

UM ESTUDO HISTÓRICO, CONCEITUAL E TEÓRICO DO CAMPO DE HIGGS

Filho, M.V.R.S.¹: Lima, R. de C.²

¹ Discente do Curso de Licenciatura em Física do IFNMG – *Campus Januária*.

² Dr. e Prof. EBTT de Física do IFNMG – *Campus Januária*.

Introdução:

O mecanismo de *Higgs*, proposto em 1964 por Peter *Higgs*, François *Englert* e Robert *Brout*, conhecido por mecanismo *Brout-Englert-Higgs*, é usado para descrever a massa das partículas do Modelo Padrão (MP). O estudo surgiu com análise da força nuclear fraca, onde os bósons vetoriais, W^+ , W^- e Z^0 , então não massivos, decaem em pares de prótons e nêutrons massivos. O teorema de *Goldstone* conseguia explicar, que a quebra de simetria espontânea para uma simetria quiral (simetria onde duas partículas são idênticas) concederia massa para partículas com spins fracionados, no caso o próton e o nêutron, indo contra o princípio da natureza da conservação, já que uma simetria bem definida leva à invariância, ou seja, os resultados medidos em diferentes eventos sempre serão idênticos, isso para leis de conservação (ROSENFELD, 2022).

Seu modelo previa partículas com spin zero e não massivas, onde a sua criação acontece a partir de uma perturbação que ocorria em região de menor potencial (vide Figura 1). Esse tipo de partícula é conhecida como o *bóson de Goldstone*, mas, não havia evidência da existência efetiva deste bóson. A partir dos estudos feitos com o auxílio da TQC (Teoria Quântica de Campos) em 1960, foi incorporada a teoria de *Goldstone* as teorias de calibre (*gauge theories*) junto com o campo de calibre. (ROSENFELD, 2022; SCHWARTZ, 2014). Com a presença desse campo o bóson interagia e era incorporado ao campo de calibre dando assim origem a um novo campo antes sem massa, agora massivo. *Higgs* demonstrou isso de forma simples e em um de seus trabalhos mencionou que uma partícula poderia permanecer após essa interação, ficando assim conhecida como o *Bóson de Higgs*.

O mecanismo de *Higgs* foi aperfeiçoado e aplicado ao problema da força-fraca por *Steven Weinberg*, *Sheldon Glashow* e *Abdus Salam*, esclarecendo o porquê do campo interagente ter massa, uma vez que a força fraca era de pequeno alcance. Com isso foram laureados com o Nobel de física em 1979. Assim os estudos a respeito das propriedades do bóson de *Higgs* começaram a ser estudados (HIGGS, 1964; ROSENFELD, 2022). Por fim, após quase 50 anos de sua proposta teórica, o bóson de *Higgs* foi detectado no *Large Hadron Collider (LHC)* em julho de 2012. Com a comprovação da existência efetiva do bóson de *Higgs* concretizou-se o MP que explica quase todas as interações da natureza, exceto a interação gravitacional.

O objetivo deste trabalho consiste em fazer uma análise revisional associada ao campo de *Higgs*, em sua perspectiva histórica, conceitual e teórica - com o devido formalismo matemático, a partir das bases bem estabelecidas pela Relatividade Restrita (RR), TQC e Física de Partículas. Ao fim, um estudo base para as amplitudes de probabilidade e seções de choque à auto-interação do *Higgs* e de um processo tipo $e^+ e^- \rightarrow HZ^0$ será realizado, com as devidas descrições físicas. Pretendemos atingir um texto fundamentalmente útil para iniciantes à física teórica, nessa área em particular, por meio de um Trabalho de Conclusão de Curso (TCC).



Material e Métodos:

A metodologia abordada é uma revisão de literatura, focando nos conceitos e teoria da RR, TQC e Física de Partículas. Estudos revisados sobre a TQC estão sendo realizados, na qual destaco os principais temas necessários para a aplicação do mecanismo de *Higgs*; estudos aprofundados acerca da equação de *Klein Gordon* e do mecanismo de Higgs estão em andamento. Tendo em vista que a equação de *Klein Gordon* é um “extensão” da equação de *Schrodinger* da mecânica quântica em limites relativísticos, mas, para partículas com spin zero a eq.1 mostra a equação de *Klein* em notação relativística.

$$(\partial_{\mu} \partial^{\mu} + m^2)\varphi = 0 \quad (1)$$

Nessa equação admite-se que as constantes naturais assumem valor um. Com isso é possível fazer o mesmo tratamento que é feito na mecânica quântica para uma partícula relativística e spin zero. A equação 1 é invariante, o que significa que ela pode ser aplicada para descrever um campo real e escalar no caso o campo de *Higgs*.

Resultados e Discussão:

Já temos um estudo revisivo bem amplo em RR e análises parciais em TQC, bases para o mecanismo de Higgs. Cálculos e revisão de resultados estão sendo realizados a partir de artigos e livros presentes na literatura. O projeto em si está em andamento e seus resultados finais serão utilizados como Trabalho de Conclusão de Curso, TCC, e possivelmente sua síntese pode culminar em um artigo do tipo *review* em uma revista nacional de física.

Considerações finais:

Por fim, destaco que este trabalho tende a despertar cada vez mais meu interesse em física teórica uma vez que a quebra de simetria pode nos mostrar como, em partes, deu-se o início de tudo, a partir do *Big-Bang*. Já que, em um estado de menor energia toda a matéria estava condensada em um único ponto, porém, em apenas uma fração de segundos toda a massa e partículas que compõem o modelo padrão se originaram e assim deu-se início a formação de outras partículas. Friso, novamente, que os resultados oriundos deste trabalho de revisão devem gerar um TCC e um futuro *review* num periódico nacional.

Agradecimentos

Agradecemos o apoio ao projeto de pesquisa pela Direção de Pesquisa, Pós-Graduação e Inovação (DPPI) do IFNMG *campus* Januária.

Referências:

- P. Higgs, Physical Review Letters 13, 508 (1964).
ROSENFELD, Rogério. Os 10 anos da detecção do bóson de Higgs: Passado, Presente e Futuro. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 44, 2022.
SCHWARTZ, Matthew D. Quantum field theory and the standard model. Cambridge university press, 2014.



ANEXO I

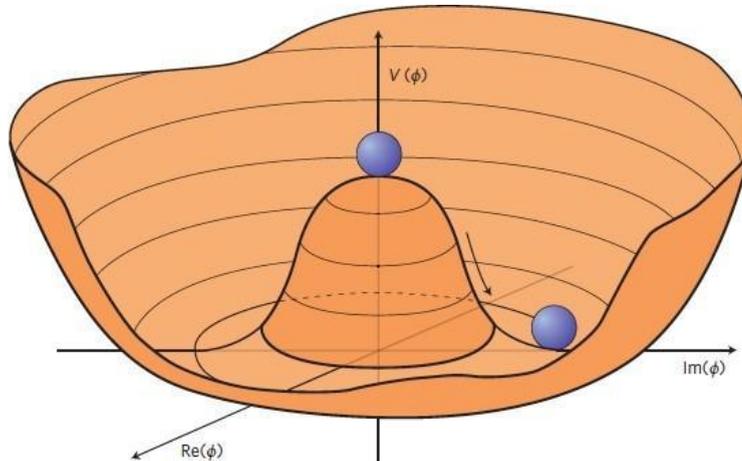


Figura 1: O grau de liberdade é dada pelo vácuo na amba do "chapeu mexicano" onde o Bóson de Goldstone com spin zero e massa nula se acopla com o bóson de calibre que possui spin 1 e massa não nula. O bóson de Higgs corresponde a transição radial entre o topo e a borda. **Fonte:** Imagem retirada de <https://arxiv.org/abs/1504.07217> acesso em 10/09/2023