenvolveram em suas carreiras profissionais estritos vínculos com o estudo das PE, seja para projetá-la, construí-la ou operá-la.

Também outros dispositivos advindos desse progresso tecnológico proporcionado pela Física Moderna e Contemporânea (FMC) se incorporam significativamente ao nosso cotidiano: passar por uma porta automática no *shopping center* ou acessar o *Google*, o *Youtube* e o *WhatsApp* em seu aparelho celular, são outros exemplos claros do conforto e velocidade nas comunicações proporcionados por este desenvolvimento.

A FMC surge, indiscutivelmente, como protagonista desses acontecimentos; são os conhecimentos sobre o comportamento das PE, no microcosmo da estrutura atômica dos elementos químicos que compõem tais dispositivos, que fornecem subsídios para a humanidade realizar tais feitos em nosso contexto de existência, de ordem macroscópica.

Para justificar a relevância de nosso argumento - e motivação - na proposta de tratar o assunto em questão no EM, usaremos a declaração de um físico estadunidense que é uma importante referência acadêmica de ordem mundial:

Se, em algum cataclismo, todo o conhecimento científico fosse destruído e apenas uma frase fosse transmitida para as próximas gerações de criaturas, que afirmação conteria mais informações em menos palavras? Acredito que seja a *hipótese atômica* [...] de que *todas as coisas se compõem de átomos - pequenas partículas que se deslocam em movimento perpétuo, atraindo umas às outras quando estão a certa distância, mas se repelindo quando comprimidas umas contra as outras.* (FEYNMAM, 2005, p. 35).

Qualquer entusiasta da física de partículas (ou de altas energias) e da mecânica quântica acolhe o depoimento acima com satisfação, pois evoca a importância do estudo e do conhecimento sobre um tema no qual as PE são as personagens principais.

Dialogando sobre nosso propósito, de que são compostos os átomos, então? De partículas ainda menores, que interagem entre si, conhecidas como Partículas Elementares (PE); o desenvolvimento desse estudo culminou na hoje chamada teoria do Modelo Padrão (MP) das PE.

Compondo o quadro do magistério do Estado de São Paulo como professor, na disciplina de Física, desde 2007 (efetivado mediante concurso público em 2014), observei a oportunidade de transformar esta questão em um estudo, auxiliando no ensino das PE e conseqüentemente da FMC, visando contemplar especificamente alunos (as) da terceira série do Ensino Médio (EM) da Educação Básica (EB).

Ainda, é determinado o desenvolvimento e apresentação de uma dissertação ao Programa de Pós-Graduação de Mestrado Profissional em Ensino de Física (PROFIS-So), da Universidade Federal de São Carlos, *campus* Sorocaba, no Curso do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF); tal dissertação é requisito para a obtenção do título de Mestre em Ensino de Física. Além disso, faz parte dos requisitos a elaboração de um Produto Educacional, que deve ser fruto da dissertação. Assim, foi decidido elaborar uma Sequência Didática (SD) com a finalidade de trabalhar pedagogicamente o tema, visando assim, aproximar nossos (as) alunos (as) do EM desta realidade, construindo uma ponte entre a ciência básica e aplicada com a vida habitual destes (as) educandos (as).

Ao elaborar essa SD, pretende-se colaborar no ensino de FMC, em particular as PE e suas interações. Procuramos, com este material pedagógico, guarnecer o professor de física do EM na sala de aula, auxiliando-o na execução de seu ofício.

A SD foi dividida em quatro Unidades Didáticas (UD), preenchidas com diversas atividades didáticas, entre elas, apresentação de *slides*, debates de opiniões em grupo, produção de paródias e uma atividade na quadra poliesportiva. A SD foi aplicada em uma Escola da Rede Pública Estadual, na cidade de Sorocaba – SP, com três turmas da terceira série do EM e dados específicos foram coletados através de avaliações para averiguação de indícios de aprendizagem significativa entre os (as) alunos (as).

Assentamos três linhas principais de defesa para argumentar sobre os motivos para se trabalhar FMC, especificamente o tópico de Partículas Elementares (PE), na Educação Básica (EB), com turmas da 3ª série do Ensino Médio (EM).

A primeira linha aborda a necessidade de mais espaço para a FMC nos currículos oficiais da EB. Sob a perspectiva de vários autores estudados, foi detectada pouca profusão de tópicos de FMC no EM, com legitimação muito tímida por parte dos currículos visitados.

O segundo argumento se apoia na pouca produção acadêmica que esteja voltada para auxiliar o professor na sala de aula, embasada em metodologias e teorias de aprendizagem. Dentro desse argumento, encontra-se também os obstáculos epistemológicos e conceituais que os professores da EB atravessam para trabalhar tópicos de FMC.

Finalizando as justificativas, existe o caráter social, que envolve a formação cívica do estudante, para que, através do reconhecimento do papel da ciência e da tecnologia em um contexto globalizado, seja um agente contemporâneo, atuante e solidário na sociedade em que está inserido.

Para contribuir no cumprimento dessa tarefa, apresentamos aqui uma Sequência Didática (SD), desenvolvida de maneira para que seja ajustada e implementada em sala de aula, por qualquer professor (a) interessado (a) em replicá-la.

A sequência didática (SD) é uma proposta metodológica de ensino na qual o conhecimento a ser obtido pelo (a) aluno (a) deve estar inserto em um conjunto de atividades de cunho pedagógico, devidamente seriada e articulada.

Formam, assim, Unidades Didáticas (UD), com mais amplitude que um plano de aula, por exemplo, devido ser capaz de abordar várias estratégias didáticas e também por haver uma sincronia de várias aulas.

As atividades foram desenvolvidas com o auxílio da Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS) do estadunidense David Paul Ausubel. A teoria é identificada como cognitivista dinâmica e prioriza identificar o que seu (sua) aprendiz já dispõe de conhecimentos em sua estrutura cognitiva.

A partir disso, estabelece modificações nessa estrutura, através da inserção de novos significados, relacionando estas novas informações com as já existentes, de maneira não literal e não arbitrária, utilizando-se de tipos e formas de aprendizagem que apoiam a teoria.

# FÍSICA DAS PARTÍCULAS ELEMENTARES

Inicia-se então, a SD, com a ideia atomista desenvolvida na Grécia clássica, com o intuito de que o alunado se inteire do primeiro conceito de átomo, registrado ocidentalmente. Seguindo, dá ênfase para o começo do século XIX, com a retomada do conceito atomístico, e no decorrer do século, os esforços científicos e as descobertas decorrentes à época.

É finalizada com a nova concepção atômica desenvolvida a partir do século XX, que revolucionou os paradigmas científicos vigentes. A partir daí o trabalho se direciona para o seu propósito, diante das previsões, experimentos e consequentes descobertas das partículas que constituem os menores componentes da matéria e que são alvo de nosso estudo, as Partículas Elementares (PE) e suas interações.

São trabalhadas informações do Modelo Padrão (MP) das PE. A SD está dividida em quatro Unidades Didáticas (UD), que compreendem as atividades didáticas.

As atividades selecionadas contarão com a utilização de aulas dialogadas, apresentação de *slides*, leitura seguida de discussão em grupo, produção de paródias por parte dos aprendizes e uma atividade coletiva na quadra poliesportiva. As atividades objetivam auxiliar à compreensão do assunto trabalhado.

Segue um tutorial demonstrando o desmembramento da SD nas Unidades Didáticas (UD) que foram desenvolvidas, enumeradas como foram trabalhadas por este pesquisador, no momento de sua aplicação. É válido salientar que a SD foi pensada para poder sofrer alterações, pois deve ser acomodada à realidade em que for aplicada. A próxima seção se destinará a isso.

# APLICAÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA

## Primeira Unidade Didática – Dividida em Três Atividades

### • 1ª atividade

Sugere-se que a primeira UD da SD inicie-se com uma atividade cuja finalidade é sondar e detectar o quanto o aluno sabe a respeito dos modelos atômicos.

Solicita-se ao educando que faça a ilustração de um modelo atômico, como ele o entende, em uma folha devidamente preparada, que deverá estar timbrada com o logotipo da escola, contendo uma introdução sobre o assunto abordado e a proposição da atividade.

É incentivado o diálogo entre os (as) alunos (as), para que seja construído um ambiente de interação entre eles. Esta primeira atividade deve servir para o professor compreender o quanto os (as) alunos (as) têm de informação sobre os modelos atômicos.

Espera-se que, a partir do conhecimento do professor acerca dos subsunçores dos estudantes, este comece a promover a Diferenciação Progressiva para moldar esta informação que acreditamos já estar estabelecido - o modelo atômico de Rutherford - e assim promover a assimilação de novos conceitos na estrutura cognitiva do aluno, com o apoio das formas de aprendizagens: subordinadas, superordenadas ou ordenadas.

Caso seja diagnosticado algum caso de pouco ou nenhum conhecimento do modelo atômico em questão, esta atividade servirá então de organizador prévio e será então trabalhado, inserido e posteriormente utilizado como subsunçor para os processos de assimilação futuros.

Ao incentivar um ambiente de diálogo entre os educandos no momento de ilustrar o “seu próprio modelo atômico”, acredita-se que trabalhamos com os conteúdos atitudinais.

Estamos também interessados em promover assim um ato de encontro de ideias para um fim didático e de reflexão sobre a vida escolar do (a) educando (a); visamos então estimulá-los (as) a adotar princípios atitudinais norteados pelos quatro Pilares da Educação, da UNESCO, principalmente ao que tange o terceiro deles: aprender a viver com os outros. Dessa forma, será possível trabalhar-se valores tais como: tolerância, convivência social e compartilhamento de tarefas (ZABALA, 1998).

Essa aula será conduzida pelo professor a partir da consideração obtida dos alunos, que serão os subsunçores e, depois de observá-los e adequá-los, será necessário um preâmbulo sobre o tópico que será estudado: as partículas elementares (PE) e suas interações.

A aula expositiva servirá para abordar os conteúdos conceituais, com o uso do quadro negro. É recomendado começar o diálogo com a seguinte frase, visando criar uma problematização: “Vamos refletir sobre do que são compostas as coisas que encontramos no Universo: os planetas, as estrelas e nós mesmos”.

A partir daí será construída esta primeira atividade, com intenção de que seja revelada ao discente a contribuição que o estudo das PE oferece para a civilização moderna, seja pelo acesso às novas tecnologias, velocidade nas comunicações ou pela medicina avançada, entre outros assuntos que possam ser sugeridos - inclusive pelos próprios alunos - e colocados em pauta.

Ao final, será possível que o professor promova a adição de um conteúdo de caráter conceitual usando a Diferenciação Progressiva: iniciando com o tema principal da SD, que são as PE, evidenciando que os Prótons e Nêutrons constituintes do núcleo atômico são “partículas compostas” de quarks e glúons, e estes sim, são partículas essencialmente elementares, junto de elétrons, neutrinos e as partículas mediadoras (MOREIRA, 2011).

Estima-se que sejam necessários vinte minutos para esta primeira atividade: os cinco primeiros para os alunos se sociabilizarem e desenharem “seus modelos atômicos” na folha de atividades e nos quinze minutos restantes para o desenvolvimento do descrito anteriormente.

#### • 2ª atividade

A próxima atividade envolve o desenvolvimento de uma aula dialogada auxiliada de apresentação de *slides* e o trecho de um vídeo, relacionados abaixo; julgamos que a atividade irá contemplar conteúdos factuais e conceituais (ZABALA, 1998), já que se apresentam fatos que estão norteados por datas e realizações pontuadas no tempo.

Sugere-se que devemos, através de uma breve abordagem, deixar claro ao educando que todo o desenvolvimento tecnológico atual provém de uma conjuntura histórica milenar; desde as primeiras ideias do que seria o átomo, com os pensamentos

dos filósofos da Grécia clássica, passando pela Idade Média, chegando à Física do início do século XX e até sua contemporaneidade.

Os *slides* utilizados encontram-se no endereço eletrônico [https://drive.google.com/drive/folders/1bjV359KiAoPr23KDvFGFEsvhJWf88W\\_G?usp=sharing](https://drive.google.com/drive/folders/1bjV359KiAoPr23KDvFGFEsvhJWf88W_G?usp=sharing). Trata-se de uma explanação do empenho humano em explicar a constituição da matéria. Começa com a teoria do *Big Bang* - deixando claro que todas as PE e forças fundamentais surgiram nos primeiros momentos do Universo -, passando pelos filósofos gregos atomistas, ingressando no século XIX com as ideias de átomo de John Dalton e J. J. Thomson, passando pelo modelo de Hantaro Nagaoka e resultando no modelo atual de Rutherford/Bohr. Por fim, o mais recente modelo, baseado na mecânica quântica, também citado.

Em seguida, será trabalhado o vídeo “O Discreto Charme das Partículas Elementares” que está disponível no *YouTube* no endereço eletrônico [www.tvcultura.com.br/particulas](http://www.tvcultura.com.br/particulas). Deve ser visualizado neste primeiro momento o trecho que vai do começo até os quatro minutos e trinta segundos do vídeo. O documentário foi produzido pela TV Cultura e é uma extensão, na forma de uma história entre jovens, do livro de Maria Cristina Batoni Abdalla, *O Discreto Charme das Partículas Elementares* (ABDALLA, 2006).

Para esta atividade, sugere-se que seja utilizado cerca de cinquenta minutos: trinta minutos para a aula dialogada auxiliada por *slides* e mais vinte minutos para a visualização do vídeo em sala de aula, sendo cinco minutos de visualização e dez minutos de debate em grupo, as quais serão norteadas e balizadas pelo professor.

É importante avaliar a produção por parte dos alunos e, nesse caso, sugere-se a criação de um texto em forma de resumo para o grupo produzir, ainda em sala de aula. Deseja-se que, com o tempo que terão (cinco minutos), ocorra uma Reconciliação integrativa ente as informações que os alunos (as) já tinham e as novas, oferecidas e mediadas pelo professor.

### • 3ª atividade

A primeira UD da SD pode ser finalizada com a realização de uma atividade de leitura e debate em grupo. Sugere-se que cada aluno deva receber seu próprio texto, para que a leitura seja efetuada com maximização do tempo de aula; propomos que a turma

seja dividida em grupos de cinco alunos, no máximo, e que seja criado um ambiente de concentração no momento da leitura.

Propõe-se trabalhar em grupo para criarmos um ambiente de interação entre os alunos, mais uma vez abordando conteúdos de ordem atitudinal, pois esse ambiente é profícuo para a promoção e construção de significados, edificante para a aprendizagem (INOCÊNCIO E CAVALCANTI, 2005).

Também aqui serão trabalhados conteúdos procedimentais, pois os alunos receberão orientação para, durante a leitura, anotarem em seus cadernos trechos que eles julguem serem importantes e também possíveis dúvidas em relação ao significado de palavras ou contextos dentro do texto.

É sugerido a aplicação de um questionário ao final da atividade. Visando a assimilação por parte dos (das) alunos (as), espera-se poder promover, junto aos (às) mesmos (as), a Diferenciação Progressiva e a Reconciliação Integrativa, cujas modificações na estrutura cognitiva serão proporcionadas de forma subordinada.

Com essa abordagem, espera-se desenvolver noções sobre a classificação a que se subordinam quarks, léptons e bósons intermediadores, que serão apresentados ao (à) aprendiz a partir do subsunçor, já estabelecido. Os textos selecionados e propostos nesta sequência abordam o Modelo Padrão das PE.

Para isso, recomenda-se a utilização do quadro do Modelo Padrão (MP) das Partículas Elementares (PE). O quadro pode ser visualizado de forma eletrônica, na sala de informática (por exemplo) no endereço eletrônico <https://mundoeducacao.uol.com.br/fisica/modelo-padrao-fisica-particulas.htm>, ou pode ser impresso e apresentado como um cartaz em sala de aula, na ausência de recursos tecnológicos.

A avaliação será formativa e terá um cunho atitudinal: será considerada aqui a reciprocidade cultivada entre os educandos, com o desenvolvimento de seu senso de solidariedade; também será relevante avaliar seu empenho em aprender.

É importante salientar que quando citamos o termo “avaliar”, não significa somente aferir o conhecimento que o aluno recebeu e dar uma nota a isso; queremos

perceber o quanto esta participação ocorreu, pois a predisposição deste aluno em querer aprender configura em uma das duas condições para que a TAS se concretize.

Com o desenvolvimento de seu engajamento, do espírito de coletividade e com o apoio e orientação do professor, pretende-se que este estudante seja o protagonista de seu próprio aprendizado.

A outra condição a ser observada, para obtermos sucesso na implementação de uma aula nos moldes da TAS, e objeto principal deste estudo, é submeter ao aprendizado materiais que sejam potencialmente significativos, *i. e.*, que sejam, ao máximo possível, adequados para o ambiente/situação em que o aluno esteja inserido e que seja também plausível academicamente à sua idade e nível de compreensão, balizado através dos currículos oficiais.

## **Segunda Unidade Didática – Dividida em Duas Atividades:**

### **• 1ª atividade**

Esta UD se propõe ao estudo dos atributos quânticos (também chamados de números ou propriedades quânticas) das PE: massa, carga elétrica, spin, sabor e carga cor. Sugere-se o uso de uma sequência de *slides*, encontrada no endereço eletrônico [https://drive.google.com/drive/folders/1bjV359KiAoPr23KDvFGFEsvhJWf88W\\_G?usp=sharing](https://drive.google.com/drive/folders/1bjV359KiAoPr23KDvFGFEsvhJWf88W_G?usp=sharing), junto do quadro do MP das PE: <https://mundoeducacao.uol.com.br/fisica/modelo-padrao-fisica-particulas.htm>, visando, a partir do subsunçor reconhecido, podermos trabalhar novos conceitos, mais específicos, usando para isso a Diferenciação Progressiva e a Reconciliação Integrativa, adjuntos à implementação da teoria e definidos no corpo da dissertação.

Os conteúdos conceituais estão bem demarcados neste momento: primeiramente sugere-se trabalhar o subsunçor - conceito de modelo atômico que, espera-se, o aluno já possua - para o acondicionamento de novos conceitos que serão inclusos em sua base cognitiva através da visualização dos *slides* e do quadro, junto da explanação do professor e diálogo fomentado a partir do assunto abordado.

Serão novas informações, abstratas e peculiares, que somente ocorrem em dimensões subatômicas, como por exemplo, admitir que condições como a carga cor ser

somente um “nome” que atribuímos para essa condição quântica; não se trata das cores que vemos fisicamente, somente foi escolhido para representar uma situação quântica em que se encontra.

Sugere-se, então, a produção de uma atividade que visará melhores condições para a assimilação dessas novas informações, agora de forma procedimental. A partir da divisão em grupos de no máximo cinco alunos, a apresentação dos *slides* será interrompida várias vezes, para que o assunto em questão possa ser debatido, e que dúvidas e comentários sejam apresentados durante a apresentação, contando com a participação de todos. O quadro também estará em exposição, em sala de aula, para visualização dos estudantes.

Objetiva-se que durante as pausas, possa ser feita uma sessão de comentários feitos pelo professor, utilizando-se das formas proposicionais e conceituais de aprendizagem embasadas na TAS, e assim, a aula possa ser conduzida para que o estudante perceba que o spin é um número quântico importante, pois difere as PE em Férmions e Bósons, que estão na base do Modelo Padrão (MP); Férmions (de spin semi-inteiro) na condição de partículas essencialmente elementares e Bósons (de spin inteiro) como partículas mediadoras.

Sugere-se solicitar para que os (as) alunos (as) anotem as informações que eles achem principais, assim como suas dúvidas. Esta atividade deve ser cumprida no prazo de quarenta minutos.

Um questionário deverá aplicado ao final da atividade, para ser respondido nos dez minutos finais da aula e que será utilizado posteriormente, para fins de avaliação.

#### • 2ª atividade

Esta atividade é prevista como de caráter procedimental. Sugere-se dividir os (as) alunos (as) em grupos de cinco integrantes. Pretende-se estudar as três classes principais que compõem o MP das PE: a dos quarks e dos léptons, com suas três gerações e a classe dos bósons, as partículas intermediadoras. Sugerimos a utilização de um livro didático para auxiliar essa tarefa. Indicamos algumas sugestões de livros que trazem abordagem de tal conteúdo nas referências bibliográficas (BISCUOLA et al., p.294-295, 2013), (GUIMARÃES et al., p. 269-278, 2014), (SANT’ANNA et al., p. 380-381, 2010).

A partir do subsunçor, já pertencente à estrutura cognitiva dos (as) alunos (as), sugere-se conduzir o processo de assimilação de novos conceitos, na grade mental de nosso (a) estudante, fazendo com que este utilize o que já possui de informação para construir novas proposições, como exemplo, a existência de várias classificações para as partículas fundamentais através do MP, uma teoria que satisfaz grande parte de nosso entendimento sobre a constituição da matéria.

### **Terceira Unidade Didática – Dividida em Duas Atividades:**

#### **• 1ª atividade**

Nessa atividade sugerimos a utilização do quadro do MP das PE, novamente. A ideia é inserir a informação de que Quarks e Léptons possuem suas antipartículas, e que essas são somente as mesmas partículas com sua carga elétrica trocada: quem tem carga positiva tem antipartícula negativa e vice-versa.

Os conteúdos trabalhados serão abordados de modo conceitual já que o entendimento do que seja a carga elétrica de uma partícula elementar ( $e = 1,602 \times 10^{-19}$  C) é de caráter conceitual.

Sugere-se nortear a noção de que prótons e nêutrons são partículas compostas de outras partículas mais elementares, que são os quarks. Para essa circunstância, espera-se que haja uma Diferenciação Progressiva do tipo subordinada, pois o conceito “estrutura atômica” é uma informação mais abrangente e, ao que se espera, já dominada pelo aluno (a), para subordinar outras ideias que serão incorporadas à estrutura cognitiva dele (a), que é a categoria dos Hádrons, subdivididos em Bárions (prótons e nêutrons) e Mésons.

É importante, neste momento, comentar a participação do físico brasileiro Cesare Mansueto Lattes, ou simplesmente Cesar Lattes, que auxiliou na descoberta do Méson PI e que resultou no prêmio Nobel para o chefe da equipe de pesquisa da qual Lattes trabalhou.

Estima-se a utilização de cinquenta minutos para esta atividade: Quinze minutos expondo o pôster e comentando sobre ele, mais vinte para o desenvolvimento procedimental que será feito junto aos alunos (as), que consistirá no pedido de um pequeno texto (cinco linhas) junto com a atividade pedida logo acima e produzido por ele

(a) sobre o que entendeu da exposição feita pelo professor e os quinze minutos finais para fechamento da aula, repasse das ideias junto das informações que os alunos produziram.

A participação dos (as) alunos (as) deve ser fomentada em todo momento e a participação deverá ser coletiva, com exposições de ideias e dúvidas, que serão comentadas e respondidas pelo professor ou mesmo pode servir como gancho pedagógico para uma nova pesquisa.

#### • 2ª atividade

A estratégia didática nessa atividade é a produção de paródias. Sugere-se esperar que esse trabalho possa incentivar e fazer florescer os possíveis talentos artísticos latentes dos (as) alunos (as) (LEÃO et al, 2011).

Quando se usa essa estratégia, sugere-se que o professor traga uma paródia já desenvolvida anteriormente. Na sequência didática que foi aplicada isso também ocorreu, porém, conforme se verá, será proposto que o aluno formule e elabore sua própria paródia.

Conteúdos atitudinais serão contemplados, já que a atividade visa o desenvolvimento cognitivo, interacional e cultural, com o intuito da inserção de novas vivências e que elas sejam produtivas para o (a) aluno (a) no que diz respeito ao desenvolvimento de seu aprendizado.

A forma de aprendizagem aqui será a proposicional, pois incentiva-se a coordenação de atividades em que os alunos deverão ser estimulados a propor um tipo de construção intelectual que será o desenvolvimento de suas paródias.

As diretrizes devem ser dadas pelo professor: com a escolha de uma música - de estilo musical selecionado pelos (as) próprios (as) alunos (as) - será gerada uma paródia para ser apresentada ao final da aula.

Sugere-se que cinquenta minutos sejam necessários para desenvolvimento da atividade. Os cinco minutos iniciais serão para apresentação de paródias já produzidas. Sugerimos utilizar o vídeo já mencionado “O Discreto Charme das Partículas Elementares” que está disponível no site [www.tvcultura.com.br/particulas](http://www.tvcultura.com.br/particulas), o qual apresenta uma paródia dos trinta e quatro minutos e quarenta segundos até os trinta e oito minutos e quarenta e dois segundos (aproxima-se para cinco minutos de apresentação).

## **Quarta Unidade Didática - Dividida em Duas Atividades:**

### **• 1ª atividade**

Na primeira atividade desta quarta UD da SD sugere-se desenvolvimento da atividade de leitura, seguida de aula expositiva e dialógica do professor sobre o LHC, o “Grande Colisor de Hádrons”, explicitando seus objetivos, funcionamento e evidenciando os benefícios das descobertas proporcionadas pelas pesquisas nele efetuadas, além de esclarecer sua associação com o estudo das PE.

Sugere-se que tal momento pedagógico deva ocorrer em uma sala de informática, com a finalidade de que os educandos, com o auxílio do professor, promovam uma aula de investigação e exploração de suas curiosidades, com o uso de tecnologias digitais. O site utilizado permite “links” para com outras reportagens que possuam algum vínculo de relevância para com o tema estudado.

Sugere-se que a leitura ocorra em dupla e cada par pode ocupar um computador. Também sugere-se que o texto esteja dividido em três subtítulos menores.

Indicamos que a atividade pode ser finalizada com uma aula dialógica intermediada pelo professor acrescentada de comentários dos estudantes, acerto de dúvidas pendentes e informações adicionais sobre o conteúdo.

O texto utilizado encontra-se no seguinte endereço eletrônico: Site Inovação Tecnológica- [www.inovacaotecnologica.com.br](http://www.inovacaotecnologica.com.br)

(URL: <https://www.inovacaotecnologica.com.br/noticias/noticia.php?artigo=brasileiros-vao-ajudar-aligar-a-maquina-do-comeco-do-mundo>).

Conveniente e intencionalmente escolhido, este texto é dividido em três subtítulos, facilitando para o professor poder intermediar o processo da Diferenciação Progressiva, usando o subsunçor - a informação sobre os modelos atômicos, que aguarda-se, o (a) aluno (a) possua em sua estrutura cognitiva - e fazendo ocorrer a assimilação através da leitura de cada subtítulo, com o subsunçor sendo usado para que o aluno inclua outras informações a ele: prótons e nêutrons (componentes do núcleo do átomo) sendo pertencentes à categoria dos Hádrons.

O professor pode proceder da seguinte maneira: incentivando a argumentação de cada dupla em relação aos textos que eles leram, permitindo intervenções de outros alunos, seja para confrontar dúvidas ou expor opiniões.

Para cada subtítulo lido, acredita-se na importância de se explicar sobre o contexto, recombina proposições e adicionar informações relevantes, obliterando o subunção e promovendo a Reconciliação Integrativa com as informações dadas pelo professor, as que permeiam o texto e as informações que o aluno já possuía.

Sugere-se a utilização de cinquenta minutos para consolidar esse momento: cinco minutos de leitura, mais cinco minutos de debate intermediado entre os integrantes de grupo para cada subtítulo, totalizando trinta minutos.

Os vinte minutos restantes são para o balizamento das informações pelo professor, com aula expositiva e dialógica, com o apelo para que os alunos participem com perguntas pertinentes ao tema.

Para finalizar essa atividade, cada aluno pode ser incentivado a fazer uma pergunta ou comentário sobre a aula que acabou de participar. Esta etapa intenciona contemplar conteúdos de ordem conceitual e atitudinal.

## • 2ª atividade

Sugere-se que esta última atividade seja desenvolvida na quadra poliesportiva. Contemplará conceitos atitudinais em primeira instância, e logo após, conteúdos conceituais, visando que ocorra reconciliação integrativa com informações já existentes e que novas conclusões possam ser obtidas por eles (as), através da experimentação de uma atividade de ordem recreativa.

Uma vez na quadra, sugere-se dividir os (as) alunos (as) em grupos de, no máximo, seis componentes. Alguns desses (as) alunos (as) - dentro de seus grupos - assumirão ser “quarks *up*”, outros (as) farão o papel de “quarks *down*”, assim como outros (as) serão elétrons, múons e taus, ou seja; será necessário que os (as) alunos (as) se organizem quando for pedido para eles (as) formarem uma partícula composta, como mésons, prótons ou nêutrons, por exemplo.

Petecas, ou mesmo bolas de basquete ou vôlei, podem ser usadas nesta atividade para simbolizar as partículas de interação, sendo “glúons” quando as interações forem entre “quarks” e “fótons” quando as interações forem entre elétrons.

A avaliação - de caráter formativo - pode ocorrer ao se obter o resultado da “gincana” proposta, de modo a avaliar atitudes positivas e coletivas. O período estimado para esta atividade é de cinquenta minutos. Haverá uma última aula, para aplicação de um questionário, de ordem somativa, para captação de dados sobre o quanto os aprendizes desenvolveram de conhecimento sobre os conteúdos trabalhados. Aqui se conclui a aplicação da Sequência Didática.

Segue uma tabela, apresentando as UD (com suas respectivas durações), propostas de atividades para os conteúdos abordados e objetivos a serem alcançados.

<b>Unidade Didática - Duração</b>	<b>Atividades propostas para os conteúdos</b>	<b>Objetivos a serem alcançados</b>
<p><b>1ª UD</b> 2 aulas de 50 min cada (100 min)</p>	<p>Diagnóstico inicial através de atividade dirigida e conversa informal com a turma para sondagem e reconhecimento dos subsunçores.</p> <p>Introdução ao estudo das Partículas Elementares, evidenciando seu contexto histórico (da Grécia clássica até o Modelo Padrão atual), utilizando <i>slides</i> e vídeo, com aula dialógica. Finalização do momento com leitura de texto sobre as Partículas Elementares (PE) e debate em grupo (máximo de cinco alunos por grupo).</p>	<p>Objetiva-se investigar o quanto o aluno sabe sobre o conteúdo que será proposto e fazer uma introdução sobre o assunto (Partículas Elementares), assim como discorrer sobre a trajetória histórica do tema.</p>
<p><b>2ª UD</b> 2 aulas de 50 min cada (100 min)</p>	<p>Abordagem sobre os atributos quânticos (massa, carga elétrica, spin e carga cor) das partículas elementares com apresentação de <i>slides</i>, aula dialógica seguido de questionário e atividade de debate em grupo (máximo de cinco alunos por grupo).</p> <p>Utilização de texto de livro didático (ver referências) para leitura, aula dialogada e debate em grupo (máximo cinco alunos por grupo).</p>	<p>Objetiva-se demonstrar os atributos quânticos, o que distingue Férmions de Bósons e as Partículas que as compõem.</p>

<p><b>3ª UD</b> 2 aulas de 50 min cada (100 min)</p>	<p>Abordagem sobre os léptons e quarks (sabores e cores) &amp; suas antipartículas, com utilização de <i>slides</i>, seguido de aula dialogada e exercícios; aula dialogada sobre os hádrons (bárions e mésons - também com utilização de <i>slides</i>). Proposta de atividade didática: produção de paródias sobre quarks, hádrons, léptons e suas antipartículas.</p>	<p>Objetiva-se demonstrar que as Partículas Elementares compostas (Prótons e Nêutrons) são constituídas de partículas ainda menores, os quarks, e discutir suas características, como sabor e carga cor.</p>
<p><b>4ª UD</b> 2 aulas de 50 min cada (100 min)</p>	<p>“Como se detectam as Partículas Elementares?”. Abordagem através de texto selecionado - site Inovação tecnológica - sobre o LHC. Abordagem sobre as Partículas Elementares intermediadoras (Bósons) com a utilização de <i>slides</i> e vídeos. Atividade na quadra poliesportiva: entender como interagem as partículas mediadoras através de um jogo com petecas.</p>	<p>Objetiva-se que o educando reconheça como se detectam as partículas elementares, assim como esclarecer como ocorrem suas interações; com a atividade na quadra poliesportiva a expectativa é a de promover entre os (as) alunos (as) um ambiente descontraído e propício para o aprendizado.</p>

## CONSIDERAÇÕES E IMPRESSÕES FINAIS

Concluimos que, durante a aplicação da pesquisa e sua consequente averiguação de aprendizagem, foi permitido analisar, de forma qualitativa, a efetiva contribuição que uma SD, embasada na TAS, pode oferecer para o ensino em sala de aula.

O desenvolvimento metodológico, contextual e epistemológico que a SD proporcionou possibilitou um melhor resultado na busca de nosso objetivo: colher informações sobre o ensino das PE e averiguar o quanto as estruturas cognitivas desses (as) alunos (as) modificaram-se sobre este aspecto.

Sugerimos ao professor que se interessar em reproduzir nossa SD que avalie minuciosamente - caso necessite substituir - as novas atividades pedagógicas com as quais irá trabalhar em sala de aula, pois acreditamos que é uma parte importante para o sucesso de sua aplicação.

É sugerido porque, deduzindo com clareza quem é seu público-alvo (perspectivas socioeconômicas, a exemplo), obtemos melhores condições de optar por uma atividade mais propícia para este alunado e, conseqüente, para as próprias condições de aprendizagem.

Mensurar o tempo às novas atividades definidas no contexto da grade curricular em relação à quantidade de aulas disponíveis também é recomendado, para um melhor rendimento da aula.

Certamente as duas maiores impressões observadas nos momentos de aplicação da SD foram: a desatenção e desmotivação por parte de alguns educandos e a incessante necessidade de mudança peculiar à profissão.

Sobre a primeira dificuldade: quando questionados (as) sobre a causa de suas distrações, tais alunos (as) argumentaram estarem pensando em outras coisas ou simplesmente não se interessaram pelo tema.

O desinteresse - em especial pelo que não os (as) agrada instantaneamente - é típico da idade pela qual eles (as) atravessam. Porém é uma circunstância a ser entendida e contornada.

Esta situação incitou uma questão: devemos nos preocupar mais em alertar nossos (as) alunos (as) sobre a importância de se construir um futuro promissor a partir de um presente comprometido com os estudos ou fazemos isso com déficit ou erroneamente? Essa pergunta abre portas para (futuros) estudos no campo da psicologia da educação, por exemplo.

O fato de estimular o (a) aluno (a) a refletir sobre seu futuro a partir do ato de estudar deve sempre ser contemplado. Para isso, é missão do educador perceber onde este consiga interceder em sua prática, seja uma mudança de estratégia ou de uma forma de abordagem, por exemplo, com o intuito de que haja maior completude possível no ato de ensinar.

Temos auxílio de uma teoria para o exercício da motivação em sala de aula:

A teoria da motivação é bastante relevante para professores, cuja função primordial é mudar a motivação e o comportamento dos estudantes

(lembrando que a aprendizagem é definida como mudanças relativamente permanentes no comportamento). É importante que os professores saibam alguma coisa sobre necessidades individuais e objetivos dos estudantes, sobre os efeitos da dissonância cognitiva, sobre o papel da ativação na aprendizagem e no comportamento, e sobre os fatores cognitivos envolvidos nas tomadas de decisão (LEFRANÇOIS, 2017, p.359).

O intuito é evitar a desmotivação do (a) aprendiz, pois assim decorre que não haverá aprendizagem significativa alguma, pois são premissas - aqui já visitadas - para obtenção de sucesso quando da aplicação da Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS): seleção de material didático potencialmente significativo, por parte do professor e disposição para aprender, por parte do (a) aluno (a), ambas trabalhadas de maneira não arbitrária e não literal.

Sobre a segunda dificuldade: existe a inevitabilidade intrínseca da constante transformação que o trabalho docente exige, voltada para as novas metodologias, conceitos, tecnologias e valores que mudam constantemente no mundo contemporâneo e, conseqüentemente, no ambiente escolar. Não devemos parar no tempo, favorecendo a ultrapassada educação tradicional, como preconiza Moreira:

A educação [...] continua a promover vários dos conceitos [...] fora de foco. Ainda se ensinam “verdades”, respostas “certas”, entidades isoladas, causas simples e identificáveis, estados e “coisas” fixos, diferenças somente dicotômicas. E ainda se “transmite” o conhecimento, desestimulando o questionamento. O discurso educacional pode ser outro, mas a prática educativa continua a não fomentar o “aprender a aprender” que permitirá à pessoa lidar frutiferamente com a mudança, e sobreviver (MOREIRA, 2017, p. 224).

Para finalizar, um último desafio: a reflexão de que a mudança na prática do professor é inevitavelmente factual e é incumbência do educador buscá-la, entendê-la e promovê-la, visando restringir equívocos do passado e integrar-se com o novo. É um comprometimento individual e constante que certamente privilegiará sua prática em um contexto pedagógico futuro. Tais ponderações estão no cerne de tudo o que envolve prover de sucesso a digna profissão de professorar.