



MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA – MNPEF

SOCIEDADE BRASILEIRA DE FÍSICA – SBF

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA – UNB

INSTITUTO DE FÍSICA – IF/UNB

CONCEITOS DA FÍSICA QUÂNTICA *VERSUS* A PSEUDOCIÊNCIA – UMA PROPOSTA DE ENSINO POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVO

Michel Bastos Lourenço

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação da Universidade de Brasília – UnB no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador:

Dr. Ronni Geraldo Gomes de Amorim

BRASÍLIA – DF
SETEMBRO- 2021

**CONCEITOS DA FÍSICA QUÂNTICA *VERSUS*
A PSEUDOCIÊNCIA – UMA PROPOSTA DE ENSINO
POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVO**

Michel Bastos Lourenço

Orientador:

Dr. Ronni Geraldo Gomes de Amorim

Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação da Universidade de Brasília – UnB, no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física

Data da aprovação: 02/09/2021

Aprovada por:



Dr. Ronni Geraldo Gomes de Amorim – UnB
(MEMBRO INTERNO)

Dr. Wytler Cordeiro dos Santos – UnB
(MEMBRO INTERNO)

Dr. Rendisley Aristóteles dos Santos Paiva – SEEDF
(MEMBRO EXTERNO)

BRASÍLIA - DF
SETEMBRO-2021

FICHA CATALOGRÁFICA

Ficha catalográfica elaborada automaticamente,
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

LL892c LOURENÇO, MICHEL BASTOS
CONCEITOS DA FÍSICA QUÂNTICA VERSUS A PSEUDOCIÊNCIA - UMA
PROPOSTA DE ENSINO POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVO / MICHEL
BASTOS LOURENÇO; orientador RONNI GERALDO GOMES DE AMORIM .
-- Brasília, 2021.
p.

Dissertação (Mestrado - Mestrado Profissional em Ensino
de Física) -- Universidade de Brasília, 2021.

1. Física Quântica. 2. Método Científico versus
Pseudociência. 3. Teoria da aprendizagem Significativa de
Ausubel. 4. Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica de
Moreira . 5. Unidade de Ensino Potencialmente
Significativo. I. GERALDO GOMES DE AMORIM , RONNI, orient.
II. Título.

Dedico esta dissertação à Maitê Rodrigues que nasceu junto com esse projeto e à Karla Rodrigues que preenche minha vida de significado e realizações.

AGRADECIMENTOS

À Jeová Deus, por seu amor demonstrado de diversas formas e em todos os momentos.

À minha amada esposa, Karla Rodrigues, que desde a nossa juventude me completa e através de suas virtudes e defeitos me faz uma pessoa melhor. Obrigado pela sua paciência, compreensão e apoio abnegado.

À minha filha, Maitê Rodrigues, por ser minha herança preciosa, pelo seu carinho e alegria. Te amo!

Aos meus pais, que abdicaram de muitas coisas na vida para que tivéssemos uma boa educação. Por me ensinarem, através dos seus exemplos, valores que levarei por toda a minha vida.

À minha amada irmã, Renata Lange, por me apoiar, me colocar para cima e por sempre acreditar que sou capaz.

Ao meu querido irmão e amigo, Renato Weber, por trilhar comigo muitos desafios e angústias, por me apresentar a Física, por abrir caminhos, pelas conversas, discussões, brigas, pelas viagens e acima de tudo por me fornecer o privilégio de ser tio da linda Rebeka.

À minha mãe, ao meu sogro, à minha sogra, à Raquel, à Rebeka, à Nildy, à Kamila, à Vivian, à Maria da Guia, por cuidarem bem da minha filhinha e da minha esposa nos momentos que precisei ficar ausente.

Ao professor Dr. Marcello Ferreira, pelo apoio concedido no momento que tive que trancar o curso para prestar assistência à minha filha recém-nascida e pelo seu exemplo de profissionalismo.

Ao meu orientador Dr. Ronni Amorim, pelo seu apoio, disponibilidade, experiência, profissionalismo e engajamento com a ciência. Sem a sua ajuda esse trabalho não seria concluído.

À Mariana Mota, por elaborar a História em Quadrinhos usada no produto educacional.

Ao meu professor de Física do ensino médio, o 'garotinho da Física', que através de suas loucuras me mostrou a beleza da Física.

Aos membros da banca examinadora, professores Wytler Cordeiro e Rendisley Aristóteles, pelo precioso tempo e pelas valiosas contribuições para esse trabalho.

Aos colegas de magistérios: Eliomar Caetano, Elvis Vilela, Rendisley Aristóteles, Clayton, Lindomar, Lafaiete, Luis Cláudio e Sebastião pelo apoio, incentivo e exemplo de profissionalismo.

Aos colegas do CEMI-GAMA, pelo apoio, incentivo e por mostrarem a importância do engajamento para o ensino de qualidade.

Aos professores do MNPEF – UnB, por compartilhar experiências e demonstrar dedicação, interesse e compromisso com a educação.

Aos colegas de curso, Esdras, Daniel Ferreira, Joaquim e Lucas Monteiro, pelas conversas e ajudas na realização de algumas disciplinas.

À EAPE e à SEDF, por valorizar a profissionalização dos profissionais da educação e fornecer condições para a realização desse mestrado.

À CAPES pelo apoio financeiro por meio de bolsa concedida.

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

“Enquanto a autoridade inspirar temor reverencial, a confusão e o absurdo irão ressaltar as tendências conservadoras da sociedade. Primeiramente, porque o pensamento claro e lógico conduz à acumulação de conhecimentos (cujo melhor exemplo é fornecido pelo progresso das ciências naturais), e o avanço do conhecimento cedo ou tarde solapa a ordem tradicional. Pensamento confuso, por outro lado, leva a lugar nenhum e pode ser tolerado indefinidamente sem produzir qualquer impacto no mundo.”

Stanislav Andreski (Andreski, 1972)

RESUMO

CONCEITOS DA FÍSICA QUÂNTICA *VERSUS* A PSEUDOCIÊNCIA – UMA PROPOSTA DE ENSINO POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVO

Michel Bastos Lourenço

Orientador:

Dr. Ronni Geraldo Gomes de Amorim

Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação da Universidade de Brasília – UnB, no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física

Neste trabalho, apresentamos o resultado da aplicação de uma sequência didática para a abordagem introdutória no ensino da Física Quântica. Foram abordados também: o crescente debate do Método Científico em oposição à Pseudociência, a cultura anticientífica propagada nas mídias sociais e o chamado misticismo quântico. O embasamento teórico deste trabalho é fomentado pela Teoria da Aprendizagem Significativa de David P. Ausubel e numa aplicação mais contemporânea e humanista pela Teoria de Aprendizagem Significativa Crítica de Marco Antônio Moreira. A metodologia proposta nesta sequência didática é preconizada por Moreira nas Unidades de Ensino Potencialmente Significativo (UEPS). Foi utilizada uma História em Quadrinhos para nortear o assunto abordado, para gerar situações-problemas, levantar os conhecimentos prévios e estimular o interesse dos estudantes. O produto educacional foi aplicado durante a pandemia do COVID-19 usando as tecnologias educacionais disponibilizadas pela Secretaria de Educação do Distrito Federal para aulas remotas, no Centro Educacional Engenho das Lages, na 3ª etapa do 3º segmento da Educação de Jovens e Adultos.

Palavras-chave: Ensino de Física. Aprendizagem Significativa Crítica. UEPS. Introdução à Física Quântica. Pseudociência. Método Científico.

BRASÍLIA - DF

SETEMBRO – 2021

ABSTRACT

CONCEPTS OF QUANTUM PHYSICS VERSUS PSEUDOCIENCE – A TEACHING
PROPOSAL POTENTIALLY

MEANINGFUL

Michel Bastos Lourenço

Supervisor:

Dr. Ronni Geraldo Gomes de Amorim

Abstract of master's thesis submitted to Programa de Pós-Graduação UNIVERSITY OF BRASILIA – UnB, in the course of Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), in partial fulfillment of the requirements for the degree Mestre em Ensino de Física.

In this dissertation, we present the result of the application of a didactic sequence for the introductory approach in the teaching of Quantum Physics. The growing debate of the Scientific Method as opposed to Pseudoscience was also addressed, the anti-scientific culture propagated by social media and the so-called Quantum Mysticism. The theoretical framework of this dissertation is supported by the Meaningful Learning Theory of David P. Ausubel and in a more contemporary and humanist application by the Critical Meaningful Learning Theory of Marco Antônio Moreira. The methodology proposed in this didactic sequence is recommended by Moreira in the Potentially Significant Teaching Units (UEPS). A comic book was used to guide the subject, to generate problem situations, raise prior knowledge and stimulate the interest of students. The educational product was applied during the COVID-19 pandemic, using educational technologies made available by the Department of Education of the Federal District, for remote classes, at the Educational Center Engenho das Lages, in the 3rd stage of the 3rd Segment of Youth and Adult Education.

Keywords: Physics education. Critical Meaningful Learning. UEPS Introduction to Quantum Physics. Pseudoscience. Scientific Method.

BRASÍLIA-DC

SEPTEMBER-2021

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Os Tipos De Processos De Aprendizagem E Exemplos De Tarefas E Seus Diferentes Valores.....	20
Figura 2 - Continuum: Aprendizagem Mecânica E Aprendizagem Significativa.....	21
Figura 3 - Um Mapa Conceitual Para A Aprendizagem Significativa De Ausubel	27
Figura 4 - Mapa Conceitual Para Aprendizagem Significativa Crítica	36
Figura 5 - Representação Do Gato De Schrödinger.....	47
Figura 6 – Primeiro Encontro Via Plataforma Google Sala De Aula.....	64
Figura 7 - Segundo Encontro Virtual Via Plataforma Google Sala De Aula	65
Figura 8 - Terceiro Encontro Via Plataforma Google Sala De Aula.....	66
Figura 9 - Mapa Conceitual Para A Teoria Da Aprendizagem Significativa De Ausubel	84
Figura 10- Senhor Quantum Versus Pseudociência.	92

Sumário

1. INTRODUÇÃO.....	12
2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS DO ENSINO	14
2.1. A TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA DE AUSUBEL.	14
2.2. A TEORIA DE APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA SUBVERSIVA.....	28
2.3 UNIDADE DE ENSINO POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVA.....	37
3. FUNDAMENTOS TEÓRICOS DE FÍSICA.....	40
3.1 A FÍSICA QUÂNTICA	40
3.2 FUNÇÕES DE ONDA.....	41
3.3 PRINCÍPIO DA INCERTEZA DE HEISENBERG.....	45
3.4 COMPLEMENTARIDADE DE BOHR.....	46
3.5 PARADOXOS QUÂNTICOS.....	46
3.6 A MECÂNICA QUÂNTICA E O MISTICISMO QUÂNTICO	52
4. REVISÃO DA LITERATURA.....	57
5. METODOLOGIA	62
5.1 ELABORAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL.....	62
5.2 APLICAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL.....	63
6. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	67
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS	75
BIBLIOGRAFIA.....	76
APÊNDICE A - PRODUTO EDUCACIONAL	78
APÊNDICE B – RELATÓRIO DE DEFESA	102

1. INTRODUÇÃO

Não precisamos conhecer todas as cédulas de dinheiro falsas já fabricadas para reconhecermos a cédula verdadeira, basta saber o que identifica a cédula verdadeira. Essa máxima popular encontrada nas mídias digitais reflete bem a motivação desse trabalho, ou seja, a sociedade não precisa comprar todos os livros que se intitulam científicos ou ler todos os artigos que usam a expressão 'quântico' para reconhecer o que é de fato científico. Estamos vivendo no período da informação e da desinformação, diariamente, todos nós somos bombardeados por uma quantidade expressiva de notícias de impacto que refletem às ações que tomamos. A história recente acende uma luz de advertência na comunidade científica para os discursos anticientíficos, notícias fraudulentas e o chamado charlatanismo propagados por autoridades nas mídias sociais. Nesse contexto, o papel do docente, nos mais variados níveis, torna-se indispensável, elucidando questões fundamentais, agregando competências e habilidade que contribuirão para uma formação crítica, especialmente nos jovens em idade escolar.

Os Parâmetros legais da educação reconhecem esse papel importante desempenhado pelo ensino formal de ciências naturais.

O conhecimento de Física, incorporado à cultura e integrado como instrumento tecnológico é indispensável para a formação da cidadania contemporânea. Espera-se que o ensino de física, na escola média, contribua para a formação de uma cultura científica efetiva, que permita ao indivíduo a interpretação dos fatos, fenômenos e processos naturais, situando e dimensionando a interação do ser humano com a natureza como parte da própria natureza em transformação. (PCN, 2000, p. 22)

Esse mesmo documento também atesta a importância de atrelar o contexto vivenciado pelo estudante com o conhecimento físico que se pretende ensinar.

[...] é imprescindível considerar o mundo vivencial dos alunos, sua realidade próxima ou distante, os objetos e fenômenos que efetivamente lidam, ou os problemas e indagações que movem sua curiosidade. (PCN, 2000, p. 23)

Diante do exposto, esta pesquisa objetiva fornecer um material de apoio para que professores possam desenvolver nos estudantes uma atitude crítica em relação às informações propagada nas mídias sociais, em especial, nas redes sociais e os

discursos de autoridades que se apropriam de termos usados na ciência e que propõe reflexões profundas sobre assuntos complexos que eles mesmos desconhecem ou conhecem, na melhor das hipóteses, no plano popular. Por outro lado, objetiva-se também desenvolver nos estudantes a capacidade de diferenciar pesquisas científicas sérias de notícias falsas notadamente usadas para confundir o leitor ou ostentar uma erudição superficial que impressiona e intimida os leitores e alguns estudantes.

A proposta apresentada nesta pesquisa corresponderá a uma sequência de ensino potencialmente significativo baseada na teoria cognitiva de aprendizagem significativa de Ausubel e na teoria humanista da aprendizagem significativa crítica de Moreira. A sequência propõe uma discussão entre a ciência, com os seus métodos, e os discursos pseudocientíficos propagados nas mídias digitais, em especial, os relacionados com a Física Quântica.

2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS DO ENSINO

Neste capítulo abordaremos o embasamento teórico educacional que fundamentou essa pesquisa. Serão considerados a teoria da aprendizagem significativa de David Ausubel¹, a teoria da aprendizagem significativa crítica de Moreira² e por fim, a sequência de ensino e aprendizagem no formato de uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativo – UEPS, proposta por Moreira.

2.1. A TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA DE AUSUBEL.

A Teoria da Aprendizagem Significativa, proposta por Ausubel, é uma teoria cognitivista que propõe explicar o processo de aprendizagem que ocorre na mente humana. Segundo ela, para que ocorra a aprendizagem significativa, deverá ocorrer uma interação entre o que o estudante já conhece com o que ele irá “ancorar” em sua estrutura cognitiva (MOREIRA, 2012).

2.1.1 O papel da estrutura cognitiva.

No âmbito da concepção de Ausubel, é importante esclarecer o conceito de estrutura cognitiva. Ela é definida como construções hipotéticas que devem explicar tanto a unidade, o fechamento e a homogeneidade individual como as semelhanças e coincidências de determinados modos de comportamento. Em cada estrutura mental está implícito um “momento de generalidade” (Seiler, 1968, p.11, *apud* Ontoria et al. 2005, p. 17). As estruturas cognitivas são utilizadas por Ausubel para designar o conhecimento de um determinado tema e sua organização clara e firme, e estão relacionadas com o tipo de conhecimento, sua extensão e seu grau de organização (Ontoria, 2005, p. 17). Nesse contexto, pode-se dizer então que, a estrutura cognitiva prévia, ou seja, os conhecimentos prévios e sua organização hierárquica é a estrutura

¹ David Paul Ausubel, nasceu em Nova York, em 1918. Foi psicólogo da educação estadunidense. Foi professor Emérito da Universidade de Columbia, em Nova York. Médico-psiquiatra de formação, dedicou sua carreira acadêmica à psicologia da educacional.

² Marco Antônio Moreira, brasileiro, é Professor Emérito da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Foi Visiting Fellow no Departamento de Física da Universidade de Cornell, nos Estados Unidos, em 1972. Mais tarde, em 1977, obteve seu Ph.D. em Ensino de Ciências sob a orientação de J.D. Novak, D.B. Gowin e D.F. Holcomb. Docente permanente do PPGE nFis – IFUFRGS.

principal, a viga mestra, que sustenta a aprendizagem e a retenção de novos conhecimentos, formando pilares e alicerces para a edificação do conhecimento sobre um tema específico.

De acordo com Moreira (2012, p.26) a clareza, a estabilidade e a organização do conhecimento prévio em um dado corpo de conhecimentos, em um certo momento, é o que mais influencia a aquisição significativa de novos conhecimentos nessa área, em um processo interativo no qual o novo ganha significados, se integra e se diferencia em relação ao existente que, por sua vez, adquire novos significados fica mais estável, mais diferenciado, mais rico, mais capaz de ancorar novos conhecimentos.

Segundo Ontoria (2005), a estrutura cognitiva sustentada por Ausubel é o fator que decide a respeito da significação do novo material e de sua aquisição e sua retenção. As ideias novas só poderão ser aprendidas e retidas de maneira útil caso se refiram a conceitos e proposições já disponíveis, que proporcionam as âncoras conceituais. O reforço da estrutura cognitiva do aluno facilita a aquisição e a retenção dos conhecimentos novos. Se o novo material entra em forte conflito com a estrutura cognitiva existente ou não se conecta com ela, a informação não pode ser incorporada nem retida. O aluno deve refletir ativamente sobre o novo material, pensando nas conexões e semelhanças, e ajustando diferenças ou contradições com a informação existente.

De acordo com Ausubel (2003) a aprendizagem significativa é a organização e integração do material em estrutura cognitiva. A experiência cognitiva é caracterizada pelo processo de integração dos conhecimentos, no qual os conceitos novos interagem com os já existentes. A condição mais importante para que haja aprendizagem é que o aprendiz manifeste disposição para relacionar de forma substantiva o novo material à sua estrutura cognitiva.

Ausubel (2003) evidencia sua preocupação com a aprendizagem na escola. O fator mais preponderante de aprendizagem é o que o aluno já sabe. Para isso a nova informação deve se ancorar a conceitos ou proposições relevantes preexistentes na estrutura cognitiva, evidenciando assim um processo bem definido. O armazenamento

de informações no cérebro é altamente organizado, formando uma hierarquia na qual elementos mais específicos de conhecimento são ligados a conceitos mais gerais. Sendo assim, desta que:

A aquisição de novos significados é co-extensiva à aprendizagem significativa, um processo considerado qualitativamente diferente da aprendizagem por memorização, em termos da relação não arbitrária e não literal do conteúdo a ser aprendido com as ideias existentes na estrutura cognitiva. (Ausubel, 2003, p.41)

Pode-se dizer que o objetivo principal da teoria de Ausubel é a aprendizagem significativa e efetiva, na qual, o aprendiz possa atribuir significados aos conteúdos, diferenciando-os, elaborando-os e os consolidando. A aprendizagem significativa é evidente não apenas no enriquecimento da estrutura do conhecimento, mas principalmente, pela sua capacitação para a aplicação do conhecimento em situações novas e inusitadas. A interação claramente articulada e diferenciada surge quando imagens, símbolos, conceitos e proposições potencialmente significativos são relacionados à estrutura cognitiva e nela se encontram incorporados. Dessa forma, pode-se considerar a Estrutura Cognitiva como sendo uma estrutura hierárquica de conceitos que são representações de experiências sensoriais do indivíduo.

2.1.2 Os subsunçores³

Os subsunçores representam conhecimentos prévios especificamente relevantes para a aprendizagem de outros conhecimentos. Muitas vezes pensa-se que os subsunçores são apenas conceitos e até mesmo usa-se o termo conceitos prévios. Isso decorre da ênfase que a teoria ausubeliana dava aos conceitos estruturantes de cada disciplina que deveria ser identificado e ensinado aos alunos e que, uma vez aprendidos significativamente, serviriam de subsunçores para novas aprendizagens significativas. Sendo assim, de acordo com Moreira (2012 a, p. 28) subsunçores podem ser proposições, modelos mentais, construtos pessoais,

³ Subsunçores – a palavra “subsunçor” não existe em português; trata-se de uma tentativa de aporuguesar a palavra inglesa “*subsumer*”. Seria mais ou menos equivalente a inseridor, facilitador ou subordinador.

concepções, ideias, invariantes operatórios, representações sociais e, é claro, conceitos, já existentes na estrutura cognitiva de quem aprende.

2.1.3 O Organizadores prévios ou avançados

De acordo com Moreira (2012, p.30), organizador prévio é um recurso instrucional apresentado em um nível mais alto de abstração, generalidade e inclusividade em relação ao material de aprendizagem, Ausubel (2003) recomenda do uso de organizadores prévios que sirvam de âncora para nova aprendizagem e levem ao desenvolvimento de conceitos que facilitem a aprendizagem subsequente. Organizadores prévios devem funcionar como pontes cognitivas tendo como principal função, fazer a ligação cognitiva entre o que o aprendiz já sabe com que ele deve saber, a fim de que possa aprender de forma significativa. Podendo ser um enunciado, uma pergunta, uma situação-problema, uma demonstração, um filme, uma música, uma leitura introdutória, uma simulação. Pode ser também uma aula que preceda um conjunto de outras aulas. As possibilidades são muitas, mas a condição é que preceda a apresentação do material de aprendizagem e que seja mais abrangente, mais geral e inclusivo.

Há dois tipos de organizadores prévios: quando o material de aprendizagem é não familiar e o aprendiz não tem subsunçores, recomenda-se o uso de um organizador expositivo que, supostamente, faz ponte entre o que o aluno sabe e o que deveria saber para que o material fosse potencialmente significativo. Nesse caso, o organizador deve prover uma ancoragem ideacional em termos que são familiares ao aprendiz. Quando o novo material é relativamente familiar, o recomendado é o uso de um organizador comparativo que ajudará o aprendiz a integrar novos conhecimentos à estrutura cognitiva e, ao mesmo tempo, a discriminá-los de outros conhecimentos já existentes nessa estrutura que são essencialmente diferentes, mas que podem ser confundidos.

Os organizadores prévios devem ajudar o aprendiz suprindo a sua deficiência de um conhecimento prévio e também o ajudar a diferenciar novos conhecimentos de conhecimentos já existentes à medida que for percebendo a relação que o primeiro teve para que se alcançasse o segundo. Sendo assim, o organizador prévio ou

avançado desempenha um papel de mediador para facilitar a incorporação e promover a retenção de novos conhecimentos assimilados. Notamos isso nas palavras de Ausubel:

... a principal função do organizador está em preencher o hiato entre aquilo que o aprendiz já conhece e o que precisa conhecer antes de poder aprender significativamente a tarefa que se defronta (Ausubel; Novak; Hansenian, 1980, p.144)

2.1.4 Aprendizagem significativa e aprendizagem mecânica

Ao analisar a realidade escolar, Ausubel deu-se conta do predomínio de uma aprendizagem mecânica, caracterizada pela aquisição de conhecimentos por meio de procedimentos repetitivos. Essa realidade talvez seja a mesma vivenciada predominantemente na educação brasileira nos mais diferenciados níveis. Diante daquela situação, produziu-se, na época uma alternativa, a aprendizagem por descoberta, difundida por Bruner⁴, na qual o aluno adquire os conhecimentos por si mesmo, ou seja, os redescobre, sem dar-lhes uma organização prévia. Nesse contexto, Ausubel questionou essa alternativa. Para ele, a distinção entre a aprendizagem mecânica e a aprendizagem significativa é mais completa, pois se apoia em critérios de contraposição mais coerentes. Nos seus trabalhos, Ausubel deixa isso bem explícito:

A aprendizagem mecânica ou repetitiva é produzida quando a tarefa de aprendizagem consiste em puras associações arbitrárias. (AUSUBEL D. N., 1989, p. 37)

Na aprendizagem mecânica, a informação nova não se associa aos conceitos existentes na estrutura cognitiva e, portanto, produz-se uma interação mínima ou nula entre a informação recentemente adquirida e a informação já armazenada (Novak, 1988, p. 74)

De acordo com Ontoria (2005), o aluno, na aprendizagem mecânica, não tem a intenção de associar o novo conhecimento à estrutura de conceitos que já possuem sua estrutura cognitiva. Produz-se, assim, uma memorização mecânica ou repetitiva dos fatos ou conceitos, é a conhecida *decoreba*, tão utilizada pelos alunos e tão

⁴ Jerome Bruner – Foi professor de Psicologia e Diretor do Centro de Estudos Cognitivos da Universidade de Havard. Desenvolveu a teoria de ensino denominada: teoria de ensino de Bruner.

incentivada na escola. A aprendizagem significativa, pelo contrário, acontece quando se tenta dar sentido ou estabelecer relações entre os novos conceitos ou a nova informação e os conceitos e conhecimentos já existentes no aluno, ou com alguma experiência anterior. Há aprendizagem significativa quando a nova informação “pode relacionar-se de modo não arbitrário e substancial com o que o aluno já sabe” (Ausubel, p.37 apud Ontoria, 2005, p. 19). Dessa maneira, o aluno constrói seu próprio conhecimento e, além disso, fica interessado e determinado a aprender.

As diferenças entre ambos os tipos de aprendizagem são as seguintes, de acordo com Ontoria (2015):

- Na aprendizagem significativa, a nova informação incorpora-se de forma substantiva, não arbitrária, à estrutura cognitiva do aluno. Há uma intencionalidade de relacionar os novos conhecimentos com os de nível superior mais inclusivos, já existentes na estrutura cognitiva. Relaciona-se com a experiência, com fatos ou objetos. Há um envolvimento afetivo ao estabelecer essa relação, com a manifestação de uma disposição positiva diante da aprendizagem. (Ontoria, 2005, p. 20)
- Na aprendizagem mecânica, a incorporação dos novos conhecimentos é produzida de forma arbitrária. Não há intenção de integrá-la na estrutura cognitiva. Não se relaciona com a experiência, com fatos ou objetos. Não há envolvimento afetivo nessa relação, pois não se manifesta uma disposição positiva diante da aprendizagem. (Ontoria, 2005, p. 20)

No entanto, pelo que parece, Ausubel não entende essas duas classes de aprendizagem como contrapostas radicalmente, tudo ou nada, nem poderia ser, mas as apresenta como um contínuo. Tanto a aprendizagem repetitiva como a significativa podem ser por *descoberta*, de acordo com o processo que se *utilize na aplicação* metodológica. Nesse sentido, a aprendizagem escolar dependerá do grau de significatividade da nova aprendizagem.

A aprendizagem significativa é mais eficaz do que a mecânica:

- ✓ porque se assemelha a ela em suas três principais fases: aquisição, retenção e recuperação;
- ✓ as provas realizadas confirmam que o enfoque significativo de um

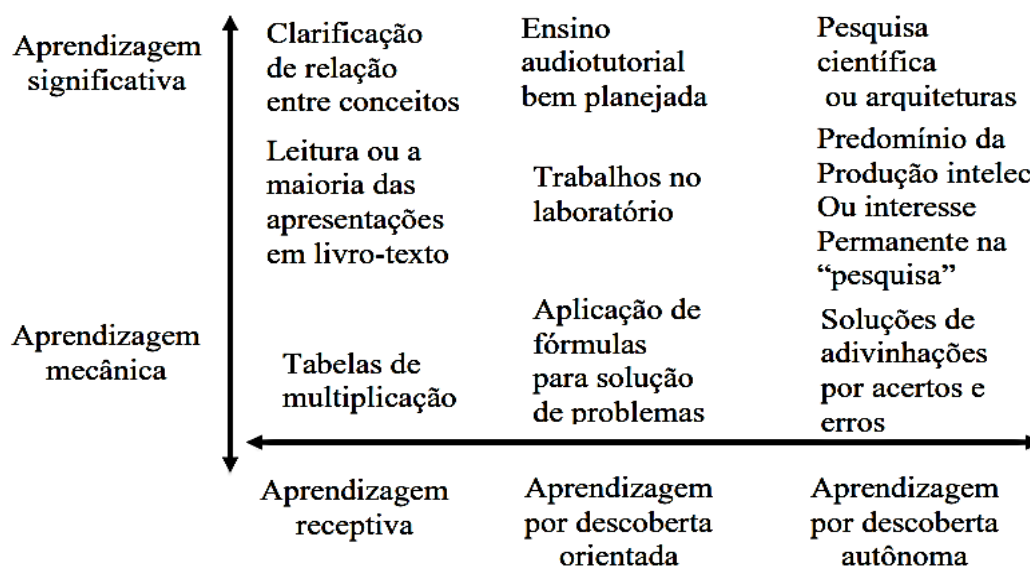
material potencialmente significativo torna a aquisição mais fácil e mais rápida do que no caso de um enfoque repetitivo;

- ✓ a aquisição significativa é mais fácil pois envolve, fundamentalmente, a utilização de estruturas e elementos previamente adquiridos, que funcionam como âncoras em relação ao novo material, por semelhança e contraste;
- ✓ é retido mais facilmente durante um período mais longo.

Para dimensionar como acontece a aprendizagem escolar, Ausubel organizou dois eixos que apresentam, através de diversos valores, diferentes tipos de aprendizagem.

Na figura, o eixo horizontal se refere a dois tipos de processos de aprendizagem diferentes: aprendizagem por recepção (à esquerda) e por descoberta (à direita). O eixo vertical é caracterizado pela aprendizagem significativa e aprendizagem mecânica.

Figura 1 - Os tipos de processos de aprendizagem e exemplos de tarefas e seus diferentes valores.



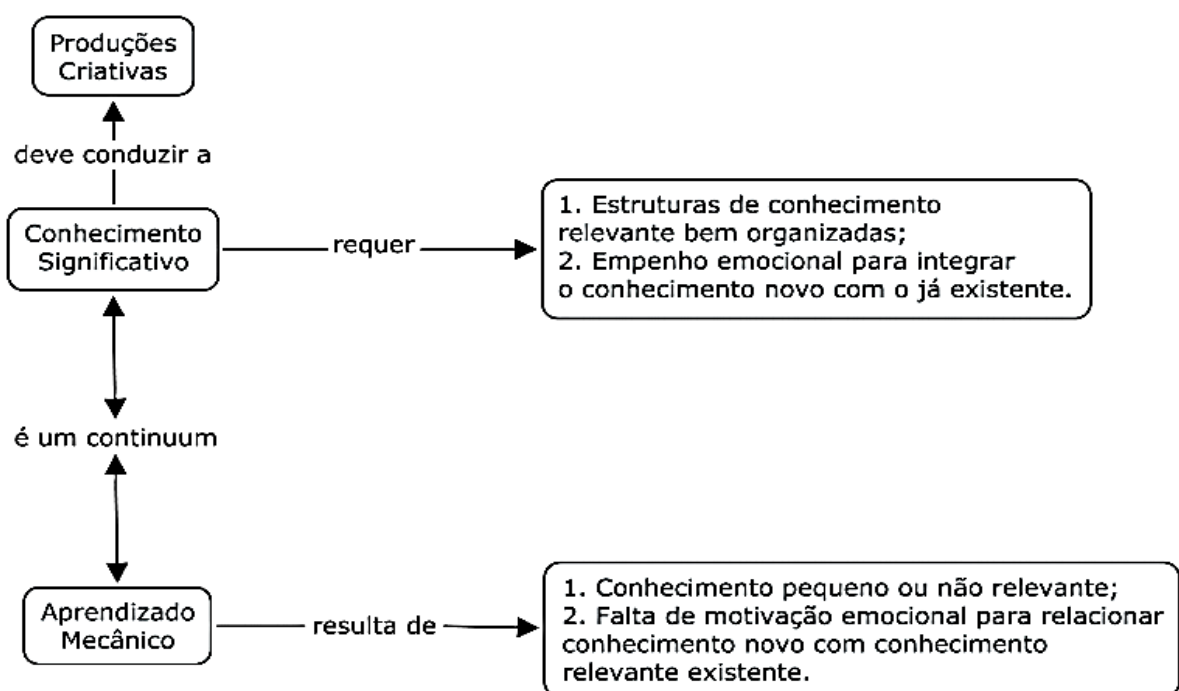
Fonte: 1 – Ausubel (1980, p.21)

O eixo horizontal remete à organização do processo de aprendizagem, o eixo vertical indica os tipos de processos que influenciam na aprendizagem. Ambos constituem um *continuum*. Esse *continuum* está demarcado, no eixo vertical, numa extremidade, pela aprendizagem significativa e, na outra, pela aprendizagem mecânica ou automática. E, no eixo horizontal, ele é demarcado, numa extremidade,

pela aprendizagem por recepção e, na outra, pela aprendizagem por descoberta. Em qualquer caso, a diferença entre os tipos de aprendizagem se estabelece (ou não), também em virtude da postura do aluno diante do conhecimento.

Na figura 2, observa-se algumas contribuições de Novak e Cañas (2010) referentes à relação de *continuum* entre a aprendizagem significativa e a aprendizagem mecânica. Vale ressaltar que as “Produções Criativas” representam o ápice da aprendizagem significativa.

Figura 2 - Continuum: Aprendizagem mecânica e Aprendizagem Significativa



Fonte: 2 – Novak e Cañas (2010)

De acordo com Moreira (2012), a existência desse contínuo entre a aprendizagem significativa e a mecânica implica em alguns esclarecimentos:

- a passagem da aprendizagem mecânica para a aprendizagem significativa não é natural, ou automática; é uma ilusão pensar que o aluno pode inicialmente aprender de forma mecânica, pois, ao final do processo a aprendizagem acabará sendo significativa; isto pode ocorrer, mas depende da existência de subsunçores adequados, da predisposição do aluno para aprender, de materiais potencialmente significativos e da mediação do professor, na prática, tais condições muitas vezes

não são satisfeitas e o que predomina é a aprendizagem mecânica;

- a aprendizagem significativa é progressiva, a construção de um subsunçor é um processo de captação, internalização, diferenciação e reconciliação de significados que não é imediato. Ao contrário, é progressivo, com rupturas e continuidades e pode ser bastante longo, analogamente ao que sugere Vergnaud (1990) em relação ao domínio do campo conceitual;
- A aprendizagem significativa depende da captação de significados (Gowin, 1981), um processo que envolve uma negociação de significados entre discente e docente e que pode ser longo. É também uma ilusão pensar que uma boa explicação, uma aula bem dada e um aluno aplicado são condições suficientes para uma aprendizagem significativa. O significado é a parte mais estável do sentido e este depende do domínio progressivo de situações-problema, situações de aprendizagem. No caso da aprendizagem de conceitos, por exemplo, Vergnaud (op.cit) toma como premissa que são as situações-problema que dão sentido aos conceitos e que a conceitualização vai ocorrendo à medida que o aprendiz vai dominando situações progressivamente mais complexas, dentro de uma dialética entre conceitos e situações.

2.1.5 Material potencialmente significativo

O material da aprendizagem tem significação potencial quando pode ser posto em conexão, de modo não arbitrário, superficial e objetivo, com a estrutura cognitiva de determinado indivíduo. Em geral, pode-se dizer que o novo material deve ser “susceptível de dar ocasião à construção de significados” (Coll, 1990, p.195). O novo material, de acordo com Ausubel, deve permitir uma relação intencional não arbitrária e substancial com os conhecimentos e ideias do aluno. Entende-se que essa “relação substancial” se estabelece com algum aspecto especificamente relevante da estrutura cognitiva do aluno, como uma imagem, um símbolo já significativo, um conceito ou uma proposição (Ausubel, 2003, p.48). Trata-se da relação que se estabelece com o sentido e o significado das ideias prévias. As relações significativas podem normalmente expressar-se de diversas maneiras e seu ordenamento é mais fácil quando se recorre a formulações alternativas.

De acordo com Ontoria (2005, p. 22) essa significatividade potencial do material depende da significatividade lógica, isto é, que o conteúdo ou material possua uma estrutura interna, organizada, de tal forma que suas partes fundamentais tenham significado em si e relacionem-se entre si de modo não arbitrário. Essa potencial significatividade lógica depende não só da estrutura interna do conteúdo, mas também da maneira como este é apresentado ao aluno.

2.1.6 Atitude favorável e significatividade psicológica

Segundo Ontoria (2005, p.23), além da significatividade lógica, o material ou conteúdo de aprendizagem necessita de uma potencial significatividade psicológica, isto é, que ele possa significar algo para o aluno e o leve a tomar a decisão deliberada de relacioná-la não arbitrariamente com seus próprios conhecimentos. O material tem potencial significatividade psicológica quando pode se conectar com algum conhecimento do aluno, ou seja, com sua estrutura cognitiva. Isso explica a importância das ideias ou conhecimentos prévios do aluno no processo de aprendizagem significativa.

Assim, a significatividade psicológica supõe a “disponibilidade de conteúdos relevantes nas estruturas cognitivas de diferentes alunos” (Ausubel, p.50), isto é, que o aluno tenha ideias inclusivas em sua estrutura cognitiva, com as quais possa relacionar o novo material (POZO, 1989). Além da potencial significatividade lógica e psicológica do material, é necessária outra condição básica: a atitude favorável do aluno para aprender significativamente, ou seja, a intenção de dar sentido ao que aprende e de relacionar, não arbitrariamente, o novo material de aprendizagem com seus conhecimentos adquiridos previamente e com os significados já onstruídos. A aprendizagem significativa é o resultado de uma interação do novo material ou informação com a estrutura cognitiva preexistente no indivíduo. Em resumo, de acordo com Ontoria (2005), a aprendizagem significativa pressupõe três condições para que seja produzida:

1. Os novos materiais ou informação a aprender devem ser potencialmente significativos, para que possam ser relacionados com as ideias relevantes que o aluno possui.

2. A estrutura cognitiva prévia do aluno deve possuir as ideias relevantes necessárias, para que possam relacionar-se com os novos conhecimentos.
3. O aluno deve ter disposição significativa para a aprendizagem, o que exige uma atitude ativa.

2.1.7 Formas de aprendizagem significativa

A aprendizagem significativa, de acordo com Ontoria (ONTORIA,2005) pode se distinguir entre três formas:

- a) aprendizagem significativa por subordinação – acontece quando os novos conhecimentos potencialmente significativos adquirem significados, para o sujeito que aprende, por um processo de ancoragem cognitiva, interativa, em conhecimentos prévios relevantes mais gerais e inclusivos já existentes na sua estrutura cognitiva. Sendo assim, a nova ideia ou conceito acha-se hierarquicamente subordinada a outra já existente. A subordinação dos conceitos pode se dar sem que a nova informação modifique os atributos do conceito inclusivo (são exemplificações), ne mude o seu significado.
- b) Aprendizagem significativa por *superordenação* - envolve processos de abstração, indução, síntese, que levam a novos conhecimentos que passam a subordinar aqueles que lhes deram origem. É um mecanismo fundamental para a aquisição de conceitos. O processo é inverso ao subordinado ou processo de diferenciação progressiva, no qual os conceitos relevantes (inclusivos) existentes na estrutura cognitiva são de menor grau de abstração, generalidade e inclusão do que os novos, a ser aprendido. Com a informação adquirida, os conceitos já existentes reorganizam-se e adquirem novo significado. Costumas ser um processo que vai de baixo para cima, produzindo uma reconciliação integradora entre as características ou os atributos de vários conceitos, que dá lugar a outro processo mais geral. Aprendizagem significativa combinatória – é uma forma de aprendizagem significativa em que a atribuição de significados a um novo conhecimento implica interação com vários outros conhecimentos já existentes na estrutura cognitiva, mas não é nem mais inclusiva nem mais específica do que os conhecimentos originais. Possui alguns significados comuns a eles, mas não os

subordina nem superordena. Apoiar-se na busca de elementos comuns entre as ideias e não apresenta relação hierárquica como ocorre na aprendizagem subordinada e supraordenada.

2.1.8 Tipos de aprendizagem significativa

A teoria ausubeliana de aprendizagem significativa apresenta três tipos básicos de aprendizagem em função do grau crescente de complexidade. São esses:

a) Aprendizagem de representações: consiste em “ponderar-se do significado de símbolos isolados (geralmente palavras) ou daquilo que elas representam” (AUSUBEL D. P., 2003, p. 52). Trata-se, pois, de aprender o que significam as palavras isoladas ou os símbolos. “Significa aprender os símbolos particulares que representam ou são significativamente equivalentes aos referentes específicos” (AUSUBEL D. P., 2003, p. 53). Esse tipo de aprendizagem está vinculado à aquisição do vocabulário. No processo de aprendizagem de representações deve distinguir dois aspectos:

- a aprendizagem antes dos conceitos;
- a aprendizagem depois da formação de conceitos.

No primeiro, as palavras representam objetos ou eventos reais. No segundo a palavra é igual à imagem concreta e específica do que tais referentes significam. À medida que a criança se desenvolve, aprende novo vocabulário para representá-los.

b) Aprendizagem de conceitos: Ausubel (2003, p.61) define o conceito como objetos, eventos, situações ou propriedades que possuem atributos de discernimento comuns e que se designam mediante algum símbolo ou signo. Os conceitos também representam símbolos e palavras individuais, mas há um grau maior de abstração em função de alguns atributos de discernimento comuns. Surgem, pois, da relação de determinados objetos, eventos etc., com atributos comuns a todos eles. Sendo apresentada duas formas para a aprendizagem de conceitos:

- formação de conceitos a partir das experiências concretas, similar à

aprendizagem de representações;

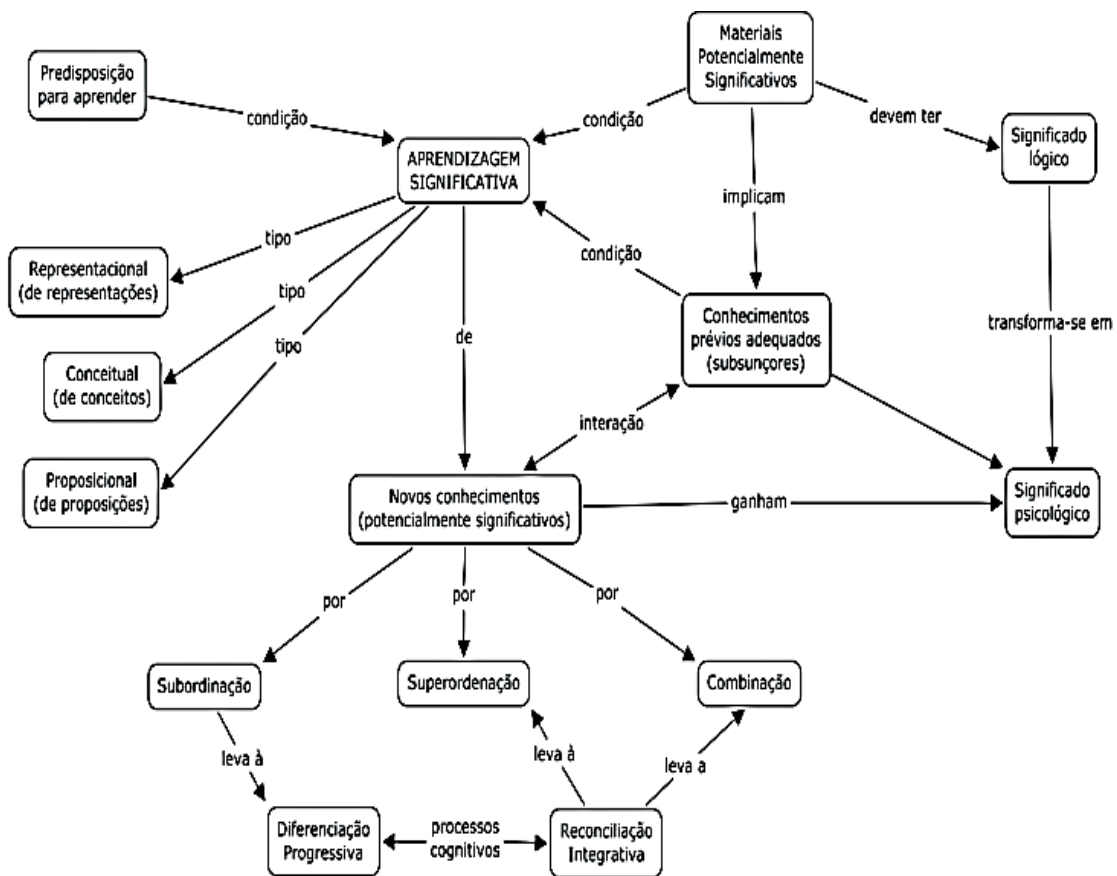
- a assimilação de conceitos, que consiste em relacionar os novos conceitos com os já existentes no aluno, formando estruturas conceituais.
- c) Aprendizagem de proposições: consiste na captação do significado de novas ideias expressas sob a forma de proposições, isto é, expresso em uma frase ou oração que contém vários conceitos. De acordo com Novak (1988, p. 192), as proposições são dois ou mais conceitos ligados em uma unidade semântica. Esse tipo de aprendizagem pode ser feito, de acordo com AUSUBEL(2003, p. 53), combinando ou relacionado palavras individuais entre si, cada uma com um referente distinto, e combinando-as de tal maneira que o resultado (a proposição) é mais do que a soma dos significados das palavras individuais. Logicamente, a aprendizagem de proposições supõe o conhecimento do significado dos conceitos que as constituem. Nos dois tipos de aprendizagem anteriores, tratam-se de representações ou conceitos unitários, enquanto na aprendizagem de proposições operam vários conceitos que se relacionam entre si e com a estrutura cognitiva do aluno para produzir um novo significado composto.

2.1.9 O papel do professor na Teoria de Aprendizagens Significativas

A arte de ensinar formalmente tem sido um dos grandes desafios da contemporaneidade para a maioria dos professores que se deparam diariamente com inúmeros obstáculos. Um deles é vivermos em um tempo na qual as tecnologias fazem parte do dia a dia da maioria dos alunos, com informações disponíveis o tempo todo e com muita rapidez. Essa realidade apresenta um grande obstáculo para o trabalho de muitos professores que precisam aliar a favor da educação o uso dessas tecnologias para serem ferramentas de ensino. De acordo com Ausubel, o papel mais importante e distintivo do professor é dirigir as diversas atividades relacionadas com os organizadores avançados, pensando nos estudantes de modo a elaborar e propiciar materiais que se relacione com a realidade do momento do aluno, trazendo situações - problemas atuais e que desperte uma comunicação ativa entre o que o aluno sabe e o novo conhecimento. oportunizando as relações cognitivas no aprendiz

(Ausubel & Hansesian, 1980, p. 417). Essa afirmativa demonstra que o papel do professor é encarado como prioritariamente, de transmitir conteúdos aos alunos. Sabe-se que o professor tem o papel de ensinar conteúdos disciplinares propostos pela escola, mas também auxiliar no desenvolvimento moral do aluno, conforme é elencado por Maritain (Maritain, 1966), sendo capaz de contribuir com a formação plena do estudante enquanto pessoa. A figura a seguir sintetiza a teoria de Ausubel sobre aprendizagens significativas.

Figura 3 - Um mapa conceitual para a aprendizagem significativa de Ausubel



Fonte: 3 – Moreira (2012)

2.2. A TEORIA DE APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA SUBVERSIVA⁵

A teoria de aprendizagem significativa crítica ou subversiva, é preconizada por Marco Antônio Moreira (2005), baseia-se num primeiro momento nas ideias desenvolvidas por Neil Postman e Charles Weingartner (1969). De acordo com Moreira (2000, p.35) o principal argumento é que nestes tempos de mudanças rápidas e drásticas, a aprendizagem deve ser não só significativa, mas também subversiva sendo uma estratégia necessária para sobreviver na sociedade contemporânea. Nesse sentido, a teoria da aprendizagem crítica pode se enquadrar na linha humanista pois se opõe da linha comportamentalista, a do ensino para testagem, na qual o humanismo praticamente inexistente e o importante é treinar o ser humano sem levar em conta pensamentos, sentimentos e vivências.

Na perspectiva da aprendizagem significativa crítica para a educação formal, o aprendiz deve ser encarado como uma pessoa e deve ser capaz de captar criticamente os significados dos conteúdos da matéria de ensino, ou seja, o aprendiz deve apresentar uma intencionalidade para captar e internalizar os significados cientificamente aceitos dentro da matéria de ensino, porém não como se fosse único e definitivo, comuns na aprendizagem mecânica.

De acordo com Moreira (2015, p.28), a aprendizagem significativa crítica é, metaforicamente, uma perspectiva antropológica que permite ao sujeito fazer parte de uma cultura e ao mesmo tempo estar fora dela. É por meio dessa aprendizagem que o indivíduo poderá lidar construtivamente com a mudança sem se deixar dominar por ela, manejar a informação sem sentir-se impotente frente a sua grande disponibilidade e velocidade de fluxo, usufruir e desenvolver a tecnologia sem se tornar tecnófilo. Por intermédio dela, poderá trabalhar com a incerteza, a relatividade, a não causalidade, a probabilidade, a não dicotomização das diferenças, com a ideia de que o conhecimento é construção da humanidade, que apenas o representamos e nunca o captamos diretamente. Vale ressaltar que os conceitos físicos e de outras ciências usados por Moreira têm um caráter metafórico no manejo das palavras. A teoria de

⁵ O termo Aprendizagem Significativa Crítica é o rótulo mais adequado para ao tipo de subversão abordado por Moreira.

aprendizagem significativa crítica de Moreira remonta alguns fatores alistados por Postman e Weingartner (*apud* MOREIRA, 2005) e agrega à contemporaneidade novos conceitos que estão desfocados da realidade e são praticados pelas escolas, dos quais, Moreira (2015, p.28) elenca:

- O conceito de “verdade” absoluta, fixa, imutável, em particular desde uma perspectiva polarizadora do tipo boa ou má.
- O conceito de certeza. Existe somente uma resposta certa.
- O conceito de entidade isolada, ou seja, “A” é simplesmente “A”, e ponto final, de uma vez por todas.
- O conceito de estados e “coisas” fixos, com a concepção implícita de que quando se sabe o nome se entende a “coisa”.
- O conceito de causalidade simples, única, mecânica; a ideia de que cada efeito é o resultado de uma só, facilmente identificável, causa.
- O conceito de que diferenças existem somente em formas paralelas e opostas: *bom-ruim, certo-errado, sim-não, curto-cumprido, etc.*
- O conceito de que o conhecimento é “transmitido”, que emana de uma autoridade superior, e deve ser aceito sem questionamento.
- O conceito de informação como algo necessário e bom; quanto mais informação melhor, estamos em plena era da informação.
- O conceito de idolatria tecnológica; a tecnologia é boa para o homem e está necessariamente associada ao progresso e à qualidade de vida.
- O conceito de consumidor cômico de seus direitos, quanto mais consumir, melhor; quanto mais objetos desnecessários comprar, melhor; mas deve fazer valer seus direitos de consumidor.
- O conceito de globalização da economia como algo necessário e inevitável; o livre comércio sem restrições é bom para todos.

- O conceito de que o “mercado dá conta”; por exemplo, a educação é uma mercadoria que pode ser vendida por qualquer instituição, “o mercado se encarrega” da oferta, da procura, da qualidade.

Nesse sentido, Moreira (2000) destaca que a escola da contemporaneidade transmite a ilusão da certeza, mas procura atualizar-se tecnologicamente, competir com outros mecanismos de difusão da informação e, talvez não abertamente, ou inadvertidamente, preparar o aluno para a sociedade do consumo, para o mercado, para a globalização. A perspectiva destacada por Moreira pode ser vista nos influenciadores digitais educacionais e youtubers que transformam a educação em mercadoria e que não vislumbram a formação de pessoas melhores. Noutra esfera, a aprendizagem significativa como atividade subversiva, ou com uma postura crítica é defendida por Moreira (2000) como sendo uma estratégia de sobrevivência da sociedade contemporânea.

2.2.1 A facilitação da aprendizagem significativa crítica

Moreira (2018) propõe alguns princípios, ideias ou estratégias facilitadoras da aprendizagem significativa crítica, tendo como referência as propostas de Postman e Weingartner (*apud* MOREIRA, 2018), porém de maneira bem menos radical e bem mais viável. De acordo com Moreira (2018), podemos citá-los:

1. Princípio da interação social e do questionamento

A interação social é indispensável para a concretização de um episódio de ensino. Tal episódio ocorre professor e aluno compartilham significados em relação aos materiais educativos do currículo (Gowin,1981, *apud* Moreira,2018). O compartilhar resultados da negociação de significados entre aluno e professor. Mas essa negociação deve envolver uma permanente troca de perguntas ao invés de respostas. (Moreira M. A., Teorias de Aprendizagem, 2018, pp. 227-239)

Um ensino baseado em respostas transmitidas primeiros do professor para o aluno nas aulas e, depois, do aluno para o professor nas provas, não é crítico e tende a gerar aprendizagem não crítica, em geral mecânica. Por outro lado, um ensino centrado na interação entre o professor e aluno enfatizando o intercâmbio de perguntas tende a ser

crítico e suscitar a aprendizagem significativa crítica. (Moreira M. A., Teorias de Aprendizagem, 2018, pp. 227-239)

O princípio da interação e do questionamento não deve anular a validade de momentos explicativos em que o professor expõe um assunto, explica algo. De acordo com Freire (Freire,2003, apud Moreira, 2018), o fundamental é que professor e alunos tenham uma postura dialógica, aberta, curiosa, indagadora e não apassiva, enquanto falam ou ouvem. O importante é que o professor e o aluno se assumam epistemologicamente curiosos. Nesse sentido, a curiosidade epistemológica é alcançada incitando-se a curiosidade ingênua – a das crianças e do senso comum – de modo a aproximar-se cada vez mais metódica e rigorosamente do objeto cognoscível. (Moreira M. A., Teorias de Aprendizagem, 2018, pp. 227-239)

2. Princípio da não-centralização do livro texto

A diversidade de materiais instrucionais é defendida por Moreira (2018) como um princípio facilitador à aprendizagem significativa crítica, pois, quanto mais diversificado for, maior a representatividade do conhecimento humano já produzido. Na contramão, o livro didático representa aquela autoridade de onde emana o conhecimento. Não se trata, propriamente, de banir da escola o livro didático, mas considerá-lo apenas um dentre vários materiais educativos. (Moreira M. A., Teorias de Aprendizagem, 2018, pp. 227-239)

3. Princípio do aprendiz como perceptor/representador

A aprendizagem significativa crítica implica a percepção crítica e só pode ser facilitada se o aluno for, de fato, tratado como um perceptor do mundo e, portanto, do que lhe for ensinado, e a partir daí um representador do mundo, e do que se lhe ensina. De acordo com Moreira (2018) a questão é que o aprendiz é um perceptor e representador, isto é, ele percebe o mundo e o representa, ou seja, tudo o que o aluno recebe ele percebe. Portanto, a discussão sobre a recepção é ineficaz, o importante é a percepção. E o que se percebe é, em grande parte, função de percepções prévias. Parafraseando Ausubel, poder-se-ia dizer que, se fosse possível isolar um único fator como o que mais influencia a percepção, dir-se-ia que seria a percepção prévia. Em outras palavras, o perceptor decide como representar em sua mente um objeto ou um estado de coisas do mundo e toma essa decisão baseado naquilo que sua

experiência passada sugere que irá funcionar para ele. (Moreira M. A., Teorias de Aprendizagem, 2018, pp. 227-239)

4. Princípio do conhecimento como linguagem

Aprender um conteúdo de maneira significativa é aprender sua linguagem, não só palavras – outros signos, instrumentos e procedimentos – mas principalmente palavras, de maneira substantiva e não arbitrária. Aprender a de maneira crítica é perceber essa nova linguagem como uma nova maneira de perceber o mundo. Segundo argumenta Moreira (2018), o ensino deve buscar a facilitação dessa aprendizagem, através da interação social e do questionamento. A aprendizagem da nova linguagem é mediada pelo intercâmbio de significados que é feita pela linguagem humana. A linguagem é mediadora de toda a percepção humana, podendo ser considerada a chave da compreensão de um conhecimento, ou de um conteúdo. (Moreira M. A., Teorias de Aprendizagem, 2018, pp. 227-239)

5. Princípio da consciência semântica

Esse princípio facilitador, de acordo com Moreira (2018), implica várias conscientizações. A primeira delas, e talvez a mais importante de todas, é tomar consciência de que o significado está nas pessoas, não nas palavras. Sejam quais forem os significados que tenham as palavras, eles foram atribuídos a elas pelas pessoas. Contudo, as pessoas não podem dar às palavras significados que estejam além de suas experiências, ressaltando a importância do conhecimento prévio, ou seja, dos significados prévios na aquisição de novos significados. Por outro lado, quando o aprendiz não tem condições ou não quer, atribuir significados às palavras, não ocorre a retenção do conhecimento e aprendizagem se torna mecânica, não significativa e menos ainda significativa crítica. (Moreira M. A., Teorias de Aprendizagem, 2018, pp. 227-239)

A segunda conscientização necessária, e muito relacionada à primeira, é a de que as palavras não são aquilo ao qual elas ostensivamente se referem, ou seja, a palavra significa a coisa e representa a coisa. (Moreira M. A., Teorias de Aprendizagem, 2018, pp. 227-239)

Outro tipo de consciência semântica necessária à aprendizagem significativa crítica é o de que, ao se usar palavras para nomear as coisas,

é preciso não deixar de perceber que os significados das palavras mudam. O mundo está permanentemente mudando, mas a utilização de nomes para as coisas, tendem à não-mudança. (Moreira M. A., Teorias de Aprendizagem, 2018, pp. 227-239)

O princípio da consciência semântica, embora abstrato, é muito importante para o ensino e aprendizagem em especial a aprendizagem significativa crítica, pois o aprendiz não cairá na armadilha da causalidade simples, não acreditará que as respostas têm que ser necessariamente certas ou erradas, ou que as decisões são sempre do tipo sim ou não. Ao contrário, o indivíduo que aprendeu significativamente dessa maneira, pensará em escolhas ao invés de decisões dicotômicas, em complexidade de causas ao invés de supersimplificações, em graus de certeza ao invés de certo ou errado, conforme ressalta Moreira (Moreira M. A., 2018, p. 234).

6. Princípio da aprendizagem pelo erro

Na aprendizagem significativa crítica, buscar sistematicamente o erro é sinônimo de pensar criticamente, envolve aprender a aprender, é aprender criticamente rejeitando certezas, encarando o erro como natural e aprendendo pela superação, levando-se em conta que o conhecimento humano é limitado e construído pela superação do erro. Vale ressaltar que, para Moreira (2018), é preciso não confundir aprendizagem pelo erro com o conceito de aprendizagem por ensaio e erro, cujo significado é, em geral pejorativo. Na medida em que o conhecimento prévio é o fator determinante da aprendizagem significativa, ela automaticamente, deixa de ser o processo errático e ateuórico que caracteriza a aprendizagem por ensaio e erro. A ideia aqui é a de que o ser humano erra o tempo todo. Não há nada de errado em errar. Errado é pensar que a certeza existe, que a verdade é absoluta, que o conhecimento é permanente. (Moreira M. A., Teorias de Aprendizagem, 2018, pp. 227-239)

7. Princípio da *desaprendizagem*

Moreira (2018), alista pelo menos duas razões que tornam esse princípio importante e facilitador para a aprendizagem significativa crítica. A primeira delas tem a ver com a aprendizagem significativa subordinada. Nesse processo, como já foi mencionado, o novo conhecimento interage com o conhecimento prévio e, de certa forma, ancora-se nele. É por meio dessa interação que o significado lógico dos materiais educativos se

transforma em significado psicológico para o aprendiz. Nessa perspectiva, desaprender significa não usar o conhecimento prévio (subsunçor) que impede que o sujeito capte os significados compartilhados a respeito do novo conhecimento. (Moreira M. A., Teorias de Aprendizagem, 2018, pp. 227-239)

A segunda razão pela qual é importante aprender a desaprender está relacionada com a sobrevivência em um ambiente que está em permanente e rápida transformação. Em situações em que o ambiente é estável, ou muda muito lentamente, a aprendizagem de estratégias e conceitos desenvolvidos no passado é recomendada, porém em situações em que o meio está em constante, profunda e rápida transformação, ocorre o inverso: a sobrevivência depende crucialmente de ser capaz de identificar quais dos velhos conceitos e estratégias são relevantes às novas demandas impostas por novos desafios à sobrevivência e quais não são. Desaprender conceitos e estratégias irrelevantes passa a ser condição prévia para a aprendizagem. (Moreira M. A., Teorias de Aprendizagem, 2018, pp. 227-239)

8. Princípio da incerteza do conhecimento

O conhecimento humano é construção do homem e, portanto, por um lado, pode estar errado, e, por outro, depende de como é construído. De acordo com Moreira (2018), o princípio da incerteza do conhecimento nos chama atenção que nossa visão de mundo é construída primordialmente com as definições que criamos, com as perguntas que formulamos e com as metáforas que utilizamos. Naturalmente, estes três elementos estão inter-relacionados na linguagem humana. É preciso, contudo, não confundir o princípio da incerteza do conhecimento com a indiferença ao conhecimento, ou seja, que qualquer conhecimento vale. (Moreira M. A., Teorias de Aprendizagem, 2018, pp. 227-239)

9. Princípio da não utilização do quadro de giz.

Segundo Moreira (2018), este princípio é complementar ao segundo. Assim como o livro de texto simboliza a autoridade de onde “emana” o conhecimento, o quadro de giz simboliza o ensino transmissivo, no qual outra autoridade, o professor, parafraseia, ou simplesmente repete, o que está no livro, ou resolve exercícios, para que os alunos copiem, estudem na véspera da prova e nela repitam o que conseguem lembrar. O quadro de giz simboliza e estimula um ensino no qual o aluno espera que nele o

professor escreva respostas certas e este acredita que deve fazê-lo porque assim estará ensinando. (Moreira M. A., Teorias de Aprendizagem, 2018, pp. 227-239)

A ideia por trás desse princípio é a da diversidade de estratégias instrucionais, que impliquem na participação ativa dos estudantes, promovendo assim, um ensino centrado no aluno, fundamental na aprendizagem significativa crítica. Vale ressaltar que o referido autor, destaca que não é necessário buscar estratégias sofisticadas, pois a não utilização do quadro de giz leva naturalmente ao uso de atividades colaborativas, seminários, projetos, pesquisas, discussões, painéis, enfim, a diversas estratégias, as quais devem ter subjacentes os demais princípios. (Moreira M. A., Teorias de Aprendizagem, 2018, pp. 227-239)

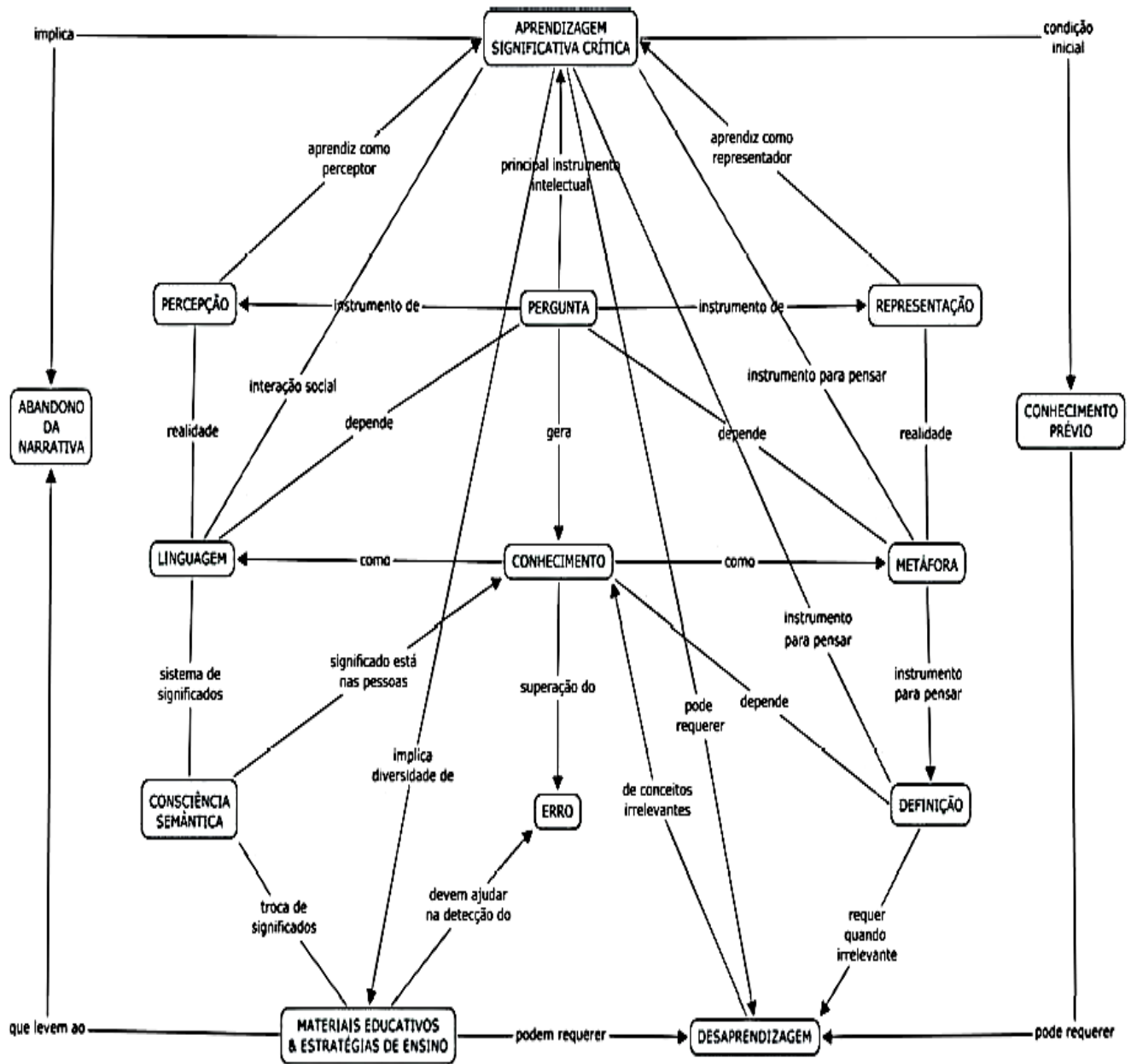
2.2.2 O papel do professor na teoria da Aprendizagem Significativa Crítica.

No contexto da aprendizagem significativa crítica, o principal papel do professor é vencer o paradigma estabelecido que está arraigado na forma de ensino da contemporaneidade, de ensinar para o teste (teaching for testing). O professor precisa levar em conta o aluno, seus conhecimentos e experiências prévias e procurar formas de relacioná-las com o novo conhecimento, sendo necessária a dialogicidade. Na 24ª Semana Nacional de Ensino de Física – 2021 (SNEF), o professor Marco Antônio Moreira destacou alguns dos desafios que precisarão ser enfrentados pelos professores da contemporaneidade. Dentre eles, podemos destacar:

- Interesse – um dos maiores desafios para os professores é despertar o interesse dos alunos pelos conteúdos, declarativos e procedimentais, que estão sendo trabalhados nas aulas, assim como pelas experiências de qualidade.
- Crenças da autoeficácia – julgamento das pessoas sobre suas capacidades para organizar e executar algo. Tem grande influência no comportamento humano, naquilo que as pessoas fazem ou desistem de fazer.
- Carga cognitiva – na preparação dos materiais instrucionais é indispensável levar em conta a carga intrínseca dos conteúdos a serem trabalhados e a maneira como isso será feito a fim de reduzir a carga cognitiva total, levando em

consideração o “mágico número sete”⁶.

Figura 4 - Mapa conceitual para Aprendizagem Significativa Crítica



Fonte: 4 – Moreira (2005,2010)

⁶ Proposto por George Miller (1920-2010), psicólogo cognitivo, chegou à conclusão de que a memória de trabalho está limitada a processar, simultaneamente, somente 7 mais ou menos 2 bits, chunks de informação. Este resultado cunhado por Miller (1956) como o mágico número sete, segue vigente na literatura.

2.3 UNIDADE DE ENSINO POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVA

A Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS), de acordo Moreira (MOREIRA, s/d), é uma sequência didática fundamentada em teorias de aprendizagem, especialmente a teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel (Ausubel, 1968), as teorias da educação de Joseph D. Novak (1977) e de D.B Gowin (1981), a teoria interacionista de Lev Vygotsky (1987), a teoria dos campos conceituais Gérard Vergnaud (1990), a teoria dos modelos mentais de Philip Johnson – Laird (1983) e por fim a teoria da Aprendizagem Significativa Crítica de Moreira (2005).

De acordo com Moreira (MOREIRA, s/d), a UEPS se alicerça na filosofia de que só há ensino quando há aprendizagem e esta deve ser significativa. Sendo o ensino meio e a aprendizagem significativa o produto do processo que deverá ser percorrido através de materiais potencialmente significativos.

A UEPS, se estrutura, de acordo com Moreira (MOREIRA, s/d) nos seguintes princípios:

- O conhecimento prévio é a variável que mais influencia a aprendizagem;
- A aprendizagem significativa depende da intencionalidade do aprendiz;
- Os materiais e as estratégias de ensino devem ser potencialmente significativos;
- São as situações-problema que sentido aos conceitos;
- A primeira ação cognitiva para resolver uma situação-problema é a construção de um modelo mental na memória de trabalho;
- O professor é o organizador do ensino provedor de situações potencialmente significativas e mediador da captação de significados;
- A avaliação deve buscar evidências de aprendizagem significativa;
- Um episódio educativo envolve uma relação triádica entre aluno, docente e materiais educativos dentro de um contexto;
- A aprendizagem deve ser significativa e crítica.

2.3.1 Aspectos da Unidade de Ensino Potencialmente Significativo

A viabilização de uma UEPS, nos preceitos das teorias de Aprendizagem Significativa de Ausubel e de Aprendizagem Significativa Crítica de Moreira, devem, de acordo com Moreira (MOREIRA, s/d), seguir os seguintes passos essenciais:

1º - Definir o tópico específico ou tema a ser abordado, identificando seus aspectos declarativos e procedimentais tais como os aceitos no conceito de ensino no qual se insere esse tópico;

2º - Criar ou propor situações-problemas que levem o estudante a externalizar seu conhecimento prévio, aceito ou não aceito no contexto da matéria de ensino, supostamente relevante para a aprendizagem significativa do tópico em questão;

3º - Propor situações-problema, em nível bem introdutório, levando em conta o conhecimento prévio do aluno, que preparem o terreno para a introdução do conhecimento (declarativo ou procedimental) que se pretende ensinar. As situações-problemas podem funcionar como organizador prévio⁷, são elas que darão sentido aos novos conhecimentos, mas para isso, o aluno deve percebê-las como problema, devendo se identificar com ela e, ser capaz de modelá-las mentalmente;

4º - Uma vez trabalhada as situações iniciais, apresentar o conhecimento a ser ensinado/aprendido, levando em conta à diferenciação progressiva⁸, isto é, começando com aspectos mais gerais, inclusivos, dando uma visão inicial do todo, do que é mais importante na unidade de ensino, mas logo exemplificando, abordando aspectos específicos ; a estratégia de ensino pode ser, por exemplo, uma breve exposição oral seguida de atividade colaborativa em pequenos grupos que, por sua

⁷ Material introdutório apresentado antes do próprio material a ser aprendido, porém em nível mais alto de generalidade, inclusividade e abstração do que o material em si. Destina-se a facilitar a aprendizagem significativa, servindo de ponte entre o que o aprendiz já sabe e o que ele precisa saber para que possa aprender o novo material de maneira significativa. É uma espécie de “ponte cognitiva”.

⁸ A diferenciação progressiva é parte do processo de aprendizagem significativa que resulta numa elaboração hierárquica das proposições e conceitos na estrutura cognitiva. Como princípio organizacional do conteúdo, consiste na prática de sequenciar o material de aprendizagem de modo que as ideias inclusivas a serem aprendidas sejam apresentadas primeiro e, então, progressivamente diferenciadas em termos de detalhes e especificidades.

vez, deve ser seguida de atividade de apresentação ou discussão em grande grupo;

5° - Dando continuidade, retomar os aspectos mais gerais, estruturantes do conteúdo da unidade de ensino em uma nova apresentação, porém em nível mais alto de complexidade em relação à primeira apresentação, nesse sentido as situações-problema devem ser propostas em níveis crescentes de complexidade; dar novos exemplos, destacar semelhanças e diferenças relativamente às situações e exemplos já trabalhados, promovendo a reconciliação integradora⁹, após essa segunda apresentação, propor alguma outra atividade colaborativa que leve os alunos a interagir socialmente, negociando significados, tendo o professor como mediador;

6° - Concluir a unidade, dar seguimento ao processo de diferenciação progressiva retomando as características mais relevantes do conteúdo em questão, porém de uma perspectiva integradora, ou seja, buscando a reconciliação integrativa; isso deve ser feito através da nova apresentação dos significados que pode ser, outra vez, uma breve exposição oral, a leitura de um texto, o uso de um recurso computacional, um audiovisual etc.

7° - A avaliação da aprendizagem através da UEPS deve ser feita ao longo de sua implementação registrando tudo que possa ser considerado evidência de aprendizagem significativa do conteúdo trabalhado ; além disso, deve haver uma avaliação somativa individual após o sexto passo, na qual deverão ser propostas questões/situações que impliquem compreensão, que evidencie captação de significados e, idealmente, alguma capacidade de transferência; tais questões/situações deverão ser previamente validadas por professores experientes na matéria de ensino.

8° - A UEPS somente será considerada exitosa se a avaliação do desempenho dos alunos fornecer evidências de aprendizagem significativa. A aprendizagem significativa é progressiva, o domínio de um campo conceitual é progressivo; por isso, a ênfase em evidência, não comportamentos finais.

⁹ Parte do processo de aprendizagem que resulta em delineamento explícito e similaridades de diferenças entre ideias correlatas.

3. FUNDAMENTOS TEÓRICOS DE FÍSICA

3.1 A FÍSICA QUÂNTICA

Ao longo dos últimos séculos a humanidade experimentou uma série de avanços na forma de explicar a natureza, na forma de encarar o mundo e na forma de viver. De acordo com Peruzzo (Peruzzo et al, 2014), grande parte desse avanço originou-se a partir do início do século XX, quando a física e outras ciências já estavam bem estruturadas e creditadas pelo método científico. As áreas da física clássica, tais como: a mecânica, a óptica, a termodinâmica, e o eletromagnetismo tinham chegado num patamar bem sólido nos aspectos teórico e matemático. Diante desse cenário favorável, em 1900, o físico *Lord Kelvin* proferiu numa conferência que a física era uma ciência quase acabada, onde não existiam mais grandes descobertas para serem realizadas. Era só questão de mais algum tempo para se determinar mais precisamente algumas constantes, e pronto. Porém, apenas dois pequenos probleminhas precisavam ser resolvidos: a não detecção do vento de éter, que seria feita através da medição da velocidade da terra em relação ao éter, e o problema da distribuição de energia na radiação de um corpo aquecido. Justamente, nestes dois problemas que tiveram origem duas grandes teorias científicas: a Física Quântica e a Teoria da Relatividade Especial e conseqüentemente a Teoria da Relatividade Geral.

A Física Quântica defendeu a propagação descontínua da energia, um mundo pregado pela incerteza e a dualidade onda-partícula da matéria, que levou mais tarde, por exemplo, ao desenvolvimento de modernas tecnologias. A Teoria Quântica, a Teoria da Relatividade Especial e a Teoria da Relatividade Geral, nasceram no início do século XX e melhor se fundamentaram nas décadas seguintes. Baseada nas ideias dessas duas teorias desenvolveu-se um conhecimento físico de grandeza nunca existente. E deste conhecimento originou-se um aparato tecnológico talvez nunca sonhado.

Diante da grandiosidade dos aspectos teóricos, conceituais e matemático da Física Quântica, ora mencionados, este trabalho limitou-se a apresentar alguns tópicos que consideramos fundamentais para o debate entre o que é ciência de fato e o que é usado pela pseudociência mística no que tange à Teoria Quântica.

3.2 FUNÇÕES DE ONDA

No estudo da Física Clássica percebemos que as partículas e ondas são coisas distintas, o mesmo não ocorre no estudo da Física Quântica, onde as partículas e as ondas se relacionam de maneira intrínseca e fazem parte do mesmo fenômeno, que pode se manifestar como onda ou como partícula.

3.2.1 Ondas de Matéria

Em 1924, Louis de Broglie¹⁰, propôs que o comportamento dual onda-partícula, aplicado à radiação, também se aplicava à matéria. Da mesma forma que o fóton, que pode ser considerada a partícula da radiação, tem uma onda eletromagnética associada ao seu movimento, uma partícula de matéria, como um elétron ou um próton, por exemplo, tem associada a ela uma onda de matéria que governa o seu movimento.

De acordo com de Broglie, na natureza, deveria existir uma simetria composta de matéria e radiação e nessa simetria tanto a Energia E como a frequência f estariam relacionados. Na tentativa de explicar os níveis de energia postulado por Bohr e entender esse comportamento onda-partícula da radiação eletromagnética, de Broglie postulou o seguinte:

A cada partícula está associada uma onda de matéria, cuja frequência e comprimento de onda são determinadas pelas equações:

$$E = hf. \quad 1$$

Considerando c como a velocidade da luz, onde:

$$c = \lambda f. \quad 2$$

Podemos assim, substituir (2) em (1) para obter:

¹⁰ Louis Victor Pierre Raymond de Broglie (1892 – 1987). Físico francês, apresentou em 1924 sua tese de doutorado sobre a teoria quântica, em que estabelece os princípios da mecânica ondulatória, pelo qual viria a receber o prêmio Nobel de Física de 1929. É nesse trabalho que ele estabelece a natureza dupla de corpúsculo e ondas.

$$E = \frac{hc}{\lambda}, \quad 3$$

onde λ é o comprimento de onda de de Broglie, ou seja, o λ de matéria associada ao movimento de uma partícula material.

Por exemplo, um fóton de energia E e o momento p relacionam – se por:

$$E = pc. \quad 4$$

Relacionando as equações (3) e (4), obtemos:

$$\lambda = \frac{h}{p}. \quad 5$$

Considerando ainda que o momento de uma partícula de massa m e velocidade v é dado por $p = mv$. Quando substituimos na equação (5) obtemos o comprimento de onda de De Broglie:

$$\lambda = \frac{h}{mv}. \quad 6$$

É interessante notar que a quantização do momento angular no modelo atômico de Bohr ganhou uma interpretação física com a hipótese de de Broglie. Admitindo que as orbitas permitidas no modelo de Bohr aparecem em virtude das ondas de matéria dos elétrons e que elas constituem ondas estacionárias quando um número inteiro de comprimentos de onda está ajustado à circunferência de uma órbita circular, teremos:

$$n\lambda = 2\pi r. \quad 7$$

Sabendo que o comprimento de onda de de Broglie é dado pela equação (6) e relacionando-a com a equação (7), obteremos o postulado de Bohr para a quantização do momento angular:

$$mvr = n\hbar. \quad 8$$

De Broglie supôs que as ondas dirigem o movimento das partículas. Com isso, ele não apenas explicou a difração da luz, como previu que deveria existir um

fenômeno semelhante para qualquer outra partícula. Cada partícula seria acompanhada de suas próprias ondas e não precisaria de outras partículas para sofrer efeitos ondulatórios.

3.2.2 Função de Onda de Schrödinger¹¹

Schrödinger foi instigado a estudar os trabalhos de de Broglie sobre ondas de matéria e apresentar um seminário sobre o assunto. Inicialmente Schrödinger estava bastante incrédulo em relação as ideias de de Broglie, mas depois passou a acreditar nelas e percebeu que estava faltando uma equação que de fato descrevesse a onda. Quando, pela primeira vez, propôs sua equação para descrever o comportamento da onda ele não conectou a função de onda $\Psi(x, t)$ com probabilidade, mas interpretou como a densidade da nuvem eletrônica que ele considerou estar esparramado no espaço.

O que Schrödinger fez, foi criar a equação, baseada em uma hamiltoniana¹² não relativística, que descrevesse o movimento de uma onda de matéria associada a uma partícula de massa m . De tal forma que em uma dimensão, seria:

$$-\frac{\hbar^2}{2m} \frac{\partial^2}{\partial x^2} \Psi(x, t) + V(x, t) = i\hbar \frac{\partial}{\partial t} \Psi(x, t). \quad 9$$

A solução desta equação é a grandeza $\Psi(x, t)$, que é chamada função de onda. Podemos também afirmar que $\Psi(x, t)$ é complexa e tem a seguinte forma:

$$\Psi(x, t) = Ae^{i(kx - \omega t)} = A[\cos(kx - \omega t) + i\sin(kx - \omega t)]. \quad 10$$

¹¹ Erwin Rudolf Schrödinger nasceu em 1887 em Viena, Áustria. Graduou-se em física e obteve o doutorado em 1910. Foi um físico teórico, ficou conhecido por suas contribuições à mecânica quântica, especialmente a equação de Schrödinger, pela qual recebeu o Nobel de Física em 1933.

¹² Em mecânica Quântica, Hamiltoniano H é um operador cujo observável corresponde à energia total do sistema, incluindo tanto a energia cinética como a energia potencial. Vale destacar que os operadores são uma ferramenta muito importante ao trabalhar com o formalismo de Schrödinger. Podem ser tratados como a ponte que conecta o que sabemos na física clássica com o formalismo matemático que precisamos na física quântica.

Em 1926, Max Born¹³, mostrou que a interpretação correta era continuar assumindo que o elétron é uma partícula pontual, e considerar, e considerar $\Psi(x, t)$ como uma medida de probabilidade de descobrir o elétron pontual em algum ponto do espaço. Para Born, a ligação entre as propriedades da função de onda $\Psi(x, t)$ e o comportamento da partícula associada é expressa em termos de densidade de probabilidade $P(x, t)$:

$$P(x, t) = \Psi(x, t)\Psi^*(x, t) = |\Psi(x, t)|^2, \quad 11$$

onde $\Psi^*(x, t)$ representa o complexo conjugado de $\Psi(x, t)$.

Max Born interpretou¹⁴ o produto entre o complexo conjugado da função de onda e a própria função de onda como sendo a densidade de probabilidade de presença de uma partícula, com função de onda Ψ , numa região do espaço.

$$\Psi^*\Psi = |\Psi|^2. \quad 12$$

De acordo com a interpretação de Max Born, para todo o espaço, com $V \rightarrow \infty$ deve valer a condição de normalização para a função de onda, ou seja:

$$\int \Psi^*\Psi dV = 1, \quad 13$$

indicando que a partícula deveria ser encontrada em algum lugar no espaço.

Como o movimento de uma partícula está relacionado com a propagação de uma onda associada, estes dois eventos devem estar relacionados no espaço. A partícula deve estar em algum local onde as ondas tenham uma amplitude apreciável.

Uma vez que se sabe a função de onda de uma partícula Ψ , pode-se determinar com que probabilidade a partícula terá um momento e posição particulares. O

¹³ Max Born (1882 – 1970). Físico e matemático alemão. Formulou a hoje aceita interpretação da densidade da probabilidade para a função de onda da equação de Schrödinger, pela qual recebeu o Prêmio Nobel de Física de 1954.

¹⁴ Max Born admitiu que sua interpretação da probabilidade fora influenciada pela concepção de Einstein da relação entre os quanta de luz e o campo eletromagnético, cujas amplitudes de onda, elevadas ao quadrado, determinam a probabilidade da presença de fótons.

comportamento ondulatório do elétron deve-se ao fato de que sua amplitude de probabilidade se comporta como uma onda. Embora Ψ seja imaginária e não possa ser medida diretamente por instrumentos reais, ela pode ter uma interpretação física. Segundo Max Born, a expressão $|\Psi|^2$ representa a probabilidade por unidade de volume de encontrar determinada partícula. Isso implica em um carácter não determinístico, mas aleatório e probabilístico intrínseco à natureza envolvendo o mundo microscópico.

Na teoria de Schrödinger desaparecem as órbitas dos elétrons e não existem ondas acompanhando os elétrons. As ondas formam um sistema de oscilações tridimensionais ao redor do núcleo. No caso de uma partícula livre, Schrödinger interpreto-a como sendo simplesmente um pequeno grupo de ondas que obedeceria às novas equações de um ponto material. Se a partícula estivesse presa num sistema, ela estaria espalhada por toda a região, sendo impossível falar sobre sua localização.

3.3 PRINCÍPIO DA INCERTEZA DE HEISENBERG¹⁵

Da mesma forma que o princípio que afirma que a velocidade da luz no vácuo é constante, e independe da velocidade da fonte é a base fundamental para a Teoria da Relatividade Especial e o princípio da equivalência é a base fundamental para a Teoria da Relatividade Geral, a incerteza como princípio é a base fundamental para a Mecânica Quântica. Formulado em 1927 pelo físico alemão Werner Heisenberg, o princípio da incerteza afirma que é fisicamente impossível medir simultaneamente a posição e o momento exato de uma partícula. Quanto maior a precisão de uma grandeza, menor a precisão na outra e vice-versa.

O processo de medida no mundo quântico tem uma propriedade de grande importância: a medida sempre afeta o objeto medido. Suponha que desejemos medir a posição x e o momento p de um elétron com a maior exatidão possível. Para localizá-lo, utiliza-se uma radiação de comprimento de onda λ pequeno. Entretanto, o fóton incidente transfere parte de sua energia e do seu momento para o elétron. Isso

¹⁵ Werner Karl Heisenberg (1901 – 1976), físico alemão, estabeleceu a teoria chamada Mecânica Quântica de Heisenberg. Foi diretor do instituto de Física Max Planck, em Berlim.

acarreta uma grande incerteza no momento do elétron, tal que:

$$\Delta x \Delta p \geq \frac{\hbar}{2}. \quad 14$$

O princípio da incerteza também estabelece limites da exatidão com que se pode medir a energia (ΔE) de um sistema, quando se precisa de um intervalo de tempo (Δt) para realizar a medida referida.

$$\Delta E \Delta t \geq \frac{\hbar}{2}. \quad 15$$

Quanto mais exata a medida realizada, mais intenso é o efeito sobre o elétron, e é somente em medidas de pouca precisão que o efeito da medida sobre o elétron pode ser considerado pequeno.

De acordo com o princípio da incerteza, existe um limite em relação ao qual o conceito de partícula pode ser estendido da Física Newtoniana à Física Quântica. No mundo quântico não podemos imaginar uma partícula como sendo uma pequena massa pontual movendo-se ao longo de um caminho, com posição, velocidade e momento bem definidos, os quais podem ser medidos com exatidão.

3.4 COMPLEMENTARIDADE DE BOHR¹⁶

De maneira sucinta, a complementaridade é o termo referente à característica das partículas subatômicas de se comportarem de forma dual: onda-partícula. Como afirmou Bohr, apesar de serem aparentemente incompatíveis e mutuamente exclusivas, as descrições ondulatórias e corpusculares das partículas elementares são apenas manifestações de uma certa realidade quântica e ambas são necessárias por serem complementares.

3.5 PARADOXOS QUÂNTICOS

De acordo com Peruzzo et al (Peruzzo et al, 2014), a física quântica descreve o mundo microscópico e as análises de suas proposições geram uma série de

¹⁶ Niels Henrik Bohr (1885 – 1962). Físico dinamarquês cujos trabalhos contribuíram decisivamente para a compreensão da estrutura atômica e da física quântica. Ganhador do Nobel de Física de 1922.

interpretações esquisitas, as quais, muitas vezes, levam inicialmente a uma série de paradoxos interessantes. A análise desses paradoxos gera debates relevantes e geralmente são resolvidos com mais física quântica.

3.5.1 O Gato de Schrödinger

De acordo com Griffiths (GRIFFITHS, 2011), o processo de medição desempenha um papel nocivo na mecânica quântica, pois, é nesse processo que surgem a indeterminância, a não localidade, o colapso da função de onda e todas as dificuldades conceituais presentes, no entanto, é esse estranho papel do processo de medição que confere à mecânica quântica sua extraordinária riqueza e sutileza.

O estudo da Mecânica Quântica, de acordo do Peruzzo (Peruzzo et al, 2014), apresenta situações curiosas e difíceis de serem conciliadas com o nosso senso comum. Um exemplo disso é a situação proposta por Schrödinger, conhecida como O Gato de Schrödinger. A seguir apresentamos um resumo dessa situação.

Dentro de uma caixa é colocado um gato vivo, um átomo radioativo, um contador de Geiger¹⁷, um martelo acionado por um circuito eletrônico (que está ligado ao contador de radiação) e um tubo de vidro com veneno.

Figura 5 - Representação do Gato de Schrödinger



¹⁷ O contador de Geiger é um instrumento de medida de certas radiações ionizantes. Foi imaginado por volta de 1913 por Hans Geiger e aperfeiçoado por Walther Müller em 1928.

Fonte: 5 FREIRE,2009 (ADAPTADO)

O átomo tem uma probabilidade de 50% de se desintegrar no período de uma hora e 50% de permanecer íntegro. Se o átomo decair o contador de Geiger detecta a radiação, aciona o circuito eletronicamente e este faz o movimentar o martelo, quebrando o recipiente que contém o veneno e matando o gato por envenenamento. Se o átomo não decair, o gato permanece vivo. (Freire; Freitas,2009)

No final de um certo tempo o experimentador abre a caixa e observa o estado do sistema. Dois estados são possíveis: gato vivo ou gato morto. Mas qual é a função de onda do sistema imediatamente antes de ser aberta a caixa e feita a observação? De acordo com a teoria ondulatória, a função de onda Ψ seria uma superposição de estados, sendo 50% vivo e 50% morto, de modo que:

$$\Psi = \Psi_{gato\ vivo} + \Psi_{gato\ morto} . \quad 16$$

Ao final de uma hora, a função de onda do gato tem a seguinte forma esquemática:

$$\Psi = \frac{1}{\sqrt{2}} (\Psi_{vivo} + \Psi_{morto}) . \quad 17$$

O colapso da onda ocorrerá quando o pesquisador abrir a caixa, sendo a mudança no conhecimento do observador que causa o colapso (PIRES, 2008). De acordo com Griffiths (GRIFFITHS, 2011), o gato não está nem vivo nem morto, mas que uma combinação linear das duas coisas até que uma medição ocorra – ou digamos que o observador espie pela janela para verificar a situação. Nesse momento, sua observação força o gato a tomar uma posição: morto ou vivo. Se o observador descobrir que o gato está morto, então foi ele que o matou ao olhar pela janela.

Segundo a mecânica quântica, em um instante intermediário, essas duas funções de onda estariam convivendo simultaneamente no sistema, um representando o átomo antes de decair e outra o átomo decaído mais a radiação emitida. Nesse instante intermediário, o estado do gato também deve envolver uma superposição de dois estados. O átomo e o aparelho, bem como o gato e o aparelho

de medida, estão num emaranhado (DAVIDOVICH, 2005)

O processo de decaimento do átomo radioativo pode ser descrito por uma função de onda. Inicialmente temos uma função que descreve o átomo sem emitir a partícula, mas, à medida que o tempo passa começa a surgir outra componente, que determina a probabilidade de que uma partícula tenha sido emitida a cada instante. Com o passar do tempo a probabilidade de o átomo decair vai aumentando e a função de onda relacionada à emissão torna-se maior. Depois de um certo tempo somente ela estará presente, indicando que o átomo já decaiu.

Essa situação parece plausível com objetos de dimensões atômicas, mas não com objetos macroscópicos. Mesmo sem olhar dentro da caixa sabemos que seria improvável que o gato estivesse vivo e morto ao mesmo tempo. No experimento real o gato interage com a caixa pela troca de luz e a caixa também interage com o ambiente. Em um tempo bastante pequeno esses processos destroem o estado quântico dentro da caixa e o substitui por um estado descrito, de acordo com a física clássica (PIRES, 2008).

As superposições de estados quânticos só ocorrem em sistemas microscópicos isolados, ou seja, que não interagem com as vizinhanças. Em sistemas macroscópicos a interação de objetos, uns com os outros, destrói a superposição dos estados quânticos. Em sistemas microscópicos, contudo, ela existe e pode ser observada (OLIVEIRA, 2006)

De acordo com Peruzzo (Peruzzo et al, 2014), a física quântica nos impele para o mundo da filosofia, por exemplo, uma árvore que cai na floresta faz algum som se não houver ninguém lá para ouvi-lo? Se definirmos o som como a sensação produzida pela estimulação dos órgãos auditivos por vibrações transmitidas através do ar, então, sem a presença de um ouvido não há som. O objetivo dessa incursão pela filosofia, conforme destaca Peruzzo (2014) é demonstrar que o observador desempenha um papel no observado, e é precisamente isso que a física quântica revela.

Sobre a resolução ortodoxa apresentada ao paradoxo do gato é digno de nota que a observação desferida por Griffiths.

Não vou fingir que essa seja uma resolução inteiramente satisfatória, mas ao menos ela evita o solipsismo estupidificante de Wigner, entre outros, que se convenceu de que é o envolvimento da consciência humana que constitui uma medição na mecânica quântica. (GRIFFITHS, 2011, p. 320)

3.5.2 Paradoxo Zeno Quântico

O colapso da função de onda é indubitavelmente a característica mais peculiar de todas essas interpretações quânticas, afirma Griffiths (GRIFFITHS, 2011). O colapso da função de onda foi introduzido por razões puramente teóricas para explicar o fato de uma segunda medição feita logo após a primeira reproduz o mesmo valor desta. Em 1977, Misra e Sudarshan (Misra & E.C.G. Sudarshan, 1977 *apud* GRIFFITHS, 2011, p.320), propuseram o que eles chamaram de efeito Zeno Quântico como uma dramática demonstração experimental do colapso da função de onda. A ideia era pegar um sistema instável e sujeitá-lo a repetidas medições. Cada observação colapsa a função de onda, reconfigurando o relógio, e dessa forma é possível atrasar indefinidamente a transição esperada para o estado inferior¹⁸.

Especificamente, suponha que um sistema inicie em um estado excitado ψ_2 , o qual tem o tempo de vida natural τ para transição ao estado fundamental ψ_1 . Normalmente, e às vezes substancialmente menor do que τ , a probabilidade de uma transição é proporcional a t , de fato, desde que a taxa de transição seja $1/\tau$,

$$P_{2 \rightarrow 1} = \frac{1}{\tau} t. \quad 18$$

Se forem feitas medições após um tempo t , então a probabilidade de que o sistema ainda esteja no estado superior é:

$$P_2(t) = 1 - \frac{1}{\tau} t. \quad 19$$

Supondo que o sistema realmente esteja no estado superior. Nesse caso, a

¹⁸ O efeito não tem muito a ver com Zeno, mas é uma reminiscência do velho ditado 'chaleira vigiada nunca ferve' e por isso é chamado às vezes de o fenômeno da chaleira vigiada.

função de onda colapsa em ψ_2 , e o processo recomeça. Se fizermos uma segunda medição em $2t$, a probabilidade de que o sistema ainda esteja no estado superior será, evidentemente,

$$\left(1 - \frac{1}{\tau}\right)^2 \approx 1 - \frac{2t}{\tau}, \quad 20$$

que é o mesmo que teria sido se nunca tivéssemos feito a primeira medição em t . Isso é o que alguém ingenuamente esperaria; se a história toda fosse essa, não ganharíamos nada por observar o sistema várias vezes, e não haveria nenhum efeito Zeno Quântico.

Entretanto, para tempos extremamente curtos, a probabilidade de uma transição não é proporcional a t , mas sim a t^2 , ou seja,

$$P_{2 \rightarrow 1} = \alpha t^2, \quad 21$$

Sendo assim, a probabilidade de que o sistema ainda esteja no estado superior após duas medições é,

$$(1 - \alpha t^2)^2 \approx 1 - 2\alpha t^2, \quad 22$$

Enquanto, se nunca tivéssemos feito a primeira medição, a probabilidade teria sido,

$$1 - \alpha(2t)^2 \approx 1 - 4\alpha t^2. \quad 23$$

Evidentemente, nossa observação do sistema após um tempo t diminui a probabilidade líquida de uma transição para o estado inferior!

De fato, se examinarmos o sistema em intervalos regulares n , de $t=0$ até $t=T$, a probabilidade de que o sistema ainda esteja no estado superior ao final é,

$$\left(1 - \alpha \left(\frac{T}{n}\right)^2\right)^n \approx 1 - \frac{\alpha}{n} T^2, \quad 24$$

Que vai a 1 no limite $n \rightarrow \infty$: Um sistema instável continuamente não decai! Alguns autores veem isso como uma conclusão absurda e uma prova de que o colapso da função de onda é uma falácia. Entretanto, esse argumento depende de uma

interpretação bastante livre do que constitui a 'observação'. Se a trajetória de uma partícula em uma câmara de bolhas equivale a uma observação contínua, então o caso estaria encerrado, pois tais partículas certamente decaem. Mas tal partícula interage apenas de forma intermitente com os átomos na câmara, e para o que o efeito Zeno Quântico ocorra, as medições sucessivas devem ser feitas de modo extremamente rápidos a fim de capturar o sistema no regime t^2 .

No final das contas, o experimento é impraticável em casos de transições espontâneas, mas pode ser feito utilizando-se as transições induzidas, e os resultados estarão em perfeito acordo com as previsões teóricas. Infelizmente, esse experimento não é uma confirmação tão convincente do colapso da função de onda como seus criadores esperavam; o efeito observado também pode ser explicado de outras formas.

3.6 A MECÂNICA QUÂNTICA E O MISTICISMO QUÂNTICO

A Física Quântica, além de ser uma teoria inovadora é também um fenômeno de popularidade nas atividades sociais e culturais das mais diversas. De acordo com Frederico Firmo de Souza Cruz (Cruz, 2011), o conhecimento científico, assim como a arte, a mitologia e outras criações culturais do espírito humano, é de domínio público e podem ser absorvidos pelos mais diversos grupos sociais. Para Souza Cruz,

As práticas sociais, frequentemente, levam grupos a desenvolverem certa autonomia, criando fronteiras que são definidas por diferenças de conhecimento, de cultura, de linguagem, organização social... As fronteiras criadas geram uma falsa impressão de propriedade, mas são, em geral, porosas e móveis, e o conhecimento de uns é inevitavelmente apropriado por outros, podendo eventualmente adquirir novos significados e representações. A presença de um conhecimento tão sofisticado como a mecânica quântica, em ambientes sociais tão diversos, é um exemplo desta porosidade. (Cruz, 2011, p. 304)

Uma análise do fundo histórico, social e cultural que rodearam as formulações da Teoria Quântica são enriquecedores e servem de auxílio no entendimento da popularização de termos usados na física quântica. Pode-se dividir esse período em três etapas: desenvolvimento da teoria (1900 – 1922), formulação (1923 – 1928) e legitimação (1929 – 1963). Não objetivamos fazer uma análise histórica e filosófica

detalhada de cada período.

O período de desenvolvimento após a descoberta do quantum foi marcado por rupturas profundas em conceitos e concepções que estavam bem arraigados. De acordo com Souza Cruz (Cruz, 2011), quando Heisenberg formula sua mecânica matricial, ele renuncia à descrição no espaço/tempo. Tomando as transições como as únicas grandezas observáveis e o princípio da correspondência, ele cria uma descrição matricial sem se referir, em nenhum momento a partículas, a posição ou a momento no espaço/tempo. Esta formulação marcou o abandono dos modelos pictóricos, como os de Bohr e Sommerfeld¹⁹ e caracterizou uma ruptura na forma de representar o mundo físico.

A nova linguagem e a mudança de referentes foram bastante perturbadoras e muitos receberam com alívio a descrição mais familiar, no espaço/tempo, que foi momentaneamente resgatada pela mecânica ondulatória de Schrödinger. Porém, a realidade das ondas de Schrödinger foi questionada e reinterpretada, como uma amplitude de probabilidade, e dualidade, associada ao objeto quântico, foi harmonizada, através da interpretação probabilística e do princípio da complementaridade, formando a base do que se entende por Interpretação de Copenhague²⁰.

De acordo com Souza Cruz (Cruz, 2011), o período de formulação da mecânica quântica foi cheio de debates e questões que se incorporou no clima intelectual marcado pela irreverência e iconoclastia da época. A perplexidade diante das questões postas pela nova física fez com que, na busca de respostas, fossem mobilizados argumentos extraídos das mais variadas fontes, tornando a fronteira entre ciência e o meio cultural mais porosas. A seguinte frase de Bohr é bastante

¹⁹ Arnold Johannes Wilhelm Sommerfeld (1868 – 1951). Foi um físico teórico alemão que introduziu a constante de estrutura fina em 1916.

²⁰ A Interpretação de Copenhague foi fruto de um longo processo dialógico dentro da comunidade científica e filosófica, gerou questões sobre determinismo, o carácter probabilístico da natureza, a realidade do objeto quântico, o carácter da representação, o papel do observador e do ato de medida, o papel da consciência, a objetividade do conhecimento, a completeza da representação. (BELLER, 2001)

significativa,

[...] com respeito à limitada aplicabilidade das idealizações costumeiras, devemos de fato nos voltar para outros ramos da ciência, tais como psicologia, ou mesmo refletir sobre tipos de problemas epistemológicos que já foram enfrentados por pensadores como Buda e Lao Tse, que tentaram harmonizar a nossa posição como espectadores e atores do grande drama da existência. Porém, o reconhecimento de uma analogia de caráter puramente lógico nos problemas que se apresentam em campos de interesse humano tão largamente separados não implica na aceitação na física atômica de qualquer misticismo estranho ao verdadeiro espírito da ciência. (BOHR, 1987, p.367 *apud* CRUZ, 2011, p.309)

Após os dialógicos períodos de desenvolvimento e formulação da teoria quântica, temos o período de legitimação da teoria nos mais diversos campos da Física, tais como na Física Nuclear, na Física do Estado Sólido, na Teoria dos Campos e nas inovações tecnológicas. Ao longo desse período as questões epistemológicas foram ficando cada vez mais para segundo plano e a ciência aplicada foi ficando cada vez mais especializada, especialmente na grande possibilidade de aplicações tecnológicas com a comprovação da teoria quântica. De acordo com Souza Cruz (Cruz, 2011), as discussões sobre os fundamentos e interpretações ficaram restritas a pequenos grupos filosóficos, até que o trabalho de John Bell recolocou as questões de fundamento num novo patamar, onde podia ser investigada também experimentalmente. Este período, caracteriza-se pelo ressurgimento das interpretações: Copenhague, de Broglie-Bohm, histórias consistentes, transacional, modal, muitos mundos, muitas mentes etc.

O ressurgimento dos debates interpretativos teve como pano de fundo os anos 60, simbolizado pelo icônico maio de 1968, marcante tanto pela contestação, como pelo romantismo, isto é, a busca por um ideal libertário, 'paz e amor', utópico, que queria resgatar o ser humano de toda e qualquer opressão, econômica, cultural ou sexual, característicos do movimento *Hippie* e que foi contraposto pelo movimento *Yuppie*²¹, com o ideal de conciliar o equilíbrio perfeito entre a ganância e o altruísmo, geridos pelo patriotismo e pelo conceito ilusório do "*self-made man*", aquele que consegue fazer sozinho, através do seu próprio esforço, vencendo dificuldades e

²¹ Yuppie é uma derivação da sigla "YUP", expressão inglesa que significa "Young Urban Professional"

agarrando oportunidades. Essa polarização reflete o que ocorreu com as concepções destoantes da Mecânica Quântica neste período.

Um dos herdeiros dos anos 60, Fritjof Capra²², em 1975 lança um livro fazendo paralelos entre a Física Moderna e o pensamento oriental. O Tao da Física (CAPRA,2000, *apud* Cruz,2011) é até hoje um dos livros mais vendidos e considerados por muitos como a origem do misticismo quântico moderno.

Segundo Souza Cruz (Cruz, 2011), o imaginário social do misticismo hoje é bem diferente daquele dos anos 60, pois o atual misticismo parece necessitar mais da legitimação do que da significação. Essa realidade pode ser observada nas frases do guru Maharish Mahesh,

Deixe-me dar-lhe um exemplo. Seja uma partícula quântica, por exemplo, um elétron. Quase oposta a sua natureza de partícula, foi provado que o elétron se move através de duas fendas ao mesmo tempo. É como se você movesse através de duas portas adjacentes (separadas por uma parede fina, cuja espessura é quase a mesma do seu corpo) ao mesmo tempo. “Isto foi provado em vários experimentos”. (Grifos do guru, *apud* Cruz,2011)

Tome uma partícula quântica e conduza um experimento sobre ela sem olhá-la, você obterá um resultado. Agora tome a mesma partícula e realize o mesmo experimento, mas desta vez a observando, você obterá outro resultado. Em outras palavras, a partícula sabe se você está observando ou não. “Isto foi provado em vários experimentos”. (Grifos do guru, *apud* Cruz,2011)

Souza Cruz (Cruz, 2011), analisa também, o caso de Amit Goswami, físico de formação e místico de profissão, que atua de forma bem mais sofisticada do que o guru, com suas frases soltas. No capítulo 2 do seu livro, A física da alma (GOSWAMI,2008 *apud* Cruz,2011), ele discute as experiências de Aspect, Dalibard e Roger e conclui que “[...] os fótons do experimento estão conectados por meio de um domínio não local da consciência que transcende o espaço e o tempo” e que isto é uma prova da telepatia. Dando continuidade ao seu discurso pseudocientífico, Goswami, discute o experimento da escolha retardada de *Wheeler*, relacionando-o

²² Fritjof Capra é um físico austríaco. Recebeu o título de doutor em Física teórica pela Universidade de Viena e dedicou 20 anos a pesquisas teóricas sobre Física de altas energias. Em 1975, publicou seu livro O Tao da Física: Uma Exploração dos Paralelos entre a Física Moderna e o Misticismo Oriental

com o conceito de sincronicidade de Jung e Pauli para em seguida afirmar que esta é uma das primeiras tentativas de compreender a reencarnação por meio do conceito de não localidade quântica no tempo. A seção termina com a frase “[...] o experimento da escolha retardada foi comprovado experimentalmente na década de 1980”.

De acordo com Souza Cruz (Cruz, 2011), as sentenças extraídas revelam a tentativas dos autores de legitimar cientificamente às pseudociências místicas, usando a expressão: “foi provado experimentalmente”. Também é notório o uso de frases e citações de Bohr, Pauli, Wigner, Heisenberg, Schrödinger, que são repetidas como um mantra na maioria dos livros de “alguma coisa” quântica. Frequentemente as frases são extraídas do contexto e muitas vezes são mutiladas em seus reais significados.

Outra característica dos místicos modernos é, conforme destacado por Cruz (2011), a persuasão através da fala da autoridade. Não havendo interesse no debate conceitual. Para eles, o conhecimento científico tem apenas um carácter instrumental, servindo de artifício ideológico ou sofisticado para legitimar certas afirmações, estando interessados apenas em usar os mistérios quânticos como uma mercadoria.

4. REVISÃO DA LITERATURA

O presente capítulo apresenta uma revisão de produções acadêmicas correlatas ao tema proposto nesta dissertação, visando ampliar os horizontes do que já foi produzido, fundamentar debates e direcionar os esforços nas experiências positivas de pesquisadores que investigaram a mesma problemática. Foram usadas as seguintes plataformas de pesquisa: Portal de Periódicos da Capes; Scielo Brasil; DOAJ.ORG e a plataforma de produções do MNPEF. Para todas as plataformas de pesquisa foram usados filtros relacionados com periódicos de Ensino de Física ou Ciências.

Pensando nas problemáticas apresentadas na dissertação, foram selecionados artigos que se relacionavam com o ensino de Mecânica Quântica, com o misticismo quântico e com o uso de cartuns no Ensino de Física. Nas linhas que se seguem, trazemos um breve resumo dos artigos selecionados:

- O ensino de Mecânica Quântica no nível médio, frequentemente, se depara com um obstáculo relacionado com a linguagem, que vêm enraizada com os conceitos da Física Clássica obstruindo, a captação de significados novos e interpretações específicas da Mecânica Quântica, além do mais, alguns desses conceitos podem estar maculados pelas generalizações populares do cotidiano. No artigo, **O Problema da Linguagem e o Ensino de Mecânica Quântica no Nível Médio** (PAULO, Iramaia Jorge Cabral de & MOREIRA, Marco Antônio, 2011), os autores destacam que o professor deve, de alguma forma, valorizar a linguagem clássica e os conceitos previamente construídos pelos aprendizes – o que pode ser feito adotando-se, por exemplo, os princípios da Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica, tendo cuidado para que as analogias clássicas não ultrapassem o seu âmbito de validade. Porém, isso somente pode ser implementado utilizando-se uma lógica diferenciada, que admita, por exemplo, a coexistência de aspectos classicamente antagônicos e a incerteza como um elemento inerente à natureza e ao conhecimento humano. Os autores também sugerem a possibilidade de usar a Interpretação de Copenhague, mantendo alguns aspectos da linguagem clássica, tais como o conceito de

posição, velocidade, quantidade de movimento, massa e energia. Isso possibilita que a abordagem da Mecânica Quântica possa ser feita desde o seu início, de maneira potencialmente *significativa*, uma vez que os novos conceitos podem ser construídos tomando-se os conceitos clássicos como subsunçores. De fato, a definição básica dos conceitos utilizados como exemplos acima não se modifica na Mecânica Quântica, embora seu significado se altere, sobretudo, no que diz respeito às suas relações com outros conceitos. É preciso, segundo os autores, sempre ter em conta que os subsunçores podem também ser bloqueadores de novas aprendizagens. Outro ponto relevante levando-se em conta os princípios fundamentais da Teoria de Aprendizagem Significativa Crítica é o Princípio da Desapendizagem que neste contexto pode ser decisivo na escolha do que usar como subsunçor já que a dinâmica dos objetos microscópicos segue a lógica diferente dos objetos macroscópicos clássicos. De acordo com esse princípio, quando o conhecimento prévio se constitui um fator impeditivo para a captação de novos significados, se faz necessário uma desapendizagem, entendida aqui como a não utilização do conhecimento prévio como apoio, até porque, uma vez que o conhecimento foi aprendido significativamente, não é mais possível substituí-lo, ou até mesmo, livrar-se dele, trata-se então, de não o utilizar como subsunçor.

- A temática relacionada com o termo quântico, embora muito popular, é um assunto delicado, fonte de inúmeras discussões e em algumas situações pode até mesmo polarizar correntes de estudo e alimentar, em outros casos, a chamada 'guerra das ciências'. Nesse sentido, o livro: **Teoria Quântica – Estudos históricos e implicações culturais** dos organizadores Olival Freire Jr.; Osvaldo Pessoa Jr.; Joan Lisa Bromberg, torna-se uma leitura obrigatória. De acordo com os organizadores, o livro é uma coletânea de trabalhos que exploram aspectos da história dessa teoria científica, desde sua criação aos desenvolvimentos ulteriores, incluindo a controvérsia sobre os seus fundamentos e sobre suas implicações filosóficas e culturais. Discute também problemas relacionados com a pesquisa sobre o ensino e a difusão cultural dessa teoria, bem como os

usos, e abusos, que aí podem aparecer. (FREIRE JR, O., PESSOA JR, O., BROMBERG, J., L., 2011) A narrativa do Misticismo Quântico no referencial teórico desta dissertação foi extraída de artigos dessa coletânea.

- Na perspectiva do Misticismo Quântico e da Filosofia da Física e aplicações para o ensino, o artigo: **A filosofia sistêmica de Fritjof Capra: Um olhar ecológico para a Física e para o Ensino de Física** (PIOGOZZO, LIMA, & NASCIMENTO, 2019), apresenta o pensamento sistêmico de Capra com foco em suas ideias sobre o paradigma ecológico que possibilita analisar a relação entre sujeito, ambiente e sociedade. Os autores sugerem que Capra não traz uma ruptura radical em sua descrição de ciência à qual ele mesmo ainda atribui características metodológicas bem específicas, apesar de reconhecer aspectos subjetivos no desenvolvimento do conhecimento científico. De acordo com (PIOGOZZO, LIMA, & NASCIMENTO, 2019) a obra de Capra identifica o novo paradigma como o caminho viável para se enfrentar questões que se apresentam atualmente à sociedade de modo que, tornando turvas as barreiras entre as áreas de conhecimento, sermos capazes de melhor administrar nossa compreensão sobre os fenômenos contemporâneos ao construir propostas de solução. Sendo necessário que áreas de Educação em Ciências e Ensino de Ciências lidem com esses problemas da atualidade de maneira eficiente. Os autores argumentam que, apesar de não possuir análises direcionadas à educação e sistemas de ensino, as ideias de Capra são capazes de contribuir com a remodelação do ensino, favorecendo currículos colaborativos, não-fragmentados, e práticas pedagógicas com preceitos ecológicos. Vale ressaltar que os próprios autores reconhecem os aspectos pseudocientíficos do misticismo quântico de Capra.

Como exemplo dos diálogos entre ciência e espiritualidade, destacamos os paralelos entre a Física Quântica e o misticismo oriental construídos em *O Tao da Física* (CAPRA, 1989): o reconhecimento de que todos os fenômenos são manifestações de uma realidade fundamentalmente uma, a noção de complementaridade entre os opostos, a visão de um universo composto primordialmente pelo vazio e não só pelo que experienciamos como tangível

e, por último, o caráter dinâmico e mutável da realidade. Sobre tais paralelos, concentramo-nos em demonstrar que não foram construídos com o objeto de igualar os construtos místicos orientais às conclusões científicas modernas, mas para apontar compatibilidade e pontos de convergência na cosmovisão das filosofias budistas, taoístas e hinduístas e as descobertas da Física Moderna. (PIOGOZZO, LIMA, & NASCIMENTO, 2019)

- Na análise dos discursos de autoridades e intelectuais que se apropriam de termos científicos para expressar erudição o livro: **Imposturas Intelectuais** (SOKAL & BRICMONT, 2014), apresenta uma interessante narrativa do professor Alan Sokal ao ter a aprovação do seu satírico artigo, repleto de absurdos teóricos na respeitada revista *Social Text*, da *Duke University Press*, que apresentava citações autênticas, no entanto desprovidas de qualquer sentido, além do exercício retórico. Os autores do livro apresentam os abusos de terminologia científica e aparente erudição de renomados intelectuais.
- No que tange às técnicas e materiais educacionais potencialmente significativos, no ensino de Mecânica Quântica, as Histórias em Quadrinhos (HQ) ou *Cartuns* se destacam nos trabalhos acadêmicos, pois servem de elo ou ponte entre o conhecimento estrito e o estudante. No artigo: **A importância da utilização de cartuns no ensino médio como ferramenta para o aprendizado de Mecânica Quântica** (Paiva, Amorim, Polito, Silva, & Albernaz, 2016), os autores apresentam os resultados positivos do uso de histórias em quadrinhos na aprendizagem de conceitos da mecânica quântica comparado com o método tradicional de ensino em sala de aula. Segundo os autores, a história em quadrinhos tem o potencial de unir duas linguagens: a verbal e a não verbal, configurando assim uma ferramenta auxiliadora no ensino de determinados conteúdos, devido ao seu potencial criativo e comunicativo. No artigo em questão, foram elaboradas curtas histórias em quadrinhos (gênero cartuns) e textos auxiliares. Essas histórias abordam alguns conceitos de Mecânica Quântica, tais como o princípio da incerteza, a quantização da energia, a superposição de estados, o efeito túnel e o princípio de exclusão de Pauli.

Nos textos auxiliares, os conceitos apresentados nas “tirinhas” foram detalhados e colocados de uma forma mais rigorosa. Após a elaboração das histórias e dos textos, foi confeccionado uma revista em quadrinhos que serviu de material de apoio no processo de ensino-aprendizagem.

5. METODOLOGIA

5.1 ELABORAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL

A sequência educacional proposta neste trabalho foi estruturada em três aulas que giram em torno do crescente debate entre a Ciência e a pseudociência, especificamente no campo da Física Quântica. O uso de *Fake's* científicas (pseudocientíficas), propagado nas mídias sociais e o discurso anticientífico também foram abordados.

A perspectiva apresentada nessa sequência didática está focada no modelo de aprendizagem baseada no processamento da informação, encontrada nos trabalhos de Ausubel envolvendo os processos mentais das estruturas cognitivas. Nesse sentido, foram priorizadas a análise de imagens que acarretam significados e se relacionam com o dia a dia dos estudantes e da sociedade de modo geral, juntamente com notícias de impacto propagadas recentemente nas mídias sociais.

Dentro de uma óptica educacional contemporânea, é importante que a aprendizagem significativa seja também crítica. Quer dizer, na sociedade contemporânea não basta adquirir novos conhecimentos de maneira significativa, é preciso adquiri-los criticamente. Ao mesmo tempo em que é preciso viver nessa sociedade, integrar-se a ela, é necessário também ser crítico dela, distanciar-se dela e de seus conhecimentos quando ela está perdendo rumo e saber filtrar os discursos, inclusive de autoridades, que propagam informações falsas e fora de contexto nas mídias sociais. Nesse sentido, priorizamos o uso de cartuns, que vem sendo usado de maneira muito positiva como ferramenta de ensino crítico. Foram propostas situações-problema para cada aula e com nível de complexidade crescente com o intuito de resgatar conhecimentos prévios que se relacionasse com o novo conhecimento e funcionasse como organizador prévio num primeiro instante e posteriormente possibilitasse a diferenciação progressiva dos conceitos na estrutura cognitiva do estudante e servisse de degrau para a próxima situação-problema promovendo assim uma reconciliação integradora entre o que se sabia com o novo conhecimento.

Nos preceitos da UEPS e que foram adotadas nessa sequência, a avaliação da aprendizagem foi pautada ao longo das aulas, nas atividades dialógicas mediadas pelo professor em enquetes rápidas e numa avaliação individual final que permitisse refletir a aprendizagem do aluno.

5.2 APLICAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL

A aplicação desta sequência didática ocorreu num dos piores cenários da história recente, durante a pandemia do COVID-19 que até a escrita final desse trabalho, tinha ceifado a vida de 550 mil brasileiros, enlutando milhões de famílias e afetando profundamente a rotina de todos, especialmente à dos jovens em idade escolar. O cotidiano diário de mortes, o isolamento social, o desemprego, o aumento das desigualdades, as Fake News, os discursos anti-ciência e as aulas remotas, mudaram repentinamente o cenário da educação brasileira.

O Governo do Distrito Federal suspendeu as aulas presenciais nas escolas públicas no dia 11 de março de 2020, adotando emergencialmente um modelo de aulas transmitidas em canais de TV e no final de julho desse mesmo ano a modalidade de ensino remoto, com o uso da tecnologia da plataforma: Google sala de aula e posteriormente disponibilizando dados de internet para professores e alunos. Também foram disponibilizados material impresso para atender a demanda de estudantes que não tinham smartphones ou em localidades sem acesso à internet.

A Unidade de Ensino Potencialmente Significativo foi aplicada para estudantes da 3ª etapa do 3º segmento da Educação de Jovens e Adultos – EJA, no Centro Educacional Engenho das Lages, escola rural, localizada no distrito do Engenho das Lages, região administrativa do Gama-DF. A turma escolhida é composta de 29 estudantes matriculados, entre 18 e 42 anos de idade, sendo que destes apenas 9 estudantes tiveram condições de participar pela plataforma do Google Sala da Aula. Os demais, realizam atividades impressas ou não tiveram condições de continuar os estudos.

5.2.1 Primeiro Encontro.

O primeiro encontro virtual para a aplicação da sequência didática ocorreu via plataforma Google Meet, com a presença de 5 estudantes, dos 9 matriculados na plataforma. Eles apresentaram uma boa motivação e conseguiram participar de todas as atividades propostas. A gravação da aula ficou disponível para atender aos estudantes que não puderam estar presentes e estes, dentro do possível, realizam as atividades. Também foi preparado um modelo esquemático da aula para disponibilizar como material impresso para o estudante e foi disponibilizado um canal de comunicação via grupo de WhatsApp para conversarmos sobre o tema proposta na aula. Percebemos nos diálogos do grupo que o assunto chamou e instigou a curiosidade dos estudantes de modo a surgirem várias dúvidas e exemplos, especialmente relacionado com fake News e memes relacionados com a vacina do COVID-19 e com o tratamento precoce. Também no grupo de WhatsApp foi fornecido um spoiler sobre o que seria visto na aula seguinte.

Figura 6 – Primeiro Encontro via plataforma Google Sala de Aula.



The image shows a screenshot of a Google Classroom interface. At the top, it displays 'CENTRO EDUCACIONAL ENGENHO DAS LAJES' and 'EJA - 3º Segmento - 3ª Etapa'. The main heading is 'Como diferenciar pesquisas sérias de informações mentirosas?' by 'MICHEL BASTOS LOURENCO' with a duration of '05:28' and '100 pontos'. Below the heading, the objective is stated: 'OBJETIVO DA AULA: Conhecer fontes de informações e formas de obter informações relevantes, sabendo interpretar notícias científicas.' There are four resource cards: a PDF titled 'história em quadrinhos (2).p...', a Google Document titled 'SITUAÇÃO-PROBLEMA 1 - I...', a link titled 'Link http://ENQUETE', and a video titled 'xgd-ohjz-muo (2021-05-05 ...'. At the bottom, there is a 'Comentários da turma' section with a text input field 'Adicionar comentário para a turma...' and a send button.

Fonte: 6 : Próprio Autor

5.2.2 Segundo Encontro

O segundo encontro virtual para aplicação da sequência didática, também ocorreu via plataforma Google Meet, no entanto, a adesão dos estudantes matriculados na plataforma foi bem maior do que no primeiro encontro, no total 7 estudantes dos 9 matriculados conseguiram participar da aula. Mesmo assim, a gravação da aula ficou disponível para atender aos estudantes que não puderam estar presentes. Também foi preparado um modelo esquemático da aula para disponibilizar como material impresso. Notou-se também um aumento na participação dos estudantes nas conversas propostas. Após a aula, no grupo de WhatsApp

Figura 7 - Segundo Encontro virtual via Plataforma Google Sala de Aula



The screenshot shows a Google Classroom interface. At the top, it displays 'CENTRO EDUCACIONAL ENGENHO DAS LAJES' and 'EJA - 3º Segmento - 3ª Etapa'. The lesson title is 'Afinal, terapia quântica é ciência ou pseudociência?' by Michel Bastos Lourenco, with a duration of 06:10 and 100 points. The objective is to contribute to the formation of a scientific culture. The lesson includes several resources: an image titled 'IMAGEM - APENDICE D.jpeg', a video '01. Gilberto Gil - Quanta' (4 minutes), a video 'fkn-wpx-hgc (2021-05-17 a...', a Google Slides presentation 'Ciência versus Pseudociência', and a Google Document 'LETRA DA MÚSICA - Quanta'. A 'Comentários da turma' section is visible at the bottom.

5.2.3 Terceiro Encontro

O terceiro encontro virtual para aplicação da sequência didática, também ocorreu via plataforma Google Meet, a adesão dos estudantes matriculados na plataforma permaneceu semelhante ao segundo encontro, mesmo assim, a gravação da aula ficou disponível para atender aos estudantes que não puderam estar presentes. Também foi preparado um modelo esquemático da aula para disponibilizar como material impresso. A participação dos estudantes foi um pouco menor em comparação com o segundo encontro. O conteúdo de Mecânica Quântica foi

formalmente introduzido de maneira expositiva usando-se slides e exemplos. Como último encontro dessa sequência foram propostas atividades para avaliar a aprendizagem

Figura 8 - Terceiro Encontro via Plataforma Google Sala de Aula.

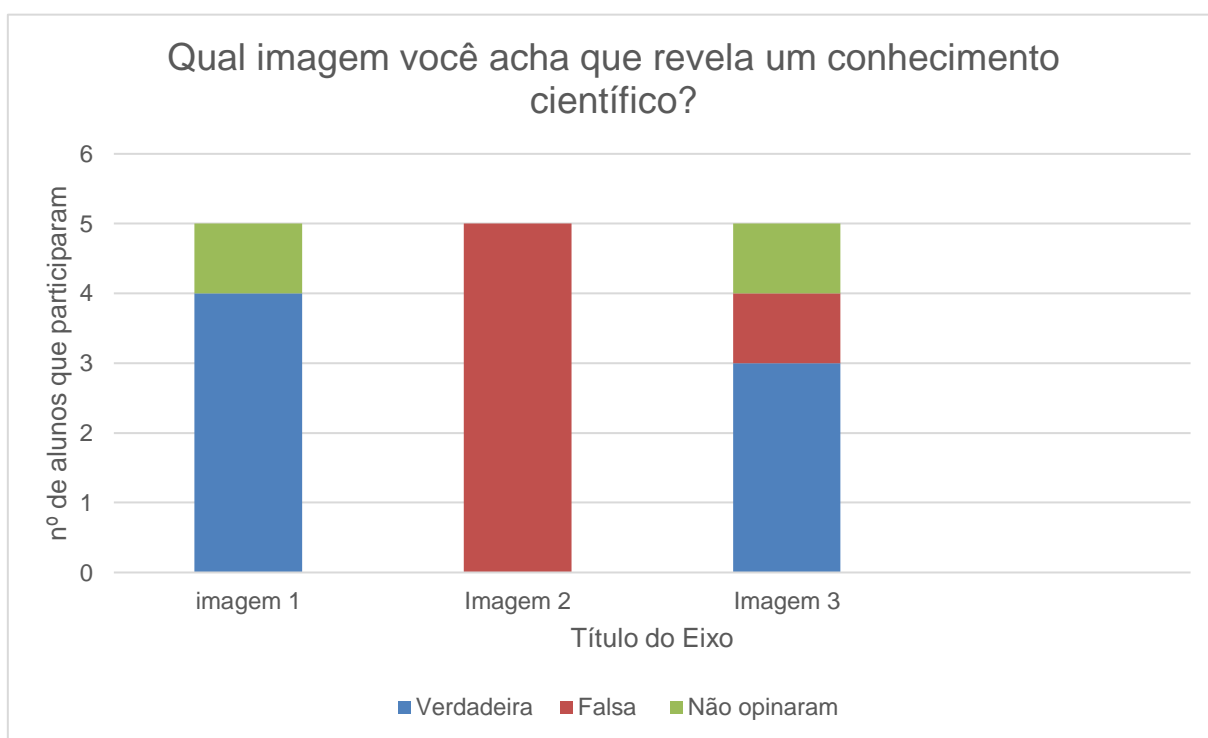
The screenshot shows a Google Classroom interface. At the top, the header includes 'CENTRO EDUCACIONAL ENGENHO DAS LAJES', 'EJA - 3º Segmento - 3ª Etapa', 'Instruções', and 'Trabalhos dos alunos'. The main content area features a blue icon with a document symbol next to the title 'Por que o termo "Quântico" gera tantas especulações?' and the author 'MICHEL BASTOS LOURENCO • 07:09'. Below the title, it indicates '100 pontos'. A section titled 'OBJETIVO DA AULA:' describes the goal: 'Compreender as ciências, dentre elas a "Física Quântica", como construções humanas e que elas se desenvolvem por acumulação, continuidade e ruptura de paradigmas. Relacionar o desenvolvimento científico com a transformação da sociedade.' Below this, there are six resource cards arranged in a 2x3 grid. Each card has a small thumbnail image on the left and text on the right. The cards are: 1. 'APÊNDICE G O QUE E FISIC...' (Imagem); 2. 'Introdução à Física Quântica' (Apresentações Google); 3. 'Link' (http://ENQUETE2); 4. 'Análise da música - "Quanta"' (Documentos Google); 5. 'AVALIAÇÃO - FÍSICA QUÂN...' (Formulários Google); 6. 'AULA 3 - FÍSICA QUÂNTICA ...' (Vídeo).

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após a aplicação deste produto, foram computados alguns dados interessantes que revelam a existência de aprendizagem, o aumento na assiduidade, participação e interesses dos estudantes que interagiram com as atividades propostas.

Com o objetivo de colher informações sobre os conhecimentos prévios dos estudantes, e ajudar no planejamento de organizadores avançados, foi realizado no primeiro encontro, uma enquete, onde foram observados os seguintes dados.

a) Como diferenciar notícias e reportagens verdadeiras de notícias falsas.



Nessa atividade percebe-se que a maioria dos estudantes que participaram da enquete acham que a imagem 1 é verdadeira, e muitos também acreditavam na veracidade da imagem 3. Essa tendência de escolha pode estar relacionada com a forma como a informação é transmitida e na confiabilidade que alguns tem em redes sociais e experimentos desprovidos de nenhum método.

b) Sobre onde buscar informações confiáveis. (Numa escala de 1 a 5, onde o mais confiável é o 5 e o menos confiável é o 1)

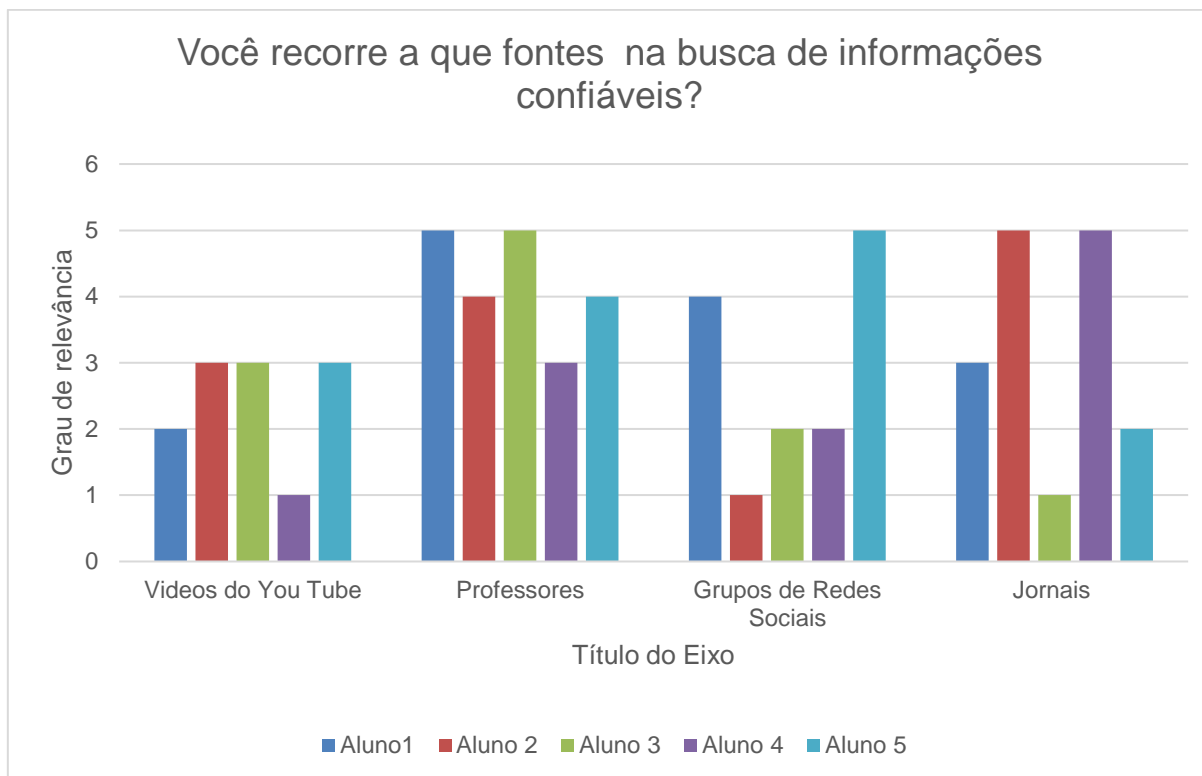


Gráfico 2- Enquete - 1B

Nota-se que a maioria dos estudantes que participaram dessa enquete deposita sua confiança nos professores e jornais no intuito de encontrar informações confiáveis, mas é digno de nota que uma parcela dos estudantes atribui certa confiança aos vídeos do Youtube e aos grupos de redes sociais.

Não foram contabilizados, para fins de análise de conhecimentos prévios, os estudantes que fizeram a atividade posteriormente, pois notamos um vício nos resultados, indicando que eles assistiram a aula completa e depois realizaram a enquete. Esses dados, em conjunto com os diálogos durante as aulas e no grupo de WhatsApp foram muito importantes na verificação do interesse e no planejamento dos organizadores avançados, que deveriam ser usados para a apresentação do método científico e dos fatores que revelam a pseudociência.

No segundo encontro percebemos uma adesão maior relacionado com a frequência e participação ativa dos estudantes, conforme é demonstrado nos gráficos a seguir.

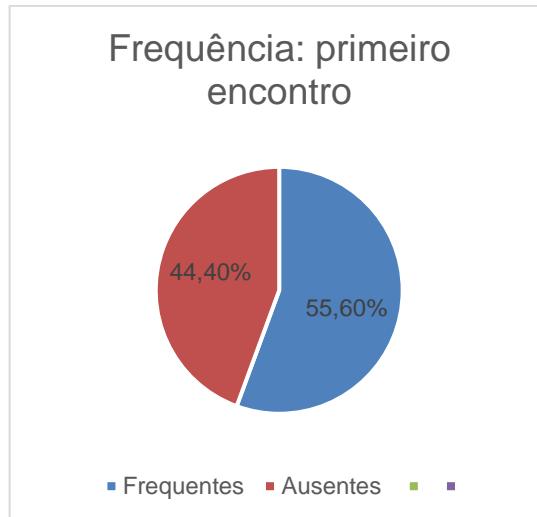


Gráfico 3 – Frequência: Primeiro Encontro (Fonte: Próprio Autor)

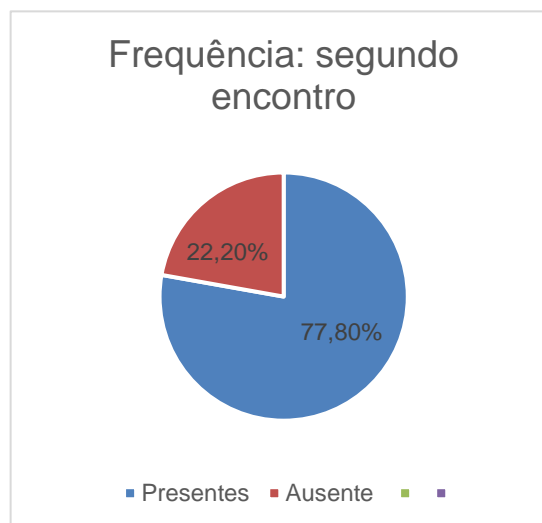


Gráfico 4- Frequência: segundo encontro (Fonte: Próprio Autor)

Pode se atribuir essa melhora na frequência, provavelmente, aos incentivos e a empolgação de alguns estudantes nas discussões no grupo de WhatsApp, também o uso de História em Quadrinho (Cartuns) que envolveu os estudantes e possibilitou boas conversas sobre o avanço das pseudociências. Ainda no segundo encontro foram apresentados positivamente as características da ciência e o que a diferenciava da pseudociência, que resultou em conversas significativas. Foram propostas uma atividade avaliativa e foi passado a Música Quanta.

No terceiro encontro, o primeiro momento foi dedicado à conversa mediada a respeito da atividade avaliativa 1, que consistia em pesquisar nas mídias digitais exemplos que configuravam pseudociências, conforme ilustrado na história em

quadrinhos:

Figura 9 - Recorte da História em Quadrinho Autora: Mariana Mota Gomes



Nesta atividade, 7 alunos (63% da turma) apresentaram a devolutiva e postaram a atividade na plataforma. Notamos que os estudantes procuraram aplicar algumas regras mencionadas nos quadrinhos, especialmente a 2ª. Por se tratar de uma escola Rural, observamos uma tendência para post que envolvia o trato com animais. Destacamos dois exemplos:

Aluno 1²³ – Postou: “Como interpretar os sintomas dos animais através da anamnese vibracional”

Aluno 2 – Postou: “Curso de saúde Quântica para animais”

Na conversa mediada esses alunos foram indagados se teriam um motivo

²³ Preferimos não usar o não dos estudantes para preservar suas identidades. Por conveniência, usamos o termo ALUNO para nos referir a estudantes do gênero masculino e feminino.

especial para o envio desses posts e, eles mencionaram que trabalhavam perto da EMBRAPA e tinham ouvido falar de algo a respeito e que depois da aula e da leitura dos quadrinhos resolveram procurar sobre essa temática voltada para o trato com animais.

Em dois posts, tivemos prints de matérias envolvendo o discurso de autoridades sobre a vacina:

Aluno 3 – Postou: “Se você tomar uma vacina e virar jacaré, o problema é seu”.

Aluno 4 – Postou: Médica diz que ivermectina tem eficácia maior que vacina e pede para colegas “estudarem mais”: Vacina jamais atingirá imunização do medicamento”

Três posts envolvendo a terapia quântica/ cura quântica sendo que um deles era relacionado com o fortalecendo precoce do imunológico contra a COVID-19.

Aluno 5 – Postou: “Terapia Quântica um conceito para vida pessoal e profissional”

Aluno 6 – Postou: “Medicina Quântica já tem registro de curas, dizem médicos.”

Aluno 7 – Postou: “Aprenda como a terapia quântica atua precocemente contra a COVID-19”

Na conversa mediada, após a postagem da atividade avaliativa 1, percebeu-se uma maturidade maior dos estudantes em suas falas, comparado com a conversa mediada da aula 1. Provavelmente, a linguagem acessível da história em quadrinhos tenha possibilitado o resgate de conhecimentos prévios e a apresentação expositiva dos slides possibilitou uma reconciliação integradora dando significados aos aspectos que diferenciam a ciência da pseudociência forneceram também o embasamento para suas falas. Notou-se a preocupação dos estudantes em verificar a fonte das informações e estar atento a vídeos propagados nas redes sociais, especialmente àqueles que apresentam uma notícia como um fato comprovado e falas de autoridades.

No segundo momento do terceiro encontro, abordamos a SITUAÇÃO PROBLEMA – 3 e resgatamos alguns quadros da História em Quadrinhos com o intuito de revisar a aprendizagem e dar base para a última situação-problema.

Na enquete sobre a situação-problema 3, obtivemos os seguintes dados que

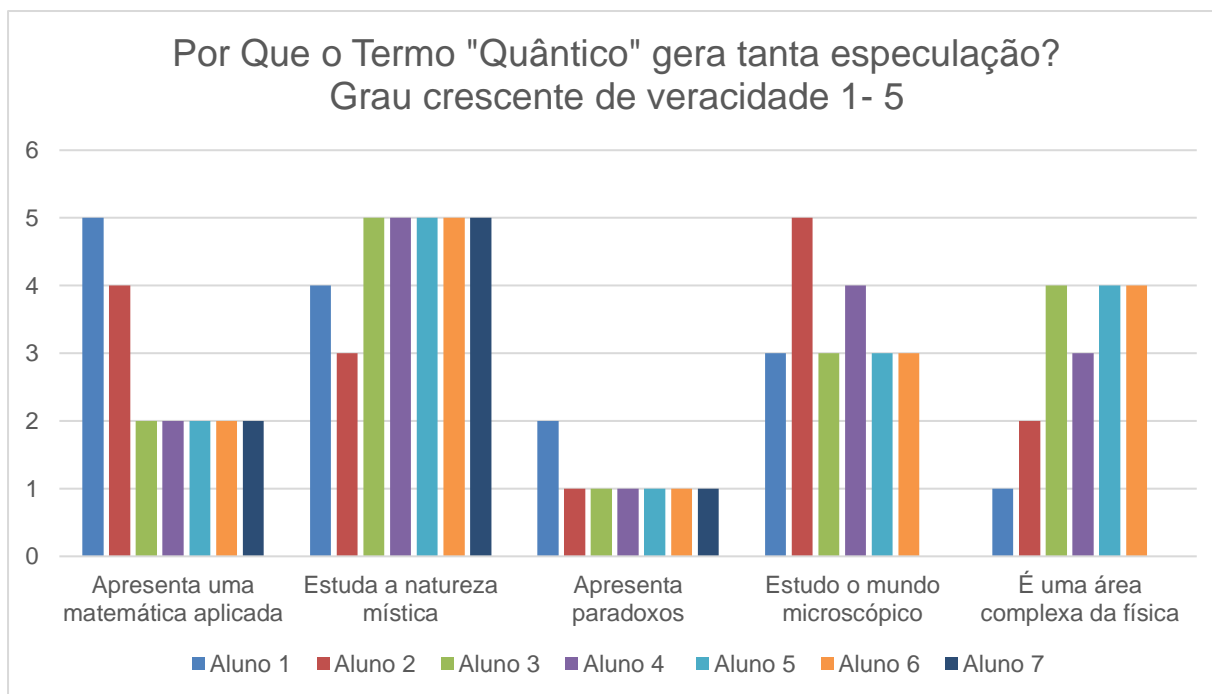


Gráfico 5 - Enquete 2 - Por que o Termo Quântico gera tantas especulações? Fonte: Próprio autor.

foram usados na abordagem dos conceitos introdutórios.

Nessa enquete, introdutória de aula, observamos uma tendência de associação do termo quântico para algo místico ou misterioso e uma associação do termo quântico ao que foi retratado na história em quadrinhos.

Após isso, alguns conceitos introdutórios da Mecânica Quântica foram abordados de maneira expositiva tentando resgatar os subsunçores desenvolvidos nas aulas anteriores e na enquete e recortes dos quadrinhos.



A conversa mediada foi empolgante e notou-se que a confiança dos estudantes tinham aumentado para falarem sobre a Física Quântica e identificar as Pseudociências que usam o termo Quântico.

Na análise da Música 'Quanta', observamos alguns comentários interessantes que revelam progresso no grau de compreensão sobre a Mecânica Quântica e o Misticismo Quântico, tais como:

Aluno 1: (Escreva seu parágrafo aqui...)

“A música “Quanta”, não é cientificamente coerente pois a física quântica não diz nada sobre o que acontece por trás das observações sobre causas ocultas de fenômenos ou sobre como são observados um com processo de medição, ligando o objeto quântico ao sujeito observador. “

Aluno 2 - (Escreva seu parágrafo aqui...)

“A música quanta é incoerente cientificamente, pois embora apresente termos usados na mecânica quântica, não apresentam sentido científico e se misturam com a crença na religião”

Aluno 3: (Escreva seu parágrafo aqui...)

“A música não é correta pois mistura ciência com religião e misticismo”

Aluno 4: (Escreva seu parágrafo aqui...)

“A música apresenta claramente o misticismo quântico e religiosos e não é coerente com a ciência”

Aluno 5: (Escreva seu parágrafo aqui...)

“A música apresenta alguns trechos de pseudociência e alguns aspectos encontrados na ciência”

Nesta atividade, 55% dos alunos matriculados na plataforma participaram. Embora tenha-se mencionado que o artista tenha licença poética para harmonizar a sua melodia e usar termos científicos sem uma verdadeira compreensão do seu significado, percebemos que alguns (45%) dos alunos relutaram em opinar sobre a letra da música ou simplesmente não tiveram argumentos. Mas, pelo comentário dos

que participaram, nota-se que os estudantes apresentaram argumentos que revelam alguma compreensão sobre o método científico relacionado pela mecânica quântica e a maioria percebeu fortes traços de pseudociência e misticismo quântico na letra musical revelando assim graus de aprendizagem.

A atividade avaliativa que finalizou a proposta dessa sequência didática, envolveu a elaboração de um parágrafo que respondesse às três situações-problemas abordadas no início de cada um dos encontros. Nesta atividade, 8 estudantes participaram enviando via plataforma o que foi sugerido e suas respostas foram condizentes com o que foi abordado ao longo da sequência. Dentre as respostas, podemos destacar:

Aluno 1: “Atualmente vemos muitas Fake’s News, precisamos verificar se a fonte da informação é confiável e analisar se o método usado na informação segue os métodos usados na ciência, que são confiáveis e testáveis. Precisamos confiar na ciência. A respeito das terapias quânticas precisamos estar alertas para não sermos enganados pelo uso do termo quântico e confundir o que é científico do que é místico ou que se baseia em um ato de fé ou credulidade. A mecânica quântica apresenta um estudo profundo e além da nossa imaginação sobre a natureza do átomo e da luz e traz grandes contribuições para a humanidade, o fato de apresentar paradoxos não deve dar margem para encontrar respostas no mundo místico.”

Aluno 2: “A ciência é a fonte de informações confiável, as pessoas muitas vezes distorcem as informações para confundir por isso precisamos sempre estar alertas as informações que ouvimos ou lemos para não sermos enganados, especialmente quando se usa o termo quântico. É preciso saber diferenciar a Física Quântica do Misticismo, pois a física quântica segue os elevados padrões do método científico que são testados e comprovados já a cura quântica envolve o mundo místico e tradições religiosas.”

Na conversa mediada concludente desta sequência didática, observou-se que os estudantes estavam mais motivados e tinham despertado o interesse para se aprofundar nos tópicos de física quântica, especialmente na análise dos paradoxos quânticos e na aplicação da física quântica na tecnologia contemporânea.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O resultado deste trabalho de pesquisa apresenta alguns pontos peculiares que requerem interpretações mais aprofundadas, especialmente às relacionados com os efeitos da pandemia do COVID-19 na rotina dos estudantes, com maior destaque aos que moram em áreas carentes que não tem acesso a recursos tecnológicos e internet. Esse fator foi decisivo, por exemplo, sobre a quantidade de alunos que participaram da sequência didática. Dos 29 estudantes, apenas 9 puderam desenvolver a atividade da maneira como foi planejada. Para os estudantes que fizeram a atividade impressa, sem o convívio com demais colegas e professor, notou-se falta de motivação. Não se sentiram motivados a entregar as atividades. Para àqueles que de maneira precária conseguiram acesso às aulas e participaram das atividades propostas, podemos destacar o ‘interesse’ com o fator mais positivo. Como destaque, a participação dos alunos nas conversas mediadas, nas discussões do grupo de WhatsApp e o aumento na frequência das aulas on-line, indicam isso. A sequência pedagógica, mostrou-se exitosa, dentro do que foi proposto, e adequada para estudantes do Ensino de Jovens e Adultos – EJA. Notou-se indícios de aprendizagem significativa nas atividades e avaliações propostas e aumento potencial de interesse para o assunto que estava sendo introduzido. O planejamento e a execução dessa sequência didática foram para a modalidade remota de ensino que possibilita a cronometragem do tempo e a dinamicidade da aula. Para aplicações no formato presencial talvez precise repensar a quantidade de aulas analisando a dinâmica dessa modalidade. Com as restrições da pandemia, a aplicação do produto educacional ficou restrita a um pequeno grupo de alunos e os dados não são suficientes para uma possível generalização. Para tal, necessita-se de uma amplitude maior de aplicações, inclusive em outras modalidades de ensino que poderão ser realizados com o fim da pandemia. Relacionado ao ensino da Mecânica Quântica e a desmistificação do termo quântico a sequência mostrou-se promissora em alertar os estudantes para a atuação de charlatães.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDRESKI, S. (1972). SOCIAL SCIENCES AS SORCERY.
- AUSUBEL, D. N. (1989). PSICOLOGÍA EDUCATIVA. MÉXICO: TRILHAS.
- AUSUBEL, D. P. (2003). AQUISIÇÃO E RETENÇÃO DE CONHECIMENTOS: UMA PERSPECTIVA COGNITIVA. REVISÃO CIENTÍFICA DE VICTOR DUARTE TEODORO. TRADUÇÃO DE LÍGIA TEOPISTO. LISBOA: PARALELO EDITORA, LTD.
- AUSUBEL, D. P., & HANSESIAN, H. (1980). PSICOLOGIA EDUCACIONAL. TRADUÇÃO: EVA NICK, 2 ED. RIO DE JANEIRO: INTERAMERICANA.
- BELLER, M. (2001). QUANTUM DIALOGUE: THE MAKING OF REVOLUTION. CHICAGO: UNIVERSITY OF CHICAGO.
- CRUZ, F. F. (2011). MECÂNICA QUÂNTICA E A CULTURA EM DOIS MOMENTOS. EM O. F. JR, O. P. JR, & J. L. BROMBERG, TEORIA QUÂNTICA: ESTUDOS HISTÓRICOS E IMPLICAÇÕES CULTURAIS (PP. 303-320). SÃO PAULO: LIVRARIA DA FÍSICA.
- DAVIDOVICH, L. (30 DE JULHO DE 2005). EINSTEIN E A MECÂNICA QUÂNTICA. CIENCIA & AMBIENTE.
- FREIRE JR, O., PESSOA JR, O., BROMBERG, J., L. (2011). TEORIA QUÂNTICA: ESTUDOS HISTÓRICOS E IMPLICAÇÕES CULTURAIS. SÃO PAULO: LIVRARIA DA FÍSICA.
- GRIFFITHS, D. J. (2011). MECÂNICA QUÂNTICA (2ª ED.). (L. FREITAS, TRAD.) SÃO PAULO: PEARSON.
- MARITAIN, J. (1966). RUMOS DA EDUCAÇÃO. TRADUÇÃO: ABADIA DE NOSSA SENHORA DAS GRAÇAS. 4ªED. RIO DE JANEIRO: AGIR.
- MISRA, B., & E.C.G. SUDARSHAN, J. (1977). MATH PHYS.
- MOREIRA, M. A. (2000). APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA CRÍTICA. III ENCONTRO INTERNACIONAL SOBRE APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA (PP. 33-45). LISBOA: PENICHE.
- MOREIRA, M. A. (2012). APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA, CAMPOS CONCEITUAIS E PEDAGOGIA DA AUTONOMIA: IMPLICAÇÕES PARA O ENSINO. APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA EM REVISTA, 44-65.
- MOREIRA, M. A. (2018). TEORIAS DE APRENDIZAGEM. SÃO PAULO: E.P.U.
- MOREIRA, M. A. (S/D). UNIDADE DE ENSINO POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVA (UEPS). FONTE: [HTTPS://WWW.IF.UFRGS.BR/~MOREIRA/UEPSORT.PDF](https://www.if.ufrgs.br/~moreira/uepsport.pdf)
- NOVAK, J. G. (1988). APRENDIENDO A APRENDER. BARCELONA: MARTÍNEZ ROCA.
- OLIVEIRA, I. S. (2006). FÍSICA MODERNA PARA INICIANTES E AFICIONADOS. SÃO PAULO : LIVRARIA DA FÍSICA.

ONTORIA, A. (2005). MAPAS CONCEITUAIS - UMA TÉCNICA PARA APRENDER. SÃO PAULO: EDIÇÕES LOYOLA.

PAIVA, R. A., AMORIM, R. G., POLITO, C. M., SILVA, W. B., & ALBERNAZ, A. F. (2016). A IMPORTÂNCIA DA UTILIZAÇÃO DE CARTUNS NO ENSINO MÉDIO COMO FERRAMENTA PARA O APRENDIZADO DE MECÂNICA QUÂNTICA. CADERNO DE FÍSICA DA UEFS, 14.

PAULO, IRAMAIA JORGE CABRAL DE ; MOREIRA, MARCO ANTÔNIO. (2011). O PROBLEMA DA LINGUAGEM E O ENSINO DE MECÂNICA QUÂNTICA NO NÍVEL MÉDIO. CIÊNCIA & SAÚDE, 17(2), 421-434.

PCN. (2000). EM PARÂMETROS CURRICULARES NACIONAIS. BRASÍLIA: IMPRESSA NACIONAL.

PERUZZO ET AL. (2014). FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA (VOLUME I) (VOL. I). SÃO PAULO: LIVRARIA DA FÍSICA.

PIOGOZZO, D., LIMA, N. W., & NASCIMENTO, M. M. (2019). A FILOSOFIA SISTÊMICA DE FRITJOF CAPRA: UM OLHAR ECOLÓGICO PARA A FÍSICA E PARA O ENSINO DE FÍSICA. CADERNO BRASILEIRO DE ENSINO DE FÍSICA, 36(3). DOI: [HTTP://DX.DOI.ORG/10.5007/2175-7941.2019v36n3p704](http://dx.doi.org/10.5007/2175-7941.2019v36n3p704)

PIRES, A. S. (2008). EVOLUÇÃO DAS IDEIAS DA FÍSICA. SÃO PAULO: LIVRARIA DA FÍSICA.

POZO, J. I. (1989). TEORÍAS COGNITIVAS DEL APRENDIZAJE. MADRID: MORATA.

SOKAL, A., & BRICMONT, J. (2014). IMPOSTURAS INTELECTUAIS. (F. NONSENSE, TRAD.) RIO DE JANEIRO: BESTBOLSO.

APÊNDICE



MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA

SOCIEDADE BRASILEIRA DE FÍSICA – SBF

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA – UNB

INSTITUTO DE FÍSICA – IF/UnB

**CONCEITOS DA FÍSICA QUÂNTICA *VERSUS* A PSEUDOCIÊNCIA – UMA
PROPOSTA DE ENSINO POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVO**

PRODUTO EDUCACIONAL

PROPOSTA DE UEPS

Michel Bastos Lourenço

Orientador:

Prof: Dr. Ronni Geraldo Gomes de Amorim

BRASÍLIA – DF

2021

SUMÁRIO

1 – INTRODUÇÃO	81
2- METODOLOGIA	82
3- PLANEJAMENTO DAS AULAS	85
4- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	91
ANEXO-1: HISTÓRIA EM QUADRINHOS	93
APÊNDICE – A	98
APÊNDICE – B	98
APÊNDICE – C	99
APÊNDICE – D	100
APÊNDICE – E	100
APÊNDICE – F	101
APÊNDICE – G	102
APÊNDICE – H	102

1- Introdução

Caro(a) professor(a),

A proposta apresentada nesse produto educacional corresponde a uma sequência de ensino potencialmente significativo baseada na teoria de aprendizagem significativa de Ausubel e na teoria de aprendizagem significativa crítica de Moreira. A sequência propõe uma discussão entre a ciência com os seus métodos e os discursos pseudocientíficos propagado nas mídias digitais, em especial, os relacionados com a Física Quântica. Para nortear as situações problemas usamos as seguintes ferramentas: História em Quadrinhos, Enquetes, Questionários, Slides e Recursos Digitais para aulas remotas.

O objetivo dessa sequência didática é desenvolver nos estudantes uma atitude crítica em relação às informações propagada nas mídias sociais, em especial, nas redes sociais e os discursos de autoridades que se apropriam de termos usados na ciência e que propõe reflexões profundas sobre assuntos complexos que eles mesmos desconhecem ou conhecem, na melhor das hipóteses, no plano popular. Por outro lado, objetiva-se também desenvolver nos estudantes a capacidade de diferenciar pesquisas científicas sérias de notícias falsas notadamente usadas para confundir o leitor ou ostentar uma erudição superficial que impressiona e intimida os leitores e alguns estudantes. Nesse sentido, priorizamos assuntos da atualidade que incitam à reflexão e que possibilitam um fluxo contínuo entre o que o aluno conhece, o que ele viu e como estes se relacionam com conteúdo que ele tem potencial de aprender.

No currículo de Física para o Ensino Médio percebe-se uma grande defasagem da carga horária em relação quantidade de assuntos e que na maioria das vezes aplicar uma sequência educacional torna-se inviável, pois culturalmente, essas sequências tratam de assuntos profundos e complexos e exigem uma quantidade elevada de aulas, dificultando o planejamento do professor e comprometendo o interesse do aluno no assunto abordado. Sendo assim, optamos por uma sequência de apenas três (03) aulas que podem ser aplicadas em qualquer etapa e modalidade de ensino na disciplina de Física.

2- Metodologia

Uma das principais reflexões feitas por professores da educação básica, especialmente os das ciências da natureza, envolve a transformação de um conhecimento teórico palpável e calculável em uma ação reflexiva crítica que possibilite a formação de um indivíduo plenamente capaz de interagir com a natureza e com a sociedade, emitindo opiniões e avaliando informações. Nesse sentido, o que é ensinado e o que deve ser aprendido tem que apresentar algum significado para o estudante e fazer parte da sua realidade, do momento histórico no qual ele está inserido e dos problemas e angústias que ele enfrenta. O professor, neste contexto, desempenha um árduo papel de unir esses dois mundos, perfazendo o caminho teórico trilhado pelas ciências com o complexo viário que permeia o contexto no qual o estudante está inserido.

A perspectiva apresentada nessa sequência didática está focada no modelo de aprendizagem baseada no processamento da informação, encontrada nos trabalhos de Ausubel envolvendo os processos mentais das estruturas cognitivas. De acordo com a teoria da aprendizagem significativa de Ausubel, a aprendizagem significativa se caracteriza pela interação entre o novo conhecimento e o conhecimento prévio. A formação e o desenvolvimento da estrutura cognitiva dependem do modo como o estudante percebe os aspectos do mundo físico e social. As motivações dependem da estrutura cognitiva desenvolvida e a mudança de motivação implica uma mudança de estrutura cognitiva. Sendo assim, aprender envolve uma mudança nas estruturas cognitivas existentes ou a compreensão interna da situação e seu significado. No cenário atual, deseja-se que a aprendizagem envolva a gênese de um novo conceito interiorizado, envolva novas estruturas mentais e em resultado, novas atitudes com os quais o estudante possa analisar e solucionar problemas.

Dentro de uma óptica educacional contemporânea, é importante que a aprendizagem significativa seja também crítica. Quer dizer, na sociedade contemporânea não basta adquirir novos conhecimentos de maneira significativa, é preciso adquiri-los criticamente. Ao mesmo tempo em que é preciso viver nessa sociedade, integrar-se a ela, é necessário também ser crítico dela, distanciar-se dela e de seus conhecimentos quando ela está perdendo rumo e saber filtrar os discursos,

inclusive de autoridades, que propagam informações falsas e fora de contexto nas mídias sociais. Para alcançar esses objetivos essa sequência didática de ensino observa os seguintes princípios (MOREIRA, 2000;2005, 2010):

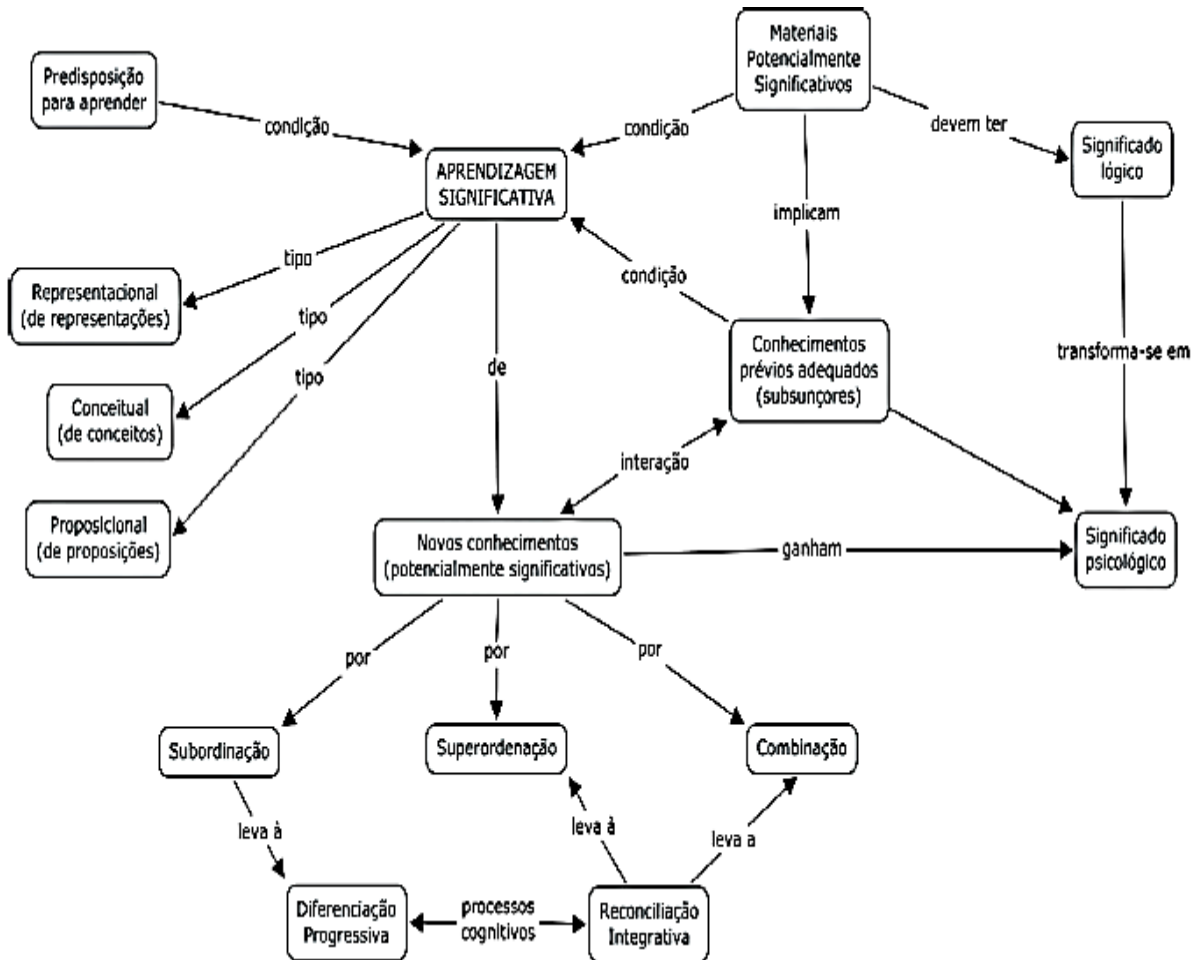
- 1- Perguntas ao invés de respostas; (estimular o questionamento ao invés de dar respostas prontas);
- 2- Diversidade de materiais de ensino; (abandono do manual único);
- 3- Aprendizagem pelo erro; (é normal errar, aprende-se corrigindo os erros);
- 4- Aluno como perceptor representador; (o aluno representa tudo o que percebe);
- 5- Consciência semântica; (o significado está nas pessoas, não nas palavras);
- 6- Incerteza do conhecimento; (conhecimento humano é incerto, evolutivo);
- 7- Conhecimento como linguagem (tudo que chamamos de conhecimento é linguagem);
- 8- Diversidade como estratégia (abandono do quadro-de-giz).

A aplicação dessas teorias educacionais dar-se-á através de uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativo (UEPS) preconizada por Moreira (2011), direcionada à aprendizagem de conceitos e tópicos específicos de um ou mais conteúdos e tem seus princípios estruturados na filosofia cognitivista, tendo como principais teóricos: David Ausubel, Novak, Gowin, Vygotsky, Vergnaud, Johnson-Laird, Moreira, dentre outros.

A sequência foi estruturada em três aulas que giram em torno da rivalidade entre a ciência e a pseudociência, especificamente no campo da física quântica. Foram propostas situações-problema para cada aula e com nível de complexidade crescente com o intuito de introduzir um novo conhecimento e funcionar como organizador prévio num primeiro instante e posteriormente servir de degrau para a próxima situação-problema promovendo assim uma reconciliação integradora entre o que se sabia com o novo conhecimento. Nos preceitos da UEPS e que foram adotadas nessa sequência, a avaliação da aprendizagem foi pautada ao longo das aulas, nas

atividades mediadas pelo professor e numa avaliação individual final através de questionário e questões que possam refletir a aprendizagem do aluno.

Figura 10 - Mapa Conceitual para a Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel



Fonte: 7 - Moreira 2010

3 - Planejamento das aulas

3.1- Primeiro encontro

3.1.1- Identificação

Modalidade:	Ensino Híbrido/Ensino Remoto
Nível de ensino:	Médio / Fundamental II
Docente:	Michel Bastos Lourenço
Disciplina:	Física
Conteúdo:	Mecânica Quântica / Método Científico
Ano/Semestre:	1º/2021
Carga horária:	1 aula (45 min)

3.1.2- Situação-Problema 1

Como diferenciar pesquisas sérias de informações mentirosas?

3.1.3 – Objetivo Principal

Contribuir para a formação de uma cultura científica efetiva que permita aos estudantes interpretar fatos, fenômenos e processos naturais.

3.1.4- Competências e habilidades a serem desenvolvidas

- *Conhecer* fontes de informações e formas de obter informações relevantes, sabendo interpretar notícias científicas;
- Construir e investigar situações-problema, identificar a situação física, utilizar modelos físicos, generalizar de uma situação, prever, avaliar, analisar previsões.
- Ser capaz de emitir juízos de valor em relação a situações sociais que envolvam aspectos físicos e / ou tecnológicos relevantes.

3.1.5 - Momentos da aula:

- Introdução da aula: apresentar o tema com a situação-problema 1

e focar em alguns noticiários e informações propagadas recentemente. (Apêndice – A)

- Conversa mediada sobre o tema, abordando aspectos do cotidiano e situações que estão ocorrendo no momento político-social.
- Aplicar um questionário ou uma enquete para coletar os subsunçores. (Apêndice – B)
- Apresentar a *Historinha em Quadrinhos – Senhor Quantum versus a Pseudociência*. (Anexo 1)
- Após a leitura mediar uma conversa em torno dos cinco (05) alertas apontados nos quadrinhos para identificar textos pseudocientíficos; (Apêndice – C)

3.1.6 – Recursos utilizados

- Plataforma – Google sala de aula;
- Plataforma – Google Meet;
- Computadores e smartphones;
- História em quadrinhos: Senhor Quantum versus a Pseudociência;
- Artigo de Jornal digital e sites em geral.

3.2 – Segundo encontro

3.2.1 – Identificação

Modalidade:	Ensino Híbrido/Ensino Remoto
Nível de ensino:	Médio / Fundamental II
Docente:	Michel Bastos Lourenço
Disciplina:	Física
Conteúdo:	Mecânica Quântica / Método Científico
Ano/Semestre:	1º/2021
Carga Horária:	1 aula (45 min.)

3.2.2 – Situação-problema 2

Afinal, terapia quântica é ciência ou pseudociência?

3.2.3 – Objetivo Principal

Contribuir para a formação de uma cultura científica efetiva que permita aos estudantes interpretar fatos, fenômenos e processos naturais.

3.2.4- Competências e habilidades a serem desenvolvidas

- Ler e interpretar textos de interesse científico e tecnológico;
- Construir e investigar situações – problema;
- Elaborar estratégias de enfrentamento das questões;
- Entender os métodos e procedimentos próprios das ciências naturais;
- Ser capaz de emitir juízos de valor em relação a situações sociais que envolvam aspectos físicos e/ou tecnológicos relevantes;
- Compreender as ciências como construções humanas, entendendo como elas se desenvolvem por acumulação, continuidade ou ruptura de paradigmas, relacionando o desenvolvimento científico com a transformação da sociedade;

3.2.5 – Momentos da aula

- Conversa mediada sobre a situação problema 2, retomada de alguns quadros da História em Quadrinhos; (APÊNDICE – D)
- Apresentação expositiva das características da ciência e do método científico e as características da pseudociência; (APÊNDICE – E)

- Ouvir a Música (vídeo disponível na plataforma YouTube) da música “*Quanta (1997) – Gilberto Gil*”; (APÊNDICE – F)

3.2.6 – Atividade avaliativa acerca das imagens e da música

Pesquisar nas mídias digitais e postar na plataforma, situações que sirvam de exemplo para, pelo menos, um dos pontos citados na História em Quadrinhos.

3.2.7 – Recursos utilizados

- Plataforma – Google sala de aula
- Plataforma – Google Meet
- Plataforma – Youtube
- Computadores e smartphones
- História em quadrinhos
- Artigo de Jornal digital e sites em geral.
- Música Quanta de Gilberto Gil

3.3- Terceiro encontro

3.3.1 – Identificação

Modalidade:	Ensino Híbrido/Ensino Remoto
Nível de ensino:	Médio / Fundamental II
Docente:	Michel Bastos Lourenço
Disciplina:	Física
Conteúdo:	Mecânica Quântica / Método Científico
Ano/Semestre:	1º/2021
Carga horária:	1 aula

3.3.2 – Situação-Problema 3

Por que o termo QUÂNTICO gera tantas especulações?

3.3.3 – Objetivo principal

Contribuir para a formação de uma cultura científica efetiva que permita aos estudantes interpretar fatos, fenômenos e processos naturais.

3.3.4 – Competências e habilidades a serem desenvolvidas

- Ler e interpretar textos de interesse científico e tecnológico;
- Construir e investigar situações – problema;
- Entender os métodos e procedimentos próprios das ciências naturais;
- Ser capaz de emitir juízos de valor em relação a situações sociais que envolvam aspectos físicos e/ou tecnológicos relevantes;
- Sistematizar informações relevantes para a compreensão da situação – problema;
- Identificar, representar e aplicar conhecimentos científicos;
- Expressar-se oralmente com correção e clareza, usando a terminologia correta;
- Compreender as ciências como construções humanas, entendendo como elas se desenvolvem por acumulação, continuidade ou ruptura de paradigmas, relacionando o desenvolvimento científico com a transformação da sociedade.

3.3.5 – Momentos da aula

- Conversa mediada sobre a atividade-avaliativa 1.
- Conversa mediada sobre a situação-problema 3, retomada de alguns quadros da História em Quadrinhos; (APÊNDICE – G)
- Apresentar em SLIDES E ARTIGOS os principais conceitos da Mecânica Quântica e os motivos de muitos usarem alguns conceitos em seus discursos e comerciais; (APÊNDICE – H)

3.3.6 – Atividade avaliativa

Solicitar que o aluno elabore um parágrafo ou monte um mapa de conceitos sobre os temas abordados na sequência didática.

3.3.7 – Recursos utilizados

- Plataforma – Google sala de aula
- Plataforma – Google Meet
- Plataforma – Youtube
- Computadores e smartphones
- História em quadrinhos
- Artigo de Jornal digital e sites em geral.

Referências Bibliográficas

CARUSO, Francesco; DE FREITAS, Nilton. Física Moderna no Ensino Médio: o espaço-tempo de Einstein em tirinhas. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 26, n. 2, p. 355-366, 2009.

CRUZ, Frederico Firmo de Souza. Mecânica Quântica e a cultura em dois momentos. Teoria Quântica: estudos históricos e implicações culturais, p. 303.

GRIM, Patrick (Ed.). Philosophy of Science and the Occult. Suny Press, 1982.

HEISENBERG, W. Physics and Philosophy, Modern Classics Edition. 2007.

MACHADO, Sandro da S. Livramento; DE SOUZA CRUZ, Frederico de Firmo. A Teoria Quântica e a Apropriação do Conhecimento Científico: O uso da História e Filosofia da Ciência pelos Misticismos.

LIMA, Nathan Willig, MORAES, Andreia Guerra de & MONTEIRO, Abigail Vital de Goes. “Cântico dos cânticos, quântico dos quânticos”: as relações dialógicas entre artes, ciências contemporâneas e saúde no álbum Quanta, de Gilberto Gil. História, Ciências, Saúde-Manguinhos [online]. 2021, v. 28, n. 1 [Acessado 16 Agosto 2021] , pp. 187-209. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0104-59702021000100010>>. Epub 28 Mar 2021. ISSN 1678-4758. <https://doi.org/10.1590/S0104-59702021000100010>.

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, v. 5, n. 1, p. 23-48, 2000.

PAULO, Iramaia Jorge Cabral de; MOREIRA, Marco Antônio. O problema da linguagem e o ensino da mecânica quântica no nível médio. Ciência & Educação (Bauru), v. 17, n. 2, p. 421-434, 2011.

PESSOA JR, Osvaldo. O fenômeno cultural do misticismo quântico. Teoria Quântica: estudos históricos e implicações culturais, p. 281, 2010.

SAGAN, Carl. O Mundo Assombrado Pelos Demônios: A Ciência Vista Como Uma Vela no Escuro. São Paulo: Cia das Letras, 2004.

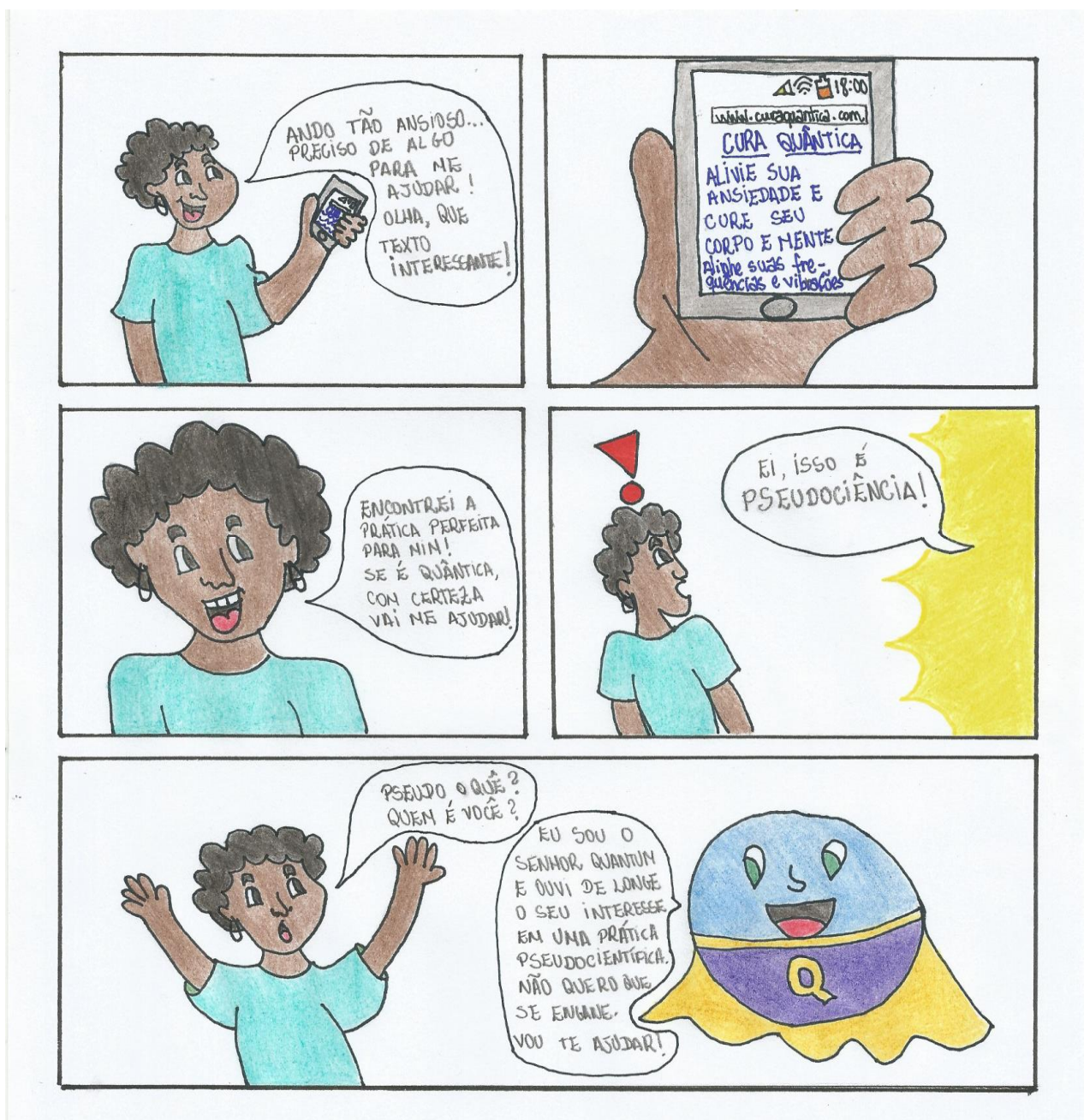
SHERMER, Michael. Por que as pessoas acreditam em coisas estranhas: pseudociência, superstição e outras confusões dos nossos tempos. São Paulo: JSN Editora, 2011.

PILATI, Ronaldo. Ciência e pseudociência: por que acreditamos naquilo em que queremos acreditar. Editora Contexto, 2018.

POPPER, Karl R. A lógica da pesquisa científica. Editora Cultrix, 2004.

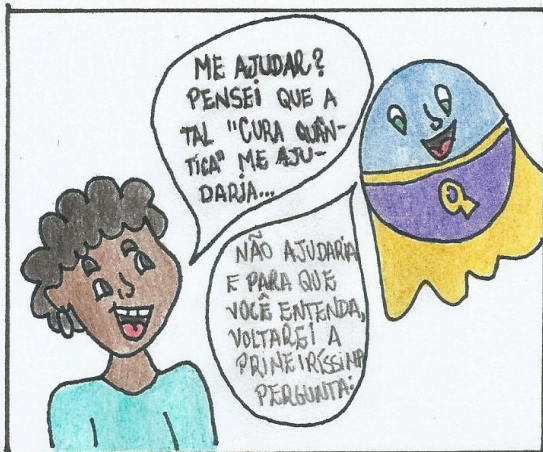
Anexo – 1 (História em Quadrinhos)

Figura 11- Senhor Quantum versus Pseudociência.



Autora: Mariana Mota Gomes²⁴

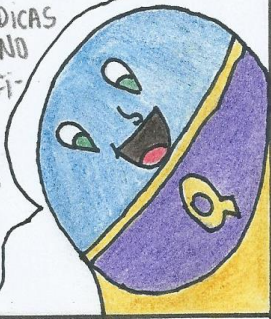
²⁴ Mariana Mota Gomes é estudante de Engenharia de Energia da Universidade de Brasília -UnB e desenvolveu a História em Quadrinhos a partir de um projeto do PIBIC.



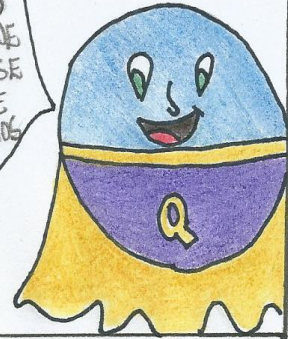


PERCEBE QUE DA MESMA MANEIRA QUE NOS DEPARAMOS COM PSEUDO-CIÊNCIAS E INFORMAÇÕES FALSAS, PODEMOS E DEVEMOS ENCONTRAR NOTÍCIAS VERÍDICAS E TER ACESSO PLENO À PRODUÇÃO CIENTÍFICA ?!

FOI ASSIM QUE VOCÊ TEVE ACESSO A UM CONCEITO TÃO IMPORTANTE!



ASSIM SENDO, ESSA É O 4º PONTO:
4) SEMPRE PRIORIZE FONTES CONFIÁVEIS! NÃO ACREDITE, EM TUDO QUE LER POR AI. ADENTRE-SE NAS REFERÊNCIAS E ENCONTRE ARGUMENTOS COERENTES.



AFINAL, UMA DAS COISAS MAIS CATIVANTES SOBRE O CONHECIMENTO É A SUA BUSCA. ELA PERCORRE CAMINHOS LONGOS E NOTÁVEIS.

ISSO IMPLICA EM PROCURAR MAIS FONTES DO QUE UM TEXTO NA INTERNET...



MAS... E SE AS FONTES QUE EU ENCONTRAR NÃO CORROBORAREM COM AS MINHAS OPINIÕES E CRENÇAS?



ESTAMOS FALANDO SOBRE CIÊNCIA. ELA NÃO DEVE CORROBORAR COM PESSOALIDADES. A CIÊNCIA É IMPARCIAL E DIZ RESPEITO A FENÔMENOS QUE NOS CIRCUNDA E ADEIA.



DIANTE DISSO, OBSERVAMOS MAIS PONTO ESSENCIAL:
5) PREZE POR EXPLICAÇÕES, REFLEXÕES E COMPARAÇÕES IMPARCIAIS!

E TAL PONTO ESTÁ DIRETAMENTE RELACIONADO COM A MELHOR COMPREENSÃO DE CONCEITOS CIENTÍFICOS, CERTO?





Apêndice A

Imagens introdutória da situação-problema 1: Como diferenciar pesquisas sérias de informações mentirosas?



Idosa diz que está 'atraindo' moedas após vacina



Apêndice B

Perguntas usadas no questionário/ enquete:

1- Quais imagem você acha que revela um conhecimento científico comprovado?

2- Para saber se a informação recebida revela um conhecimento científico você recorre a que fontes?

- a) Vídeos do Youtube
- b) Professores;
- c) Grupos de redes sociais;
- d) Jornais que analisam fatos e fakes;
- e) Outros.

Obs.: Analisar os dados obtidos e verificar se eles revelam os conhecimentos prévios dos estudantes sobre o conteúdo.

Apêndice C

Após a leitura mediar uma conversa em torno dos cinco (05) alertas apontados nos quadrinhos para identificar textos pseudocientíficos;



Apêndice D

Afinal, terapia quântica é ciência ou pseudociência?



Apêndice E

Apresentação dos slides Ciências versus Pseudociências

<https://docs.google.com/presentation/d/1XSaqFm31HxxJ0ylkx4r0YchPoYnk6hpX1E/W79E4MJHI/edit?usp=sharing>

Ciência versus Pseudociência
Professora: Michell Bastos

Ciência
Explicar a natureza de uma forma fundamental

Método Científico

- Observação Científica
- Hipóteses Científicas
- Provações Científicas
- Argumentos Científicos
- Revisão Científica

PSEUDOCIÊNCIA
Explicar a natureza e a condicionalidade de uma forma fundamental

- Indústria do Falsificabilidade
- Busca por poderes mágicos
- Cura por doenças
- Swindler nos métodos ocionais
- Explicações simples, vagas e subjetivas, semens na unidade e reformulação científica
- Explicações diferentes impossíveis de serem falsificadas experimentalmente
- Teorias Conspiratórias

Principais PSEUDOCIÊNCIAS pesquisadas na internet

- Espiritismo: cura do corpo. Espiritismo: cura do corpo, morte e fantasmas
- Astrologia
- OVNIS e extraterrestres, inteligência alienígenas
- Psíquicos: poderes paranormais tais como telepatia, psíquicos e percepção extra-sensorial
- Crise e milagre

Para REFLETIR

A ciência existe! Ela não é somente uma construção cultural, somente um discurso, muito menos um mito. As confirmações experimentais das teorias científicas mais bem estabelecidas, tomadas em conjunto, testemunham o fato de que realmente adquirimos um conhecimento objetivo (mesmo que aproximado e incompleto) do mundo natural.

Alan Sokal e Jean Bricmont

Apêndice F

- Link disponível para o vídeo:

<https://www.youtube.com/watch?v=z9toDc5uC7E>



- Link disponível para a letra da música:

https://docs.google.com/document/d/17Gy06D92BzQKHpvCa0Oa2gdduRCRF_SqmegJquRr8Eo/edit?usp=sharing

Quanta Compositor: Gilberto Gil	
Quanta do latim, plural de quantum	Vento de calor, de pensamento em chamas, inspiração
Quando quase não há	Arte de criar o saber
Quantidade que se medir	Arte, descoberta, invenção
Qualidade que se expressar	Teoria em grego quer dizer o ser em contemplação
Fragmento infinitésimo, quase que apenas mental	Cântico dos cânticos
Quantum granulado no mel, quantum ondulado do sal	Quântico dos quânticos
Mel de urânio, sal de rádio, qualquer coisa quase ideal	Cântico dos cânticos
Cântico dos cânticos	Quântico dos quânticos
Quântico dos quânticos	Sei que a arte é irmã da ciência
Cântico dos cânticos	Ambas filhas de um Deus fugaz
Quântico dos quânticos	Que faz num momento e no mesmo momento desfaz
Canto de louvor de amor ao vento	Esse vago Deus por trás do mundo, por detrás do detrás
Vento, arte do ar	Cântico dos cânticos, cântico dos cânticos
Balançando o corpo da flor	Quântico dos quânticos, quântico dos quânticos
Levando o veleiro pro mar	Cântico dos cânticos, cântico dos cânticos
	Quântico dos quânticos, quântico dos quânticos

Análise da letra: https://docs.google.com/presentation/d/19vtTfSPOoet-QMBxG6nevqmlHxA_yfCUEIH6WnhGREo/edit?usp=sharing

Apêndice G

- Por que o termo QUÂNTICO gera tantas especulações?
- Afinal, o que é a Física Quântica?



Apêndice H

Link da apresentação: https://docs.google.com/presentation/d/19vtTfSPOoet-MBxG6nevqmlHxA_yfCUEIH6WnhGREo/edit?usp=sharing

Apêndice B – RELATÓRIO DE DEFESA

APÊNDICE

RELATÓRIO DE DEFESA DE PÓS-GRADUAÇÃO**GRADUATE PROGRAM DEFENSE REPORT**

1. INFORMAÇÕES DO CURSO/ PROGRAM DATA	
MESTRADO/ MASTER'S (<input checked="" type="checkbox"/>)	DOUTORADO/ DOCTORAL (<input type="checkbox"/>)
Cotutela/ Cotutelle: (<input checked="" type="checkbox"/>) Não/ No (<input type="checkbox"/>) Sim, instituição estrangeira/ Yes, partner institution:	

2. IDENTIFICAÇÃO DO(A) ALUNO(A)/ STUDENT INFORMATION		
Nome/ Name: Michel Bastos Lourenço		Matrícula/ Registration Number: 18/0070037
Curso/ Program: Pós-Graduação em Ensino de Física		
Área de Concentração/ Field of Study:	Código/ Code: 591	Departamento/ Department: IFD

3. SESSÃO DE DEFESA/ DEFENSE SESSION	
(<input checked="" type="checkbox"/>) Dissertação/ Master's Dissertation (<input type="checkbox"/>) Tese/ Doctoral Thesis	
Título/ Title: "CONCEITOS DA FÍSICA QUÂNTICA VERSUS A PSEUDOCIÊNCIA – UMA PROPOSTA DE ENSINO POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVO"	

4. PRESIDENTE DA COMISSÃO EXAMINADORA/ CHAIR OF THE EXAMINING BOARD	
Nome/ Name: Ronni Geraldo Gomes de Amorim Titulação/ Education Level: Doutor - Presidente Unidade Acadêmica/ Academic Unity: IFD	

5. COMISSÃO EXAMINADORA/ EXAMINING BOARD		
Nome(Titulação)/ Name (Educational Level)	Função/Instituição - Role/Institution	Membro por videoconferência (sim/não)

		Video-conference member (yes/no)
Wytler Cordeiro dos Santos	Membro Interno vinculado ao programa UnB - Faculdade do Gama	SIM
Rendisley Aristóteles dos Santos Paiva	Membro Externo não vinculado ao programa - Secretaria de Educação do Distrito Federal	SIM
Adriana Pereira Ibaldo	Membro Interno vinculado ao programa (Suplente) - Instituto de Física	SIM

6. RESULTADO/ RESULT

A Comissão Examinadora, em 02/09/2021 após exame da Defesa e arguição do(a) candidato(a), decidiu /
The Examining Board, on 02/09/2021, after examining the Defense and inquiry of the candidate has decided to:

) Pela aprovação do trabalho/ approve the work.

) Pela aprovação do trabalho, com revisão de forma, indicando o prazo de até 30 dias para apresentação definitiva do trabalho revisado/ approve the work, pending formal review, assigning up to 30 days for the final delivery of the reviewed work.

) Pela reformulação do trabalho, indicando o prazo de **XX** dias para nova versão/ request the reformulation of the work, assigning **XX** days for the new version.

) Pela reprovação do trabalho/ not approve the work.

Este relatório não é conclusivo e não tem efeitos legais sem a homologação do Decanato de Pós-Graduação da Universidade de Brasília/ This reporte is not conclusive and has no legal effects prior to validation by the Dean of Graduate Programs of the University of Brasilia.

Em caso de revisão de forma, a homologação ficará condicionada à entrega definitiva do trabalho revisado à Coordenação do Programa, devendo este Relatório de Defesa ser acompanhado pelo Despacho do(a) coordenador(a) do programa ou do(a) orientador(a) do(a) discente que informará um dos seguintes resultados/ In case of formal review, the validation will be conditioned to the final delivery of the reviewed work to the Coordination of the Program or the student advisor. In such cases, this Defense Report must be supplemented with a notice by the coordinator with one of the following indications:

1. O (A) discente apresentou a revisão de forma e o trabalho foi aprovado/ The student presented the formal review and the work has been approved.
2. O (A) discente apresentou a revisão de forma e o trabalho foi reprovado/ The student presented the formal review and the work has not been approved.
3. O (A) discente não apresentou a revisão de forma/ The student did not present the formal review.

Declaro aceitação dos termos e condições que regem o acesso como usuário externo na Universidade de Brasília, conforme normas estabelecidas pela Universidade e demais normas aplicáveis, admitindo como válida a assinatura eletrônica por usuário e senha. É minha responsabilidade exclusiva o sigilo da senha de acesso ao sistema e o teor dos documentos e informações prestadas por mim. Comprometo-me a apresentar documentos originais inseridos por mim no sistema, que venham a ser solicitados pela Universidade de Brasília. Declaro estar ciente de que em caso de petições eletrônicas,

esses, somente poderão ser realizados entre 3 horas e 23 horas e 59 minutos e 59 segundos, horário de Brasília. Estou ciente de que o acompanhamento de solicitações poderá ser realizado no ambiente de usuário externo do SEI-UnB.

I hereby declare that I accept the terms and conditions established for access as an external user of the University of Brasília, according to the rules set forth by the University and all other applicable rules. I also accept as valid the electronic signature by user and password. It is my sole responsibility the secrecy of the password for accessing the system and the content of the documents and information provided by me. I commit to present the original documents inserted into the system by me should they be requested by the University of Brasília. I declare to be aware electronic demands can only be send between 3:00 and 23:59, Brasilia official time. I am aware I can track the status of requests via the External User environment of SEI-UnB.

Informações/ Attention:

Documento deverá ser assinado por/ This document must be signed by:

- Presidente da Comissão Examinadora/ The Chair of the Examining Board
- Membros participantes da Comissão Examinadora/ Members of the Examining Board
- Coordenador(a) do Curso/ Coordinator of the Program
- Discente/ Student



Documento assinado eletronicamente por Ronni Geraldo Gomes de Amorim, Professor(a) do Magistério Superior no Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, em 02/09/2021, às 11:44, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento na Instrução da Reitoria 0003/2016 da Universidade de Brasília.



Documento assinado eletronicamente por Wytler Cordeiro dos Santos, Professor(a) do Magistério Superior no Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, em 02/09/2021, às 12:46, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento na Instrução da Reitoria 0003/2016 da Universidade de Brasília.



Documento assinado eletronicamente por rendisley Aristóteles dos santos Paiva, Usuário Externo, em 03/09/2021, às 15:37, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento na Instrução da Reitoria 0003/2016 da Universidade de Brasília.



Documento assinado eletronicamente por Marcello Ferreira, Professor(a) de Magistério Superior do Instituto de Física, em 03/09/2021, às 15:40, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento na Instrução da Reitoria 0003/2016 da Universidade de Brasília.



Documento assinado eletronicamente por Michel Bastos Lourenço, Usuário Externo, em 03/09/2021, às 15:42, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento na Instrução da Reitoria 0003/2016 da Universidade de Brasília.



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site http://sei.unb.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador 6950608 e o código CRC 8699D13F.