

PROPOSTA DE UMA ABORDAGEM DE CONCEITOS DO MODELO-PADRÃO DE FÍSICA DE PARTÍCULAS SOB A PERSPECTIVA DA CULTURA MAKER UTILIZANDO A IMPRESSORA 3D E A MÁQUINA DE CORTE A LASER

Francisco Levi Pereira Braga¹
Luiz Paulo Fernandes Lima²
Gylly Peterson Fernandes Lima³
Francisco Herbert Lima Vasconcelos⁴

RESUMO

Os avanços tecnológicos fazem-se presentes em todos os setores da sociedade, logo, a educação não poderia ficar de fora. O ensino tradicional que perdura, desde os séculos passados, vem mostrando, há tempos, sinais de fracasso e, na disciplina de Física, não é diferente, pois muitas vezes o aluno entende que esta é uma matéria escolar resumida a fórmulas matemáticas, sem perceber que ela é crucial para tais avanços tecnológicos. Por isso, propõe-se, neste trabalho, uma metodologia que utiliza equipamentos de fabricação digital que podem auxiliar no aprendizado de conceitos de um assunto específico da Física Moderna: o Modelo-Padrão da Física de Partículas. Além disso, é sugerida a aplicação da pesquisa-ação com uma sequência de quatro fases que o professor pode utilizar como referência teórica e prática. Como suporte pedagógico é oferecida a perspectiva da Cultura Maker, segundo a qual o aluno terá que colocar a sua “mão na massa” para obter objetos reais feitos na impressora 3D e na máquina de corte a laser, representando algumas das partículas principais que fazem parte do mundo subatômico e formam toda a matéria existente no nosso universo, mostrando o quanto a Física pode ser fascinante desde que abordada da melhor forma e de acordo com a realidade de cada aluno, permitindo-o perceber a importância do seu papel no seu próprio processo de aprendizagem.

Palavras-chave: Cultura Maker, Física de Partículas, Impressora 3D, Corte a laser, Novas metodologias.

INTRODUÇÃO

As tecnologias que nos permitem receber e absorver as mais diferentes informações que chegam praticamente de forma instantânea, independentemente de sua origem, fazem com que o ser humano interaja de diferentes maneiras com o mundo que o cerca e, se falamos de mundo, falamos também de educação.

¹ Doutorando em Ensino de Ciências e Matemática do programa RENOEN da Universidade Federal do Ceará - UFC, professorlevibraga@proton.me;

² Doutorando em Ensino de Ciências e Matemática do programa RENOEN da Universidade Federal do Ceará - UFC - CE, luiz.lima@ifce.edu.br;

³ Mestre em ensino de Física pelo programa MNPEF da Universidade Estadual do Ceará - UECE, prof.peter@hotmail.com;

⁴ Professor orientador: Doutor, PPG Ensino de Ciências e Matemática (REDE) - UFC, hebert@virtual.ufc.br.

Assim, as metodologias de ensino devem sofrer o impacto dos avanços tecnológicos para se adequar da melhor forma, possibilitando que o aluno se torne um cidadão crítico capaz de construir seu próprio conhecimento, divergindo dos métodos clássicos que remetem a períodos anteriores ao século XX. Então, nada mais justo que o aluno coloque a “mão na massa” com o “faça você mesmo”, termos que fazem parte de um movimento chamado de *Maker* (Cordeiro, 2019).

Com tantas possibilidades que a cultura *Maker* permite, observando as evoluções tecnológicas e sabendo que a ciência é dinâmica e sempre em constante transformação, estranha-se que ainda se ensine por métodos tradicionais e retrógrados, contendo aspectos dos séculos passados. É importante ter em mente, no que concerne ao ensino de Física que, para além da mecânica newtoniana, há outros ramos que necessitam de inclusão no currículo e nas aulas, como é o caso da Física Moderna e Contemporânea (FMC).

O conteúdo do currículo de Física nas escolas mostra uma pobreza em comum que é a divisão dos assuntos em tópicos clássicos: mecânica, termologia, ondulatória e eletromagnetismo que segue uma sequência lógica com o decorrer dos anos no ensino médio, refletido nos livros didáticos (Ostermann, 2000).

Este quadro nos leva a refletir sobre o papel do professor na sala de aula, como ele poderia relacionar os avanços tecnológicos com seus conteúdos e de que maneira ele poderia trazer a cultura *Maker* como metodologia de ensino para novos assuntos.

Assim, este trabalho oferece como objetivo de pesquisa uma proposta para abordar alguns conceitos do Modelo-Padrão da Física de Partículas sob uma perspectiva da cultura *Maker*, utilizando equipamentos de fabricação digital, como a impressora 3D e a máquina de corte a laser.

Com os equipamentos supracitados, o aluno terá a possibilidade de vivenciar não apenas uma aula com caráter exclusivamente tradicional, mas também manusear equipamentos disponíveis em uma oficina *Maker* e vislumbrar o produto dessas máquinas, corroborando com os conceitos de Física de Partículas abordados pelo professor. Com isso o discente poderá ter um papel de suma importância no seu próprio processo de aprendizagem, não sendo apenas um mero receptor de informações.

REFERENCIAL TEÓRICO

O Modelo-Padrão da Física de Partículas nos mostra os tipos de partículas elementares, ou não, que formam toda a matéria do universo, e como elas interagem. De certo modo, não

trata-se exatamente de um modelo e sim de uma teoria. Nela, existe a divisão de algumas famílias, dentre elas os *léptons* e *quarks* (partículas realmente elementares). Já as partículas que podem apresentar uma estrutura interna, são definidas como *hádrans* que, por sua vez, têm uma outras classificações: os *bárions* (formados por três quarks ou três antiquarks) e os *mésons* (formados por um quark e um antiquark) (Moreira, 2009).

Ainda segundo Moreira, existem seis tipos de quarks: *down* (d), *up* (u), *strange* (s), *bottom* (b), *charm* (c) e o *top* (t), e seis tipos de léptons: *elétron* e o *neutrino do elétron*, *múon* e o *neutrino do múon*, *tau* e o *neutrino do tau*. Cada quark pode apresentar uma propriedade chamada *cor*, e suas respectivas antipartículas, assim como os quarks, os léptons também apresentam essas antipartículas. Deve-se deixar claro aqui que o termo cor usado anteriormente, não se refere a cor estudada na óptica geométrica, mas trata-se de uma propriedade que pode ser comparada com a carga elétrica, e a antipartícula está relacionada com uma partícula idêntica a sua original, diferenciando-se pelo fato de ter carga oposta.

Na natureza, existem quatro forças fundamentais: a força forte, a fraca, a eletromagnética e a força gravitacional, e cada uma é mediada por uma partícula chamada de *bóson*. A força forte é mediada pelo *glúon*, a fraca por três *bósons* chamados de W^+ , W^- e Z^0 , enquanto a força eletromagnética é mediada pelo *fóton*, e por fim, a força gravitacional seria mediada pelo *gráviton*. De todas essas citadas, apenas a última ainda não foi detectada (Abdalla, 2005).

Uma outra partícula que acabou ficando muito famosa foi o bóson de Higgs, em homenagem ao físico Peter Higgs, ganhador do prêmio Nobel em 2013, que previu sua existência em 1964. Esse bóson teve existência comprovada em 2012 no CERN (Centro Europeu de Pesquisa Nucleares) em um dos experimentos do LHC (Large Hádrion Collider). Trata-se de um mecanismo chamado de campo de Higgs que, de acordo com a interação com tal campo, vai gerar massa para outras partículas existentes (Rosenfeld, 2002).

A mecânica quântica é responsável pelos mais diversos avanços tecnológicos, porém a física abordada em sala de aula ainda não corresponde a esse fato, por se tratar muitas vezes da mecânica clássica, que vale ressaltar tem papel muito importante no processo de aprendizagem, mas sua exclusividade pode trazer uma lacuna devido à realidade atual. Com tantos fatores que mostram a evolução das ciências e das tecnologias, torna-se necessário que o ensino de Física mostre suas fundamentais contribuições no progresso tecnológico. É interessante comentar que a Física ensinada atualmente ainda é muito vislumbrada no seu aspecto clássico, isto é, uma física estudada antes do século XIX.

Com isso o uso das tecnologias pode aprimorar, desde que feito de maneira adequada, as aulas de Física de Partículas, e o ambiente escolar é o principal local para que as Tecnologias da Informação e Comunicação (TDIC) possam ser cada vez mais inseridas no mundo e no contexto social. Assim, ressalta-se que as tecnologias digitais, na cultura atual, acarretam novos modos de expressão e comunicação, assim como novas pesquisas e campos de estudos (Almeida, 2011).

As mídias digitais criaram um cenário, por volta dos anos 1990 e 2000, que permitiu o surgimento de um movimento intitulado *do it yourself – DIY* ou, também conhecido, *do it with others – DIWO*, que em português significa *faça você mesmo* e *faça com os outros*, respectivamente. Hoje, esse movimento leva o nome de *Movimento Maker*, fruto da organização e dos pensamentos convergentes de pessoas diferentes (Gavassa, et al, 2016). Uma das principais características desse movimento é o desenvolvimento de projetos a base de materiais acessíveis e sustentáveis, além disso, eles mantêm uma relação bastante íntima com engenharia e com robótica e, como consequência, com linguagem de programação, oferecendo a possibilidade de uma fabricação digital, que pode ser realizada, por exemplo, em uma impressora 3D (Dellagnelo, 2017).

A maneira a qual vivemos hoje vem sendo modificada diariamente devido aos avanços tecnológicos e as inúmeras possibilidades de comunicações e informações que alguns aparelhos eletrônicos podem fornecer. As tecnologias conseguem mediar a aprendizagem de acordo com o seu tempo, mas faz-se necessário que sejam utilizadas de forma adequada de acordo com os objetivos de ensino e com os suportes tecnológicos que melhor se adequem a tais objetivos (KESNKI, 2003).

Dentre a gama de tecnologias existentes, a prototipagem ou impressão 3D permite que se criem os mais diversos objetos que atendam a mais variados projetos. Inicialmente é elaborado um arquivo de forma virtual em três dimensões para que possa ser utilizado em uma impressora 3D (GRETSCHE et al., 2014). Podemos considerar a impressão 3D como “um grupo de tecnologias que utiliza uma abordagem camada por camada para criar objetos da base ao topo” (VENTURA, et al., 2021. p. 360). É possível, através dela, criar objetos físicos tridimensionais, tendo como ideia inicial um modelo digital elaborado por um programa computacional, caracterizando a “*Rapid Prototyping*” (Gibson et al., 2010).

Os protótipos rápidos possibilitam uma tradução de arquivos CAD 3D em modelos físicos palpáveis, e outra maneira de obtê-los é, também, utilizando a cortadora a laser. A partir da subtração de material, é possível esculpir as mais variadas figuras obtidas de desenhos em duas dimensões no computador, e como são desenhados no plano, possibilita-se o encaixe de

outros objetos depois de sua fabricação. Dentre os materiais com os quais a máquina de corte a laser pode funcionar, podemos destacar: MDF, acrílico, plásticos, dentre outros (Florio, 2008).

METODOLOGIA

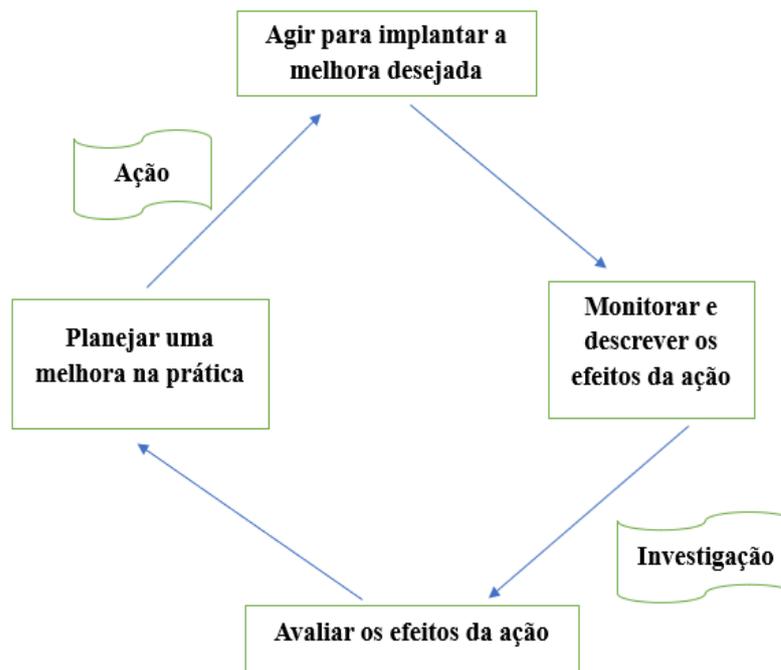
É fato que a escassez e a falta de políticas públicas voltadas para implementação de espaços Maker nas escolas pode tornar a proposta aqui descrita inviável, porém é importante que novas ideias já sejam disponibilizadas, possibilitando a capacitação e a utilização destes espaços quando eles surgirem.

Das inúmeras metodologias e teorias que podem auxiliar o professor na aplicação deste projeto dentro da cultura Maker, sugere-se a metodologia da pesquisa-ação, começando com o reconhecimento, que segundo Tipp:

[...] é uma análise situacional que produz ampla visão do contexto da pesquisa-ação, práticas atuais, dos participantes e envolvidos. Paralelamente a projetar e implementar a mudança para melhora da prática, o reconhecimento segue exatamente o mesmo ciclo da pesquisa-ação, planejando como monitorar e avaliar a situação atual, fazendo isso e, a seguir, interpretando e avaliando os resultados a fim de planejar uma mudança adequada da prática no primeiro ciclo de pesquisa-ação de melhora. (TRIPP, 2005, p. 453)

Segundo o autor, é muito importante que exista um reconhecimento da pesquisa-ação como um das várias maneiras da própria investigação-ação, sobre a qual podemos determinar quatro fases representadas na figura 1.

Figura 1 – Fases do ciclo básico da investigação-ação.



Fonte: própria e adaptada de Tripp. (2005)

✓ Planejar uma melhora na prática: aqui o professor deve observar as dificuldades impostas no ensino de Física de Partículas (FP) como currículo da disciplina defasado, que muitas vezes aborda apenas a mecânica clássica. Além disso, deve pensar como irá utilizar a impressora 3D e a máquina de corte a laser para auxiliar no ensino de FP.

✓ Agir para implantar a melhora desejada: o docente deve ater-se a uma breve introdução aos conceitos do assunto, porém deve deixar a cargo do aluno a pesquisa e apresentação das partículas principais que formam o Modelo-Padrão (família dos quarks, léptons e bósons). É indispensável que o professor domine as ferramentas digitais para executar essa prática: o programa *Tinkercard*, a impressora 3D e a máquina de corte a laser.

✓ Monitorar e descrever os efeitos da ação: deve-se acompanhar de forma ininterrupta a ação dos alunos durante a criação de modelos 3D das partículas escolhidas para a impressão e as figuras para o corte a laser, que pode ser feito, por exemplo, em folhas de MDF.

✓ Avaliar os efeitos da ação: aplicação de um teste para uma amostra de alunos que tiveram apenas aulas expositivas e para alunos que manusearam os equipamentos da oficina Maker.

A sugestão inicial deste artigo é que seja escolhida uma pequena parcela da teoria do Modelo-Padrão de Física de Partículas devido a sua complexidade e extensão de termos e

definições. Tal parcela se limitaria à família de quarks (up, down, strange, bottom, charm e top) léptons (elétron e seu neutrino, múon e o neutrino do múon, tau e o neutrino tauonico) e os bósons mediadores (glúon, fóton, bósons W^+ , W^- e Z^0). O professor deverá fazer uma breve introdução histórica e teórica, deixando a cargo dos alunos pesquisarem quais partículas integram as famílias citadas anteriormente.

O professor e, posteriormente os alunos, devem se familiarizar com o programa Tinkcard que permite a modelagem de objetos 3D e, com a ajuda do programa *Ultimaker Cura*, realizar o fatiamento seguido da impressão do modelo criado ou selecionado. Uma opção bastante interessante é a apresentação do site *thingiverse* que disponibiliza vários modelos já prontos de objetos 3D das mais diversas áreas de conhecimento. A partir disso, os discentes podem se dividir em grupos e criar um modelo em três dimensões para cada partícula do Modelo-Padrão selecionada e estudada.

Cita-se, como exemplo, o bóson de Higgs como um modelo pronto no site do *thingiverse* (Figura2).

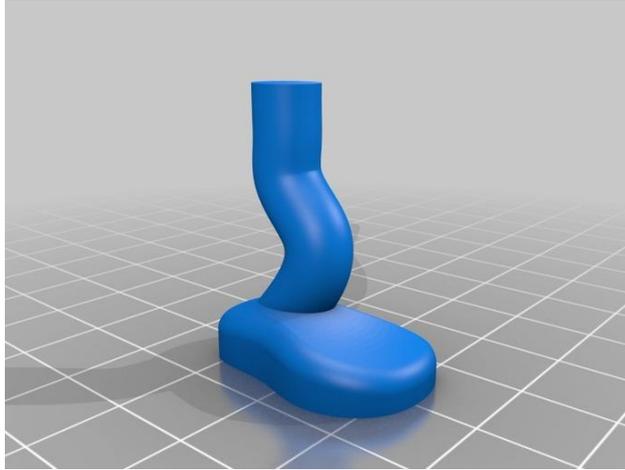
Figura 2 – Objeto em 3D que pode representar o bóson de Higgs.



Fonte: <https://www.thingiverse.com/thing:26576>

O professor e seus alunos poderão observar que o site disponibilizará o download das partes do objeto que servirão de encaixe, formando o bóson de Higgs por completo. A figura 3 mostra o pé direito para o download.

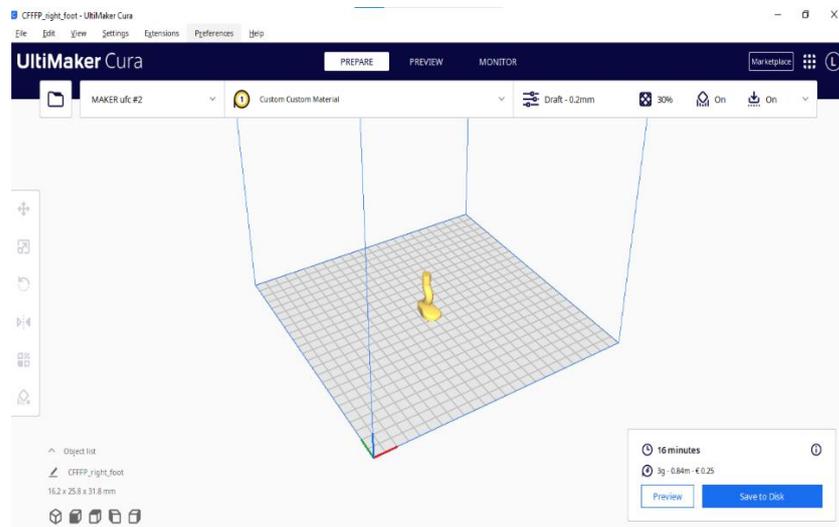
Figura 3 – pé direito do bóson de Higgs para download.



Fonte: <https://www.thingiverse.com/thing:26576>

Depois de baixar o arquivo, os alunos farão a caracterização da impressão no programa *Ultimaker Cura*. O professor orientará a fazer o fatiamento da peça onde aparecerá o tempo necessário para a sua impressão (Figura 4).

Figura 4 – Pé direito do bóson de Higgs já fatiado.



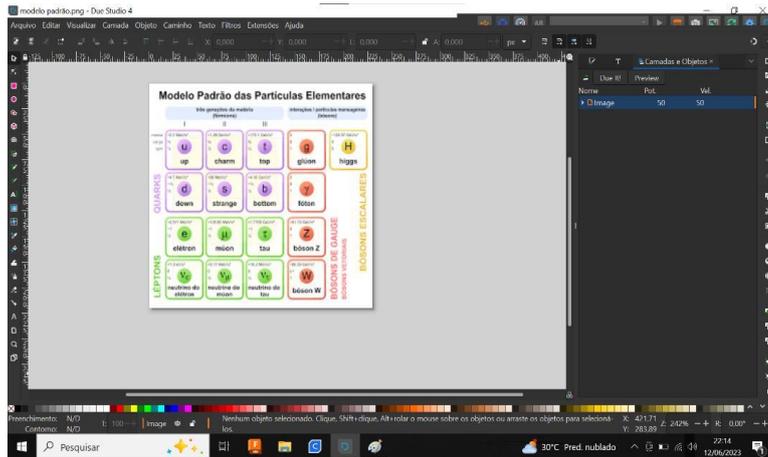
Fonte: Os autores (2023)

Cada parte do objeto tridimensional pós-fatiamento poderá ser salva em um pendrive e colocada na impressora 3D. O aluno deverá imprimir todas as partes, separadamente ou por completo e, em seguida, realizar a montagem do modelo pronto.

Pode-se exemplificar outra possibilidade de fabricação digital com o uso da máquina de corte a laser para o ensino do Modelo-Padrão (MP), e fazendo o corte de uma folha de MDF com as famílias que o formam, para isso sugere-se a utilização do programa *Due Laser Flow*.

Após uma busca rápida na internet orientada pelo professor, o aluno poderá achar diversos formatos das partículas que formam o MP. Após a escolha da figura, o aluno irá modelar no programa as suas dimensões, além de caracterizar as informações de gravação e corte que permitirá o uso adequado da máquina (figura 5).

Figura 5 – Um modelo de representação das famílias que formam o Modelo-Padrão da Física de Partículas inserido no programa Due Laser Flow.



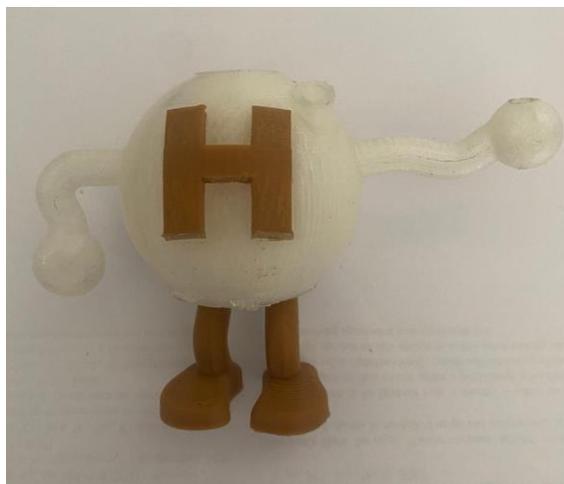
Fonte: Os autores (2023)

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A pretensão deste trabalho é fazer com que os alunos possam vislumbrar um assunto não tão disseminado no currículo de Física: o Modelo-Padrão da Física de Partículas, diferenciando um pouco das disciplinas clássicas que algumas vezes são apresentadas e resumidas a fórmulas matemáticas. Além disso, outro fator interessante da proposta é que a abordagem não fique resumida apenas ao método tradicional de ensino em que o professor apenas seja o detentor e o disseminador do conhecimento, deixando a figura do aluno apenas como receptor das informações.

O resultado da impressão do objeto que serve para representar o bóson de Higgs pode ser observado na figura 6, fruto da montagem da partícula depois da impressão de cada parte.

Figura 6 - Objeto que pode representar o bóson de Higgs montado após a impressão de suas partes.

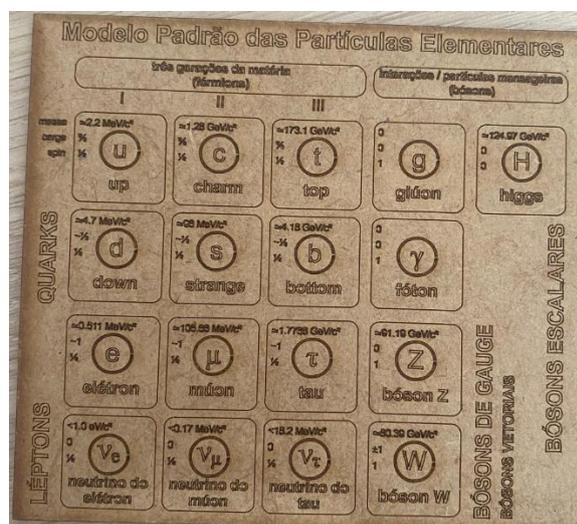


Fonte: própria (2023)

Perceba que o manuseio da impressora e da máquina de corte a laser tem um potencial pedagógico muito rico, já que permite que o aluno possa construir modelos tridimensionais com equipamentos modernos, colocando de maneira real a “mão na massa”, além de utilizar programas específicos para a construção do produto, e de vislumbrar o resultado de sua pesquisa de maneira concreta, ajudando na sua aprendizagem.

Na figura 7, está o resultado do produto feito pela máquina de corte a laser, nela, o Modelo-Padrão da Física de Partículas fica muito bem representado em uma simples folha de MDF, tornando mais palpável a família de partículas que o forma.

Figura 7 – Modelo-Padrão das Partículas Elementares feito na máquina de corte a laser.



Fonte: Própria (2023)

Por ser um assunto pertencente à Física Moderna e Contemporânea, as opções de recursos pedagógicos podem se tornar limitados e recentes, demonstrando a importância da capacitação dos profissionais da educação com as novas tecnologias digitais disponíveis. Fato esse que reforça a importância de que tais tecnologias possam ser usadas de forma adequada para a real melhoria do processo de ensino-aprendizagem.

De acordo com eventuais testes aplicados pré e pós-projeto aqui proposto, o professor poderá mensurar um pouco a curva de aprendizagem dos seus estudantes, fazendo com que eles possam conhecer e mudar alguns pré-conceitos sobre a disciplina de Física, percebendo a sua importância no desenvolvimento tecnológico presente em suas vidas diárias.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A Cultura Maker oferece possibilidades para que os alunos possam realmente colocar a “mão na massa” e participar de forma ativa no seu próprio aprendizado. Os avanços tecnológicos não param, eles acontecem a todo o momento em todas as áreas de conhecimentos e as pessoas fazem parte desses avanços, ditando o ritmo da evolução humana e social.

É fato que o “faça você mesmo” em que a Cultura Maker nos apregoa não se resume apenas a equipamentos modernos, como a impressora 3D ou a máquina de corte a laser. Materiais de baixo custo disponíveis no cotidiano das pessoas podem fazer com que os discentes possam manuseá-los de forma adequada no intuito de tornar seu aprendizado real e concreto. Porém os avanços tecnológicos nos trazem equipamentos muito eficientes desde que utilizados de forma correta no contexto pedagógico. Isso talvez barre tanto a falta de investimentos no aspecto humano, quando falamos em formação de professores, como no aspecto físico no que condiz a investimento em oficinas Makers.

Os modelos fabricados e apresentados neste artigo mostram o potencial que a fabricação digital pode trazer para o processo de aprendizagem, no qual os alunos fabricam seus próprios materiais de estudo e carregam consigo suas criações, permitindo interatividade, colaboração e criatividade.

Portanto, há um diálogo e uma complementação de vários trabalhos acadêmicos que também já apontam para uma nova maneira de ensinar, quebrando paradigmas e abrindo um leque de possibilidades para diferenciar o processo de formação de alunos desde suas séries iniciais.

REFERÊNCIAS

- ABDALLA, M.C.B.; **Sobre o Discreto Charme das Partículas Elementares - Física na Escola**, v. 6, n. 1, 2005.
- ALMEIDA, M. E. B., Valente, J. A. (2011). **Tecnologias e Currículo: trajetórias convergentes ou divergentes?**. São Paulo: Paulus.
- CORDEIRO, L.F; GUÉRIOS, S.C.; Paz, D. P. – **Movimento Maker e a Educação: A Tecnologia a Favor da Construção do Conhecimento**. - Revista Mundi Sociais e Humanidades. Curitiba, PR, v. 4, n. 1, 45, jan/jul, 2019.
- DELLAGNELO, L. et al. **Diretrizes de Formação de Professores para o Uso de Tecnologias**. São Paulo: Efex, 2017. Disponível em: Acesso em: 19 abr. 2023.
- FLORIO, W.; TAGLIARI, A. - **O uso de cortadora a laser na fabricação digital de maquetes físicas** – Congresso SIGraDi, 14 Convencion Científica de Ingeniería y Arquitectura, Cuba, 2008.
- GAVASSA, R. C. F. B. et al. **Cultura Maker, Aprendizagem Investigativa por Desafios e Resolução de Problemas na SME - SP (Brasil)**. FLBrazil. V.01, N. 01, 2016.
- GIBSON, I.; STUCKER, B.; ROSEN, D. W. **Additive Manufacturing Technologies: Rapid Prototyping to Direct Digital Manufacturing**. New York: Springer, 2010.
- GRETSCH, K. F., LATHER, H. D., PEDDADA, K. V., DEEKEN, C. R., WALL, L. B., & GOLDFARB, C. A. **Development of novel 3D-printed robotic prosthetic for transradial amputees**. Prosthetics and Orthotics International, 40(3), 400-403, 2016
- KENSKI, Vani M. **Aprendizagem Mediada pela Tecnologia. Diálogo Educacional** - Curitiba, v. 4, n.10, p.47-56, set./dez. 2003.
- MOREIRA, M.A.; **O modelo Padrão da Física de Partículas - Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 31, n. 1, 1306 (2009)
- OSTERMANN, F. **Tópicos de Física Contemporânea em escolas de nível médio e na formação de professores de Física**. Tese de Doutorado. Instituto de Física – UFRGS. 2000
- ROSENFELD, Rogério. **Os 10 anos da detecção do bóson de Higgs: Passado, Presente e Futuro** - Revista Brasileira de Ensino de Física, vol. 44, e20220251 (2022).
- TRIPP, David; **Pesquisa-ação: uma introdução metodológica - Educação e Pesquisa**, São Paulo, v. 31, n. 3, p. 443-466, set./dez. 2005 (Tradução de Lólio Lourenço de Oliveira)
- Ventura, F.C; LOPES, A.M.Z.; MENEZES, C.R.; FAVONI, C.; SANTOS, R.M. - **Uso remoto da impressão 3D no processo de ensino aprendizagem para alunos de uma IES - (XVI SIMPÓSIO DOS PROGRAMAS DE MESTRADO PROFISSIONAL UNIDADE DE PÓS-GRADUAÇÃO, EXTENSÃO E PESQUISA**. São Paulo, 2021)