

## **Interação do Docente de Física com seus Alunos na Utilização das TIC's no Ensino de Física de Partículas Elementares Através de Jogos Digitais**

**Interaction of Physics Teachers with their Students in the Use of ICTs in Teaching Elementary Particle Physics Through Digital Games**

**Interacción de los Profesores de Física con sus Estudiantes en el Uso de las TIC en la Enseñanza de la Física Elemental de Partículas a Través de Juegos Digitales**

Recebido: 27/07/2022 | Revisado: 09/08/2022 | Aceito: 11/08/2022 | Publicado: 19/08/2022

**José Francisco da Silva Júnior**  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2636-4262>  
Universidade Federal de Goiás, Brasil  
[juniormatematica@hotmail.com](mailto:juniormatematica@hotmail.com)

### **Resumo**

O ensino da Física de Partículas Elementares (FPE), com a escassez de materiais didáticos da Física Moderna e Contemporânea no ensino médio, percebemos a necessidade de elaborar uma sequência didática com o suporte das Tecnologias da Informação e Comunicação (TICs), na aprendizagem baseada em jogos digitais. O ensino de física já era muito complicado para alguns estudantes, com deficitária compreensão do tema e a presença dela constante no cotidiano escolar. Atualmente os estudantes desta geração, conhecidos por nativos digitais, vivem em uma realidade altamente tecnológica, com acesso de diversas formas com relação aos jogos digitais. No entanto, os professores devem estar inseridos neste contexto, pois, esta população joga em diversos estilos, tais como: RPG (*Role-Playing Game*), aventura, esporte, estratégia. Portanto os professores devem ter conhecimento não somente da matéria ensinada, mas, também, da forma como estes jogos funcionam, desta forma, passando ao estudante o conhecimento da FPE, através de uma linguagem próxima do estudante, facilitando o engajamento para sua aprendizagem, motivando-os ao conhecimento e ao divertimento. Estudo bibliográfico revisional, bem como, estudo exploratório de pesquisas e atividades já realizadas em algumas instituições de ensino público no Brasil. Concluiu-se que as TICs estão presentes cotidiano escolar, havendo necessidade que os docentes estejam cada vez atualizados, à frente de seus alunos, com vistas a oferecer ensino-aprendizagem de forma fácil, compreensiva, alegre, fazendo com que os estudantes possam ter maior interesse na matéria estudada, através de jogos digitais, com vistas a demonstrar esta metodologia como um grande potencial, diferenciando os métodos já utilizados.

**Palavras-chave:** Aprendizagem; Docente; Ensino Médio; Física de partículas; Jogos digitais.

### **Abstract**

The teaching of Elementary Particle Physics (EPF), with the scarcity of didactic materials of Modern and Contemporary Physics in high school, we realized the need to develop a didactic sequence with the support of Information and Communication Technologies (ICTs), in learning based on in digital games. The teaching of physics was already very complicated for some students, with a poor understanding of the subject and its constant presence in the school routine. Currently, students of this generation, known as digital natives, live in a highly technological reality, with access to digital games in different ways. However, teachers must be inserted in this context, because this population plays in different styles, such as: RPG (Role-Playing Game), adventure, sport, strategy. Therefore, teachers must have knowledge not only of the subject taught, but also of the way in which these games work, in this way, passing on to the student the knowledge of FPE, through a language close to the student, facilitating the engagement for their learning, motivating them to knowledge and fun. Revision bibliographic study, as well as an exploratory study of research and activities already carried out in some public education institutions in Brazil. It was concluded that ICTs are present in the school routine, with the need for teachers to be increasingly updated, ahead of their students, with a view to offering teaching and learning in an easy, comprehensive, joyful way, making students have greater interest in the subject studied, through digital games, in order to demonstrate this methodology as a great potential, differentiating the methods already used.

**Keywords:** Learning; Teacher; High School; Particle physics; Digital games.

## Resumen

La enseñanza de la Física Elemental de Partículas (EPF), ante la escasez de materiales didácticos de la Física Moderna y Contemporánea en el bachillerato, nos percatamos de la necesidad de desarrollar una secuencia didáctica con el apoyo de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TICs), en el aprendizaje basado en juegos digitales. La enseñanza de la física ya era muy complicada para algunos alumnos, con una escasa comprensión de la materia y su constante presencia en la rutina escolar. Actualmente, los estudiantes de esta generación, conocidos como nativos digitales, viven en una realidad altamente tecnológica, con acceso a los juegos digitales de diferentes formas. Sin embargo, los docentes deben insertarse en este contexto, pues esta población juega en diferentes estilos, tales como: RPG (Role-Playing Game), aventura, deporte, estrategia. Por lo tanto, los docentes deben tener conocimiento no solo de la materia impartida, sino también de la forma en que funcionan estos juegos, de esta forma, traspasar al alumno los conocimientos de FPE, a través de un lenguaje cercano al alumno, facilitando el compromiso por su aprendizaje, motivándolos al conocimiento y la diversión. Estudio bibliográfico de revisión, así como un estudio exploratorio de investigaciones y actividades ya realizadas en algunas instituciones de educación pública en Brasil. Se concluyó que las TIC están presentes en el cotidiano escolar, con la necesidad de que los docentes se actualicen cada vez más, adelantándose a sus alumnos, con miras a ofrecer la enseñanza y el aprendizaje de forma fácil, integral, alegre, haciendo que los alumnos tengan mayor interés por el tema estudiado, a través de juegos digitales, con el fin de demostrar esta metodología como un gran potencial, diferenciando los métodos ya utilizados.

**Palabras clave:** Aprendizaje; Profesor; Escuela Secundaria; Partículas físicas; Juegos digitales.

## 1. Introdução

O presente estudo de metodologia teórica tem por objetivo intensificar os saberes relacionados à utilização das Tecnologias da Informação e Comunicação (TICs) no ensino da Física de Partículas Elementares (FPE), com a escassez de materiais didáticos da Física Moderna e Contemporânea para o ensino médio, visando verificar sua necessidade no processo de ensino aprendizagem. Atualmente, muito se comenta entre os profissionais da educação “sobre a utilização da TIC”, em diversos âmbitos sociais acerca da atualidade dessas tecnologias, tornando inevitável uma abordagem mais ampla acerca de seu significado na escola.

Evidencia-se, assim, que a educação atual não pode mais manter o professor como mero expositor de conteúdo. Seu papel precisa passar para ser o orientador da aprendizagem, como condição para melhorar o ensino aprendizagem. Aí entram com conhecimento e autoridade as novas tecnologias.

A tecnologia da aprendizagem na escola tem sua razão de ser, principalmente pelo fato de que temos tantos alunos diferenciados no ensino-aprendizagem, uns com maior habilidade no entendimento das matérias, enquanto outros precisam de maior atenção e orientação, conseqüentemente, deve existir sempre um meio termo que todos possam estar sempre conectados num mesmo patamar de interação, para que possam conjuntamente acompanharem a explicação do professor.

Recentemente, as tecnologias de Informação e Comunicação (TIC) fazem parte do cotidiano de jovens e adultos. Assim, vislumbra-se que a educação atual precisa fazer jus a essa realidade, integrando esses dispositivos digitais no contexto do ensino aprendizagem. Ao empregar as TICs na escola abre-se um novo caminho para enxergar o aluno no contexto de uma aprendizagem inovadora. Isto portanto, não é no sentido de que a referida tecnologia seja uma novidade para o jovem moderno. Inovadora, porém, no sentido de sua utilização na composição escolar que levará em consideração o aluno do Século XXI, que agregue o ensino dito no quadro com tecnologias digitais.

Tendo em vista que a escola foi estruturada no contexto da era industrial, em que a formação exigida implicava em que todos aprendessem ao mesmo tempo, visto que o trabalho na indústria era em blocos e análogo para cada trabalhador. Atualmente, porém, ela está sendo quase que intimada a dar uma resposta aos novos desafios de aprendizagem para um mundo contemporâneo e totalmente diferente do vivenciado pelas gerações anteriores. O processo de ensino e aprendizagem não mais comporta um modelo que se abstraia do uso das TICs, pelo simples fato de que a sociedade se reinventou para se adaptar aos novos desafios do mundo contemporâneo. O jovem que adentra aos muros escolares resente desse mundo reestruturado que ele deixa lá de fora ao se introduzir na escola. Verifica uma disparidade gigantesca numa sala de aula que ainda emprega o giz como principal mediador da interação entre o professor e o aluno.

Um dos grandes obstáculos da inserção da Física Moderna e Contemporânea (FMC) no Ensino Médio, mas especificamente de temas relacionados à Física de Partículas Elementares (FPE), é a escassez de materiais para o professor (SIQUEIRA; PIETROCOLA, 2005). Além disso, percebemos que a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) apresenta em algumas de suas competências, a análise de processos tecnológicos e avaliação de aplicações do conhecimento tecnológico BNCC (2017), entretanto, o entendimento da maioria destes processos tecnológicos somente é realizado por meio de conhecimentos relativos à FMC. À vista disto, percebemos a necessidade de elaborar um produto educacional relacionado à FMC com o foco na FPE e suas aplicações.

Vivemos em um mundo onde é notório a magnitude de alcance das tecnologias digitais. Os jovens de hoje, conhecidos como “nativos digitais”, possuem um comportamento completamente diferente dos jovens que nasceram na metade do século passado, conhecidos como “imigrantes digitais”. Educar uma nova geração por meio de métodos antigos utilizando ferramentas que se tornaram arcaicas, são ineficientes. Acrescentar diversão ao processo não apenas fará com que a aprendizagem, se tornem muito mais agradável e envolvente, mas também o tornará muito mais eficaz (PRENSKY, 2012).

Para que a pesquisa seja realizada, torna-se necessário a elaboração de um tema de questão de pesquisa e sua delimitação. Tema é o assunto que se deseja estudar e pesquisar, deve ser preciso, bem determinado e específico (MARCONI; LAKATOS, 2003).

Seguindo essa essência, este trabalho possui a seguinte tema de questão de pesquisa: Quais as contribuições das TIC's no ensino de Física de Partículas Elementares atreladas a Jogos Digitais contribuem para a interação entre docentes e discentes?

A pesquisa terá como cerne a aprendizagem de tópicos de FMC, mais especificamente, de temas relacionados à FPE. O público-alvo são alunos do Ensino Médio, trataremos o tema física de partículas elementares de forma fenomenológica e conceitual, ou seja, uma abordagem qualitativa. Vale ressaltar também que além desta abordagem, a linguagem adotada é acessível ao público em geral.

Sendo assim, a hipótese levantada consiste pela união entre o entretenimento que se consegue por meio dos jogos digitais e do conteúdo proposto, sendo possível melhorar a aprendizagem até mesmo de conteúdos mais difíceis, áridos ou técnicos.

Diante destas premissas, o objetivo principal consiste em utilizar os jogos digitais no intuito de facilitar o engajamento para o aprendizado de temas relacionados à Física das Partículas Elementares.

## 2. Metodologia

A pesquisa foi desenvolvida em moldes qualitativos, tal escolha foi feita devido ao caráter exploratório do método, se apresentando como uma ferramenta fundamental para análise do resultado obtido pelas atividades desenvolvidas por docentes na utilização de TIC's sobre o ensino de Física de Partículas Elementares através de Jogos Digitais, permitindo o desenvolvimento de ideias a partir dos dados obtidos. Outro fato que corrobora com a escolha do método é o não delineamento de um plano rígido que busque a quantificação dos resultados como um produto final, como sugere uma pesquisa quantitativa.

O principal produto é o jogo digital: “Em Busca do Bóson de Higgs”. No entanto, o objetivo é potencializar a aprendizagem baseando-se em jogos digitais, Prensky relata a importância de utilizar, além do *game*, outros métodos. Seguindo esta ideia, decidiu-se elaborar uma sequência didática, inspirada em uma UEPS, organizada e estruturada para captar evidências de aprendizagem significativa.

A sequência didática deu-se da seguinte forma

**Quadro 1.** Informações sobre a aplicação do produto educacional.

Modalidade de ensino	Médio
Modalidade da escola	Pública
Cidade	Goiânia
Turno	Noturno
Total de turmas da aplicação	02
Quantidade média de alunos por turma	12
Duração	2 meses

Fonte: Autores (2022).

Nossa proposta de sequência didática tem uma organização muito próxima a uma UEPS (Unidade de Ensino Potencialmente Significativa), ou seja, utilizamos a UEPS proposta por Moreira como sendo uma ferramenta norteadora, no intuito de promover e observar evidências de uma aprendizagem significativa. Nesta direção, percebemos a necessidade de elaborar uma sequência didática com uma quantidade de aulas que consideramos suficientes. Avaliamos ser conveniente que as mesmas estivessem diluídas em dois meses e desta forma decidimos por uma sequência com total de 10 aulas. A proposta é que a aplicação fosse fluida, permitindo a paulatina apresentação e discussão dos conteúdos.

Em síntese, nossa sequência didática de aplicação do produto educacional foi baseada em uma UEPS por causa do seu modelo de organização e alguns dos seus princípios. Entretanto, nosso trabalho não é rigorosamente uma UEPS, pois nosso foco principal não é exatamente obter evidências de aprendizagem significativa ao longo do processo, mas sim utilizar vários métodos de ensino a fim de potencializar a aprendizagem baseada em jogos digitais.

**Quadro 2.** Informações sobre a sequência didática.

	Atividade	Objetivo
Aula 1	Situação problema e pesquisa inicial	Realizar perguntas (a nível introdutório) sobre o modelo padrão e identificar a opinião dos estudantes sobre os jogos digitais por meio de um questionário.
Aula 2	Aplicação do pré-teste	Aplicar um questionário sobre física de partículas elementares com o intuito de coletar informações sobre os conhecimentos prévios.
Aula 3	1ª aplicação do jogo	Aplicar o jogo digital como forma de motivação e despertar interesse nos alunos para o tema abordado.
Aula 4 e 5	Exposição e diálogos sobre o vídeo	Expor o vídeo “O Discreto Charme das Partículas Elementares” e realizar diálogos abordando os pontos mais relevantes. Utilizar a resenha crítica como ferramenta de avaliação para captar as opiniões acerca do vídeo.
Aula 6 e 7	Aulas expositivas e dialogadas	Consolidar alguns temas de FPE com auxílio de ferramentas audiovisuais.
Aula 8	2ª aplicação do jogo	Revisitar as informações contidas na primeira aplicação do jogo.
Aula 9	Aplicação do pós-teste	Coletar indícios de aprendizagem.
Aula 10	Pesquisa final de opinião	Identificar a opinião dos alunos sobre a sequência didática e a utilização de jogos digitais.

Fonte: Autores (2022).

Com o intuito de servir como fator motivacional, utilizamos alguns elementos da gamificação. Uma destas ideias está relacionada com o processo de pontuação e premiação. Para tanto, definimos que os critérios de pontuação estariam relacionados com a frequência de participação dos alunos nas aulas e na pontuação relativa no jogo.

A premiação foi constituída por livros de física com o formato de mangás. Fizemos esta escolha devido principalmente por este estilo ser mais próxima da realidade do nosso público-alvo.

Enfim, percebemos a importância de utilizar o envolvimento que a gamificação traz para despertar interesse, engajamento e motivação na participação dos alunos.

As aulas desta sequência didática ocorreram principalmente no laboratório de informática (Lab. Inf.) e na sala de vídeo da escola. Desta forma, saímos de um ambiente mais formal e tradicional e fomos para ambientes alternativos no qual pudéssemos usufruir de ferramentas que auxiliassem nossa proposta didática.

Os alunos ficaram muito mais interessados e motivados com esta mudança de ambiente, pois em uma sala de aula tradicional disposta em fileiras, a postura deles eram muito mais desmotivadas e desinteressadas.

Tanto a sala de vídeo quanto o laboratório de informática eram raramente utilizadas na escola. Uma das explicações possíveis para o qual os professores não utilizam o laboratório de informática é a insegurança, pois muitos professores sabem que os alunos, que são nativos digitais, dominam as máquinas mais que eles (Odorico et al., 2022).

Ao longo da sequência didática, foram realizados vários questionários e todos eles foram efetivados com auxílio de uma ferramenta do *Google Docs* denominada *Google Forms*. Segundo Heidemann et al. (2021):

O *Google Forms* pode facilitar muito tal tarefa substituindo as provas em papel por um formulário online que permite a coleta organizada das respostas, poupando tempo do professor e dando-lhe melhores condições para fazer análises comparativas. As respostas coletadas podem ser apresentadas em tabela ou em gráficos.

Heidemann et al. (2021) também comenta as vantagens de utilizar o *Google Docs*:

a) Portabilidade (possibilita o acesso de qualquer local ou horário); b) economia de espaço no disco rígido (não ocupa espaço no computador do usuário); c) custo (é gratuito, ou seja, *freeware*); d) Facilidade de uso (não requer conhecimentos de programação); e) Apresenta interface amigável (semelhante aos aplicativos usuais).

Percebemos que o *Google Forms* é uma boa alternativa para a coleta e análise de dados.

Todos os questionários tiveram um caráter de anonimato. Aplicamos esta ideia para evitar qualquer tipo de pensamento por parte dos alunos de que eles estivessem sendo avaliados. Pois, se ocorresse qualquer tipo de identificação, a chance de o aluno tentar burlar o sistema para conseguir responder as perguntas da melhor forma possível seria maior, e desta forma, as respostas perderiam sua fidedignidade.

Destacamos a importância do trabalho realizado por Pinheiro e Costa (2021) que serviu como base na construção do pré-teste

### 3. Referencial Teórico

#### 3.1 Tecnologias de Informação e Comunicação

O termo TIC (Tecnologias de Informação e Comunicação), segundo a Comissão ao Conselho e ao Parlamento Europeu (C.O.M.) é definida da seguinte forma:

(...) se emprega atualmente para fazer referência a uma ampla diversidade de serviços, aplicações, e tecnologias, que empregam diversos tipos de equipamentos e de programas informáticos, e que às vezes são transmitidas por meio das redes de telecomunicações (C.O.M., 2001, p. 770).

Diariamente fazemos uso das TIC, já que estas estão em toda parte, como, por exemplo: para sacar dinheiro nos caixas eletrônicos de bancos, para comprar ingresso de cinema via internet, para pagar o estacionamento do carro, para entrarmos no condomínio através da biometria (identificação digital), para o acesso a internet nas diversas variações de navegação, entre outros.

Na sociedade da informação na qual vivemos, a integração do humano com o tecnológico ocorre rapidamente, fazendo com que nossa busca por conhecimento e diversão passe do livro para a televisão, da televisão para o vídeo e destes para o computador e para a internet (MORAN, 1999). Tudo ocorre muito rapidamente, já que a todo o momento novas tecnologias são criadas.

Conviver com essas mudanças repentinas pode ser, para as gerações mais antigas, como para a grande parte dos professores, uma grande dificuldade, já que não foram “devidamente preparados para lidar com as crianças que nasceram nessa era digital” (Vilela, 2007, p. 17). Com relação a esta afirmação, Prensky (2001; 2006) em *Demo* (2011, p. 54), argumenta que a criança é “nativa”, enquanto nós, adultos somos “imigrantes”.

Para se ter uma ideia, cada vez mais, as novas gerações passam mais tempo em frente aos computadores, televisões e videogames. Costa e Betti (2006), por exemplo, apontam que os adolescentes brasileiros despendem, em média, quatro horas por dia vendo televisão, enquanto Carelli (2003) demonstra que os *videogames*, nos EUA, estão ocupando o tempo que no passado era dedicado à música e ao cinema.

Devido à sua importância no desenvolvimento da sociedade, diversos pesquisadores têm estudado a utilização das Tecnologias de Informação e Comunicação na Educação (Cysneiro, 1999; Castro, 2010; Porto, 2006; Pereira, 2009) e, inclusive, na Educação Física (SEBRIAM, 2009).

A utilização das Tecnologias de Informação e Comunicação na Educação se justifica por elas hoje estarem por toda parte, já que integram o cotidiano das pessoas e estão diretamente relacionadas ao desenvolvimento da sociedade, facilitando a vida do ser humano.

Para Castro (2010, p. 35):

a partir da década de 80 deram-se grandes e inúmeras transformações econômicas e sociais, devido, sobretudo ao desenvolvimento das novas tecnologias da informação e comunicação. Este desenvolvimento tecnológico trouxe mudanças na sociedade, principalmente com a evolução da internet, tendo esta, modificado e alterado bastante os hábitos da população, e mais especificamente os hábitos dos nossos alunos.

Porto (2006, p. 49) complementa afirmando que:

[...] se a escola quiser acompanhar a velocidade das transformações que as novas gerações estão vivendo, tem que se voltar para a leitura das linguagens tecnológicas, aproveitando a participação do aprendiz na (re)construção crítica da imagem-mensagem, sem perder de vista o envolvimento emocional proporcionado, a sensibilidade, intuição e desejos dos alunos.

Talvez, o principal objetivo de se utilizar a linguagem das Tecnologias de Informação e Comunicação na Educação seja disponibilizar ao professor uma ferramenta de fácil utilização e que seja capaz de atrair os alunos.

Observando por este lado, não é difícil pensar que a utilização dessas novas tecnologias em sala de aula podem ser um grande atrativo para os alunos, uma vez que elas já fazem parte do seu cotidiano.

No entanto, o que se tem observado em alguns casos em diversas escolas brasileiras, é que, ao surgir uma mídia mais sofisticada, a tendência dos educadores é, ou de rejeitá-la por receio ao novo, ou de partir para o seu uso exclusivo, descartando as outras mídias menos sofisticadas. No entanto, cada qual tem o seu papel nas diferentes situações de aprendizagem. É tarefa do professor, enquanto mediador da aprendizagem, propor situações que levem os alunos a interagirem entre si e com o meio, utilizando as diferentes mídias e linguagens na produção de seu conhecimento.

Entende-se que um novo fazer educativo poderá ser realizado a partir da incorporação de novas tecnologias, de forma adequada, ao contexto de nossas ações educativas, a serem desenvolvidas e aplicadas em ambientes de aprendizagem. Uma educação comprometida com o desenvolvimento e a construção do conhecimento não pode se restringir a oferecer apenas um caminho, ancorado em exposições enciclopédicas, desvinculado de contextos significativos para o aluno. As ações educativas têm de ser redimensionadas, colocando o aluno como o centro da aprendizagem, levando em consideração seu eminente papel ativo no ato de aprender e seus saberes prévios, como sugere Ausubel. Pois a aprendizagem significativa é o conceito central da teoria da aprendizagem de David Ausubel. Segundo Moreira (1999, p. 38),

...a aprendizagem significativa é um processo por meio do qual uma nova informação relaciona-se, de maneira substantiva (não-literal) e não-arbitrária, a um aspecto relevante da estrutura de conhecimento do indivíduo. Em outras palavras, os novos conhecimentos que se adquirem se relacionam com o conhecimento prévio que o aluno possui.

A aprendizagem deve considerar aspectos cognitivos, afetivos e sociais, nas considerações sobre métodos, técnicas e estratégias didáticas. Nesse contexto, torna-se necessário fazer uso do potencial educativo das tecnologias da informação e da comunicação, pois sem o suporte tecnológico, ficam comprometidas as chances de aumentar a variedade e a diversidade de conhecimento necessárias à sala de aula contemporânea. Há de se retomar à ideia de que os processos educacionais e formativos estão, cada vez mais, sendo exercidos em outros espaços e não somente na escola, ainda que esta seja um espaço privilegiado de ensino-aprendizagem. Nesse sentido, a tecnologia como instrumental de informação e comunicação num papel estritamente pedagógico, e não somente informativo, assume uma função de produtora de saberes, de formas específicas de comunicar e de produzir sujeitos.

Como afirma o educador Ubiratan D'Ambrosio (1986, p. 38), “é no processo de unir a realidade à ação que se insere o indivíduo, claramente distinguido das demais espécies animais pelo fato de sua ação ser sempre o resultado de uma relação dialética teoria/ prática”. O uso adequado das tecnologias pode favorecer o ensino e a aprendizagem, além de preparar o aluno para sua inserção na sociedade atual, que utiliza diversas tecnologias. É importante ressaltar que as diferentes mídias sejam utilizadas como recursos para garantir o desenvolvimento de ações até então impossíveis dentro do campo pedagógico, mas para isso é fundamental que o professor, independentemente da sua área de atuação, possa conhecer as potencialidades e as limitações pedagógicas envolvidas nas diferentes tecnologias.

Se o professor conhecer as vantagens das diversas ferramentas tecnológicas e midiáticas, e tiver um certo domínio sobre elas, mudará em muito a sua atitude diante dos novos desafios. Sem esse preparo o professor geralmente se sente melindrado para se utilizar dos recursos tecnológicos, ainda mais sabendo que muitos alunos estão mais adiantados nessa área específica. Este fato exige uma nova atitude do professor, que precisa sair do pedestal de detentor do saber, para a humilde ação de aprender com o aluno e valorizar os seus conhecimentos prévios e o talento individual para o crescimento do grupo.

Para Moran (2011, p. 52) “As tecnologias permitem mostrar várias formas de captar e mostrar o mesmo objeto, representando-o sob ângulos e meios diferentes: pelos movimentos, cenários, sons, integrando o racional e o afetivo, o dedutivo e o indutivo, o espaço e o tempo, o concreto e o abstrato”.

Desta forma, um mesmo texto, por exemplo, produzido para um livro, pode ser adaptado para outras mídias e vice-versa de acordo com suas linguagens e especificidades.

Apenas as mídias integradas poderão oferecer uma variedade de opções para a compreensão de algum objeto e a Informática, como um todo, tem-se mostrado uma acessível forma de integração de mídias, disciplinas e pessoas.

É importante também discutir sobre a evolução das tecnologias e mídias e relacioná-las com a evolução das metodologias de ensino, em virtude da sua presença nas escolas, desde o giz ao projetor multimídia. Mostrar o processo de mudanças e integração das mídias, de acordo com o domínio dos processos de transformação das formas de energia e as tecnologias advindas dos avanços científicos que geralmente buscam suprir as necessidades da humanidade.

A incorporação das TICs na escola é um processo irreversível que já está presente em praticamente todos os setores e, na Educação, chega de forma lenta, sendo recursos que trazem possibilidades de inovação na maneira como alunos e professores ensinam, aprendem e interagem. Segundo Penteadó (1999, p. 297) “as tecnologias informáticas têm possibilitado que um número cada vez maior de pessoas tenha acesso a informações que antes eram essencialmente adquiridas na escola. Hoje existem cursos sobre diferentes assuntos disponíveis em vídeos, revistas, CDs, Internet”.

“É preciso criar situações para que esse aluno estabeleça relações. Para que estabeleça relações entre relações, para que faça construções renovadas e reinvente as noções que se pretende que ele aprenda. Só assim se alcança a compreensão de um conhecimento” (Nitzke et al., 2002, p. 69). Neste sentido o professor pode encarar e trabalhar os conteúdos de sua disciplina, como

um estudo de caso, cuja solução seja a interação com as outras disciplinas, buscando incorporar as mídias disponíveis na escola para ampliar os sentidos, auxiliando na observação, pesquisa, coletas, análises e tabulações de dados, visualizações gráficas, interação e construção colaborativa e coletiva, bem como a divulgação e aplicações dos resultados alcançados.

A “febre” da Internet, com suas facilidades e praticidades, tem feito surgir uma gama de sites, blogs, softwares, simuladores e objetos de aprendizagem. Muitas vezes, porém, sem uma discussão pedagógica e sem um propósito maior, que satisfaça as necessidades de professores e alunos, geralmente caímos nos “mesmismos” e clichês que pouco contribuem para o aprendizado.

É praticamente indispensável a utilização das novas tecnologias de informação e comunicação na educação. Digo novas considerando que lápis, caneta, folha de papel, giz, lousa, etc., também são tecnologias e têm suas utilidades e vantagens. Mas é insofismavelmente mais eficiente e prática a utilização de meios mais sofisticados, que foram criados para este fim, como a informática, por exemplo, capaz de produzir movimentos pré-programados, em softwares de apresentação e simuladores, tirando da linearidade com seus hipertextos e links, deixando as aulas mais dinâmicas e interessantes.

Considerando as mídias como extensões do nosso cérebro, as câmeras, celulares, a TV (monitor) como extensão da visão, microfone, da fala, e assim por diante, todas as mídias integradas e acessíveis, aplicadas à educação, permitirão o crescimento de uma mente coletiva capaz de unir as pessoas e diminuir a sua disparidade sociocultural.

### **3.2 Utilizando as TICs como Recurso Didático de apoio ao Docente**

Não é possível nos dias atuais prescindir dos recursos tecnológicos disponíveis na Escola. Estes sabidamente contribuem significativamente para o bom desempenho escolar dos alunos. Na medida em que o jovem atual imerso em que está no mundo digital, no emprego da Multimídia, do laboratório de informática, de softwares, devem constituir instrumentos acessíveis à sala de aula, para que professores e alunos possam trabalhar de maneira exemplificada aos diversos contextos da informação. Obviamente, que todo esse material investido neste processo contribui decisivamente para reduzir o maior gargalo da aprendizagem escolar, dado a relutância pela qual o aluno digital trava para aprender no modelo tradicional, visto que o professor já não se apresenta como a única fonte de todo o conhecimento. Os alunos já compreendem que não são agentes passivos em que o saber constitui um objeto pelo qual possa ser transferido de uma pessoa para outra. No entendimento de Paulo Freire (1988), o conhecimento só se dá a partir do diálogo:

[...], o diálogo é uma exigência existencial. E, se ele é o encontro em que se solidarizam o refletir e o agir de seus sujeitos endereçados ao mundo a ser transformado e humanizado, não pode reduzir-se a um ato de depositar ideias de um sujeito no outro, nem tampouco tornar-se simples troca de ideias a serem consumidas pelos permutantes (Freire, 1988, p.79).

É nesse contexto que defendemos uma escola dialogal nos moldes freireanos, na qual a escola abandona a comunicação em sala permeada pela transmissão vertical em que o professor insiste em permanecer como detentor absoluto do conhecimento. A resistência do aluno em acompanhar as aulas reside, de modo peremptório, na concepção de transferência vertical da aprendizagem.

Silva (1996) robustece, com suas ideias sobre comunicação, a noção de que não existe uma troca entre as pessoas sem uma comunicação direta e eficiente, E que engendra modificações no modo de falar, sentir dos envolvidos. Partindo desse ideário que vislumbra a necessidade de adequações didáticas do ensino aprendizagem à realidade dialogal do aluno. Esse comunica-se muito mais com as mídias digitais de comunicação e informação.

Os meios de comunicação informática, revistas online, televisão, vídeo têm atualmente grande poder pedagógico, exatamente por constituir parte do fazer social do jovem. A escola ao se apropriar desses recursos “fala o idioma” desse indivíduo. Lévy (2011) enfatiza de que, o uso da multimídia na educação reforça o envolvimento do aluno na busca do conhecimento. E que esse torna-se mais facilmente apreendido e retido. Em virtude das características dos meios de comunicação digital, que não é linear, a exploração do conhecimento via esse recurso vislumbra-se muito mais proficiente. “É, portanto, um instrumento bem adaptado a uma pedagogia ativa” (Lévy, 2011, p. 40). Vale ressaltar que o aluno é produto de uma sociedade na qual ao mesmo tempo capta e



absorve elementos de sua origem familiar, e esta conjuntura familiar encontra seu lugar no seio da sociedade, ou seja, está inserida em relações sociais.

Assim, resulta ser óbvio que o aluno, originário do seio familiar, possui um singular espaço nesse contexto, permeado por uma história que interpreta e dá sentido aos acontecimentos ao seu redor. Percebe-se, então, que esse jovem aprendiz adentra aos portões da escola como um sujeito social ativo, que constrói sua própria história no conjunto das relações sociais nas quais está inserido. Essas relações estão permeadas pela tecnologia de toda ordem de complexidade, por isso exige da escola uma relação mais pessoal com suas nuances.

Sendo, na verdade, a escola a instituição socialmente responsável pela produção e transmissão da informação, embora existam atualmente outros autores, implica maior encargo de sua parte no sentido de promover uma aprendizagem mais abrangente que leve em conta as diversas tecnologias de informação (TICs) nos seus métodos, conteúdos e propostas pedagógicas visando acompanhar a sociedade.

Polato (2019, p. 50) já defendia o uso das TICs nas escolas ao afirmar:

[...] TICs, tecnologias da informação e comunicação. Cada vez mais parece impossível imaginar a vida sem essas letrinhas. Entre os professores, a disseminação de computadores, internet, celulares, câmeras digitais, e-mails, mensagens instantâneas, banda larga e uma infinidade de engenhocas da modernidade provoca reações variadas. [...] [Porém] a relação entre a tecnologia e a escola ainda é bastante confusa e conflituosa.

Muitos professores alertam para o fato de que a maneira como os alunos aprenderem modificou-se drasticamente, mudanças aceleradas cuja distância “Entre o aluno e professor” é encurtada. Note-se que, por meio de dispositivos eletrônicos, pode-se ter acesso a todo tipo de informação outrora inconcebível. É nessa linha de raciocínio que Kenski (2011, p. 24) define: “Estamos vivendo um novo momento tecnológico. A ampliação das possibilidades de comunicação e de informação, por meio de equipamentos como o telefone, a televisão e o computador, altera nossa forma de viver e de aprender na atualidade”.

As TICs estão presentes na prática pedagógica de muitas escolas, constituindo recursos que promovem uma educação conectada com o jovem aluno. Porém, ocorre que muitos professores ainda não possuem um conhecimento suficiente sobre o manejo referente à forma de incorporar as TICs como ferramenta de ensino dentro do contexto das aulas. Sem contar os problemas decorrentes da falta de infraestrutura. É aí que as TICs vêm entrando, ou pelo menos deveriam entrar com maior efetividade.

Adotar as Tecnologias de Informação no avanço da educação online para a formação continuada dos professores constitui um avanço que não pode ser ignorado, sob a pena de desconsiderar esse poderoso instrumento de aprendizagem. Não se pode mais prescindir desse modelo de educação já que traz consigo dinâmicas próprias que implicam em novos modos de aprendizagem, em novos processos de ensino.

É nessa perspectiva que as escolas vêm buscando adotar novos paradigmas visando a formação de professores para a utilização das TICs em suas práticas pedagógicas, pois a mudança advém dos professores. Se esses não estiverem embrenhados do contexto atual para sua própria formação intelectual, não serão capazes de desenvolver uma formação que leve em conta o perfil dos seus alunos. Levando em conta que as TICs são de fato um fenômeno mundial, professores não podem mais prescindir da missão de formar seus jovens alunos para o mercado atual intrinsecamente digital.

Nós, educadores, temos de nos preparar e preparar nossos alunos para enfrentar exigências desta nova tecnologia, e de todas que estão a sua volta – A TV, o vídeo, a telefonia celular. A informática aplicada à educação tem dimensões mais profundas que não aparecem à primeira vista (Almeida, 2003, p. 78).

Claro está que os professores enfrentam certas dificuldades no domínio das tecnologias e por causa disso acabam em protelar o máximo que podem suas obrigações em promover mudanças em sala, no contexto escolar. Sabem que precisam mudar, mas não sabem como fazê-lo. As escolas, por outro lado, a despeito de esperar do professor uma postura sintonizada com as novas demandas tecnológicas, padecem em oferecer as condições adequadas para os professores.

Carência de salas de informática, as quais quando existem geralmente estão todas deterioradas em virtude de ausência de reparos. Contudo, o maior desafio passa pela mudança de mentalidade e uma nova concepção de aprendizagem. Não basta apenas introduzir computadores na escola. À Escola urge transformar-se de mera transmissora da informação para rerepresentar-se como aquela que remove a passividade do aluno e o coloca como agente de seu próprio conhecimento. As TICs estão aí para constituir um novo e adequado processo de ensino aprendizagem.

É preciso evoluir para se progredir, e a aplicação da informática desenvolve os assuntos com metodologia alternativa, o que muitas vezes auxilia o processo de aprendizagem. O papel então dos professores não é apenas o de transmitir informações, é o de facilitador, mediador da construção do conhecimento. Então, o computador passa a ser o 'aliado' do professor na aprendizagem, propiciando transformações no ambiente de aprender e questionando as formas de ensinar (Veiga apud Moran, 2011, p. 2).

Segundo Tori (2010), enquanto se debate sobre as vantagens e desvantagens do uso da tecnologia na educação, novas gerações de estudantes estão chegando às escolas sem quaisquer dúvidas ou receios quanto ao uso das tecnologias de informação e comunicação em atividades do dia a dia. Nesse caso, não vai ser fácil para eles se adaptarem às escolas que não tiverem integrado as novas tecnologias à em sua rotina.

Dessa forma a prática pedagógica deve ser repensada e modificada para atender a nova demanda dos alunos que chegam até a escola sem nenhuma dificuldade em utilizar novas tecnologias. No entanto, nota-se em muitos casos que ocorre o inverso, o professor não aceita ou adapta `a evolução, recusando-se a abandonar a metodologia obsoleta e engessada em que se vale apenas de quadro e giz, tal vez seja pelo fato de ter aprendido assim dessa forma, ou seja por não ter afinidade com a utilização das novas tecnologias.

A geração dos professores geralmente é pré-internet, diferente de seus alunos que não possuem nenhum receio de usá-la no dia a dia seja por diversão, socializar ou por motivos educativos. Segundo Prensky (2001, apud 2010, TORI, p. 218) “Nossos estudantes mudaram radicalmente. Os estudantes de hoje não são mais aqueles para os quais nosso sistema educacional foi projetado”.

### **3.3 O Uso das TICs no Ensino de Física**

Ao longo da história, percebemos que a evolução das teorias científicas se estabeleceu por meio de uma ligação estreita com o desenvolvimento tecnológico. Esse entrelaçamento entre ciência e tecnologia viabilizou o desenvolvimento da sociedade na forma como é vivenciada hoje. Um aspecto importante dessa relação entre ciência, tecnologia e sociedade apresenta-se na evolução dos meios de comunicação e informação.

É nítido que, da pintura rupestre à Internet, passando pela comunicação oral e escrita, pelo rádio e televisão entre tantos outros, o ser humano buscou através destes meios, estabelecer relações entre seus pares.

Nas últimas duas décadas, a evolução e a consolidação das TIC's foram bastante significativas para as relações sociais. Computadores, smartphones, tablets e outras, conectadas ou não a Internet, estão cada vez mais presentes nas interações sociais e profissionais. Em suma,

Todas as TIC repousam sobre o mesmo princípio: a possibilidade de utilizar sistemas de signos – linguagem oral, linguagem escrita, imagens estáticas, imagens em movimento, símbolos matemáticos, notações musicais, etc. – para representar uma determinada informação e transmiti-la (Coll & Monero, 2010, p.17).

Conforme Perrenoud (2000, p. 125), “as novas tecnologias da informação e da comunicação transformaram espetacularmente não só as nossas maneiras de comunicar, mas também de trabalhar, de decidir e de pensar”. As TICs estabeleceram novas formas de percepção da realidade, de aprender, de construir e difundir conhecimentos e informações.

Nesse contexto, verifica-se uma expansão exponencial das formas de comunicação, principalmente via computadores em rede. Essa expansão ocorre sem delimitação de fronteiras, por diversos espaços, o que propicia trocas de informações e a emergência de diferentes relações sociais, que interligam realidades reais e virtuais. Isso altera significativamente o meio e favorece o surgimento de relações antes não estabelecidas, que irão tecer uma complexa rede de possibilidades. O endereço dessa complexa rede é nomeado de ciberespaço (Couto; Fonseca, 2005, p. 55).

O ambiente escolar não está alheio à influência das TICs.

Nesse sentido, a educação, entendida como um processo complexo que utiliza algum tipo de meio de comunicação, é uma das áreas que sente o forte impacto das transformações que ocorrem com o advento da era das tecnologias digitais, e por isso é necessário percorrer novos rumos para o desenvolvimento inovador de conhecimentos e práticas para atender à educação contemporânea (Teixeira, 2011, p. 30).

Conforme Galvão Filho (2005), no ambiente escolar as tecnologias devem ser vistas como mediações estruturantes, as quais devem estimular o estudante a pensar de forma independente, a pensar sobre sua própria forma de pensar e aprender a aprender. Para o mesmo autor, existem diversas experiências que buscam construir ambientes de aprendizagem ricos e versáteis nos quais o aluno seja o sujeito dos seus próprios processos de aprendizagem, estimulando-o a pensar de forma autônoma. De acordo com Coll e Monero (2010, 31), “A imagem de um professor transmissor de informação, protagonista central das trocas entre seus alunos e guardião do currículo começa a entrar em crise em um mundo conectado por telas de computador”.

Entretanto, é necessário tomar o cuidado para que não se continue reproduzindo o ensino tradicional, disfarçadamente, por meio das novas tecnologias. É imprescindível que o professor adote a posição de articulador e mediador do conhecimento, evitando-se que, conforme alerta Galvão Filho (2005), as TICs acabem incentivando a falta de iniciativa, a passividade e a dependência do aluno, podendo, até mesmo, tornar-se um fator de exclusão social.

Com o auxílio das TICs, o usuário pode ter suas percepções de tempo e espaço modificadas. Ao passo que essas tecnologias conseguem reunir os estudantes em ambientes virtuais de ensino e aprendizagem (AVEA) e proporcionar ferramentas de comunicação e interação, síncronas e assíncronas, os sujeitos envolvidos no processo de ensino-aprendizagem conseguem interagir durante um tempo muito mais ampliado, comparado ao tempo delimitado pela organização escolar.

Milligan (1999) destaca que não há uma definição simples para elucidar o que constitui um AVEA. Essencialmente, um ambiente virtual de ensino e aprendizagem consiste em um software armazenado em um servidor de banco de dados, o qual é capaz de, através de páginas web personalizadas, gerir e administrar diversos aspectos relacionados à aprendizagem. O autor supracitado destaca algumas características esperadas para um AVEA como: disponibilização de materiais didáticos para o curso, controle de acesso, acompanhamento dos estudantes através do registro de notas e do progresso do aluno, controle de prazos de entrega para atividades propostas, múltiplos processos avaliativos, variados níveis de comunicação entre os usuários, suporte para uso do ambiente, entre outros.

Uma pesquisa elementar nos principais veículos de publicações em ensino de Física pode revelar que ao longo dos últimos anos as TICs têm aparecido com frequência cada vez maior em investigações voltadas para seu desenvolvimento e aplicação no ensino de ciências. Aliada ao aperfeiçoamento das plataformas digitais de comunicação, a democratização, a melhora da qualidade do acesso à Internet e ao alcance facilitado a computadores, tablets, celulares e demais dispositivos, tornam evidente que as TICs conquistaram um espaço importante no campo educacional.

Conforme McCroy apud Espíndola (2010), quando se procura integrar as TICs ao processo educativo, o docente busca desde a descomplexificação do seu trabalho até a tentativa de aproximar o estudante do modo como a ciência é produzida. Desta forma, o docente pode utilizar as TICs tanto como um cientista as utiliza para o desenvolvimento da ciência, quanto como ferramenta pedagógica ao longo do processo educativo. O autor elenca algumas potencialidades das TICs específicas para o ensino de ciências:

- i) acelerar eventos naturais por meio de simulações, ii) agilizar a coleta de dados, iii) ver fenômenos difíceis de visualizar, que não são facilmente visualizados sem o auxílio do computador através de representações com

hiperlinks, representações dinâmicas (animações) ou através de modelos e simulações, iv) gravar e organizar dados, v) compartilhar informações em novas organizações de tempo e espaço, vi) comunicação com experts; e vii) ter acesso a dados atualizados (McCroy, 2008 apud Espíndola, 2010, p 71).

Conforme apresentado por McCroy apud Espíndola (2010) as TICs cada vez mais estão presentes na vivência do docente, mais recentemente no ensino de física apareceu a música como forma de aprendizagem do discente e implementada através de programas.

Para Ferreira (2009, p. 13) “A principal vantagem que obtemos ao utilizar a música para nós auxiliar no ensino de uma determinada disciplina é a abertura, poderíamos dizer assim, de um segundo caminho comunicativo que não o verbal - mais comumente utilizado.” Mas essa interação que existe entre a música e o conteúdo, tanto em uma sala, quanto em outra, já se tornou um ato mecânico, pois existe uma rotina dentro da sala de aula, e amparada nesta rotina que as músicas vão sendo inseridas. Por exemplo, no momento da leitura do alfabeto, eles leem e logo em seguida cantam uma música relacionada às letras do alfabeto. Isso ocorre todos os dias, tornando um ato repetitivo. “[...] a música é tratada como se fosse um produto pronto, que se aprende a reproduzir, e não uma linguagem cujo conhecimento se constrói” (RCNEI, 1998, p. 47).

### **3.4 Breve Introdução de Conceitos de Física de Partículas no Ensino Médio – O Emergir da Física Moderna e Contemporânea**

O início do século XX foi um período profícuo para a da Física. As ideias que surgiram nesse período abalariam o paradigma científico estabelecido até então.

Os cientistas, no final do século XIX, pensavam que a Física já havia sido explanada por completo e que apenas alguns detalhes lhes faltavam para explicar em definitivo o comportamento natural do Universo. Estes detalhes se transformariam em uma nova maneira de interpretar a Física, e se desmembrariam em um enorme avanço científico.

O começo foi em 1900. Nesse ano, o professor de física alemão Max Karl Ernest Ludwig Planck (1858-1947) propõe uma fórmula que - posteriormente - embasaria o estudo da física quântica, com um conceito revolucionário sobre a interpretação das emissões de radiação eletromagnética em um corpo negro, um dos grandes problemas não respondidos pela ciência até então.

A ideia hipotética de um corpo negro era que, em uma caixa fechada e oca, um feixe de radiação incidente possibilitaria sua reflexão nas paredes internas dessa caixa, absorvendo-a; o experimento resultaria em gráficos formados pela energia dessa radiação, que não eram explicados quando as observações eram feitas com radiações com comprimentos de ondas menores, onde a intensidade da radiação tendia ao infinito.

A física clássica não possuía informações suficientes para obter uma função matemática que originassem tais gráficos. Planck descobriu uma constante, que leva seu nome ( $h = 6,626 \cdot 10^{-34}$  J.s), partindo da ideia de que a energia seria quantizada e relacionando-a com a frequência da radiação, originando a fórmula  $E = h \cdot f$ . Por suas contribuições à física quântica, Planck foi contemplado com o prêmio Nobel de Física de 1918.

Em 1905, Albert Einstein publicou cinco artigos científicos, requisitos para defender sua tese de doutorado. Foram dois artigos sobre a relatividade especial (ou restrita), dois sobre o movimento browniano e o trabalho científico sobre o efeito Fotoelétrico (Arruda & Villani, 1996), todos demonstrando estreitos laços com o futuro estudo das PE; o último artigo lhe agraciaria com o prêmio Nobel de Física de 1921, entregue em 1922.

Neste artigo, Einstein proporia que a luz se apresentaria na forma de pequenos “pacotes” de energia. Esta ideia seria embrionária para a concepção dos futuros fótons.

Os fenômenos secretos do microcosmo estavam sendo revelados. E o átomo estava ganhando mais partículas constituintes, conforme os cientistas refinavam seus instrumentos de observação e também seus entendimentos sobre o tema.

### 3.4.1 Noções sobre Leis de Conservação e Simetria

Aqui serão abordadas noções sobre as Leis (ou princípios) de conservação e sobre simetria, conceitos fundamentais para o estudo das ciências da Física e da Química. Essas Leis, apesar de estarem enquadradas na Física Clássica (A Física desenvolvida até o final do século XIX), também nos auxiliam na Física Moderna e Contemporânea, para um melhor entendimento sobre o comportamento quântico das PE, por exemplo. Comentaremos com brevidade algumas delas: a Lei de conservação da carga elétrica, a Lei de conservação da massa, Lei de conservação da energia mecânica e as Leis de conservação do momento linear e angular.

A Lei de conservação da carga elétrica abrange todos os processos pelos quais um corpo pode ganhar ou perder partículas com carga elétrica: no final do processo, a carga elétrica total de um sistema isolado deve ser constante. Vários processos são descritos na Física, em que são criadas ou destruídas partículas com carga elétrica. Isto está de acordo com a Lei de conservação da carga elétrica, considerando que a carga total de partículas criadas ou destruídas seja constante

A Lei de conservação da massa foi proposta, em 1773, pelo químico francês Antoine Laurent de Lavoisier (1743-1794). Esta já tinha sido feita, aproximados 13 anos antes, pelo químico russo Mikhail Vasilyevich Lomonosov (1711-1775), mas seu trabalho não teve impacto na Europa, onde não foi publicado, prevalecendo o trabalho do químico francês (SANTOS, 2015). Lavoisier descobriu, através de sucessivos experimentos, que a matéria poderia mudar a sua forma, mas sua massa continuaria a mesma. Eis o enunciado da Lei de conservação da massa, de Lavoisier: “Num recipiente fechado, a soma das massas dos reagentes é igual à soma das massas dos produtos”.

Outra grandeza física que segue as Lei de conservação é a energia. O exemplo mais usual é a da Lei de conservação da energia mecânica. Energia é uma grandeza física escalar, que tem definições variadas, com ampla grade de interpretações, tornando-se assim algo difícil de se definir, conforme observação que segue:

A combinação de energia com matéria forma o universo: matéria é substância, energia é o que move a substância. A ideia de matéria é fácil de compreender. A matéria é o conteúdo do que podemos ver, cheirar e tocar. Ela possui massa e ocupa lugar no espaço. A energia, por outro lado, é abstrata. Não podemos ver, cheirar ou tocar a maioria das formas de energia. [...] Embora energia nos seja familiar, é difícil defini-la, pois ela não é apenas uma “coisa”, mas uma coisa e um processo juntos – como se fosse um substantivo e um verbo. Pessoas, lugares e coisas possuem energia, mas geralmente observamos a energia apenas quando ela está sendo transferida ou transformada. (Hewitt, 2002, p.114).

Quando dois objetos se chocam, estudamos o momento linear (produto da massa com a velocidade). Um jogo de bilhar explicita bem a Lei de conservação do momento linear.

Já para discutir a Lei de conservação do momento angular, proveremos de uma citação:

No século XVII, o físico Johannes Kepler descobriu que as órbitas dos planetas em torno do Sol são elipses e que ele se posiciona em um dos focos. À medida que um planeta se aproxima do Sol, sua velocidade aumenta, ao passo que, quando se afasta, sua velocidade diminui. Esse fenômeno acontece por causa da conservação do momento angular, que é proporcional à sua velocidade e à distância do Sol. Assim, quando uma grandeza aumenta (distância), a outra diminui (velocidade), de modo que o momento angular permanece constante. (Abdalla, 2006, p.80).

Outras leis, menos intuitivas, foram introduzidas na década de 1920 e corroboram com o conceito de conservação do momento angular; na mecânica quântica, os estados de uma partícula são caracterizados pela sua energia e seu momento angular intrínseco, chamado de *spin*. Portanto, quando há interação entre duas partículas, no mundo quântico, o *spin* se conserva.

A ideia de simetria<sup>1</sup> também é considerada um conceito fundamental na Física. Se em um sistema físico, os parâmetros das transformações que ocorrerem são invariantes<sup>2</sup> em sua forma, tal sistema possui simetria. De acordo com Martins (1999):

---

<sup>1</sup> Simetria é uma associação de paridade (igualdade) em respeito à altura, largura e comprimento das partes necessárias para constituir um todo.

<sup>2</sup> Invariante é, na matemática e na física, algo que não se modifica ao utilizar-se um conjunto de transformações, sendo a imagem transformada da entidade indistinguível da entidade original.

O termo simetria em Física refere-se a um conjunto de transformações definidas num grupo que levam uma expressão ser invariante na sua forma: dizemos então que o sistema é invariante sob aquela transformação ou que ele apresenta uma simetria no parâmetro da transformação (Martins, 1999, p. 33).

Levando em consideração as leis de conservação da física nas transformações de fenômenos físicos, o seu estudo permeia também a física de partículas:

Simetria é importante em Física porque há toda uma gama de transformações que levam a leis de invariância física. Por isso, o trabalho dos físicos teóricos consiste, em boa parte, na busca e compreensão de simetrias e suas leis de conservação associadas. As associações entre leis de conservação e simetrias são comprovadas [...]. (Silveira, 2008, p.56).

As operações são formalismos matemáticos utilizados para verificarmos uma vasta classe de transformações, entre elas a da mesma imagem periodicamente, por exemplo. As operações podem ser: de reflexão, de rotação, de translação espacial ou temporal e, na mecânica quântica, de paridade; este é um conceito sobre a simetria de funções (Van der Berg; Hoekzema, 2006).

Outro exemplo de operação, sujeita às leis de invariância: na conservação de energia mecânica de um objeto, que está relacionada à sua simetria de translação temporal.

Conforme Silveira (2008, p. 192): “Para cada campo de estudo temos diferentes conceitos, então cada campo terá uma ou mais operações para verificar a invariância física e estes operadores terão as características correspondentes aos conceitos envolvidos do sistema”.

Curiosamente, tais conceitos (Leis de conservação e simetria) são pouco trabalhados em escolas da EB, sendo motivo de convocação, por parte de autores, para a disseminação de sua prática: “[...] fica aqui o recado aos professores de Física e autores de livros didáticos: no ensino da Física é preciso dar mais atenção a conceitos estruturantes como simetria, [...], leis de conservação e outros [...]. Conceitos como estes implicam pensar, ao invés de decorar fórmulas.” (Moreira, 2019, p. 6).

Essas duas ideias, sobre as Leis de conservação e a de simetria, são conceitos-chave na área da Física e estão estreitamente conectadas. Tal fato é confirmado pelo teorema de Noether<sup>3</sup>, que relaciona matematicamente as simetrias com as Leis de conservação da Física (Martins, 1999). Na Física de Partículas, existe um conjunto de simetrias principais: a simetria C (referente à reversão da carga elétrica), a simetria P (relacionada à conservação de paridade<sup>4</sup>) e a simetria T (referente à reversão do tempo), configurando então a simetria CPT.

Conforme Moreira (2011, p. 55-56): “No Modelo Padrão da Física de Partículas, a simetria CPT é uma propriedade fundamental do Universo. Violações significativas dessa simetria indicariam problemas conceituais no Modelo Padrão e sugeririam a necessidade de teorias que fossem além dele.”

### 3.4.2 Quarks, Elétrons e Píons – O Modelo Padrão I

A abordagem de Einstein no artigo sobre o efeito Fotoelétrico foi utilizada, em 1923, pelo físico estadunidense Arthur Holly Compton (1892-1962) para desvelar o fóton. Na experiência que ficou conhecida como efeito Compton, um fóton atinge um elétron em repouso e coloca-o em movimento; em contrapartida, depois da colisão, observa-se um aumento no comprimento de onda do fóton que atingiu o elétron, indicando que o mesmo perdeu energia, comprovando sua existência. Compton foi laureado com o prêmio Nobel de Física de 1927 por sua descoberta (Abdalla, 2006).

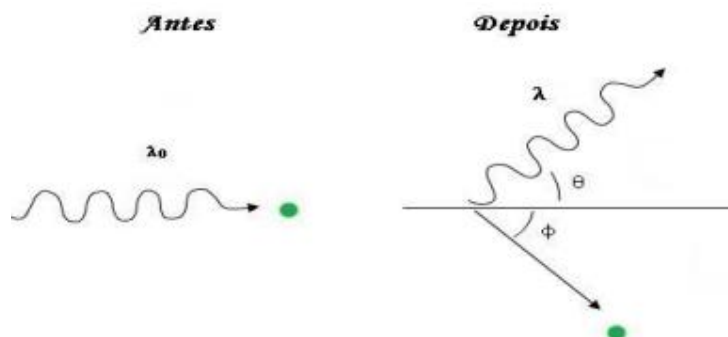
---

<sup>3</sup> Amalie Emmy Noether (1882-1935), notável matemática alemã, demonstrou matematicamente o teorema que leva seu nome, determinando que para cada simetria de uma lei física, existe uma correspondente Lei de conservação (MARTINS, 1999; MOREIRA, 2019).

<sup>4</sup> Um exemplo de paridade: o reflexo de uma imagem em um espelho não apresenta quebra de simetria com sua imagem real, pois não há diferença inerente entre direita e esquerda.

Abaixo figura simplificada da ocorrência do efeito Compton:

**Figura 1.** Ilustração da ocorrência do efeito Compton. Um fóton  $\lambda_0$  incide em um elétron  $e^-$  (em verde), inicialmente em repouso (antes). Após a colisão, fóton e elétron se espalham sob os ângulos  $\theta$  e  $\phi$ , respectivamente (depois).



Fonte: <https://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Compton.JPG>. (2020).

Depois da descoberta dos prótons por Rutherford, em 1919, e da comprovação dos fótons em 1923, foi vez dos nêutrons serem revelados, em 1932, pelo físico inglês James Chadwick (1891-1974).

Em 1933, o físico japonês Hideki Yukawa (1907-1981) sugeriu que o núcleo atômico necessitaria de uma partícula mediadora para manter os prótons unidos, já que tinham mesma carga elétrica e, portanto, deveriam se repelir. Tal conceito exigiria mais partículas que constituíssem o núcleo do átomo.

Em 1947, observações - experimentos que contaram com a participação do físico brasileiro Cesare Mansueto Giulio Lattes (1924-2005), entre outros cientistas - em altos pontos da atmosfera terrestre detectaram o píon, uma partícula originária da radiação cósmica que surge do choque e das interações dos prótons provenientes dos raios cósmicos com emulsões nucleares, preparadas e instaladas por Lattes na cordilheira dos Andes, local de altitude elevada, o que favoreceu a coleta dos dados (Abdalla, 2006; Vieira; Videira, 2011).

Quanto mais os cientistas se aprofundavam nas observações dos raios cósmicos e dos aceleradores/colisores de partículas - cujo precursor foi o tubo de raios catódicos -, obtinham resultados cada vez mais contundentes da existência de novos constituintes elementares, o que os forçava a uma nova reformulação/acomodação das teorias pressupostas.

Essas experiências os levaram a desconfiar de que os prótons e nêutrons não seriam as partículas mais elementares do núcleo atômico, como estudado até então. Estavam se aproximando do conceito do que seriam os quarks e glúons, estes sim fundamentais e constituintes básicos de prótons e nêutrons.

No ano de 1953, o físico estadunidense Murray Gell-Mann (1929-2019) sugeriu um novo número quântico para as interações fortes, a estranheza (Abdalla, 2006).

Esta ideia surgiu para explicar o estranho comportamento de algumas partículas provenientes dos raios cósmicos nos experimentos que utilizavam câmaras de nuvens. Era a premissa embrionária para o quark estranho, o qual seria enquadrado como uma partícula elementar, aproximados 10 anos depois.

Em 1964, novamente Gell-Mann, concomitante com o físico russo George Zweig (1937-), publicou um trabalho que estabeleceria a proposta dos quarks e glúons.

Para cunhar o termo “quark”, o cientista americano inspirou-se no livro *Finnegan’s Wake*, do escritor irlandês James Joyce (1882-1941). A obra toda é composta de neologismos; um deles foi escolhido por Gell-Mann para dar nome às novas partículas que estava propondo (Guimarães et al., 2014).

Dessas novas partículas, os “quarks” *up* e *down*, da geração I (ou 1ª geração), seriam os formadores de bárions (prótons e nêutrons) e mésons (píons e káons), constituindo a categoria dos Hádrons (Eisberg; Resnick, 1979).

Para não violar o Princípio de Exclusão de Pauli, que não permite a presença de duas partículas de spin fracionado (férmions) no mesmo estado quântico, um novo número quântico foi proposto, a cor; não essa nossa percepção usual de cor da óptica, mas sim entendida como mais uma propriedade quântica, ligada à força forte (Novaes; Studart, 2016; Nussenzveig, 1998).

Sobre o *spin* e o Princípio de Exclusão de Pauli, de acordo com Oliveira (2010, p. 102):

Trata-se de uma espécie de versão sofisticada da ideia de que *dois corpos não podem ocupar o mesmo lugar no espaço ao mesmo tempo*. [...] a informação sobre o movimento de uma partícula está contida na função de onda  $\Psi(x)$ . Por outro lado, [...] partículas, além de carga e massa, possuem também *spin*.

A função de onda  $\Psi(x)$  é uma representação matemática dos autoestados quânticos a qual podemos determinar a posição espacial de um ou mais elétrons em uma observação.

De acordo com Silveira (2008, p. 29):

Devido ao Princípio de Exclusão de Pauli aplicado a dois elétrons, supondo que estejam num mesmo estado, chega-se à conclusão que a função de onda que representa os dois elétrons é uma função anti-simétrica, pois a função de onda simétrica é igual a zero para elétrons no mesmo estado, estando de acordo com o Princípio de Exclusão que impossibilita que dois elétrons ocupem o mesmo espaço.

Com todas essas novas informações, era evidente a necessidade de se organizar o universo das PE: assim como fez o químico russo Dmitri Ivanovic Mendeleev (1834-1907) em 1872, quando estabeleceu - pela primeira vez - a tabela periódica dos elementos químicos, também esse novo montante de partículas precisava ser sistematizado harmoniosamente (ABDALLA, 2006).

O Modelo Padrão (MP) das Partículas Elementares (PE), no começo dos anos 1970, se apresentava como um compêndio sobre o estudo da Física de Partículas, proveniente do esforço de um número substancial de cientistas, de todas as nacionalidades, junto de suas teorias.

### 3.4.3 Férmions, Bósons e Antipartículas - O Modelo Padrão - Parte II

As PE são constatadas de duas maneiras principais: nas observações de partículas provenientes da radiação cósmica que se chocam com detectores específicos, ou com o auxílio dos aceleradores/colisores de partículas, como o LHC (*Large Hadron Collider*), por exemplo.

O MP identifica, organiza as PE e especifica suas interações. O modelo identifica dois tipos principais de partículas fundamentais: férmions e bósons. O que diferencia esses dois tipos é o número (ou propriedade) quântico ( $a$ ), chamado ( $a$ ) de *spin* (Oliveira, 2010).

Os férmions obedecem ao Princípio de Exclusão de Pauli, descrito na subseção acima, e possuem spin fracionado ( $S = 1/2, 3/2, 5/2, \dots$ ), ou semi-inteiro. Os bósons não obedecem ao Princípio de Exclusão de Pauli, por possuírem spin inteiro (0, 1, 2).

De forma geral, os férmions - uma homenagem ao físico italiano Enrico Fermi (1901- 1954) - são partículas constituintes da matéria (quarks, que formam prótons e nêutrons e léptons, como o elétron).

Os bósons - uma homenagem ao físico indiano Satyendra Nath Bose (1894-1974) - são as partículas mediadoras das interações que ocorrem entre as PE.

Além da propriedade quântica do *spin*, existem outras propriedades quânticas: a carga elétrica, que pode ser positiva ou negativa; a massa, que é medida em elétron-Volt (eV), uma unidade de energia<sup>5</sup> e a propriedade quântica da cor (Novaes; Studart, 2016).

---

<sup>5</sup> De acordo com a fórmula  $E = m.c^2$ , proposta por Einstein em seu artigo sobre a relatividade especial (ou restrita), de 1905, é estabelecida uma equivalência entre massa e energia. A letra  $c$  é o valor da velocidade da luz, aproximadamente  $c = 3,0 \times 10^8$  m/s (Arruda; Villani, 1996).

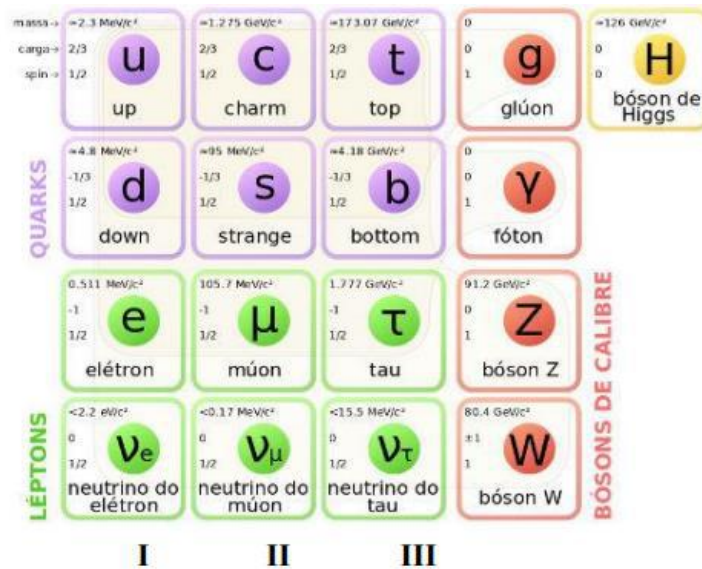


Ao colocarmos as PE lado a lado, elas se dividem em três categorias: quarks, léptons (da palavra grega *leptos*: que significa leve) e bósons. Como se segue na figura 2: à esquerda, em roxo e verde, encontram-se quarks e léptons, que estão subdivididos em três gerações (I, II e III) e à direita, em vermelho, situa-se a classe dos bósons.

Os quarks são seis e possuem os seguintes sabores (conjunto de números quânticos - ou simetria - que caracteriza quarks e léptons): *up (u)*, *down (d)*, *charm (c)*, *strange (s)*, *top (t)* e *bottom (b)*. Os léptons também são em número de seis sabores: o conhecido elétron (*e*), o múon ( $\mu$ ), o tau ( $\tau$ ) e seus respectivos neutrinos ( $\nu_e$ ,  $\nu_\mu$  e  $\nu_\tau$ ).

Segue Figura 2 ilustrativa sobre a acomodação das PE, conhecida como o MP das PE, para melhor visualizá-las:

**Figura 2 - Modelo Padrão das Partículas Elementares.**



Fonte: Mundo Educação. Disponível em <https://mundoeducacao.uol.com.br/fisica/modelo-padrao-fisica-particulas.htm>. (2020).

As partículas da geração I compreendem-se no quark *up (u)*, quark *down (d)*, no elétron (*e*) e no neutrino do elétron ( $\nu_e$ ). São as partículas que de fato formam a matéria como a percebemos.

O próton é constituído de dois quarks *up (u)* (um quark *up* possui carga elétrica  $+2/3e$ ) e um quark *down (d)*, de carga  $-1/3e$ . A representação do próton será então, *uud*. A letra *e* refere-se à carga elétrica elementar ( $e = 1,602 \times 10^{-19} \text{ C}$ ). Somadas, as cargas fracionadas dos quarks equivalem a  $1e$ . Pelo fato de prótons e elétrons possuírem a propriedade quântica da carga elétrica, são comumente chamados de portadores de carga.

No caso do nêutron, a soma das cargas fracionadas dos quarks será zero, pois o mesmo é constituído de dois quarks *down* [ $-1/3e + (-1/3e)$ ] e um quark *up* ( $+2/3e$ ), sendo então representada sob a configuração *ddu*.

Todos os quarks e léptons possuem uma antipartícula, que nada mais é do que a própria partícula, com mesma massa e spin, mas com sua carga elétrica tendo o sinal oposto. A partícula que tiver carga elétrica positiva terá sua antipartícula com carga negativa e vice-versa.

Conforme Moreira (2009, p. 1306-6):

[...], parecia que a matéria era constituída de prótons, nêutrons e elétrons, e a interação eletromagnética explicava porque os elétrons (negativos) ficavam ligados aos núcleos (positivos) nos átomos. Mas isso não durou muito porque para explicar a estabilidade do núcleo foi preciso postular uma nova interação fundamental, a interação forte, e para uma descrição do elétron que satisfizesse à teoria quântica e à teoria da relatividade foi necessário prever a existência de antipartículas.

Paul Adrien Maurice Dirac (1902-1184), físico britânico, observando a relação que Einstein estabeleceu sobre matéria e energia em sua teoria da relatividade restrita, propôs, em 1928, que para ocorrer a correta relação entre massa e energia deveria ser

extraída sua raiz quadrada, considerando, então, os dois sinais possíveis para a energia. O sinal negativo da expressão seriam as antipartículas. A partir de suas ideias, ocorreu a descoberta da primeira antipartícula em 1933, o pósitron, comprovando assim sua teoria.

Existe também a propriedade do *confinamento de cor*: quarks e glúons - com esclarecimento logo abaixo - não são detectados isolados na natureza; podem existir se, e somente, estiverem agrupados, compondo os bárions (da palavra grega *barys*, que significa pesado) e os mésons (do grego *mesos*, que significa intermediário), que são as subdivisões de mais uma classificação referente às PE: a dos hádrons (do grego *hadros*, significando robusto, forte).

A classe dos hádrons é numerosa, devido às várias combinações possíveis entre três quarks ou de quarks e antiquarks. Os bárions mais conhecidos são os prótons e nêutrons, enquanto os mésons  $\pi$  e  $\kappa$  - conhecidos como píons e káons - são exemplos de mésons.

Então, bárions são compostos de três quarks e glúons. O glúon é a partícula mediadora que mantém os quarks *up* e *down* unidos no interior do núcleo atômico; os glúons também possuem carga cor. Glúon é uma palavra proveniente do inglês *glue*, que significa cola. Os mésons, também mediados por glúons, são compostos de um quark e um antiquark (MOREIRA, 2004).

As partículas das gerações II e III são detectadas em raios cósmicos e nos colisores/aceleradores de partículas e têm um tempo de vida muito curto - como os múons, por exemplo -, da ordem de microssegundos (FAUTH et al, 2010), que acabam decaindo em partículas com massas menores.

As duas gerações são aqui classificadas: a geração II com os quarks *charm* (*c*) e *strange* (*s*), o múon ( $\mu$ ) e o neutrino do múon ( $\nu_\mu$ ); na geração III temos os quarks *top* (*t*) e *bottom* (*b*), o tau ( $\tau$ ) e o neutrino do tau ( $\nu_\tau$ ).

Partículas mediadoras são portadoras de força e interagem com outras partículas; isso ocorre através de seus campos de força. Conforme Moreira (2004, p. 11): “Mediar a interação significa que a força existente entre as partículas interagentes resulta de uma ‘troca’ (emissão e absorção) de outras partículas (virtuais) entre elas”.

Sobre as partículas virtuais:

No mundo macroscópico a energia sempre se conserva, porém microscopicamente a Mecânica Quântica mostra que pode haver pequenas violações  $\Delta E$  durante um tempo  $\Delta t$  de modo que  $\Delta E \times \Delta t = h = 6,6 \cdot 10^{-22}$  MeV.s. Quando uma partícula livre emite um fóton, o desbalanço de energia é dado pela energia do fóton, de modo que quanto maior for essa energia, tanto mais rapidamente ele deve ser absorvido por outra partícula a fim de restabelecer o balanço energético. Quer dizer, quanto maior a violação da conservação de energia, tanto mais rapidamente deve ser restabelecido o equilíbrio energético. Essa violação virtual da energia é, portanto, importante na interação entre partículas. Fótons “reais”, assim como elétrons, por exemplo, podem ter uma vida infinita desde que não interajam com outras partículas. Fótons “virtuais”, por outro lado, têm uma vida muito curta. (MOREIRA, 2004, p. 12).

Acima é descrita a expressão que embasa o Princípio de incerteza<sup>6</sup>, proposta por Heisenberg em 1927, que determina que a incerteza é inerente à medição entre o momento de uma partícula e sua posição.

Sendo assim, os bósons são as partículas mediadoras das interações entre as PE e estão representados na figura 2 na cor vermelha. O fóton ( $\gamma$ ) é a partícula mediadora da interação eletromagnética; os bósons  $W^+$ ,  $W^-$  e  $Z^0$  são as partículas mediadoras da interação fraca, que são responsáveis pelo decaimento radioativo dos elementos químicos.

Os glúons possuem a propriedade quântica carga cor (vermelho, verde e azul) e, numa determinada representação, aparecem em número de oito; estas são as partículas mediadoras da força forte. O gráviton - responsável pela interação gravitacional, ainda não foi detectado.

---

<sup>6</sup> O Princípio de Incerteza, de Heisenberg, declara que é impossível determinar a posição de uma partícula e, simultaneamente, medir a sua velocidade, sem que haja influência dos instrumentos de medição sobre a partícula. A incidência de luz sobre as partículas observadas já é equivalente a fótons colidindo contra elas, o que já mudaria sua posição.

O último integrante do MP a ser descoberto está em amarelo na figura 1.4: o bóson de Higgs, proposto teoricamente pelo físico britânico Peter Higgs (1929-) em 1960, concomitante com o físico belga François Englert (1932-). Quando o bóson atravessa o mecanismo de Higgs - um campo quântico que permeia todo o espaço onde situa-se o Universo - este proporciona, através dessa interação, a existência de todas as partículas ditas reais. Esta partícula - o bóson de Higgs - foi detectada pelo LHC, em 2012 e rendeu aos físicos acima o prêmio Nobel de Física de 2013.

Temos, por fim, 61 partículas elementares que constituem o MP: 36 quarks (com seis sabores e suas antipartículas, doze, vezes três cores); 12 léptons (seis, mais suas antipartículas), 3 bósons para a mediação da força fraca ( $W^+$ ,  $W^-$  e  $Z^0$ ) e mais oito glúons ( $g_1$  até  $g_8$ ), carregam cor e anticor e são os responsáveis pela mediação da força forte; o fóton, responsável pela mediação eletromagnética e, finalizando, o bóson de Higgs (Abdalla, 2006).

#### 3.4.4 O Modelo Padrão não é Definitivo

É necessário complementar que, por mais que o MP caracterize, estruture e categorize com clareza o universo das PE, ela não é definitiva.

Algumas questões ainda estão em aberto na teoria, como a não comprovação experimental da partícula gráviton, por exemplo (Moreira, 2009).

Então, sendo um fato irrefutável, tratemos com naturalidade que a teoria do MP das PE será, futuramente, pelo menos modificada, na busca de uma melhor compreensão e explicação da mesma (Bachelard, 1991).

#### 3.5 Inserção de Jogos Digitais na Educação

Correia et al. (2016) realizaram uma revisão na literatura sobre a utilização dos jogos de forma educativa, verificando a aplicabilidade dos jogos em um contexto educacional e institucional.

A coleta de informações efetuada pelos pesquisadores foi realizada por meio da busca de artigos em revistas científicas e periódicos encontrados no *Scientific Electronic Library Online* (SCIELO).

A partir da busca digital processada por eles, foram encontrados 14 estudos relacionados com o tema proposto.

Os estudos selecionados foram classificados em 4 categorias para análise: 1) publicações relativas a Jogos e Simuladores (3 artigos); 2) publicações relativas à *Serious Games*<sup>7</sup> (2 artigos); 3) publicações relativas ao Uso de videogames/jogos digitais (3 artigos) 4) publicações relativas à aplicabilidade dos jogos na educação (6 artigos).

Eles concluíram que os jogos digitais serviram como um instrumento de grande auxílio tanto institucional quanto pedagógico, desta forma, possibilitou um ambiente mais estimulador e motivador, favorecendo o processo de ensino/aprendizagem no quesito escolar.

Entretanto, eles ressaltaram o baixo número de pesquisas relacionada com o tema “jogos digitais e simuladores”, evidenciando assim, a necessidade de mais pesquisas futuras que investiguem o quanto os jogos podem influenciar em diferentes contextos.

Nascimento et al. (2017) apresenta um levantamento de trabalhos publicados sobre a utilização de jogos educacionais, no Centro Interdisciplinar de Novas Tecnologias na Educação (CINTED), entre os anos de 2014 e 2016.

No que tange ao desenvolvimento de um jogo novo, Nascimento et al. (2017) relata que o processo de criação de um jogo é algo complexo pois existem inconstâncias sobre diversos aspectos inerentes ao projeto, que também depende dos requisitos para se criar o jogo e as tecnologias disponíveis.

---

<sup>7</sup> *Serious Games*: são jogos eletrônicos que tem como principal objetivo treinar pessoas.

Do levantamento apresentado por Nascimento et al. (2017), foram analisados 17 artigos dos quais foram encontrados 5 desenvolvimentos de jogos novos e 12 recriados em cima de uma plataforma de desenvolvimento de jogos.

Nascimento et al. (2017) apresenta os seguintes resultados:

- Na 1ª edição de 2014, um artigo apresentava um jogo para a aprendizagem sobre segurança em redes de computadores, apresentando uma versão teste para uma turma específica. Outro artigo, da mesma edição, apresentou a utilização de um software livre como estratégia metodológica do professor.
- No mesmo ano, porém na 2ª edição dos anais publicados na revista RENOUE, observou-se que 2 artigos apresentaram jogos já desenvolvidos, como experiências pedagógicas, envolvendo aplicativos relacionados à tabela periódica e Scratch, enquanto 2 artigos apresentaram a criação de um novo jogo.
- Em 2015, dos 10 artigos encontrados, 3 apresentaram a criação de novos jogos, no qual 1 apresentava uma adaptação a um módulo em realidade aumentada sobre a geometria, 1 desenvolveu software com jogos de desafios sobre tecnologias, 1 elaborou um jogo de finanças a partir de mapas conceituais com o objetivo de desenvolver a tomada de decisão e as escolhas sobre questões administrativas e financeiras.

Desta forma, Nascimento et al. (2017, p. 89) concluíram que:

Os jogos, dentro do contexto educacional, representam uma novidade com relação ao processo de ensino-aprendizagem do aluno, e a utilização desse recurso, em especial, os jogos digitais, nessas relações traz a inserção das tecnologias de informação e científica. Os resultados obtidos neste estudo apresentaram a temática de jogos educacionais como pouco inserida, ou pelo menos com estudos e pesquisas, apresentados, nos quais os que são expostos não contemplam todos os questionamentos.

Enfim, percebemos nessas revisões bibliográficas, uma quantidade pequena de publicações relativos à temática dos jogos digitais em contraposição ao seu grande potencial. Ou seja, o material bibliográfico de aplicações dos jogos digitais na educação é escasso, mas os resultados apresentados pelos trabalhos são bastante otimistas.

### 3.6 Apresentação de um Jogo Digital sobre Física de Partículas Elementares

Por tratar do tema de Física de Partículas Elementares, pensamos em criar um jogo que explicasse de forma interativa o modelo padrão e as interações fundamentais da natureza. Houve uma percepção de que uma parcela de estudantes já tinha ouvido falar do Bóson de Higgs e o LHC, desta forma decidiu-se elaborar o jogo tendo como tema principal o bóson de Higgs. Denominamos o nosso projeto de: “Em Busca do Bóson de Higgs”.

O jogo tem como sua principal característica a narrativa, ou seja, o enredo aparece na tela do jogo por meio de palavras e imagens. Por ser uma narrativa, o jogo tem um caráter linear. Prensky (2012) acredita que muitas pessoas estão convencidas de que a narrativa é de longe a maneira mais segura de envolver as pessoas.

Além da narrativa, o jogo tem traços dos gêneros: RPG e aventura. Prensky (2012) explica que:

- Os jogos de aventura são aqueles nos quais se explora um mundo desconhecido, solucionam-se problemas. Alguns dos jogos atuais que se incluem nessa categoria são *Myst* e *Riven* para computador e *Zelda, the Ocarina of Time* para Nintendo.
- Os jogos de RPG (*role-playng games*) o jogador faz papel de um personagem e a maioria apresenta imagens medievais e envolvem tarefas de busca (*quest*). Um exemplo moderno é o *EverQuest*.

A dinâmica do jogo é baseada em um *Quiz*<sup>8</sup>. As perguntas e respostas foram cuidadosamente elaboradas, sendo que todo o embasamento teórico para as responder estão associadas aos diálogos. Isto representa a autossuficiência do game, ou seja, não é necessário conhecimento prévio de física de partículas para respondê-las.

Prensky (2012) ressalta que a interatividade adquirida ao receber o *feedback* imediato pelas ações realizadas (como é o caso do *quiz*) é uma forma poderosíssima de envolver as pessoas.

Em suma, o objetivo principal do *game* “Em Busca do Bóson de Higgs” é explicar, de forma didática e interativa, o modelo padrão e as interações fundamentais, sendo que o clímax é a detecção do bóson de Higgs (O’Luanaigh, 2013). O jogo tem vários personagens, alguns destes representam a cientistas da Física e da Química. São eles:

- Peter Higgs: Primeiro personagem, tem a missão de dar as primeiras indicações do jogo;
- Linus Pauling: Segundo personagem, tem a missão de explicar sobre os férmions e bósons;
- César Lattes: Terceiro personagem, tem a missão de explicar sobre o modelo padrão das partículas elementares;
- Albert Einstein: Terceiro personagem, tem a missão de explicar sobre as interações fundamentais e as partículas mediadoras.

Após passar por todos estes personagens, Higgs aparece novamente para o desfecho da narrativa.

A última missão consiste em uma pequena simulação sobre o LHC, uma espécie de mini-game em que o objetivo é elevar a energia com a colisão de hádrons com o intuito de detectar o bóson de Higgs.

Existem, ainda, duas atividades complementares que estão inseridas no *game*:

- **Classificação das Partículas:** É um mini game cujo objetivo é classificar de forma adequada as partículas do modelo padrão;
- **Simulação Relativística:** Consiste em uma simulação da dilatação do tempo de vida médio do múon.

Estas atividades extras tem o intuito de complementar conceitos presentes no jogo principal.

Enfim, vale ressaltar a dificuldade e o tempo demandado que tivemos para a conclusão deste projeto. Não foi uma tarefa trivial elaborar e executar a produção de um jogo digital, foram necessários aproximadamente 6 meses para a conclusão do projeto. Entretanto, foi de grande valia a aprendizagem que tivemos em todo esse processo.

## 4. Resultados e Discussão

Para a melhor organização e compreensão dos dados, os testes foram divididos em três partes. A primeira parte consistiu em perguntas abertas, no qual a resposta era livre de caráter não obrigatória. A segunda parte consistiu em perguntas básicas sobre estrutura da matéria a nível elementar (átomos, prótons, elétrons e nêutrons) e a terceira parte, perguntas específicas sobre partículas elementares, interações fundamentais e aplicações. Tanto a segunda quanto a terceira parte foi constituída de perguntas objetivas de caráter obrigatório, mas sempre uma das respostas continham a opção “não sei”.

### 1ª Parte

Do que é constituído a matéria?

Pré-teste: Muitos alunos deixaram em branco ou responderam de forma adversa do esperado (75,8%), enquanto poucos responderam algo relacionado aos átomos, prótons, elétrons e nêutrons, (24,2%), mas ninguém citou elementos da física moderna (apenas temas relacionados à física clássica).

---

<sup>8</sup> Quiz: é o nome dado a um jogo no qual os jogadores (individualmente ou em equipes) tentam responder corretamente a questões que lhes são colocadas. Em alguns contextos, a palavra também é utilizada como sinônimo de teste informal para a avaliação de aquisição de conhecimentos ou capacidades em ambientes de aprendizagem (WIKIPÉDIA, 2018b).

Pós-teste: Houve uma diminuição de perguntas em branco ou com respostas inadequadas (31,9%), entretanto, a quantidade de pessoas que responderam algo relacionado aos átomos, prótons, elétrons e nêutrons aumentaram (42,8%), enquanto que agora apareceram algumas respostas relacionadas à física moderna (21,3%).

O que você entende por partículas elementares?

Pré-teste: Muitos alunos deixaram em branco ou responderam de forma inadequada (69,7%), mas mesmo assim, alguns tiveram uma resposta convincente ressaltando que partículas elementares não possuem uma subestrutura (18,2%), enquanto alguns ainda relacionaram as partículas elementares com os átomos, prótons, elétrons e nêutrons (12,1%).

Pós-teste: Constatamos que o número de respostas em branco ou com inadequadas diminuíram (36,2%), resposta adequada destacando que as partículas elementares não possuem subestrutura (46,8%), enquanto que poucos ainda relacionam partículas elementares de forma clássica citando átomos, prótons, elétrons e nêutrons (17%).

O que você entende sobre as forças (interações) fundamentais do Universo? Cite exemplos.

Pré-teste: A grande maioria deixou em branco ou respondeu de forma inadequada (75,8%), enquanto poucos conseguiram responder pelo menos duas interações (15,1%) e pouquíssimos responderam as quatro interações fundamentais (9,1%).

Pós-teste: Ainda tiveram muitas respostas em branco ou inadequadas (53,2%), mas aumentaram o número de alunos que acertaram as quatro interações fundamentais (36,2%).

Você já ouviu falar no LHC? (Sim/Não). Se sim, diga o que sabe.

Pré-teste: A maioria dos estudantes deixaram em branco, nunca tinham ouvido falar ou responderam de forma inadequada (93,9%), enquanto pouquíssimos responderam de forma adequada (6,1%).

Pós-teste: Alguns deixaram em branco, nunca tinham ouvido falar ou responderam de forma inadequada (57,4%), enquanto houve uma melhora nas respostas adequadas (42,6%).

Enfim, percebemos ao analisar os resultados do pré-teste e do pós-teste desta etapa inicial, que os alunos não possuem uma estrutura de subsunçores sólida relacionados à temática da FPE. O conhecimento que eles possuem são provenientes muitas das vezes de notícias da mídia em geral (internet, jornais, revistas...).

Percebemos também que mesmo após o jogo digital, o vídeo, os slides e os diálogos das aulas, muitos alunos tiveram um forte apego aos conceitos relacionados à física clássica. Ou seja, não conseguiram relacionar de forma efetiva o novo conhecimento proveniente da física moderna com o conhecimento pré-existente da física clássica.

## **2ª Parte:**

No pré-teste, percebemos que a grande maioria dos alunos responderam as perguntas com o conhecimento obtido por meio da física clássica, com as seguintes respostas: átomo com estrutura indivisível (57,6%), prótons (63,6%) elétrons (66,7%) e nêutrons (78,8%) como partículas elementares. Já no pós-teste, percebemos uma leve melhora nos conhecimentos relacionados à FMC, com o aumento da resposta de que o átomo é a menor parte da matéria que caracteriza um elemento químico (12,1% para 31,9%), elétron como partícula elementar porque é indivisível (3,0% para 10,6%), e por fim, próton (9,1% para 36,2%) e nêutrons (6,1% para 19,6%) como partículas formadas por quarks.

## **3ª Parte:**

O que é uma partícula elementar?

No pré-teste a resposta foi bem dividida, que demonstra a dúvida dos alunos, entretanto o maior índice de resposta foi “um conjunto de elétrons” (33,3%). Enquanto que no pós-teste, o maior índice de respostas foi “A menor porção da matéria conhecida” (53,2%).

Como são detectadas as partículas elementares?

No pré-teste, constatamos que o maior índice de respostas foi a opção “Usando um microscópico” (36,4%). Enquanto que no pós-teste, o maior índice de repostas foi a opção que continha “Por observações indiretas” (80,9%)

O que é um quark?

No pré-teste, a resposta foi dividida em alunos que não sabiam (33,3%) e “Uma partícula elementar que constitui a matéria” (33,3%). Enquanto que no pós-teste, verificamos uma diminuição considerável de alunos que não sabiam (6,4%), e um índice maior de alunos que marcaram a opção “Uma partícula elementar que constitui a matéria” (40,4%).

O que é um lépton?

No pré-teste, a maioria não sabia (54,5%), mas alguns ainda marcaram a opção “Uma característica das partículas elementares” (27,3%). Enquanto que no pós-teste, a resposta foi bem dividida entre: “Um conjunto de elétrons” (23,40%), “Uma característica das partículas elementares” (27,7%) e “Uma partícula elementar que constitui a matéria” (34,0%).

O que é o modelo padrão?

No pré-teste as respostas ficaram divididas em: “Uma teoria que unifica as interações” (16,2%), “A teoria mais simples para explicar a natureza” (21,2%) e àqueles que não sabiam (36,4%). Enquanto que no pós-teste, a resposta também ficou bastante dividida em: “Uma teoria sobre as partículas elementares baseada da física clássica” (21,3%), “Uma teoria baseada na intuição dos cientistas” (25,5%) e “A teoria mais simples para explicar a natureza” (31,9%).

Quais são as interações fundamentais?

No pré-teste a maioria responder de forma adequada (51,5%). Após o pós-teste, o índice de alunos que responder de forma adequada aumentaram (59,6%).

Quais são partículas mediadoras?

No pré-teste, a resposta ficou dividida entre os alunos que não sabiam (30,3%), partículas alfa e beta (24,2%) e partículas positiva, negativas e neutras (21,2%). Já no pós-teste, percebemos a diminuição de alunos que não sabiam (6,4%) e o aumento da resposta adequada “Fótons, glúons, partículas Z e W e o gráviton” (55,3%).

O que seria o gráviton?

No pré-teste, a resposta ficou dividida entre os alunos que não sabiam (42,4%), a opção “Partícula mediadora da interação gravitacional” (30,3%). Já no pós-teste, percebemos a diminuição de alunos que não sabiam (12,8%) e o aumento da resposta adequada “Partícula mediadora da interação gravitacional” (68,1%).

O que é o bóson de Higgs? No pré-teste, a resposta ficou dividida entre os alunos que não sabiam (30,3%), a opção “É a chave para explicar a origem da massa...” (42,4%). Já no pós-teste, percebemos a diminuição de alunos que não sabiam (4,3%) e o aumento da resposta adequada “Recentemente confirmada, é uma partícula elementar prevista pelo modelo padrão...” (63,6%).

O que é o LHC?

No pré-teste, a resposta ficou dividida entre os alunos que não sabiam (63,6%), a opção “É um acelerador de partículas ...” (24,2%). Já no pós-teste, percebemos a diminuição de alunos que não sabiam (10,6%) e o aumento da resposta adequada “Partícula mediadora da interação gravitacional” (63,6%).

Após analisar os dados obtidos nesta parte do questionário, percebemos que no pré-teste, a grande maioria dos alunos nunca tinham ouvido falar em Física de Partículas Elementares, ou seja, houve uma grande porcentagem de alunos que marcaram a opção “não sei”. Entretanto, verificamos no pós-teste, uma melhoria significativa nas respostas relacionadas à FPE, não atingimos a totalidade, mas a maioria dos alunos conseguiram responder de forma adequada as perguntas de conhecimentos específicos da Física de Partículas.

Após algumas sondagens, percebemos que a grande maioria dos alunos estavam muito mais seguros em responder o pós-teste em comparação com o pré-teste. Ouvimos vários comentários da importância dos conceitos adquiridos no jogo, vídeo e aulas expositivas para responder de forma mais eficiente o pós-teste.

Enfim, após análises entre o pré-teste e pós-teste, apesar da dificuldade que os alunos tiveram em relacionar um conhecimento novo a um pré-existente, podemos concluir que conseguimos captar alguns indícios de aprendizagem significativa (Moreira, 2012).

Todavia, vale destacar que a dificuldade de aprendizado foi muito maior na passagem de conceitos clássicos para modernos, pois eles tiveram muito mais facilidade na aprendizagem em temas prioritariamente moderno. Assim, percebemos que é muito mais difícil desconstruir um conceito para depois reconstruí-la do que assimilá-la a partir zero.

A aplicação do jogo “Em Busca do Bóson de Higgs” ocorreu em dois momentos. A primeira aplicação ocorreu na terceira aula logo após o pós-teste e teve como objetivo principal despertar interesse e motivar os alunos para a aprendizagem de temas relacionadas à FPE. Enquanto a segunda aplicação, que aconteceu na oitava aula (antes da aplicação do pós-teste), teve um caráter revisional e de fechamento dos conteúdos abordados.

Por ser um tema relativamente novo para a grande maioria do público-alvo, a primeira aplicação do jogo funcionou como uma espécie de organizador prévio<sup>9</sup>, pois o jogo teve um caráter introdutório e capaz de fornecer algumas “ideias âncora” relevante para a aprendizagem.

Percebeu-se que na primeira aplicação, os alunos estavam começando a se familiarizar com a ferramenta, e com o passar do tempo, eles começaram a entender a dinâmica e a jogabilidade envolvida no jogo. Entretanto, esta familiarização demandou um certo tempo de contato com o game, assim, percebemos que nesta primeira aplicação alguns alunos não conseguiram finalizar em tempo hábil.

A narrativa do jogo tem uma certa bagagem de leitura, e muitos dos termos apresentados na narrativa são complicados, demandando bastante concentração para assimilá-los. Contudo, percebemos que alguns alunos ficaram desmotivados devido à carga de leitura e à grande quantidade de termos complexos.

Por demandar acesso à internet para executar o jogo, algumas máquinas na escola apresentaram problemas técnicos, para resolver este impasse, os alunos foram remanejados para outras máquinas afim de realizar a atividade proposta com sucesso.

Durante a aplicação do jogo, a grande maioria dos alunos ficaram concentrados e realizaram a atividade até o final. Percebemos que até os alunos que eram considerados “indisciplinados”, conseguiram ficar concentrados e motivados a concluir o jogo.

Devido ao fato da ocorrência da premiação para as melhores pontuação, pensou-se que os alunos iriam adotar estratégias de caráter individual, todavia, foi percebido que muitos alunos adotaram a estratégia de realizar o jogo de forma coletiva, e desta forma, também se percebeu uma espécie de ajuda mútua entre os membros do grupo com a finalidade de se obter a maior pontuação possível.

A realização da segunda aplicação ocorreu de forma muito mais tranquila, os alunos já estavam acostumados com a dinâmica do game e terminaram em bem menos tempo. Alguns até realizaram as atividades extras, fato que praticamente não ocorreu na primeira aplicação. Houve uma percepção de certa melhora na pontuação entre a primeira e segunda aplicação do jogo. Este fato provavelmente aconteceu devido ao acúmulo de informações obtidas por meio das atividades anteriores.

Após a realização dos jogos digitais sobre Física de Partículas Elementares, nos estudos já realizados em escolas públicas brasileiras, foi percebido que os alunos não possuem uma estrutura de subsunçores sólida relacionados à temática da FPE. O conhecimento que eles possuem são provenientes muitas das vezes de notícias da mídia em geral (internet, jornais, revistas).

---

<sup>9</sup> Segundo Moreira (2012), quando o aluno não possui subsunçores em sua estrutura cognitiva, uma solução possível para a aprendizagem é a utilização dos organizadores prévios.



No entanto, foi percebido que mesmo após o jogo digital, com o apoio de vídeos, *slides*, e os diálogos das aulas, muitos alunos tiveram um forte apego aos conceitos relacionados à física clássica. Ou seja, não conseguiram relacionar de forma efetiva o novo conhecimento proveniente da física moderna com o conhecimento pré-existente da física clássica.

Antes da aplicação das aulas e do jogo digital, a grande maioria dos alunos nunca tinham ouvido falar em Física de Partículas Elementares. Entretanto, após as aulas expositivas e o jogo digital, houve uma melhora significativa no conhecimento e respostas pelos alunos relacionadas à FPE, não sendo a totalidade, mas a maioria conseguiu responder de forma adequada as perguntas de conhecimentos específicos da Física de Partículas.

Foi percebido em alguns momentos, que a grande maioria dos alunos estavam muito mais seguros em responder os questionamentos antes de ser apresentado o Jogo Digital, desta forma, houve comentários da importância dos conceitos adquiridos no jogo, vídeo e aulas expositivas para responder e finalizar o jogo.

Todavia, vale destacar que a dificuldade de aprendizado foi muito maior na passagem de conceitos clássicos para modernos, pois eles tiveram muito mais facilidade na aprendizagem em termos prioritariamente moderno. Assim, foi percebido que é muito mais difícil desconstruir um conceito para depois reconstruí-la do que assimilá-la a partir do zero.

## 5. Conclusão

Concluimos que, os trabalhos realizados por professores de física utilizando TICs, foi permitido analisar, de forma qualitativa, a efetiva contribuição que estes meios de comunicação e interação podem oferecer para o ensino em sala de aula.

O desenvolvimento metodológico, contextual e epistemológico que a sequência didática sobre o ensino de Física, mais especificamente sobre Física de Partículas Elementares, proporcionou aos alunos um melhor resultado na busca de nosso objetivo: colher informação sobre o ensino das FPE e averiguar o quanto as estruturas cognitivas desses(as) alunos(as) modificaram-se após a realização dos Jogos Digitais.

A apresentação dos Jogos Digitais por docentes, deve inicialmente estes estarem plenamente interagidos e ter conhecimento das TICs à serem utilizadas junto aos alunos, pois, muitos alunos além de não se interessarem pela matéria de física, ainda há àqueles que são distraídos, sendo que suas argumentações são que estão pensando em outras coisas ou simplesmente não se interessaram pelo tema.

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

A teoria da motivação em sala de aula, neste caso específico, foi o Jogo Digital, em primeiro momento, porque todos os alunos já conheciam ou tiveram algum contato com jogos, sejam eles em internet, *smartfone*, entre outros, foram bem aceitas pelos alunos, não havendo unanimidade, no entanto, foram apresentados para este público como sendo mais uma ferramenta de ensino, que poderá auxiliá-lo na sua aprendizagem.

A utilização dos jogos digitais demonstrou possuir um ótimo potencial de contornar, a barreira da desmotivação, desinteresse ou indisciplina na sala de aula. Além do mais, a aprendizagem baseada em jogos digitais não necessariamente depende de um ambiente formal para o aprendizado, visto que ela pode ser utilizada em qualquer lugar e hora, bastando apenas um computador e acesso a internet. Desta maneira, o aprendiz é protagonista de sua própria aprendizagem, pois ele pode evoluir no jogo “em seu próprio tempo e ritmo”.

Acreditamos que a aprendizagem baseada em jogos digitais foi potencializada pela organização da sequência didática no qual foi inserida, já que o jogo digital em si não faz milagre, não é a única solução para todos os problemas. A interação entre métodos de ensino diferentes como: o jogo digital, análise do vídeo e aulas expositivas edificaram a aprendizagem.

Por fim, é bastante válida a aprendizagem baseada em jogos digitais, entretanto, de nenhuma maneira esta é a única

forma de aprendizagem. Este é um método que, combinado com outros métodos, podem se tornar um grande facilitador na aprendizagem até mesmo de conteúdos mais áridos. Além do mais, este tipo de aprendizagem está de acordo com esta e com as gerações futuras.

## Referências

- Abdalla, M. C. B. (2006). *O discreto charme das partículas elementares*. Unesp.
- Almeida, M. E. B. de. (2003). Educação a distância na internet: abordagens e contribuições dos ambientes digitais de aprendizagem. *Educação e Pesquisa*, 29(2), 327-340.
- Arruda, S. M., & Villani, A. (1996) Sobre as Origens da Relatividade Especial: Relações entre Quanta e Relatividade em 1905. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, 13(1), 32-44.
- Bachelard, G. (1991). *A filosofia do não*. Editora Presença.
- BNCC, M. (2017). *BNCC Ensino Médio*. [S.l.]: MEC.
- C.O.M. (2001). Tecnologias de informação e de comunicação no âmbito do desenvolvimento - *O papel das TIC na política comunitária de desenvolvimento*. COMUNICAÇÃO DA COMISSÃO AO CONSELHO E AO PARLAMENTO EUROPEU Bruxelas: 770 p.
- Carelli, G. (2003). O campeão do lazer. *Revista Veja*. São Paulo, 26, nov. Divertimento, p. 92.
- Castro, M.R. de. (2010). Possibilidades das Tecnologias Digitais. In: Castro, M.R. de. *Cultura digital e escola*. Salto para o Futuro. 10, 27-35.
- Coll, C., & Monero, C. (2010). Educação e aprendizagem do século XXI: novas ferramentas, novos cenários, novas finalidades. In: Coll, C., & Monero, C. *Psicologia da educação virtual: aprender e ensinar com as tecnologias da informação e comunicação*. Tradução Naila Freitas. Porto Alegre: Artmed.
- Correia, T. M., Alves, M. F. C., & Correia, T. D. H. M. (2016). Revisão bibliográfica sobre a aplicabilidade educativa e institucional dos jogos digitais. *Redin-Revista Educacional Interdisciplinar*, 5(1).
- Demo, P. (2011). *Metodologia do conhecimento científico*. Atlas.
- Eisberg, R., & Resnick, R. (1979). *Física Quântica: Átomos, Moléculas, Sólidos, Núcleos e Partículas*. Editora Elsevier.
- Fauth, A. C., Grover, A.C., & Consalter, D.M. (2010). Medida da vida média do múon. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 32(4), 4502 (1-7).
- Ferreira, M. (2009). *Como usar a música na sala de aula*. (3a ed.), Contexto.
- Freire, P. (1988). *Pedagogia do Oprimido*. Paz e Terra.
- Godoy, A S. (1995). Pesquisa Qualitativa: tipos fundamentais. *Revista de Administração de Empresas*, 35(3), 20-29.
- Guimarães, O., Piqueira, J.R., & Carron, W. (2014). *Física 3*. Editora Ática.
- Heidemann, L.A., Oliveira, Â.M.M.D., & Veit, E.A. (2021). Ferramentas online no ensino de ciências: uma proposta com o google docs. *Física na escola*. 11(2), 30-33.
- Hewitt, P.G. (2002). *Física Conceitual*. (9a ed.), Tradução: Trieste Freire Ricci e Maria Helena Ravina. Editora Bookman.
- Kenski, V.M. (2011). *Educação e tecnologias: o novo ritmo da informação*. (5a ed.), Papirus.
- Lévy, P. (2011). *A inteligência coletiva: por uma antropologia do ciberespaço*. Tradução Luiz Paulo Rouanet. Loyola.
- Marconi, M. D. A., & Lakatos, E. M. (2003). Fundamentos de metodologia científica. (5a ed.), Atlas.
- Martins, A. S. (1999). Simetrias e Leis de Conservação na Mecânica Clássica. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 21(1), 33-39.
- Moran, J. M. (2011). Ensino e aprendizagem inovadores com tecnologias audiovisuais e telemáticas. In: Moran, J.M; Masetto, M.T.; Behrens, M.A. *Novas tecnologias e mediação pedagógica*. (19a ed.), Papirus.
- Moran, J. M. (1999). Novas tecnologias e o re-encantamento do mundo. *Tecnologia Educacional*, 23(126), 24-26.
- Moreira, M. A. (2009). *Aprendizagem Significativa Crítica*. (2a ed.), Editora Universidade de Brasília.
- Moreira, M. A. (2019). O conceito de simetria na Física. *Revista do Professor de Física*. 3(2), 1-8.
- Moreira, M. A. (2004). Partículas e interações. *Física na escola*. 5(2), 10-14.
- Moreira, M. A. (1999). *Teorias de Aprendizagem*. EPU.
- Moreira, M. A. (2011). Unidades de enseñanza potencialmente significativas-ueps. *Aprendizagem Significativa em Revista*, 1(2), 43.

- Nascimento, K. S., Stamberg, C. S., & Lemke, C. E. (2017). Jogos educacionais: revisão bibliográfica com base em trabalhos publicados no cined. *Informática na educação: teoria & prática*, 20(3).
- Nitzke, J. A., Carneiro, M. L. F., & Franco, S. R. K. (2002). Ambientes de Aprendizagem Cooperativa Apoiada pelo Computador e sua Epistemologia. In: *Informática na Educação: teoria & prática*. Porto Alegre: UFRGS. Programa de Pós-Graduação em Informática na Educação.
- Novaes, M., & Studart, N. (2016). *Mecânica Quântica Básica*. Editora Livraria da Física.
- Nussenzweig, H. M. (1997). *Curso de Física básica: eletromagnetismo*. Editora Blücher.
- Odorico, E. K., Nunes, D. M., Moreira, A., Oliveira, H.M., & Cardoso, A. (2022). *Análise do não uso do laboratório de informática nas escolas públicas e estudo de caso*. In: Anais do Workshop de Informática na Escola. 1(1).
- O’Lunaigh, C. (2022). *New results indicate that new particle is a higgs boson*. CERN-2013. <<http://home.cern/about/updates/2013/03/new-results-indicate-new-particle-higgs-boson>>.
- Oliveira, I. S. (2010). *Física Moderna para iniciados, interessados e aficionados*. (2a ed.), Editora Livraria da Física.
- Penteado, M. G. (1999). Novos atores, novos cenários: discutindo a inserção dos computadores na profissão docente. In: BICUDO, M.A.V. *Pesquisa em educação matemática: concepções e perspectivas*. São Paulo: Unesp, p.297.
- Pereira, M. G. C. B. (2009). *A Relação dos Jovens com as TIC e o Factor Divisão Digital na Aprendizagem*. X Congresso Internacional Galego-Português de Psicopedagogia. ACTAS. Braga: Universidade do Minho.
- Pinheiro, L. A., & Costa, S. (2021). Relato sobre a implementação de uma de aprendizagem sobre partículas elementares e interações fundamentais no ensino médio. *Experiências em Ensino de Ciências*, 12(9), 101-116.
- Polato, A. (2019). Tecnologia + conteúdos = oportunidades de ensino. *Revista Nova Escola*. 223, 50.
- Porto, T.M.E. (2006). As tecnologias de comunicação e informação na escola; relações possíveis... relações construídas. *Revista Brasileira de Educação*, 11(3)1.
- Prensky, M. (2012). *Aprendizagem baseada em jogos digitais*. São Paulo: SENAC, p. 575.
- Prensky, M. (2001). *Digital natives, digital immigrants*. On the Horizon. NBC University Press, 9(5).
- Prensky, M. (2006). *Digital natives, digital immigrants*. On the Horizon. NBC University Press, 14(11).
- Santos, A. F. (2015). *Lavoisier nos livros didáticos: uma Análise à Luz da História da Ciência*. 2015. 105 f. Dissertação (Mestrado em História da Ciência) - Pontifícia Universidade Católica de São Paulo.
- Silva, M. G. P. (1996). *Comunicação tem remédio: a comunicação nas relações interpessoais em saúde*. Gente.
- Silveira, M. P., & Kiouranis, N. M. M. (2008). *A música e o ensino de química*. *Química nova na escola*, 28, 28-31.
- Siqueira, M., & Pietrocola, M. (2005). *Revisando materiais em ensino médio sobre o tema física de partículas elementares*. V ENPEC-Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino em Ciências, Bauru.
- Teixeira, S. A. (2011). *Fazendo pesquisa escolar na Internet*. 175 p. Dissertação (Programa de Pós-graduação em Estudos Linguísticos) –Universidade Federal de Minas Gerais, UFMG: Belo Horizonte.
- Tori, R. (2010). *Educação sem distâncias: as tecnologias interativas na redução de distâncias em ensino aprendizagem*. São Paulo: SENAC.
- Van Der Berg, E., & Hoekzema, D. (2006). Teaching conservation laws, symmetries and elementary particles with fast feedback. *Physics Education*, 41(1), 47-56
- Vieira, C. L., & Videira, A. A. P. (2011). O papel das emulsões nucleares na institucionalização da pesquisa em física experimental no Brasil. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 33(2), 1-11.
- Vilela, L.R. (2007). A formação de educadores na Era Digital. *Educação Temática Digital*, 8(2), 12-22.