



**UnB**

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
INSTITUTO DE FÍSICA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO DE MESTRADO  
PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA  
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA**

**Jefferson Rodrigues de Oliveira**

**Games Digitais: Uma Abordagem de Física de  
Partículas Elementares no Ensino Médio**

**Brasília  
2018**



# **Games Digitais: Uma Abordagem de Física de Partículas Elementares no Ensino Médio**

**Jefferson Rodrigues de Oliveira**

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

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Vanessa Carvalho de Andrade

Orientadora

Brasilia - UnB

2018

# “Games Digitais: Uma Abordagem de Física de Partículas Elementares no Ensino Médio”

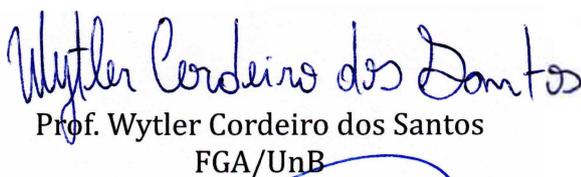
Por  
**Jefferson Rodrigues de Oliveira.**

Dissertação submetida ao Instituto de Física da Universidade de Brasília como parte dos requisitos para a obtenção do grau de Mestre em Física.

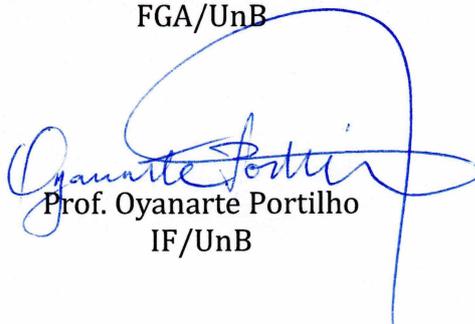
Aprovada por:



Prof.ª Vanessa Carvalho de Andrade  
IF/UnB



Prof. Wytler Cordeiro dos Santos  
FGA/UnB



Prof. Oyanarte Portilho  
IF/UnB



Prof. Dr. Olavo Leopoldino da Silva Filho  
Coordenador do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física  
Instituto de Física

## Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)

### Divisão de Informação e Documentação

Oliveira, Jefferson Rodrigues de  
Games Digitais: Uma Abordagem de Física de Partículas Elementares no Ensino Médio /  
Jefferson Rodrigues de Oliveira.  
Brasília 2018.  
157f.

Dissertação de Mestrado – Curso de Física. Área de Ensino de Física – Universidade de Brasília,  
2018. Orientadora: Prof<sup>ª</sup>. Dra. Vanessa Carvalho de Andrade.

1. Jogos Digitais. 2. Partículas Elementares. 3. Ensino Médio. I. Universidade de Brasília.  
II. Título.

## REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

OLIVEIRA, Jefferson Rodrigues de. **Games Digitais: Uma Abordagem de Física de Partículas Elementares no Ensino Médio**. 2018. 157f. Dissertação de Mestrado – Universidade de Brasília.

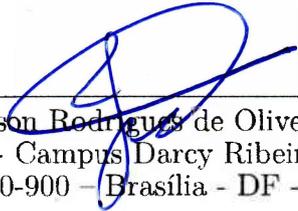
## CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: Jefferson Rodrigues de Oliveira

TÍTULO DO TRABALHO: Games Digitais: Uma Abordagem de Física de Partículas Elementares no Ensino Médio.

TIPO DO TRABALHO/ANO: Dissertação / 2018

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias desta dissertação e para emprestar ou vender cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte desta dissertação pode ser reproduzida sem a autorização do autor.



---

Jefferson Rodrigues de Oliveira  
UnB - Campus Darcy Ribeiro - Asa Norte  
720910-900 - Brasília - DF - Brasil

Dedico este trabalho à minha esposa Raquel e ao meu filho Davi, amores da minha vida e fontes da minha inspiração...

# Agradecimentos

À Deus, criador de tudo.

À minha Família. Minha esposa Raquel por toda paciência e colaboração, pois sem você eu não conseguiria ter forças suficientes para chegar até aqui.

Aos meus pais José e Elena, meus espelhos de sabedoria, agradeço por todos os ensinamentos e pela educação. À minha irmã Ana Caroline, por todo o apoio que me destes.

À minha orientadora Vanessa Carvalho de Andrade, por toda colaboração e parceria desde a época do PET, sou grato pela disponibilidade e pelos conselhos.

Aos meus colegas de mestrado: Mateus Gross, Ricardo Nonato, Letícia, André Chaul, José Alex e Adriana, por todas parcerias e colaborações.

Aos meus grandes professores e mestres: Jaqueline Mendes, Américo Silvano, Antônio Carlos Pedroza, Oyanarte Portilho, Paulo Eduardo Narciso, Arsen Melikyan, Vanessa Carvalho de Andrade, Ronni Amorim e Wytler Cordeiro dos Santos.

À equipe diretiva do Centro Educacional 15 de Ceilândia, por ter apoiado o projeto e incentivado a aplicação do meu produto.

Ao SESI, por ter dado à oportunidade de realizar um curso de capacitação em Salvador no qual foi de suma importância para a escolha do tema deste trabalho.

A Universidade de Brasília, por ter dado a oportunidade de realizar tanto a graduação quanto a pós-graduação.

À Sociedade Brasileira de Física pelo programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física.

À CAPES pelo apoio financeiro.

Enfim, aos meus alunos, pois aprendo muito mais do que ensino...

*“Games exercitam o seu cérebro,  
e se você quer ser esperto,  
precisa se exercitar.”*

— NOLAN BUSHNELL - FUNDADOR DA ATARI

---

## Resumo

Em virtude da escassez de materiais didáticos voltados para a temática da Física Moderna e Contemporânea para o ensino médio, principalmente no que tange à Física de Partículas Elementares (FPE), percebemos a necessidade de elaborar uma sequência didática com o suporte das Tecnologias da Informação e Comunicação (TICs), especificamente, na aprendizagem baseada em jogos digitais. Reparamos também que os estudantes desta geração (conhecidos por nativos digitais), vivem em uma realidade altamente tecnológica. Em relação aos jogos digitais, eles têm acessos de diversas formas: *smartphone*, *tablet*, *notebook*, console, etc. Além de jogarem diversos estilos, tais como: RPG (*Role-Playing Game*), aventura, esporte, estratégia. Por ser uma linguagem próxima do estudante, acreditamos que os jogos digitais: (i) facilitam o engajamento para a aprendizagem; (ii) estão de acordo com as necessidades da geração atual; e (iii) motivam porque são divertidos. Pela natureza de nosso trabalho, consideramos adequado seu embasamento por meio de três referenciais teóricos. O primeiro é David Ausubel, pois a aprendizagem significativa permeia toda a nossa sequência didática, o segundo é Marco Antônio Moreira, pelas suas importantes contribuições na teoria da aprendizagem significativa, enquanto o terceiro é Marc Prensky, por ser um dos grandes entusiastas e divulgadores dos jogos digitais como instrumento de aprendizagem. Desenvolvido em *Scratch* (linguagem de programação e comunidade *on-line* interativa), o jogo tem um estilo de RPG (tipo de jogo em que os jogadores assumem papéis de personagens) e uma dinâmica baseada em *quiz* (conjunto de perguntas e respostas) sobre os conceitos da Física de Partículas Elementares. Formulamos uma sequência didática com um total de 10 aulas (cada aula com uma duração de 45 minutos). O jogo digital foi inserido em dois momentos distintos: o primeiro (início da sequência), que serviu como ferramenta motivadora para a aprendizagem e o segundo (final da sequência), que teve um caráter revisional. Aplicamos esta metodologia em uma escola pública do Distrito Federal localizada na cidade-satélite de Ceilândia. Nosso público-alvo foram estudantes da terceira série do ensino médio regular, cuja faixa etária está entre 17 a 19 anos. Notamos que, apesar de existir uma não aceitação por uma pequena parte dos alunos, a aprendizagem baseada em jogos digitais demonstrou ser um método de grande potencial, pois é estimuladora ao ensinar de maneira completamente diferente de outros métodos. Enfim, acreditamos que uma aprendizagem baseada em jogos digitais está de acordo com as necessidades e estilos de aprendizagem desta geração e das futuras, além de ser motivadora porque é divertida.

**Palavras-Chave:** Ensino de Física, Ensino Médio, Física de Partículas, Aprendizagem, Jogos Digitais.

## Abstract

*Due to the shortage of teaching materials aimed at the teaching of contemporary modern physics for high school students, specially regarding Elementary Particle Physics, we understand that coming up with a didactic sequence, with some help from Communication and Information Technologies, would be necessary ? specifically for learning based on digital games. We also realized that today's students, known as digital natives, live in a heavily technological world. In terms of digital games, such students have access to them in many different ways, such as: by means of smartphones, tablets, notebook computers, video game consoles etc ? besides playing styles as varied as Role-Playing Games (RPG), adventure, sports video-games, strategy video-games and so on. Because it is a very accessible format for the students, we believe that digital games i) increase engagement for learning ii) are adequate for today's generation needs and iii) motivate students because they are fun to play. Due to the nature of our work, we consider it adequate to base it upon three theoretical references. The first one is the work of David Ausubel, because the concept of meaningful learning permeates our didactic sequence. The second one is Marco Antônio Moreira, due to his important contributions in the theory of meaningful learning. Last but not least, is Marc Prensky due to him being one of the great enthusiasts and promoters of digital games as tools for learning. We have thus developed a game using Scratch (a programming language and interactive on-line community). Our game is a RPG based on a series of quizzes about Elementary Particle Physics concepts. We developed a didactic sequence with a total of ten lesson (each one last 45 minutes). This digital game was thus used in two situations: firstly at the beginning of the didactic sequence, as a motivational tool for learning and finally at the end of the sequence for reviewing purposes. This methodology was applied at a public school in Ceilândia, Distrito Federal (Brazilian Federal District). Our target were high school students aged 17-19 (third year of Brazilian High School). Even though there was some rejection from a small minority of students, we concluded that learning based on digital games has enormous potential to stimulate students by teaching them in a completely different manner. Finally, we believe that learning based on digital games is in accordance with this generation (and probably future generations as well) needs and learning styles ? besides being fun and thus motivational.*

**Keywords:** *Physics Teaching, High School, Particle Physics, Learning, Digital Games.*

# Lista de Figuras

FIGURA 1: Laço de repetição no Scratch, Python e Pascal (elaborada por Mendes <i>et al.</i> (2012)) . . . . .	33
FIGURA 2: Organização da sequência didática . . . . .	39
FIGURA 3: Site <i>Scratch</i> . . . . .	77
FIGURA 4: Pesquisa sobre o jogo . . . . .	78
FIGURA 5: O projeto . . . . .	78
FIGURA 6: A tela inicial . . . . .	79
FIGURA 7: Opções . . . . .	79
FIGURA 8: Créditos . . . . .	80
FIGURA 9: Atividades extras . . . . .	80
FIGURA 10: Classificação: tela inicial . . . . .	81
FIGURA 11: Partículas do Modelo Padrão . . . . .	81
FIGURA 12: Classe de partículas . . . . .	82
FIGURA 13: Acertando a classificação . . . . .	82
FIGURA 14: Alcançando o objetivo . . . . .	83
FIGURA 15: Blocos descendo . . . . .	83
FIGURA 16: Fim de jogo . . . . .	84
FIGURA 17: Possível reinício . . . . .	84
FIGURA 18: Explicação da simulação . . . . .	85
FIGURA 19: A simulação . . . . .	85
FIGURA 20: Início do jogo . . . . .	86
FIGURA 21: Instruções iniciais . . . . .	86
FIGURA 22: Diálogo com Higgs 1 . . . . .	87
FIGURA 23: Diálogo com Higgs 2 . . . . .	87
FIGURA 24: Diálogo com Higgs 3 . . . . .	88
FIGURA 25: Diálogo com Pauling 1 . . . . .	88
FIGURA 26: Diálogo com Pauling 2 . . . . .	89
FIGURA 27: Diálogo com Pauling 3 . . . . .	89
FIGURA 28: Diálogo com Lattes 1 . . . . .	90

---

FIGURA 29: Diálogo com Lattes 2 . . . . .	90
FIGURA 30: Diálogo com Lattes 3 . . . . .	91
FIGURA 31: Diálogo com Lattes 3 . . . . .	91
FIGURA 32: Diálogo com Lattes 4 . . . . .	92
FIGURA 33: Diálogo com Lattes 5 . . . . .	92
FIGURA 34: Diálogo com Einstein 1 . . . . .	93
FIGURA 35: Diálogo com Einstein 2 . . . . .	93
FIGURA 36: Diálogo final com Higgs 1 . . . . .	94
FIGURA 37: Diálogo final com Higgs 2 . . . . .	94
FIGURA 38: Diálogo final com Higgs 3 . . . . .	95
FIGURA 39: Fase final - parte 1 . . . . .	95
FIGURA 40: Fase final - parte 2 . . . . .	96
FIGURA 41: Fase final - parte 3 . . . . .	96
FIGURA 42: Fase final - parte 4 . . . . .	97
FIGURA 43: Pesquisa inicial: parte 1 . . . . .	99
FIGURA 44: Pesquisa inicial: parte 2 . . . . .	100
FIGURA 45: Teste: parte 1 . . . . .	104
FIGURA 46: Teste: parte 2 . . . . .	105
FIGURA 47: Teste: parte 3 . . . . .	106
FIGURA 48: Teste: parte 4 . . . . .	107
FIGURA 49: Teste: parte 5 . . . . .	108
FIGURA 50: Pesquisa final: parte 1 . . . . .	118
FIGURA 51: Pesquisa final: parte 2 . . . . .	119
FIGURA 52: Pesquisa final: parte 3 . . . . .	120
FIGURA 53: Pesquisa final: parte 4 . . . . .	121
FIGURA 54: Pesquisa final: parte 5 . . . . .	122
FIGURA 55: Modelo de resenha . . . . .	132
FIGURA 56: Resenha: aluno 1 . . . . .	133
FIGURA 57: Resenha: aluno 2 . . . . .	134
FIGURA 58: Resenha: aluno 3 . . . . .	135
FIGURA 59: Slide 1 . . . . .	137
FIGURA 60: Slide 2 . . . . .	137
FIGURA 61: Slide 3 . . . . .	138
FIGURA 62: Slide 4 . . . . .	138
FIGURA 63: Slide 5 . . . . .	139
FIGURA 64: Slide 6 . . . . .	139
FIGURA 65: Slide 7 . . . . .	140

---

FIGURA 66: Slide 8 . . . . .	140
FIGURA 67: Slide 9 . . . . .	141
FIGURA 68: Slide 10 . . . . .	141
FIGURA 69: Slide 11 . . . . .	142
FIGURA 70: Slide 12 . . . . .	142
FIGURA 71: Artigo: parte 1 . . . . .	148
FIGURA 72: Artigo: parte 2 . . . . .	149
FIGURA 73: Artigo: parte 3 . . . . .	150
FIGURA 74: Artigo: parte 4 . . . . .	151
FIGURA 75: Artigo: parte 5 . . . . .	152
FIGURA 76: Vídeo: “O Discreto Charme das Partículas Elementares” . . . . .	153
FIGURA 77: Autorização 1 . . . . .	155
FIGURA 78: Autorização 2 . . . . .	156
FIGURA 79: Autorização 3 . . . . .	157
FIGURA 80: Autorização 4 . . . . .	158

## Lista de Tabelas

TABELA 1: Resultado dos testes - pergunta 1 . . . . .	109
TABELA 2: Resultado dos testes - pergunta 2 . . . . .	109
TABELA 3: Resultado dos testes - pergunta 3 . . . . .	109
TABELA 4: Resultado dos testes - pergunta 4 . . . . .	110

## Lista de Quadros

QUADRO 1: Obras selecionadas PNLD 2018-2020 . . . . .	29
QUADRO 2: Análise de livros didáticos (realizada pelo autor) . . . . .	30
QUADRO 3: Informações sobre a aplicação do produto educacional . . . . .	37
QUADRO 4: Informações sobre a sequência didática . . . . .	38
QUADRO 5: Dados da aplicação do produto . . . . .	41
QUADRO 6: Resultado da pesquisa final - pergunta 8 . . . . .	126
QUADRO 7: Resultado da pesquisa final - pergunta 15 . . . . .	130

## Lista de Gráficos

GRÁFICO 1: Resultados das aplicações do jogo . . . . .	57
GRÁFICO 2: Resultado da pesquisa inicial - pergunta 1 . . . . .	101
GRÁFICO 3: Resultado da pesquisa inicial - pergunta 2 . . . . .	101
GRÁFICO 4: Resultado da pesquisa inicial - pergunta 3 . . . . .	102
GRÁFICO 5: Resultado da pesquisa inicial - pergunta 4 . . . . .	102
GRÁFICO 6: Resultado da pesquisa inicial - pergunta 5 . . . . .	103
GRÁFICO 7: Resultado dos testes - pergunta 5 . . . . .	110
GRÁFICO 8: Resultado dos testes - pergunta 6 . . . . .	111
GRÁFICO 9: Resultado dos testes - pergunta 7 . . . . .	111
GRÁFICO 10: Resultado dos testes - pergunta 8 . . . . .	112
GRÁFICO 11: Resultado dos testes - pergunta 9 . . . . .	112
GRÁFICO 12: Resultado dos testes - pergunta 10 . . . . .	113
GRÁFICO 13: Resultado dos testes - pergunta 11 . . . . .	113
GRÁFICO 14: Resultado dos testes - pergunta 12 . . . . .	114
GRÁFICO 15: Resultado dos testes - pergunta 13 . . . . .	114
GRÁFICO 16: Resultado dos testes - pergunta 14 . . . . .	115
GRÁFICO 17: Resultado dos testes - pergunta 15 . . . . .	115
GRÁFICO 18: Resultado dos testes - pergunta 16 . . . . .	116
GRÁFICO 19: Resultado dos testes - pergunta 17 . . . . .	116
GRÁFICO 20: Resultado dos testes - pergunta 18 . . . . .	117
GRÁFICO 21: Resultado da pesquisa final - pergunta 1 . . . . .	123
GRÁFICO 22: Resultado da pesquisa final - pergunta 2 . . . . .	123
GRÁFICO 23: Resultado da pesquisa final - pergunta 3 . . . . .	124
GRÁFICO 24: Resultado da pesquisa final - pergunta 4 . . . . .	124
GRÁFICO 25: Resultado da pesquisa final - pergunta 5 . . . . .	125
GRÁFICO 26: Resultado da pesquisa final - pergunta 6 . . . . .	125
GRÁFICO 27: Resultado da pesquisa final - pergunta 7 . . . . .	126
GRÁFICO 28: Resultado da pesquisa final - pergunta 9 . . . . .	127
GRÁFICO 29: Resultado da pesquisa final - pergunta 10 . . . . .	127
GRÁFICO 30: Resultado da pesquisa final - pergunta 11 . . . . .	128

---

GRÁFICO 31: Resultado da pesquisa final - pergunta 12 . . . . .	128
GRÁFICO 32: Resultado da pesquisa final - pergunta 13 . . . . .	129
GRÁFICO 33: Resultado da pesquisa final - pergunta 14 . . . . .	129
GRÁFICO 34: Resultado da pesquisa final - pergunta 16 . . . . .	130

## Lista de Fotografias

FOTOGRAFIA 1: Aplicação do questionário inicial . . . . .	42
FOTOGRAFIA 2: Aplicação do pré-teste . . . . .	43
FOTOGRAFIA 3: 1ª aplicação do jogo . . . . .	45
FOTOGRAFIA 4: Apreciação do vídeo . . . . .	46
FOTOGRAFIA 5: Slides das aulas expositivas e dialogadas . . . . .	47
FOTOGRAFIA 6: 2ª aplicação do jogo . . . . .	48
FOTOGRAFIA 7: Aplicação do pós-teste . . . . .	49
FOTOGRAFIA 8: Aplicação da pesquisa final . . . . .	50
FOTOGRAFIA 9: Premiação . . . . .	50

## Lista de Abreviaturas e Siglas

FMC	Física Moderna e Contemporânea
FPE	Física de Partículas Elementares
TICs	Tecnologias da Informação e Comunicação
BNCC	Base Nacional Comum Curricular
MIT	<i>Massachusetts Institute of Technology</i>
UEPS	Unidade de Ensino Potencialmente Significativa
PNLD	Programa Nacional do Livro e do Material Didático
LHC	<i>Large Hadron Collider</i>
PCN	Parâmetros Curriculares Nacionais
LDB	Lei de Diretrizes e Bases da Educação
RPG	<i>Role-Playing Game</i>
Lab. Inf.	Laboratório de Informática

# Sumário

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>1</b>
1.1	Questão de Pesquisa e Delimitação	1
1.2	Importância e Justificativa	2
1.3	Hipótese e Objetivo	3
1.4	Organização do Trabalho	4
<b>2</b>	<b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b>	<b>5</b>
<b>2.1</b>	<b>A Aprendizagem Significativa - David Ausubel</b>	<b>5</b>
2.1.1	Condições para a Aprendizagem Significativa	6
2.1.2	Os Subsungores	7
2.1.3	Os Organizadores Prévios	8
2.1.4	Aprendizagem Significativa × Aprendizagem Mecânica	8
2.1.5	A Avaliação na Aprendizagem Significativa	9
<b>2.2</b>	<b>A Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS) - Marco Antônio Moreira</b>	<b>10</b>
<b>2.3</b>	<b>Aprendizagem Baseada em Jogos Digitais - Marc Prensky</b>	<b>13</b>
2.3.1	Nativos Digitais × Imigrantes Digitais	14
2.3.2	Por Que e Como a Aprendizagem Baseada em Jogos Digitais Funciona	16
<b>2.4</b>	<b>Gamificação na Educação</b>	<b>18</b>
<b>2.5</b>	<b>Revisão de Estudos Anteriores</b>	<b>20</b>
2.5.1	Inserção de Física de Partículas no Ensino Médio	20
2.5.2	Inserção de Jogos Digitais na Educação	24
<b>2.6</b>	<b>Marcos Legais</b>	<b>25</b>

---

2.6.1	Diretrizes Básicas e Parâmetros Curriculares . . . . .	25
2.6.2	A Base Nacional Comum Curricular (BNCC) . . . . .	27
2.6.3	Livros Didáticos de Física PNL D 2018-2020 . . . . .	28
<b>3</b>	<b>PRODUTO EDUCACIONAL: O JOGO DIGITAL . . . . .</b>	<b>32</b>
<b>3.1</b>	<b>O Processo de Elaboração . . . . .</b>	<b>32</b>
<b>3.2</b>	<b>A Ferramenta de Programação . . . . .</b>	<b>33</b>
<b>3.3</b>	<b>As Principais Características do Jogo . . . . .</b>	<b>34</b>
<b>4</b>	<b>METODOLOGIA DE APLICAÇÃO . . . . .</b>	<b>37</b>
<b>4.1</b>	<b>A Sequência Didática . . . . .</b>	<b>37</b>
<b>4.2</b>	<b>Elementos de Gamificação . . . . .</b>	<b>39</b>
<b>4.3</b>	<b>O Ambiente da Aplicação . . . . .</b>	<b>39</b>
<b>4.4</b>	<b>Os Questionários . . . . .</b>	<b>40</b>
<b>4.5</b>	<b>Encurtador de <i>URLs</i> . . . . .</b>	<b>40</b>
<b>5</b>	<b>APLICAÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA . . . . .</b>	<b>41</b>
<b>5.1</b>	<b>Situação Problema e Pesquisa Inicial . . . . .</b>	<b>41</b>
<b>5.2</b>	<b>Aplicação do Pré-Teste . . . . .</b>	<b>43</b>
<b>5.3</b>	<b>1ª Aplicação do Jogo . . . . .</b>	<b>44</b>
<b>5.4</b>	<b>Exposição e Diálogos Sobre o Vídeo: “O Discreto Charme das Partículas Elementares” . . . . .</b>	<b>45</b>
<b>5.5</b>	<b>Aulas Expositivas e Dialogadas . . . . .</b>	<b>47</b>
<b>5.6</b>	<b>2ª Aplicação do Jogo . . . . .</b>	<b>47</b>
<b>5.7</b>	<b>Aplicação do Pós-Teste . . . . .</b>	<b>48</b>
<b>5.8</b>	<b>Pesquisa Final de Opinião e Premiação . . . . .</b>	<b>49</b>
<b>6</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES . . . . .</b>	<b>51</b>
<b>6.1</b>	<b>Análise da Pesquisa Inicial . . . . .</b>	<b>51</b>
<b>6.2</b>	<b>Análise do Pré-Teste e Pós-Teste . . . . .</b>	<b>52</b>
<b>6.3</b>	<b>Análise das Aplicações do Jogo . . . . .</b>	<b>56</b>
<b>6.4</b>	<b>Discussões sobre o Vídeo: “O Discreto Charme das Partículas Elementares” . . . . .</b>	<b>57</b>

---

6.5	Análise das Aulas Expositivas e Dialogadas . . . . .	58
6.6	Análise da Pesquisa Final de Opinião . . . . .	58
7	CONSIDERAÇÕES FINAIS . . . . .	60
	REFERÊNCIAS . . . . .	63
	APÊNDICE A – O JOGO DIGITAL . . . . .	68
A.1	Enredo . . . . .	69
A.2	Tutorial . . . . .	77
	APÊNDICE B – QUESTIONÁRIOS . . . . .	98
B.1	Pesquisa Inicial . . . . .	99
B.2	Resultados da Pesquisa Inicial . . . . .	101
B.3	Pré-Teste e Pós-Teste . . . . .	104
B.4	Resultados do Pré-Teste e Pós-Teste . . . . .	109
B.5	Pesquisa Final de Opinião . . . . .	118
B.6	Resultados da Pesquisa Final de Opinião . . . . .	123
	APÊNDICE C – ATIVIDADES . . . . .	131
C.1	Resenha Crítica . . . . .	132
	APÊNDICE D – AULA EXPOSITIVA . . . . .	136
D.1	Slides . . . . .	137
	ANEXO A – MANUAIS DO SCRATCH . . . . .	143
A.1	Livros . . . . .	145
A.2	Vídeos . . . . .	145
A.3	Artigos . . . . .	146
	ANEXO B – MATERIAIS DE APOIO . . . . .	147
B.1	Texto Base . . . . .	148
B.2	Vídeo . . . . .	153
	ANEXO C – AUTORIZAÇÕES . . . . .	154

# 1 Introdução

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).

## 1.1 Questão de Pesquisa e Delimitação

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: **Como introduzir a aprendizagem baseada em jogos digitais no ensino de Física de Partículas Elementares no ensino médio?**

Com a finalidade de responder o tema em questão, elaboramos um jogo digital utilizando um projeto do *Massachusetts Institute of Technology* (MIT) intitulado de *Scratch* (ferramenta de programação e comunidade de aprendizagem criativa).

Além da elaboração do jogo digital, percebemos a necessidade de produzir uma sequência didática bem delimitada e organizada no qual nosso jogo digital fosse introduzido de forma a potencializar a aprendizagem de temas relacionados à FPE no Ensino Médio. Desta forma, elaboramos uma sequência didática inspirada na Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS) proposta por Moreira, no qual foram utilizados vários métodos de aprendizagem a fim de potencializar a aprendizagem baseada em jogos digitais.

Portanto, nossa pesquisa terá como cerne a aprendizagem de tópicos de FMC, mais especificamente, de temas relacionados à FPE. Como nosso público-alvo são alunos do ensino médio, trataremos o tema física de partículas de forma fenomenológica e conceitual, ou seja, uma abordagem qualitativa. Vale ressaltar também que além desta abordagem, a linguagem adotada é acessível ao nosso público.

Assim sendo, delimitamos nosso trabalho aos seguintes temas: **partículas elementares, modelo padrão, interações fundamentais, partículas mediadoras e aplicações tecnológicas.**

## 1.2 Importância e Justificativa

É salutar destacar a importância e o porquê desta pesquisa. Para Marconi e Lakatos (2003), a justificativa “consiste numa exposição sucinta, porém completa, das razões de ordem teórica e dos motivos de ordem prática que tomam importante a realização da pesquisa”.

Desta maneira, iremos destacar a importância da utilização dos jogos digitais na aprendizagem, e também, a relevância da inserção de tópicos de Física Moderna e Contemporânea no ensino médio, mais especificamente, da Física de Partículas Elementares.

Há mais de duas décadas é discutida a inserção temas relacionados à FMC, Terrazzan (1992) já destacava, no começo da década de 90, a influência crescente dos conteúdos de Física Moderna e Contemporânea para o entendimento do mundo atual, ainda mais que muitos fenômenos naturais e dispositivos digitais somente são compreendidos se alguns conceitos contemporâneos forem utilizados.

Ostermann e Moreira (2001) destacam que a importância da FPE está vinculada a questões mais básicas da Física, e que podem remeter a problemas filosóficos (como buscar a ordem na diversidade) e à tentativa do entendimento do Universo (como funciona o Universo).

Todavia, é necessário destacar na prática a realidade que os professores no Brasil enfrentam como: dificuldades com a disciplina, desinteresse e falta de motivação dos

alunos, falta de recursos físicos na escola e a falta de material disponível para o professor (OSTERMANN; MOREIRA, 2001).

O jogo digital pode adentrar nessa discussão como ferramenta de auxílio para amenizar esses obstáculos, pois o jogo pode diminuir drasticamente a indisciplina em sala de aula, aumentar o interesse e motivação dos alunos, e ainda por cima, não é necessariamente obrigatório um espaço físico adequado na escola para ocorrer o aprendizado baseado em jogos digitais, visto que o jogo digital poderá ser utilizado em qualquer lugar que tenha acesso a internet.

Prensky, destaca que a aprendizagem baseada em jogos digitais:

1. Está de acordo com as necessidades e os estilos de aprendizagem da geração atual e das futuras gerações.
2. Motiva porque é divertida.
3. É incrivelmente versátil, possível de ser adaptada a quase todas as disciplinas, informações ou habilidades a serem aprendidas e, quando usada de forma correta, é extremamente eficaz.

### 1.3 Hipótese e Objetivo

Para Marconi e Lakatos (2003):

Hipótese é uma proposição que se faz na tentativa de verificar a validade de resposta existente para um problema. É uma suposição que antecede a constatação dos fatos e tem como característica uma formulação provisória: deve ser testada para determinar sua validade. Correta ou errada, de acordo ou contrária ao senso comum, a hipótese sempre conduz a uma verificação empírica.

Assim sendo, nossa hipótese principal consiste em: **pela união entre o entretenimento que se consegue por meio dos jogos digitais e do conteúdo proposto, é possível melhorar a aprendizagem até mesmo de conteúdos mais difíceis, áridos ou técnicos.**

Toda pesquisa deve ter um objetivo determinado para saber o que se vai procurar e o que se pretende alcançar (MARCONI; LAKATOS, 2003). Desta maneira, Ander-Egg (1978) afirma que a pesquisa deve partir “de um objetivo limitado e claramente definido, sejam estudos formulativos, descritivos ou de verificação de hipóteses”.

À vista disto, nosso 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.**

## 1.4 Organização do Trabalho

Este presente trabalho apresenta um total de 7 capítulos. O primeiro capítulo refere-se a esta introdução.

No segundo capítulo, apresentamos a fundamentação teórica do nosso trabalho, em que são expostas todas as bases teóricas que sustentam nossa argumentação. Esta fundamentação contém conceitos da aprendizagem significativa de David Ausubel sob a ótica do professor Antônio Marcos Moreira, a aprendizagem baseada em jogos digitais de Marc Prensk e alguns elementos de gamificação. Destacamos também a realização de levantamentos de trabalhos anteriores relacionados com a nossa temática e os marcos legais nos quais nosso trabalho está respaldado.

Em seguida, no terceiro capítulo, explicaremos a descrição do nosso produto educacional, o jogo digital “Em Busca do Bóson de Higgs”. Abordaremos neste capítulo a motivação de escolha do produto, o processo de elaboração, e por fim, suas principais características.

Logo após, no quarto capítulo, descreveremos a metodologia de aplicação do produto educacional. Teremos como objetivo responder as seguintes questões: “como será?”, “quais serão as ferramentas necessárias?”, “onde ocorrerá?”, “qual será o nosso público-alvo?”, “qual será a duração?”, entre outras perguntas pertinentes à aplicação.

Prontamente, no quinto capítulo, faremos um relato de experiência sobre a aplicação do produto educacional. Desta forma, descreveremos nossas percepções, angústias e contentamentos referentes à toda aplicação, desde o início até a última aula. Vale ressaltar que também daremos destaque às percepções dos alunos, pois estas nortearam e serviram de *feedback* para as nossas avaliações.

Posteriormente, no sexto capítulo, efetuaremos a análise dos dados obtidos neste trabalho. Nossas análises terão um foco prioritariamente qualitativo, de forma a destacar as principais percepções de aplicação do produto educacional. É importante ressaltar que as análises dos gráficos obtidos por meio dos questionário serão de vital importância para averiguar indício de aprendizagem.

Por último, no sétimo capítulo, apresentaremos as conclusões e considerações finais. Desta maneira, elencaremos os potenciais e as fragilidades do nosso produto, além de traçar perspectivas futuras e previsões de aperfeiçoamento do produto educacional.

## 2 Fundamentação Teórica

Iniciaremos este capítulo abordando os principais conceitos desenvolvidos pelos seguintes referenciais: David Ausubel, Marco Antônio Moreira e Marc Prensky. Ressaltamos que não teremos a ambição de fazer uma apresentação exaustiva sobre todos os temas desenvolvidos por estes teóricos; faremos apenas uma abordagem com alguns elementos que julgamos mais relevantes para o nosso trabalho.

Após de destacar os principais conceitos presentes nos referenciais teóricos adotados, faremos uma revisão de trabalhos anteriores relacionados com a nossa temática principal. Primeiramente, faremos uma revisão de trabalhos sobre a inserção da FPE no ensino médio e em seguida faremos uma revisão sobre os jogos digitais na educação.

Por fim, iremos apresentar os aspectos legais da inserção da FPE no ensino médio, citando os principais instrumentos legais que darão sustentação ao nosso trabalho, além de fazer uma breve análise dos livros didáticos do PNLD (Programa Nacional do Livro e do Material Didático) 2018-2020.

### 2.1 A Aprendizagem Significativa - David Ausubel

Sobre os conceitos da aprendizagem significativa proposta por Ausubel, faremos uma abordagem na perspectiva do professor Marco Antônio Moreira<sup>1</sup> (1947 - ), o qual refinou e atualizou a teoria da aprendizagem significativa e publicou vários artigos e livros sobre o tema.

A aprendizagem significativa é um conceito destacado por David Ausubel<sup>2</sup>(1918-2008) desde a década de 1960. Nesta época, havia uma grande influência da teoria behaviorista e o ensino e a aprendizagem eram analisados como estímulos, respostas e reforços, ou seja, não como significados. Entretanto, Ausubel insistia em uma “teoria da aprendizagem significativa”, e dizia que é no curso da aprendizagem significativa que o significado lógico

---

<sup>1</sup>Marco Antônio Moreira (1947 - ), especializou-se em aprendizagem significativa, tendo várias publicações na área, ministrando cursos e organizando encontros nacionais e internacionais sobre o tema.

<sup>2</sup>David Ausubel (1918-2008), dedicou-se ao desenvolvimento da de uma visão cognitiva à Psicologia da Educação.

do material da aprendizagem se transforma em significado psicológico para o aprendiz.

Alguns anos mais tarde, Joseph Novak<sup>3</sup>, passou a colaborar com Ausubel, e, progressivamente, a divulgar e refinar a teoria. Desenvolveu a técnica do mapeamento conceitual<sup>4</sup>, imprimiu uma visão humanista da visão predominantemente cognitiva de Ausubel.

Hoje em dia, não se fala tanto em estímulo, resposta e reforço, ultimamente fala-se bastante em aprendizagem significativa, mudança conceitual e construtivismo.

Segundo Moreira (2012):

Aprendizagem significativa é aquela em que ideias expressas simbolicamente interagem de maneira substantiva e não-arbitrária com aquilo que o aprendiz já sabe. Substantiva quer dizer não-literal, não ao pé-da-letra, e não-arbitrária significa que a interação não é com qualquer ideia prévia, mas sim com algum conhecimento especificamente relevante já existente na estrutura cognitiva do sujeito que aprende.

Ausubel chamava este conhecimento já existente na estrutura do aprendiz de subsunçor ou ideia-âncora. Ou seja, o subsunçor é o nome que se dá ao conhecimento específico, já existente na estrutura do indivíduo, que possibilita dar significado a um novo conhecimento descoberto ou que lhe é apresentado.

### 2.1.1 Condições para a Aprendizagem Significativa

Segundo Ausubel *et al.* (apud MOREIRA, 1999), a

essência do processo de aprendizagem significativa é que ideias simbolicamente expressas sejam relacionadas de maneira substantiva (não-literal) e não-arbitrária ao que o aprendiz já sabe, ou seja, a algum aspecto de sua estrutura cognitiva especificamente relevante (i.e., um subsunçor) que pode se, por exemplo, uma imagem, um símbolo, um conceito ou uma proposição já significativos.

Seguindo esta ideia, Moreira ressalta que existem, essencialmente, duas condições para a aprendizagem significativa:

1. O material de aprendizagem deve ser potencialmente significativo;
2. O aprendiz deve apresentar uma predisposição para aprender.

A primeira condição implica que o material de aprendizagem (livros, aulas, aplicativos) tenham um significado lógico (ou seja, relacionável de maneira não arbitrária e não-literal

---

<sup>3</sup>Joseph Novak (1932 - ), centrou-se na aprendizagem humana. Desenvolveu a teoria dos mapas mentais.

<sup>4</sup>Estratégia facilitadora da aprendizagem significativa.

a uma estrutura cognitiva relevante). A segunda condição implica que o aprendiz tenha em sua estrutura cognitiva subsunçores relevantes com os quais os materiais estejam relacionados Moreira (2012).

Ele ressalta também que o material por si só pode ser potencial significativo, mas não significativo, isto é, não existe livro significativo ou aula significativa, é o aprendiz que atribui significados aos materiais de aprendizagem.

Por fim, ele enfatiza que a segunda condição é talvez mais difícil de ser satisfeita que a primeira, pois o aprendiz deve querer relacionar os novos conhecimentos de forma não-litera e não-arbitrária, isso significa predisposição para aprender.

Desta maneira, podemos destacar que apenas somos capazes de obter evidências ou indícios de uma aprendizagem significativa quando o material é potencialmente significativo e o aprendiz tem predisposição para aprender.

### 2.1.2 Os Subsunçores

Moreira (2012) ressalta que algumas vezes os subsunçores são pensados apenas como conceitos e até mesmo utiliza-se o termo de conceitos subsunçores. Entretanto, é mais fácil pensar os subsunçores simplesmente como conhecimentos prévios especificamente relevantes para que os novos conhecimentos sejam potencialmente significativos, ou seja, subsunçores são conhecimentos prévios especificamente importantes para a aprendizagem de outros conhecimentos.

Ele ressalta também que é possível realizar duas perguntas, a primeira é: como se formam os primeiros subsunçores e a segunda, o que fazer quando o aluno não em subsunçores? A resposta da primeira está relacionada com processos típicos da aprendizagem nos primeiros anos de vida, enquanto a resposta da segunda pergunta está relacionada com os organizadores prévios.

Para responder a primeira pergunta, ele apresenta uma hipótese da construção dos primeiros subsunçores por meio de processos de inferência, abstração, discriminação, descobrimento, representação, envolvidos entre o sujeito e os eventos. O exemplo citado por ele é de uma criança que se encontra pela primeira vez com um gato e alguém lhe diz “olha o gato”, a palavra gato passa a representar aquele animal e desta forma é formado o conceito de gato.

Já a segunda resposta, está relacionada com os organizadores prévios que comentaremos a seguir.

### 2.1.3 Os Organizadores Prévios

Segundo Moreira (2012):

Organizadores prévios são materiais introdutórios, apresentados antes do material de aprendizagem em si. Contrariamente a sumários que são, de um modo geral, apresentados ao mesmo nível de abstração, generalidade e abrangência, simplesmente destacando certos aspectos do assunto, organizadores são apresentados em um nível mais alto de abstração, generalidade e inclusividade.

Desta forma, ele destaca que estes organizadores prévios não são simples comparações introdutórias, pois, diferentemente destas, organizadores, devem:

1. identificar o conteúdo relevante na estrutura cognitiva e explicitar a relevância desse conteúdo para a aprendizagem do novo material;
2. dar uma visão geral do material em um nível mais alto de abstração, salientando as relações importantes;
3. prover elementos organizacionais inclusivos que levem em consideração, mais eficientemente e ponham em melhor destaque o conteúdo específico do novo material, ou seja, prover um contexto ideacional que possa ser usado para assimilar significativamente novos conhecimentos.

### 2.1.4 Aprendizagem Significativa × Aprendizagem Mecânica

Até agora, demos bastante destaque aos conceitos relacionados à aprendizagem significativa. Contudo, segundo Moreira, a aprendizagem que acontece com mais frequência é outra: a aprendizagem mecânica. Este tipo de aprendizagem é aquele que praticamente não tem significado, é puramente memorística, que serve para as provas e rapidamente é esquecida, é conhecida como “decoreba”.

No entanto, vale ressaltar que o conceito da aprendizagem significativa não é exatamente o oposto da aprendizagem mecânica, elas estão ao longo de um mesmo contínuo.

Moreira realiza alguns esclarecimentos acerca da existência deste contínuo entre aprendizagem significativa e mecânica:

- A passagem da aprendizagem mecânica para a aprendizagem significativa não é natural ou automática, ou seja, é uma ilusão pensar que o aluno pode aprender de forma mecânica para que posteriormente ele tenha uma aprendizagem significativa (isto pode ocorrer, mas depende de vários outros fatores, que na prática, são difíceis de ser satisfeitos).

- A aprendizagem significativa é progressiva, não é imediata. Pois a construção de um subsunçor é um processo de captação, internalização, diferenciação e reconciliação de significados.
- A aprendizagem significativa depende de captação de significados (GOWIN, 1981 apud MOREIRA, 2012), um processo que envolve um negociação de significados entre o discente e o docente, que pode ser um processo duradouro.

### 2.1.5 A Avaliação na Aprendizagem Significativa

Moreira destaca que, nosso cotidiano escolar, a avaliação é muito mais behaviorista do que construtivista, A sociedade, em geral, exige provas se aluno “sabe ou não sabe”. Este tipo de avaliação é comportamentalista e geralmente promove uma aprendizagem mecânica.

A aprendizagem significativa tem outro enfoque, pois o que se deve avaliar é a compreensão, a captação dos significados, a capacidade de transferência do conhecimento a situações desconhecidas.

De acordo com Ausubel, a melhor forma de evitar a simulação da aprendizagem significativa é propor ao aprendiz uma situação nova, não familiar que requeira máxima transformação do conhecimento adquirido. Todavia, sabemos na prática vivenciada no dia a dia, que o resultado desta proposta se aproxima de um verdadeiro desastre, pois parece que os alunos não aprenderam nada.

Moreira ressalta que esta proposta de Ausubel não é a melhor saída, ele comenta que se o aluno não é acostumado a enfrentar situação novas, não é adequado propô-las no momento da avaliação. Também ressalta que as situações novas devem ser propostas progressivamente ao longo do processo.

Desta forma, para Moreira (2012):

A avaliação da aprendizagem significativa deve ser predominantemente formativa e recursiva. É necessário buscar evidências de aprendizagem significativa, ao invés de querer determinar se ocorreu ou não. É importante a recursividade, ou seja, permitir que o aprendiz refaça, mais de uma vez se for o caso, as tarefas de aprendizagem. É importante que ele ou ela externalize os significados que está captando, que explique, justifique, suas respostas.

Enfim, a avaliação na aprendizagem significativa é bastante desafiadora e complexa, em contraposição a uma avaliação do tipo “certo ou errado”, que se mostra muito mais simples e fácil, como a proporcionada uma aprendizagem mecânica.

## 2.2 A Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS) - Marco Antônio Moreira

Como já comentado anteriormente, uma das condições para obter evidências da aprendizagem significativa é o material da aprendizagem, que deve ser potencialmente significativo. Seguindo esta mesma linha de raciocínio, mostraremos a seguir de forma integral os princípios e passos da construção de uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa descrita por Moreira (2011).

### Princípios:

- o conhecimento prévio é a variável que mais influencia a aprendizagem significativa;
- pensamentos, sentimentos e ações estão integrados no ser que aprende; essa integração é positiva, construtiva, quando a aprendizagem é significativa;
- é o aluno quem decide se quer aprender significativamente determinado conhecimento;
- organizadores prévios mostram a relacionabilidade entre novos conhecimentos e conhecimentos prévios;
- são as situações-problema que dão sentido a novos conhecimentos; elas devem ser criadas para despertar a intencionalidade do aluno para a aprendizagem significativa;
- situações-problema podem funcionar como organizadores prévios;
- as situações-problema devem ser propostas em níveis crescentes de complexidade;
- frente a uma nova situação, o primeiro passo para resolvê-la é construir, na memória de trabalho, um modelo mental funcional, que é um análogo estrutural dessa situação;
- a diferenciação progressiva, a reconciliação integradora e a consolidação devem ser levadas em conta na organização do ensino;
- a avaliação da aprendizagem significativa deve ser feita em termos de buscas de evidências; a aprendizagem significativa é progressiva;
- o papel do professor é o de provedor de situações-problema, cuidadosamente selecionadas, de organizador do ensino e mediador da captação de significados de parte do aluno;
- a interação social e a linguagem são fundamentais para a captação de significados;

- um episódio de ensino envolve uma relação triádica entre aluno, docente e materiais educativos, cujo objetivo é levar o aluno a captar e compartilhar significados que são aceitos no contexto da matéria de ensino;
- a aprendizagem deve ser significativa e crítica, não mecânica;
- a aprendizagem significativa crítica é estimulada pela busca de respostas (questionamento) ao invés da memorização de respostas conhecidas, pelo uso da diversidade de materiais e estratégias instrucionais, pelo abandono da narrativa em favor de um ensino centrado no aluno.

### **Aspectos sequenciais (passos):**

1. definir o tópico específico a ser abordado, identificando seus aspectos declarativos e procedimentais tais como aceitos no contexto da matéria de ensino na qual se insere esse tópico;
2. criar/propor situação(ões), discussão, questionário, mapa conceitual, mapa mental, situação-problema, etc. que leve(m) o aluno a externalizar seu conhecimento prévio, aceito ou não-aceito no contexto da matéria de ensino, supostamente relevante para a aprendizagem significativa do tópico (objetivo) em pauta;
3. propor situações-problema, em nível bem introdutório, levando em conta o conhecimento prévio do aluno, que preparem o terreno para a introdução do conhecimento (declarativo ou procedimental) que se pretende ensinar; estas situações-problema podem envolver, desde já, o tópico em pauta, mas não para começar a ensiná-lo; tais situações-problema podem funcionar como organizador prévio; são as situações que dão sentido aos novos conhecimentos, mas, para isso, o aluno deve percebê-las como problemas e deve ser capaz de modelá-las mentalmente; modelos mentais são funcionais para o aprendiz e resultam da percepção e de conhecimentos prévios (invariantes operatórios); estas situações-problema iniciais podem ser propostas através de simulações computacionais, demonstrações, vídeos, problemas do cotidiano, representações veiculadas pela mídia, problemas clássicos da matéria de ensino, etc., mas sempre de modo acessível e problemático, i.e., não como exercício de aplicação rotineira de algum algoritmo;
4. uma vez trabalhadas as situações iniciais, apresentar o conhecimento a ser ensinado/aprendido, levando em conta a diferenciação progressiva, i.e., começando com aspectos mais gerais, inclusivos, dando uma visão inicial do todo, do que é mais importante na unidade de ensino, mas logo exemplificando, abordando aspectos específicos; a estratégia de ensino pode ser, por exemplo, uma breve exposição oral

seguida de atividade colaborativa em pequenos grupos que, por sua vez, deve ser seguida de atividade de apresentação ou discussão em grande grupo;

5. em continuidade, retomar os aspectos mais gerais, estruturantes (i.e., aquilo que efetivamente se pretende ensinar), do conteúdo da unidade de ensino, em nova apresentação (que pode ser através de outra breve exposição oral, de um recurso computacional, de um texto, etc.), porém em nível mais alto de complexidade em relação à primeira apresentação; as situações-problema devem ser propostas em níveis crescentes de complexidade; dar novos exemplos, destacar semelhanças e diferenças relativamente às situações e exemplos já trabalhados, ou seja, promover a reconciliação integradora; após esta segunda apresentação, propor alguma outra atividade colaborativa que leve os alunos a interagir socialmente, negociando significados, tendo o professor como mediador; esta atividade pode ser a resolução de problemas, a construção de uma mapa conceitual, um experimento de laboratório, um pequeno projeto, etc., mas deve, necessariamente, envolver negociação de significados e mediação docente;
6. concluindo a unidade, dar seguimento ao processo de diferenciação progressiva retomando as características mais relevantes do conteúdo em questão, porém de uma perspectiva integradora, ou seja, buscando a reconciliação integrativa; isso deve ser feito através de nova apresentação dos significados que pode ser, outra vez, uma breve exposição oral, a leitura de um texto, o uso de um recurso computacional, um áudio-visual, etc.; o importante não é a estratégia, em si, mas o modo de trabalhar o conteúdo da unidade; após esta terceira apresentação, novas situações-problema devem ser propostas e trabalhadas em níveis mais altos de complexidade em relação às situações anteriores; essas situações devem ser resolvidas em atividades colaborativas e depois apresentadas e/ou discutidas em grande grupo, sempre com a mediação do docente;
7. a avaliação da aprendizagem através da UEPS deve ser feita ao longo de sua implementação, registrando tudo que possa ser considerado evidência de aprendizagem significativa do conteúdo trabalhado; além disso, deve haver uma avaliação somativa individual após o sexto passo, na qual deverão ser propostas questões/situações que impliquem compreensão, que evidenciem captação de significados e, idealmente, alguma capacidade de transferência; tais questões/situações deverão ser previamente validadas por professores experientes na matéria de ensino; a avaliação do desempenho do aluno na UEPS deverá estar baseada, em pé de igualdade, tanto na avaliação formativa (situações, tarefas resolvidas colaborativamente, registros do professor) como na avaliação somativa;
8. a UEPS somente será considerada exitosa se a avaliação do desempenho dos alunos

fornecer evidências de aprendizagem significativa (captação de significados, compreensão, capacidade de explicar, de aplicar o conhecimento para resolver situações-problema). A aprendizagem significativa é progressiva, o domínio de um campo conceitual é progressivo; por isso, a ênfase em evidências, não em comportamentos finais.

#### **Aspectos transversais:**

- em todos os passos, os materiais e as estratégias de ensino devem ser diversificados, o questionamento deve ser privilegiado em relação às respostas prontas e o diálogo e a crítica devem ser estimulados;
- como tarefa de aprendizagem, em atividades desenvolvidas ao longo da UEPS, pode-se pedir aos alunos que proponham, eles mesmos, situações-problema relativas ao tópico em questão;
- embora a UEPS deva privilegiar as atividades colaborativas, a mesma pode também prever momentos de atividades individuais.

## **2.3 Aprendizagem Baseada em Jogos Digitais - Marc Prensky**

Hoje em dia é comum ouvir das expressões “nativos digitais” e “imigrantes digitais”. Estas expressões foram criadas por Prensky.

Prensky é um dos grandes entusiastas da aprendizagem baseada em jogos digitais. Ele cita em seu livro (PRENSKY, 2012) que há três principais motivos para sua crença nesse tipo de recurso para aprendizagem:

1. A aprendizagem baseada em jogos digitais está de acordo com as necessidades e os estilos de aprendizagem da geração atual e das futuras gerações.
2. A aprendizagem baseada em jogos digitais motiva porque é divertida.
3. A aprendizagem baseada em jogos digitais é incrivelmente versátil, possível de ser adaptada a quase todas as disciplinas, informações ou habilidades a serem aprendidas e, quando usada de forma correta, é extremamente eficaz.

Ele relata também que pela união entre o envolvimento e o entretenimento conseguida por meio do jogo, aliado com o conteúdo da aprendizagem, é possível melhorar a natureza do ensino.

Apesar de todo entusiasmo, ele tem consciência de que aprender demanda bastante trabalho. Segundo Prensky (2012):

Não há método que funcione por si só para tudo. A aprendizagem baseada em jogos digitais é motivante ao ensinar de maneira completamente diferente de outros métodos. Mas esta não é a única solução para todos os problemas dos treinamentos nem uma varinha de condão que resolve tudo. A aprendizagem baseada em jogos digitais precisa ser combinada com outros métodos de aprendizagem, tão funcionais quanto ela.

### 2.3.1 Nativos Digitais × Imigrantes Digitais

Prensky desenvolveu as expressões “nativos digitais” e “imigrantes digitais”. Os nativos digitais são aqueles que já nasceram e cresceram na era digital, enquanto os imigrantes digitais são aqueles que nasceram na era analógica, mas tendo imigrado para o mundo digital na vida adulta. Mattar (2010) destaca em seu livro que esses dois grupos de pessoas pensam e processam informações de forma diferente.

Mattar ressalta também que os alunos de hoje mudaram radicalmente, eles são falantes nativos da linguagem digital dos computadores, videogame e internet, enquanto os imigrantes digitais têm certo “sotaque” quanto se comunicam nesta linguagem. Relata também que nossos professores, imigrantes digitais, falam uma linguagem desatualizada, e lutam para ensinar uma população que fala uma linguagem inteiramente nova. Desta forma, ele realiza algumas comparações:

Alunos nativos digitais estão acostumados a receber informações mais rapidamente do que seus professores imigrantes digitais sabem transmitir. Imigrantes preferem textos a imagens; já os nativos, ao contrário, preferem imagens a textos. Os imigrantes preferem as coisas em ordem, enquanto os nativos relacionam-se com informações de maneira aleatória. Imigrantes estão acostumados a uma coisa por vez, ao passo que os nativos são multitarefas. Os imigrantes estão acostumados a uma coisa por vez, individualmente e, acima de tudo, seriamente. Os alunos de hoje não são mais pessoas para as quais nossos sistemas educacionais foram projetados, e em virtude disso a escola tem ensinado habilidades do passado.

Prensky relata de forma mais detalhada, 10 mudanças de estilo cognitivo observadas na geração dos games:

1. Velocidade *Twitch*<sup>5</sup> versus velocidade convencional: As pessoas da geração dos jogos têm muito mais experiência em processar rapidamente as informações do que seus antecessores, sendo, portanto, melhor nisso.

---

<sup>5</sup> *Twitch*: plataforma que permite fazer transmissões ao vivo pela internet.

2. Processamento paralelo *versus* processamento linear: Muitas pessoas da geração dos jogos crescem fazendo a lição de casa ao mesmo tempo que assistiam à televisão e fazendo quase tudo enquanto ouviam música. Costuma se sentir-se mais confortáveis do que seus antecessores ao fazer mais de uma coisa ao mesmo tempo.
3. Acesso aleatório *versus* passo a passo: A geração dos jogos é a primeira a vivenciar o hipertexto e a possibilidade de obter experiências com um clique na internet.
4. Primeiro os gráficos *versus* primeiro o texto: Nas gerações anteriores, os gráficos eram geralmente ilustrações que acompanhavam o texto e forneciam alguns tipos de elucidação. Já para a geração dos games, a relação é praticamente inversa, o papel do texto é elucidar algo que tenha primeiramente sido explorado na forma de imagem.
5. Conectado *versus* autônomo: a geração dos jogos foi criada (e está acostumada) com a conectividade mundial do *E-mail*<sup>6</sup>, *Facebook*<sup>7</sup>, *Whatsapp*<sup>8</sup>, *Instagram*<sup>9</sup>, grupos de usuário, salas de bate-papo, jogos *Multiplayer*<sup>10</sup>. Embora a geração anterior estivesse ligada pelo telefone, hoje em dia a comunicação preferida em muitos casos está mais ligada à conectividade.
6. Ativo *versus* passivo: Uma das diferenças entre gerações mais importantes relatada por Prensky é observada quando se entrega um novo software para uma pessoa aprender. Ele comenta que enquanto os mais velhos invariavelmente querem primeiro ler o manual, temendo não entender o funcionamento do *software* ou “quebrar algo”, os mais novos raramente leem um manual, querem aprender na prática, mexem aqui e ali na base da tentativa e erro. Caso não consigam, creem que o problema está no software e não neles - espera-se que o *software* seja autoexplicativo.
7. Brincar *versus* trabalhar: Os participantes da geração dos jogos costumam ser ridicularizados pela imprensa como sendo intelectualmente preguiçosos mas, na realidade, eles fazem parte da geração orientada para solução de problemas intelectuais, dos quais muitos encontra-se embutidos nos jogos digitais. Prensky acredita que para esta geração, brincar é trabalhar.
8. Recompensa *versus* paciência: Uma das maiores lições aprendidas pela geração digital foi que ao empregar seu tempo e suas habilidades geram uma recompensa como: a próxima fase, a vitória e a posição na lista dos melhores.

---

<sup>6</sup>*E-mail*: correio eletrônico que permite a troca de mensagens entre pessoas.

<sup>7</sup>*Facebook*: rede social lançada em 2004.

<sup>8</sup>*Whatsapp*: software utilizado para troca de mensagens de texto de forma instantaneamente, além de vídeos, fotos e áudios.

<sup>9</sup>*Instagram*: rede social de fotos.

<sup>10</sup>*Multiplayer*: jogos que permitem que vários jogadores participem simultaneamente de uma mesma partida.

9. Fantasia *versus* realidade: Um dos aspectos mais impressionantes da geração dos jogos listadas por Prensky é o grau de impregnação de elementos fantasiosos, tanto do passado (imagem medieval de *Dunger and Dragons* ou *Lord of the Rings*), quanto do futuro (ficção científica de *Star Wars* e *Star Trek*) na vida deles.
10. Tecnologia como amiga *versus* tecnologia como inimiga: Enquanto que para muitos da geração mais antiga, a tecnologia era algo a ser temido, tolerado, ou na melhor das hipóteses, adaptado aos seus objetivos, para a geração dos jogos, o computador é considerado um amigo, no qual eles recorrem para se divertir e relaxar.

### 2.3.2 Por Que e Como a Aprendizagem Baseada em Jogos Digitais Funciona

Com o objetivo do melhor entendimento do funcionamento da aprendizagem baseada em jogos digitais. Prensky questiona que é necessário responder três perguntas chaves:

- O que é isso?
- Por que ela funciona?
- Como ela funciona?

Prensky responde a primeira pergunta comentando que a aprendizagem baseada em jogos digitais é qualquer união entre um conteúdo educacional e jogos de computador. Ele complementa afirmando que a premissa por trás dela é a de que é possível combinar videogames e jogos de computador com uma grande variedade de conteúdos educacionais, atingindo resultados tão quanto ou até melhores que aqueles obtidos por meio de métodos tradicionais de aprendizagem no processo. Desta forma, Prensky define aprendizagem baseada em jogos digitais como “qualquer jogo para o processo de ensino e aprendizagem em um computador ou on-line”.

Prensky relata que a aprendizagem baseada em jogos digitais funciona principalmente por três razões:

- O envolvimento vem do fato de a aprendizagem ser colocada em um contexto de jogo. Isso pode ser considerável, principalmente para as pessoas que odeiam aprender.
- O processo interativo da aprendizagem empregada. Isso pode, e deveria assumir muitas formas diferentes dependendo dos objetivos de aprendizagem.
- A maneira como os dois são unidos no pacote atual. Há muitos modos de fazê-lo e a melhor solução é altamente contextual.

Ou seja, as palavras chaves para tal funcionamento são: envolvimento e aprendizagem. “Uma boa aprendizagem baseada em jogos digitais não favorece nem o envolvimento nem a aprendizagem, mas luta para manter ambos em um nível alto” (PRENSKY, 2012).

Muitas instâncias da aprendizagem baseadas em jogos digitais fazem parte de iniciativas mais amplas, incluindo outros tipos de aprendizagem, entretanto, cada vez mais, a parcela do jogo está assumindo um papel de maior destaque e central no processo de aprendizagem (PRENSKY, 2012). Desta forma, Prensky discute que a aprendizagem baseada em jogos digitais utiliza muitas técnicas que têm sido usadas em formas de aprendizagem interativa, mas que não são jogos.

Ele salienta em seu livro (PRENSKY, 2012) que técnicas de aprendizagem interativa que já foram utilizadas no aprendizagem baseada em jogos digitais:

- Prática e *feedback*;
- Aprender na prática;
- Aprender com os erros;
- Aprendizagem guiadas por metas;
- Aprendizagem pela descoberta e “descoberta guiada”;
- Aprendizagem baseada em tarefas;
- Aprendizagem guiada por perguntas;
- Aprendizagem contextualizada;
- *Role-playing*;
- Treinamento;
- Aprendizagem construtivista;
- Aprendizagem “acelerada” múltiplos sentidos;
- Selecionar a partir dos objetos de aprendizagem;
- instrução inteligente.

Ele também enfatiza que não há uma “receita de bolo” para uma solução sobre a melhor forma de fazer uma aprendizagem baseada em jogos digitais, mas sim que é necessário muito pensamento criativo.

Sendo assim, ele cita alguns princípios da aprendizagem baseada em jogos. Para criar uma aprendizagem baseada em jogos digitais eficaz, pergunte-se constantemente o seguinte:

- Esse jogo é tão divertido que alguém que não faz parte de seu público-alvo gostaria de jogá-lo (e aprenderia com ele)?
- As pessoas que o estão usando pensam em si como “jogadoras” em vez de “estudantes” ou “*treinees*”?
- A experiência é viciante? Ela produz muito “boca a boca” entre os usuários? Ou seja, os usuários, depois de jogar, correm para dizer a seus colegas “Você precisa experimentar isso - é muito legal”? Os usuários querem jogar novamente até ganharem e, possivelmente, até depois disso?
- As habilidades dos jogadores no tema e no conteúdo de aprendizagem do jogo - seja ele conhecimento, processo, procedimento, capacidade, etc. - estão melhorando significativa e rapidamente, ficando cada vez melhores à medida que eles jogam mais?
- O jogo motiva uma reflexão sobre o que foi aprendido?

É possível perceber que a ordem dos princípios estabelecida por Prensky enfatiza primeiramente a diversão e depois a aprendizagem, ou seja, a partir do envolvimento que surge a aprendizagem.

## 2.4 Gamificação na Educação

O termo gamificação está relacionado com a aplicação de atividade de jogos em ambientes de não jogos, ou seja, a gamificação tem como base a utilização da mecânica dos jogos em um contexto fora dos jogos com o objetivo de resolução de problemas, engajamento e motivação (FADEL *et al.*, 2014).

De acordo com Zichermann e Cunningham (apud FADEL *et al.*, 2014), os mecanismos encontrados em jogos funcionam como um motor motivacional do indivíduo, contribuindo para o engajamento deste nos mais variados aspectos e ambientes.

Segundo Vianna *et al.* (apud FADEL *et al.*, 2014), a gamificação tem como princípio despertar emoções positivas e explorar aptidões, atreladas a recompensas virtuais ou físicas ao se executar determinada tarefa.

Zichermann e Cunningham (apud FADEL *et al.*, 2014) identificam que as pessoas são motivados a jogar por quatro razões específicas: para obterem o domínio de terminado assunto; para aliviarem o stress; como forma de entretenimento; e como meio de socialização.

Zichermann e Cunningham (apud FADEL *et al.*, 2014) compreendem que ambientes que interagem com as emoções e desejos dos usuários são eficazes para o engajamento do indivíduo. Salientam que através dos mecanismos da gamificação é possível alinhar os interesses dos criadores dos artefatos e objetos com as motivações dos usuários.

Li *et al.* (apud FADEL *et al.*, 2014) destacam elementos encontrados nos jogos que podem favorecer a motivação do jogador, entre eles:

- Situações Fantasiosas tornam a experiência do indivíduo mais emocionante, uma vez que são incorporados no ambiente objetos e situações não presentes extrinsecamente, o que estimula o imaginário do jogador;
- Objetivos Claros possibilitam o envolvimento do sujeito ao sistema, na medida em que o jogador entende, de forma objetiva, o que deve ter que ser feito no ambiente do jogo;
- *Feedback* e Orientação favorecem respostas imediatas do sistema ao jogador. Isso possibilita que falhas possam ser evitadas, ou que o sujeito possa ser conduzido na recuperação de algum erro, caso ocorram alguma dessas situações. Além de corroborarem o maior aproveitamento do jogador no jogo, também aumentam os níveis de engajamento do indivíduo;
- Crescimento Contínuo de Habilidades define que o jogo deve favorecer o aumento progressivo de conhecimento do usuário;
- Tempo e Pressão ajudam a estabelecer metas claras e desafiadoras aos jogadores;
- Recompensas são formas de medir o desempenho do jogador através da atribuição de pontuação, após a conclusão de estágios ou níveis no jogo;
- Estímulos são alterações no ambiente interno ou externo dos jogos que podem garantir altos níveis de engajamento.

O foco da gamificação é envolver emocionalmente o indivíduo dentro de um conjunto de tarefas realizadas. Para isso, se utiliza de mecanismos provenientes de jogos que são percebidos pelos sujeitos como elementos prazerosos e desafiadores, favorecendo a criação de um ambiente propício ao engajamento do indivíduo (FADEL *et al.*, 2014).

Identifica-se que determinados elementos são preponderantes para a construção de jogos e com isso um ambiente de gamificação. Entre eles meta, regras e sistemas de *feedback* dos jogos são fundamentais para a criação do envolvimento voluntário do sujeito ao ambiente (FADEL *et al.*, 2014).

## 2.5 Revisão de Estudos Anteriores

Nesta seção, faremos revisões de trabalhos anteriores relacionados com o tema de pesquisa. A primeira consistirá em breve revisão literária e bibliográfica da inserção de FPE no Ensino médio, tendo como base os seguintes artigos: (OSTERMANN; MOREIRA, 2000), (PEREIRA; OSTERMANN, 2009) e (SIQUEIRA; PIETROCOLA, 2005). A segunda consistirá na revisão de trabalhos relacionados à inserção de jogos digitais, tendo como apoio os seguintes artigos (CORREIA *et al.*, 2016) e (NASCIMENTO *et al.*, 2017).

### 2.5.1 Inserção de Física de Partículas no Ensino Médio

Um dos principais trabalhos de revisão literária de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio foi realizado por Ostermann e Moreira (2000). Esta revisão foi realizada com consulta a artigos em revistas, livros didáticos, dissertações, teses, projetos e navegações pela internet, que abordam essa questão. A pesquisa concentrou-se em publicações direcionadas ao ensino da Física que englobam os primeiros trabalhos publicados desta área desde o final da década de 70 até o ano 2000.

Ostermann e Moreira concluíram que mesmo existindo uma grande concentração de trabalhos que apresentam temas de FMC em forma de divulgação, ou como bibliografia de consulta para professores do ensino médio, existe uma escassez de trabalhos sobre concepções alternativas relativos a temas contemporâneos, bem como pesquisas que relatam propostas testadas em sala de aula com apresentação de resultados de aprendizagem.

Devido ao crescente número de estudos relacionados aos temas de FMC desde as revisões bibliográficas de Ostermann e Moreira, Pereira e Ostermann realizaram uma versão ampliada que envolveu a consulta a artigos em revistas da área de ensino de ciências do Brasil e do exterior, publicados no período de 2001 a 2006, e abrangeu trabalhos sobre o ensino de FMC em todos os níveis de ensino.

Tendo como base a revisão bibliográfica ampliada e mais recente realizada por Pereira e Ostermann, destacaremos os trabalhos mais relevantes apresentados no artigo (PEREIRA; OSTERMANN, 2009) relacionadas à temas de FPE no Ensino médio.

#### **Propostas didáticas testadas em sala de aula**

- Johansson *et al.* (2001) realizaram na Universidade de Estocolmo dois cursos voltados para estudantes de ensino médio: um sobre astronomia e outro sobre física de partículas. Os autores fazem parte de um projeto educacional, Hands on CERN, no qual colisões do tipo pósitron-elétron podem ser estudados no acelerador LEP. Após a descrição do programa de ambos os cursos, os autores apresentaram uma atividade em que os estudantes utilizaram os dados do detector DELPHI, disponível

na internet, para reconstruir os rastros criados durante as colisões de partículas. Os alunos analisaram 100 eventos onde a partícula  $Z_0$  decaía em léptons ou em quarks. Segundos os autores, além de se familiarizar com o método científico, os alunos tiveram a chance aprender sobre os “blocos construtores básicos” da natureza.

### Textos didáticos Textos didáticos

- Dunne (2001) chamou atenção para as regras de construção dos diagramas de Feynman. Segundo o autor, apesar de se tratar de um poderoso instrumento para representar e descrever as interações entre partículas subatômicas, um grande número de textos didáticos, bem como instruções de professores referentes à física de partículas, não abordam a construção e o uso desses diagramas de forma consistente, apresentando-os como uma mera ilustração informal. Após uma discussão sobre o modelo padrão, interações e as partículas de troca, o autor apresentou uma convenção para a construção e interpretação dos diagramas, discutindo alguns exemplos de aplicação.
- Dunne (2002) apresentou as origens do modelo de troca de píons para as forças nucleares. Ao longo dessa discussão, o autor descreveu os processos de interação via de troca de partículas mediadoras e se opõe à analogia da bola de basquete, reinterpretando as interações entre partículas à luz do modelo dos quark-glúon para a estrutura dos núcleons.
- Williams (2005) apresentou uma breve história da antimatéria. Após apresentar as descobertas das principais antipartículas, o autor sugeriu que o tema fosse introduzido a estudantes mais jovens. A sugestão é de ensinar a antimatéria na medida em que se introduz o modelo do átomo, através da introdução do anti-hidrogênio, comparando e contrastando pósitrons e antiprótons com prótons e elétrons.
- No intuito de promover um entendimento qualitativo acurado sobre as origens dos diagramas de Feynman como representação das interações entre partículas, Daniel (2006) apresentou uma introdução à teoria quântica de campos. Segundo o autor, a combinação de diagramas elementares para a construção de novos diagramas é a principal característica do modelo padrão. O artigo apresentou uma discussão sobre: campos quânticos; partículas; modelo padrão; diagramas de Feynman; interações eletromagnéticas; construção de diagramas a partir de processos elementares; hierarquia dos diagramas; interação fraca; e interação forte.

### Novos recursos didáticos

- Ostermann e Cavalcanti (2001) apresentaram um pôster sobre as interações fundamentais e as partículas elementares. Desenvolvido para facilitar a inserção desse tema no ensino médio, o pôster traz informação a respeito das quatro interações fundamentais da natureza (gravitacional, eletromagnética, nuclear forte e nuclear fraca), além das propriedades da matéria (cor, carga, massa), classificação das partículas elementares (quarks, léptons e partículas mediadoras) e combinações das mesmas (hádrons: bárions e mésons). O material didático descrito acima também apresenta o modelo atual do átomo, bem como alguns exemplos de leis de conservação como o decaimento beta e a aniquilação quark-antiquark.
- Pereira e Ostermann (2009) implementaram um projeto de ensino de física de partículas baseado nos diagramas de Feynman. Abrindo mão do formalismo matemático, os autores desenvolveram um brinquedo com três elementos: elétrons, fótons e partículas mediadoras (vértices de interação). As demonstrações para públicos de nível médio têm possibilitado discussões de alguns conceitos do mundo das partículas elementares, tais como antimatéria, leis de conservação, partículas de criação e destruição e partículas reais e virtuais.
- Scott (2004) apresentou uma planilha da *Microsoft Excel* que simula um detector de partículas. Segundo o autor, trata-se de um modelo tridimensional que pode ser girado e a trajetória de partículas podem ser destacadas. A planilha modela as potencialidades de um detector de partículas real e pode servir como instrumento educacional.

### Novas propostas e estratégias didáticas

- Preocupados em não transformar as aulas de partículas elementares do ensino médio num zoológico de partículas e reações sem significado, Berg e Hoekzema (2006) propuseram uma abordagem centrada nas leis de conservação, nas simetrias e nos diagramas de Feynman. Esse enfoque, segundo os autores, possibilita o aluno avaliar se é possível ocorrer uma reação ou não, além de derivar outras reações por simetria. O método pedagógico utilizado pelos autores é o rápido *feedback*: uma série de atividades curtas que o aluno desenvolve individualmente e em seguida discute com o professor. Embora os autores tenham descrito o andamento de duas aulas, o trabalho infelizmente não apresenta resultados de pesquisa.

Nesta revisão bibliográfica, (OSTERMANN; MOREIRA, 2000) fizeram um levantamento de 102 artigos dos quais que foram classificadas em 1) propostas didáticas testadas em sala de aula; 2) levantamento de concepções; 3) bibliografia de consulta para professores; 4) análise curricular.

Dos 102 artigos consultados, 52 trabalhos foram classificados com bibliografia de consulta para professores (categoria 3), enquanto que os 50 trabalhos restantes foram distribuídos entre as demais categorias.

Desta forma, percebemos 9 trabalhos que abordaram temas de FPE no Ensino Médio (8,9% da amostra total), dos quais 4 trabalhos de bibliografia de consulta para professores e 5 trabalhos entre as demais categorias.

Siqueira e Pietrocola (2005) elaboraram uma revisão bibliográfica dos recursos sobre o ensino de Física de Partículas no ensino médio, categorizados em livros didáticos, projetos de Física, artigos de ensino de Física, sites e textos de divulgação científica.

Siqueira e Pietrocola (2005) concluíram que um dos problemas enfrentados pela inserção da Física Moderna e Contemporânea no ensino médio é a falta de material de estudo e didático. No caso da Física de Partículas isso não é diferente, apesar de ter muitos materiais em inglês.

Segundo Siqueira e Pietrocola (2005):

O Brasil está começando a produzir material de qualidade. Esse é o reflexo de físicos que estão preocupados com a divulgação das pesquisas feitas tanto aqui no país quanto em outros países, onde pesquisadores brasileiros trabalham em colaboração. Esse movimento vem a contribuir muito com a tentativa de pesquisadores em ensino a inserirem a FMC no ensino médio e, em se tratando da Física de Partículas, com esse material apresentado, é possível montar um curso de nível médio sobre o assunto e assim levar esse conteúdo para sala de aula.

Em linguagem simples e precisa, a Abdalla (2006) trata, com particular charme e estilo, da elegância e da organização que caracterizam o mundo das chamadas partículas elementares e os campos de forças fundamentais que descrevem as suas interações.

SIQUEIRA (2006) elaboraram uma proposta de Física de Partículas Elementares através de uma sequência didática, com textos e atividades que buscaram levar esse tópico para jovens do Ensino Médio das escolas públicas do estado de São Paulo.

Siqueira e Pietrocola (2006) tem como objetivo levar a Física de Partículas Elementares para o Ensino Médio, através de uma proposta com uma sequência didática.

A dissertação de Pinheiro (2011) tem como objetivo desenvolver uma unidade de aprendizagem sobre partículas elementares, além de investigar indícios de aprendizagem significativa.

Já a dissertação de (BALHAZAR, 2010) tem por objetivo discutir a inserção do tema Partículas Elementares no Ensino Médio a partir do *Large Hadron Collider* (LHC).

Apesar das revisões de literatura de Ostermann e Moreira (2000) e Pereira e Ostermann (2009) e a revisão bibliográfica de Siqueira e Pietrocola (2005), já terem um pouco mais

de uma década, percebemos que a situação atual não foge muito do escopo apresentado por estas revisões (mesmo havendo um avanço na produção de materiais para o ensino médio).

Enfim, notamos a partir desta análise, que existe uma escassez de materiais de FPE voltadas para o ensino médio com propostas aplicadas em sala de aula, pois a maior parte do material encontrado foi voltada para consulta bibliográfica de professores.

## 2.5.2 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 Eletronic 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>11</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.

Do levantamento apresentado por Nascimento *et al.* (2017), foram analisados 17 artigos

---

<sup>11</sup> *Serious Games*: são jogos eletrônicos que têm como principal objetivo treinar pessoas.

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 RENOTE, 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) 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 relativas 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.

## 2.6 Marcos Legais

### 2.6.1 Diretrizes Básicas e Parâmetros Curriculares

As discussões para a inserção de física moderna e contemporânea no Ensino Médio existem a mais de vinte anos. Terrazzan (1992), já relatava desde o começo da década

de noventa, que os conteúdos de Física Moderna e Contemporânea (FMC), não atingem os estudantes, mesmo vários equipamentos eletrônicos e muitos fenômenos da natureza somente serem compreendidos a partir de alguns conceitos estabelecidos pela FMC.

Terrazzan (1992) destacava o seguinte:

A influência crescente dos conteúdos de Física Moderna e Contemporânea para o entendimento do mundo criado pelo homem atual, bem como a inserção consciente, participativa e modificadora do cidadão neste mesmo mundo, define, por si só, a necessidade de debatermos e estabelecermos as formas de abordar tais conteúdos na escola de 2º grau.

Desta forma, percebemos o quão importante as discussões da inserção de FMC no ensino médio e sua relevância para a compreensão de fenômenos do nosso dia a dia, principalmente para o entendimento da tecnologia que nos cerca.

Após alguns anos, essa discussão foi ampliada após sancionada a Lei de Diretrizes Básicas (LDB) da educação nacional, no qual foi estabelecida vários objetivos para o ensino. Dentre esses objetivos, a necessidade de renovação curricular, visando aspectos mais modernos da ciência (SIQUEIRA; PIETROCOLA, 2005).

Logo após os parâmetros curriculares nacionais para o ensino médio (PCN e PCN+) reforçam a ideia já trazida pela LDB:

Art. 36, § 1º. Os conteúdos, as metodologias e as formas de avaliação serão organizados de tal forma que ao final do ensino médio o educando demonstre: I - domínio dos princípios científicos e tecnológicos que presidem a produção moderna; II - conhecimento das formas contemporâneas de linguagem; III - domínio dos conhecimentos de Filosofia e de Sociologia necessários ao exercício da cidadania.

E ainda mais, O PCN+ elenca de forma bem específica e clara competências e habilidades diretamente relacionadas à FMC:

Competências:

- Compreender a ciência e a tecnologia como partes integrantes da cultura humana contemporânea;
- Reconhecer e avaliar o desenvolvimento tecnológico contemporâneo, suas relações com as ciências, seu papel na vida humana, sua presença no mundo cotidiano e seus impactos na vida social.

Habilidades:

- Compreender a Física como parte integrante da cultura contemporânea, identificando sua presença em diferentes âmbitos e setores, como, por exemplo, nas manifestações artísticas ou literárias, em peças de teatro, letras de músicas etc., estando atento à contribuição da ciência para a cultura humana.
- Promover e interagir com meios culturais e de difusão científica, por meio de visitas a museus científicos ou tecnológicos, planetários, exposições etc., para incluir a devida dimensão da Física e da ciência na apropriação dos espaços de expressão contemporâneos.
- Compreender formas pelas quais a Física e a tecnologia influenciam nossa interpretação do mundo atual, condicionando formas de pensar e interagir. Por exemplo, como a relatividade ou as ideias quânticas povoam o imaginário e a cultura contemporânea, conduzindo à extrapolação de seus conceitos para diversas áreas, como para a Economia ou Biologia.
- Acompanhar o desenvolvimento tecnológico contemporâneo, por exemplo, estabelecendo contato com os avanços das novas tecnologias na medicina, por meio de tomografias ou diferentes formas de diagnóstico; na agricultura, nas novas formas de conservação de alimentos com o uso das radiações; ou, ainda, na área de comunicações, com os microcomputadores, CDs, DVDs, telefonia celular, tevê a cabo.

Enfim, percebemos um avanço ao longo do tempo da inserção de temas relacionadas à FMC no ensino médio. Isso corrobora a importância desta inserção principalmente no que tange à temas de aplicações tecnológicas no nosso cotidiano.

Entretanto, após aprovada a reforma do ensino médio e analisando a construção da Base Nacional Comum Curricular (BNCC)<sup>12</sup>, percebemos várias fragilidades e de certa forma um retrocesso na forma de abordagem da FMC no ensino médio.

## 2.6.2 A Base Nacional Comum Curricular (BNCC)

Após aprovada a reforma do ensino médio em 2017, a redação do artigo 36 foi modificada:

Art. 36. O currículo do ensino médio será composto pela Base Nacional Comum Curricular e por itinerários formativos, que deverão ser organizados por meio da oferta de diferentes arranjos curriculares, conforme a

---

<sup>12</sup>A Base Nacional Comum Curricular (BNCC) é um documento de caráter normativo que define o conjunto orgânico e progressivo de aprendizagens essenciais que todos os alunos devem desenvolver ao longo das etapas e modalidades da Educação Básica, de modo a que tenham assegurados seus direitos de aprendizagem e desenvolvimento, em conformidade com o que preceitua o Plano Nacional de Educação (PNE).

relevância para o contexto local e a possibilidade dos sistemas de ensino, a saber:

I - linguagens e suas tecnologias; II - matemática e suas tecnologias; III - ciências da natureza e suas tecnologias; IV - ciências humanas e sociais aplicadas.

Desta forma, percebemos claramente a ausência da redação que especificava a produção moderna como um dos elementos esperados que o aluno demonstre ao final do ensino médio.

Analisando a última versão do BNCC (2017), é possível perceber a construção de um currículo muito genérico e idealista, incompatível com a realidade atual das escolas brasileiras, principalmente das escolas públicas, que dispões, na maioria dos casos, de apenas duas horas-aula por semana. Seria mais apropriado uma base que indicasse o mínimo, de menor amplitude, com orientações mais e claras e objetivas.

Mozena e Ostermann (2016), destaca que no final das contas, continua mais do mesmo, prevalecendo conteúdos tradicionais, que contemplam a física clássica, apesar do discurso e no final das contas, continuamos com o mais do mesmo. Prevaecem listas de conteúdos tradicionais, que contemplam toda a Física Clássica e, apesar do discurso de integração do conteúdo com a tecnologia.

### 2.6.3 Livros Didáticos de Física PNLD 2018-2020

O Programa Nacional do Livro e do Material Didático (PNLD) é destinado a avaliar e a disponibilizar obras didáticas, pedagógicas e literárias, entre outros materiais de apoio à prática educativa, de forma sistemática, regular e gratuita, às escolas públicas de educação básica das redes federal, estaduais, municipais e distrital e também às instituições de educação infantil comunitárias, confessionais ou filantrópicas sem fins lucrativos e conveniadas com o Poder Público.

Para o triênio 2018-2020, foram selecionadas 12 obras mostradas no quadro 1.

Nº	Livro	Referências	Editores
1	Conexões com a Física	Sant'Anna <i>et al.</i> (2016)	Moderna
2	Física - Ciência e Tecnologia	Penteado e Torres (2016)	Moderna
3	Física Aula por Aula	Xavier e Barreto (2016)	Ftd
4	Física: Contexto & Aplicações	Máximo e Alvarenga (2016)	Editora Scipione
5	Física	Bonjorno <i>et al.</i> (2016)	Ftd
6	Ser Protagonista - Física	Stefanovits (2016)	Sm
7	Física	Guimarães <i>et al.</i> (2016)	Editora Ática
8	Física	Biscuola <i>et al.</i> (2016)	Saraiva Educação
9	Física em Contextos	Pietrocola <i>et al.</i> (2016)	Editora Do Brasil
10	Compreendendo a Física	Gaspar (2016)	Editora Ática
11	Física: Interação e Tecnologia	Filho e Toscano (2016)	Leya
12	Física para o Ensino Médio	Yamamoto e Fuke (2016)	Saraiva Educação

QUADRO 1 – Obras selecionadas PNLD 2018-2020

É importante ressaltar que não temos o objetivo fazer uma análise exaustiva dos livros didáticos, apenas uma breve investigação com intuito de perceber a tendência da abordagem de FPE no ensino médio. Diante deste fato, analisamos os livros didáticos com a base nos critérios de Cavalcate (2013).

**A. O texto apresenta de forma correta, contextualizada e atualizada os conceitos e as informações são claras e adequadas ao aluno desse nível de ensino?**

Sim, apesar de que a maioria dos livros apresentarem conceitos de forma resumida.

**B. O texto disponibiliza informações que favoreçam a compreensão da FPE?**

Sim, os conteúdos apresentados conjuntamente com as ilustrações, gráficos e tabelas favoreceram a compreensão.

**C. Apresenta o conteúdo em uma sequência didática adequada e utiliza um vocabulário científico na sua construção?**

Sim, a maioria apresenta. Entretanto, em alguns casos percebemos sequências didáticas que não favoreciam o entendimento de forma eficiente.

**D. O texto busca relacionar o conteúdo de FPE com o cotidiano do aluno e com as aplicações tecnológicas?**

Sim, a maioria apresenta, principalmente com exemplos de aplicações tecnológicas.

**E. Apresenta o desenvolvimento histórico da FPE?**

Sim, alguns apresentam. Todavia, a abordagem histórica é resumida com apenas alguns marcos históricos.

**F. Apresenta informações sobre a FPE relacionadas ao Brasil?**

Sim, mas poucos apresentaram informações relacionadas ao Brasil. Quando citadas, as informações referentes ao Brasil estavam relacionadas à participação do físico César Lattes na descoberta do méson pi.

**G. O texto sugere leituras complementares para aprofundar os conhecimentos do aluno e despertar no mesmo uma postura ética baseado em conhecimentos científicos?**

Sim, mas pouquíssimos apresentaram. Os livros que continham indicações de leituras complementares faziam sugestões de leituras extras e indicações de filmes.

**H. As atividades propostas estão relacionadas com os conteúdos?**

Sim, alguns apresentaram. Percebemos que muitos livros não continham exercícios específicos relacionados à FPE.

**I. Apresenta propostas de atividade para serem desenvolvidas em grupo, despertando assim a cooperação e o trabalho em equipe, valorizando a opinião e o conhecimento de cada pessoa?**

Sim, mas apenas um livro apresentou.

**J. As atividades favorecem o desenvolvimento de um senso crítico em relação ao tema e valorizam os conceitos físicos?**

Sim, mais a maioria das atividades não continham elementos que favoreciam o desenvolvimento do senso crítico.

Nº	Livros	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	Conexões com a Física	x	x	x	x	x	x	x	x		x
2	Física - Ciência e Tecnologia	x	x			x			x	x	
3	Física Aula por Aula	x				x					
4	Física: Contexto & Aplicações										
5	Física										
6	Ser Protagonista - Física	x	x	x	x				x		x
7	Física	x	x	x	x				x		x
8	Física										
9	Física em Contextos	x	x	x	x	x	x	x	x		x
10	Compreendendo a Física	x	x	x	x	x	x				
11	Física: Interação e Tecnologia	x	x		x	x	x		x		x
12	Física para o Ensino Médio	x	x		x		x				

QUADRO 2 – Análise de livros didáticos (realizada pelo autor)

Em síntese, algumas considerações:

1. A maior parte das obras dedica capítulos exclusivos para temas relacionadas à FMC, sendo que algumas optaram por estender a abordagem inserindo conceitos ao longo dos três volumes da coleção;
2. Apesar que todos as obras apresentares temas relacionadas à FMC, nem todas as obras analisadas continham temas relacionadas à FPE;
3. A maioria das coleções optou por introduzir os conceitos da FMC a partir de sequências históricas, destacando alguns temas e fazendo correlações com o cotidiano;
4. A contextualização dos conceitos, na maioria das obras, é auxiliada por apresentação de exemplos de suas aplicações tecnológicas;
5. Algumas obras trazem descobertas recentes e avanços da física, como a descoberta do bóson de Higgs e as ondas gravitacionais;
6. Apesar exíguo, algumas obras apresentam abordagem da história da ciência.

## 3 Produto Educacional: O Jogo Digital

Nossa proposta de produto educacional consiste em uma sequência didática com o foco na aprendizagem baseada em jogos digitais. Neste capítulo, descreveremos primeiramente as principais características do jogo digital, desde a sua elaboração até sua finalização, e logo após, descreveremos a sequência didática na qual o jogo está inserido, relatando os detalhes que serão abordados em cada aula.

O jogo digital representa o âmago do nosso produto educacional. Descreveremos a seguir o processo de elaboração, a ferramenta programação e suas principais características.

### 3.1 O Processo de Elaboração

Após várias pesquisas relacionadas à temática da aprendizagem baseada em jogos digitais, elaboramos um plano de execução para concretizar a criação do jogo digital. Este plano consistiu em pesquisar as várias etapas da construção de um jogo, desde a criação do enredo até à programação.

Entretanto, durante as nossas pesquisas, enfrentamos uma grande barreira: que exigência de conhecimentos técnicos que não dominávamos, que consistia na etapa da programação. A grande maioria dos *games* são baseados em linguagens de programação específicas, com códigos complexos.

Apesar de já termos um conhecimento básico de lógica de programação, tínhamos que aprofundar nossos conhecimentos e desbravar um terreno mais insólito. De acordo com nossas pesquisas, as principais linguagens de programação usadas nos games são: C#, C++, *Java* e *JavaScript*. Todavia, para enveredarmos nesta seara, tínhamos certo dispêndio de tempo, tempo este que no momento não tínhamos.

No intuito de encarar a barreira técnica da programação, escolhemos desenvolver nosso projeto na plataforma *Scratch*. Esta escolha foi realizada devido principalmente à facilidade no aprendizado da ferramenta e à vasta comunidade interativa de projetos e fóruns

especializados.

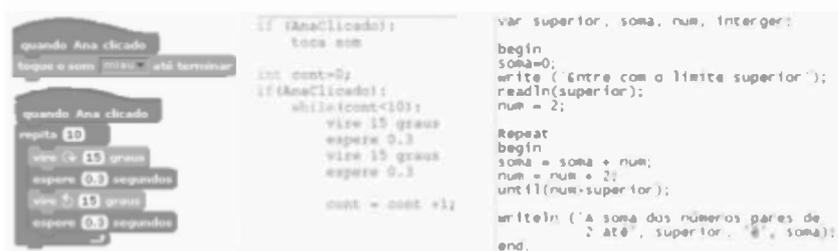


FIGURA 1 – Laço de repetição no Scratch, Python e Pascal (elaborada por Mendes *et al.* (2012))

## 3.2 A Ferramenta de Programação

Segundo o site Lab (2018), o *Scratch* é um projeto do *Lifelong Kindergarten Group* do MIT *Media Lab*. Disponibilizado gratuitamente, o *Scratch* ajuda os jovens a pensar de forma criativa, a raciocinar sistematicamente e a trabalhar colaborativamente competências essenciais à vida no século XXI. Com ele é possível programar suas próprias histórias, jogos e animações interativas, além de poder compartilhar suas criações com toda a comunidade. Justamente esta comunidade ativa, que torna-o bastante interativo, pois os estudantes podem compartilhar seus projetos e aprender uns com os outros (RESNICK *et al.*, 2009 apud BASTOS *et al.*, 2010).

O Termo *Scratch* tem origem da técnica de *scratching* utilizadas pelos DJs (*disc jockeys*) do *hip-hop*. Pois é possível fazer algo semelhante com o *Scratch*, que nos permite controlar ações e interações entre diferentes tipos de imagens, sons e cores, misturando-os de forma criativa (MARQUES, 2009).

Klopfer *et al.* (apud MARQUES, 2009), cita os principais aspectos-chave inovadores do *Scratch*:

(a) Programação com blocos-de-construção (*building-blocks*) - Para escrever programas em *Scratch*, encaixam-se blocos gráficos uns nos outros, formando empilhamentos ordenados (*stacks*). Os blocos são concebidos para se poderem encaixar apenas de forma que faça sentido sintaticamente, não ocorrendo, assim, erros de sintaxe. As sequências de instruções podem ser modificadas mesmo com o programa a correr, o que facilita a experimentação simples de novas ideias e o multiprocessamento é integrado de forma simples podendo ser executadas instruções paralelamente por diferentes conjuntos de blocos; (b) Manipulação de mídia - O *Scratch* permite a construção de programas que controlam e misturam gráficos, animação, texto, música e som. Amplia as atividades de manipulação de mídia que são populares na cultura atual; (c) Partilha e colaboração - A página de Internet do *Scratch* fornece inspiração e audiência: podemos experimentar os projetos de outros, reutilizar e adaptar as suas imagens e *scripts*, e divulgar os nossos próprios projetos. A meta

final é desenvolver uma comunidade e uma cultura de partilha em torno do *Scratch*; (d) Integração no mundo físico - O *Scratch* pode interagir com objetos exteriores de vários tipos; (e) Opção de múltiplas línguas, incluindo a portuguesa, desde a sua concepção - Pretende promover a criação de uma cultura *Scratch* na comunidade internacional.

Estes aspectos inovadores trazem uma aprendizagem muito mais fácil e ativa. Destacamos os principais motivos que fizeram do *Scratch* nossa escolha:

- i) Facilidade de aprendizagem: ferramenta intuitiva e lúdica;
- ii) Programação em blocos: programação de “encaixe”<sup>13</sup>, evitando possíveis erros de sintaxe.
- iii) Colaboração: comunidade ativa e interativa com fóruns especializados.

### 3.3 As Principais Características do Jogo

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. Percebemos que uma parcela de estudantes já tinha ouvido falar do Bóson de Higgs e o LHC, desta forma decidimos 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-playing 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*.

---

<sup>13</sup>Como se fossem peças de LEGO

A dinâmica do jogo é baseada em um *Quiz*<sup>14</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 nosso *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.

---

<sup>14</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)

Estas atividades extras tem o intuito de complementar conceitos presentes no jogo principal. Para mais detalhes veja o apêndice A.2.

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 Metodologia de Aplicação

Neste capítulo teremos o objetivo de detalhar a metodologia de aplicação do produto educacional. Responderemos as seguintes questões: “como será?”, “quais serão as ferramentas necessárias?”, “onde ocorrerá?”, “qual será o nosso público-alvo?”, “qual será a duração?”, entre outras perguntas.

O nosso principal produto é o jogo digital: “Em Busca do Bóson de Higgs”. Todavia, com o objetivo de potencializar a aprendizagem baseada em jogos digitais, Prensky relata a importância de utilizar, além do *game*, outros métodos. Seguindo esta ideia, decidimos elaborar uma sequência didática, inspirada em uma UEPS, organizada e estruturada para captar evidências de aprendizagem significativa.

Pré-teste e Pós-teste baseada na dissertação de mestrado (PINHEIRO; COSTA, 2009)

### 4.1 A Sequência Didática

Modalidade de ensino	Médio
Modalidade da escola	Pública
Cidade	Ceilândia - DF
Turno	Noturno
Total de turmas da aplicação	4
Quantidade média de alunos por turma	11
Duração	2 meses

QUADRO 3 – Informações sobre a aplicação do produto educacional

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 consi-

deramos suficientes. Avaliamos ser conveniente que as mesmas estivessem diluídas em dois meses e desta forma decidimos por uma sequência com total de 10aulas. 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.

	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.

QUADRO 4 – Informações sobre a sequência didática

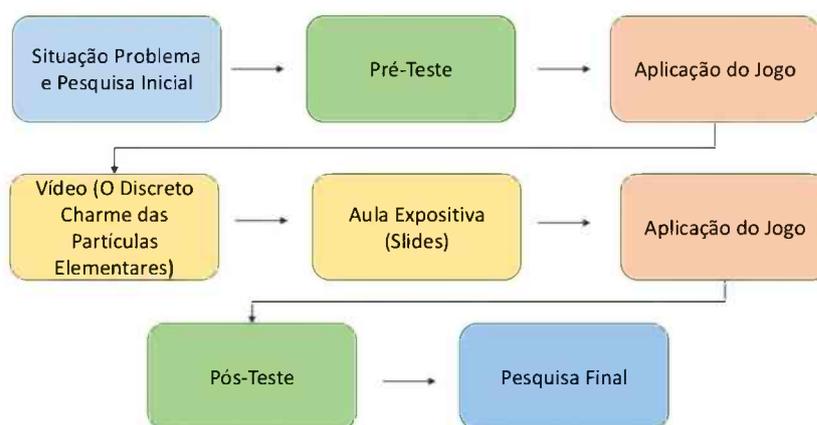


FIGURA 2 – Organização da sequência didática

## 4.2 Elementos de Gamificação

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.

## 4.3 O Ambiente da Aplicação

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.*, 2012).

## 4.4 Os Questionários

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.* (2010):

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.* (2010) 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 (2011) que serviu como base na construção do pré-teste.

## 4.5 Encurtador de *URLs*

Reconhecida a necessidade de acessar vários sites e a dificuldade em anotar todos os caracteres da *url* no quadro para que os alunos pudessem anotar nos navegadores das máquinas, utilizei um recurso de encurtador de *url*. Segundo a Wikipédia (2018a):

Encurtamento de *URL* é uma técnica na *World Wide Web* onde um provedor torna um site disponível com um *URL* muito curto, em adição ao endereço original. Por exemplo, a página <http://en.wikipedia.org/w/index.php?title=TinyURL&diff=283621022&oldid=283308287> pode ser encurtada para <http://tinyurl.com/mmw6lb>.

Desta forma, percebemos que é muito mais simples e prático anotar *URLs* encurtadas que contém poucos caracteres a *URLs* longas com muitos caracteres.

## 5 Aplicação da Sequência Didática

Neste capítulo, relatarei minha experiência de aplicação do produto educacional como professor regente das turmas, ou seja, descreverei minhas principais percepções em toda a aplicação da sequência didática.

No quadro 5, apresentamos um resumo de algumas características da nossa aplicação.

	Início	Término	Duração (min)	Local	Alunos
Situação problema e Pesquisa Inicial	02/08/2017	03/08/2017	45	Lab. Inf.	46
Aplicação do Pré-teste	03/08/2017	04/08/2017	45	Lab. Inf.	36
1ª aplicação do jogo	16/08/2017	17/08/2017	45	Lab. Inf.	45
Exposição e diálogos sobre o vídeo	18/08/2017	30/08/2017	90	Sala de Vídeo	44
Aulas expositivas e dialogadas	31/08/2017	06/09/2017	90	Sala de Vídeo	37
2ª aplicação do jogo	13/09/2017	20/09/2017	45	Lab. Inf.	45
Aplicação do pós-teste	14/09/2017	21/09/2017	45	Lab. Inf.	44
Pesquisa final de opinião	20/09/2017	04/10/2017	45	Lab. Inf.	47

QUADRO 5 – Dados da aplicação do produto

### 5.1 Situação Problema e Pesquisa Inicial

Primeiramente, expliquei brevemente sobre a dinâmica da sequência didática que iria desenvolver durante o bimestre. Destaquei a importância da assiduidade nas aulas, pois a atividade proposta teria um caráter essencialmente presencial.

Após esta breve introdução, entreguei uma autorização de direito de uso de imagens e depoimentos para os alunos presentes. Destaquei a importância da assinatura do responsável para conceder eventuais direitos para publicações futuras<sup>15</sup>.

Posteriormente a esta explanação, fiz algumas perguntas aos alunos com intuito de captar algum conhecimento prévio sobre: estrutura da matéria, partículas elementares, modelo padrão, interações fundamentais e o LHC. Estas perguntas serviram como base para poder captar alguns indícios de subsunçores referentes à temática da FPE.

Em seguida, entreguei impresso o artigo do professor Moreira (2004)<sup>16</sup>, que teve o intuito de servir como texto de apoio para alunos (a escolha deste texto em específico aconteceu devido a facilidade que o autor tem em explicar conceitos áridos em uma linguagem mais simples e acessível para estudante do ensino médio).

Enfim, nos minutos finais da aula, levei-os para o laboratório de informática com a finalidade de responder um questionário sobre jogos digitais. Esta pesquisa teve o intuito de diagnosticar a opinião deles em relação à temática dos jogos digitais (B.1).

#### Observações:

**Aluno 1:** Ficou empolgado devido à utilização da sala da informática da escola. Segundo ele, nenhum outro professor havia levado eles antes para a sala;

**Aluno 2:** Ficou interessado no produto didático pois a temática principal eram os games;

**Aluno 3:** Ficou surpreso quando falei em *games* aliado ao ensino.



FOTOGRAFIA 1 – Aplicação do questionário inicial

<sup>15</sup>A grande maioria do nosso público são compostos por alunos maiores de 18 anos, enquanto que apenas dois alunos se apresentaram como menores de idade. Ambas declarações estão presentes no Anexo C.

<sup>16</sup>Este artigo está presente no Anexo B.1.

## 5.2 Aplicação do Pré-Teste

Nesta aula, levei-os novamente para a sala de informática da escola para realizar o pré-teste, que foi elaborado e organizado da seguinte forma:

**1ª Parte:** Perguntas subjetivas sobre a Física de Partículas, abordando temas gerais como: estrutura da matéria, partículas elementares, interações fundamentais, LHC e o bóson de Higgs;

**2ª Parte:** Perguntas objetivas com caráter mais básico<sup>17</sup>, recuperando conceitos como: átomos, prótons, elétrons e nêutrons;

**3ª Parte:** Perguntas objetivas com caráter mais avançado<sup>18</sup>, envolvendo conhecimentos sobre: partículas elementares, modelo padrão, interações fundamentais, partículas mediadoras, bóson de Higgs e o LHC.



FOTOGRAFIA 2 – Aplicação do pré-teste

Os alunos conseguiram terminar de responder em tempo hábil. Ao longo da aula surgiram vários comentários interessantes:

- **Aluno 1:** Comentou que já tinha ouvido falar do LHC na televisão; na televisão;
- **Aluno 2:** Comentou sobre uma possível relação entre o bóson de Higgs e a teoria do Big Bang;
- **Aluno 3:** Comentou sobre a série “*Rick and Morty*” e sua possível relação com a física de partículas;

<sup>17</sup>Temas que em geral os alunos já possuem um certo conhecimento prévio.

<sup>18</sup>Temas que em geral os alunos ainda não possuem conhecimento prévio.

- Os alunos sentiram muita dificuldade em responder ao questionário por completamente, alegaram que muitos termos eram complexos e nunca tinham ouvido falar anteriormente.

### 5.3 1ª Aplicação do Jogo

Nesta aula ocorreu a primeira aplicação do jogo. Levei os alunos novamente para o laboratório de informática da escola. Lá escrevi no quadro um *link* reduzido<sup>19</sup> que teve como objetivo o acesso dos alunos ao jogo hospedado no site do MIT.

Surgiram algumas adversidades técnicas com os computadores, mas logo foram superadas com o apoio que tive do professor responsável pela sala.

Fiz uma breve explanação sobre os comandos básicos e os objetivos do jogo. Eles conseguiram iniciar, porém alguns apresentaram dificuldade para entender os comandos e a jogabilidade.

#### Observações:

- Em geral, os alunos ficaram bem interessados no jogo, prestaram bastante atenção e tiveram dedicação;
- Um grupo pequeno de alunos em uma turma ficou disperso durante a aplicação, eles relataram que não gostavam muito de jogos;
- Alguns alunos relataram que estavam desinteressados em ler os diálogos do jogo;
- Um grupo de alunos estava tão motivado que, até após o término da aula, ficou alguns minutos a mais para concluir o *game*;
- Houve muita cooperação entre os alunos, mesmo sendo a premiação apenas para o melhor;
- Em alguns casos, o jogo apresentou *bugs*<sup>20</sup>. A grande maioria se propôs a reiniciar o jogo e apenas poucos alunos ficaram desmotivados e desistiram;
- Um grupo de três estudantes ficaram 15 minutos além do tempo da aula para concluir o jogo, ou seja, mesmo já encerrado o prazo, estes alunos ficaram motivados em terminar;

---

<sup>19</sup>Ver seção que explica o *link* reduzido

<sup>20</sup>*Bug* é quando a linguagem do computador entra em conflito e gera uma impossibilidade de continuar a execução de um programa.

- Apesar do jogo ter um valor relevante para a premiação, o que poderia sugerir que os alunos jogassem de forma individualizada, o observado foi o oposto no comportamento de alguns alunos. Prevaleceu o espírito de equipe e cooperação, ou seja, a estratégia que vários adotaram foi formar grupos e responder de forma coletiva.

Chama a atenção o fato do jogo ter um valor muito relevante para a premiação, levando a crer que fossem jogar de forma individualizado. Entretanto, foi observado o contrário, pois percebemos em muitas situações a presença de um espírito de equipe e cooperação. Ou seja, a estratégia que alguns tiveram foi a formação de grupos para avançar no jogo de forma coletiva.



FOTOGRAFIA 3 – 1ª aplicação do jogo

## 5.4 Exposição e Diálogos Sobre o Vídeo: “O Discreto Charme das Partículas Elementares”

Como a escola dispunha de um ambiente diferenciado, com toda estrutura física planejada para a apreciação de vídeos, utilizei o espaço por ser um ambiente menos formal e mais agradável aos alunos do que uma sala de aula convencional.

Desta maneira, assistimos ao vídeo “O Discreto Charme das Partículas Elementares” baseado no livro da Professora Maria Cristina (ABDALLA, 2006).

Sabendo que a duração do vídeo era de aproximadamente 44 minutos, resolvi dividir a análise e discussão sobre o vídeo em duas aulas.

Na primeira aula, apreciamos a primeira metade do vídeo (cerca de 22 minutos) e fizemos análises e discussões sobre a temática abordada pelo vídeo.

**Observações:**

- Quase a totalidade dos alunos ficaram atentos ao assistir o vídeo, raros os momentos que eles dispersaram ou perderam o foco;
- Eles gostaram do vídeo e acharam as explicações claras e objetivas;
- Relataram que tinha muita informação nova e que precisariam de um tempo para conseguir assimilar todo o conteúdo exposto;
- Comentaram que tinha muitos nomes complexos e difíceis de lembrar;
- Um aluno perguntou se o vídeo já tinha passado na televisão em canal aberto<sup>21</sup>.

Em geral a turma ficou satisfeita.

Já na segunda aula, apreciamos a segunda metade do vídeo (cerca de 22 minutos) e fizemos mais análises e discussões. Alguns ficaram empolgados quando mostrado o rap do LHC.

Assistimos a segunda metade do vídeo e, como na primeira vez, os alunos ficaram bastante atentos. Em um determinado momento, percebi que alguns alunos ficaram empolgados na hora do *rap*<sup>22</sup> do LHC.

Em seguida, após o término do vídeo, fizemos uma discussão sobre o LHC e o bóson de Higgs.



FOTOGRAFIA 4 – Apreciação do vídeo

<sup>21</sup>Ele perguntou isso devido à logomarca da TV Cultura presente no vídeo

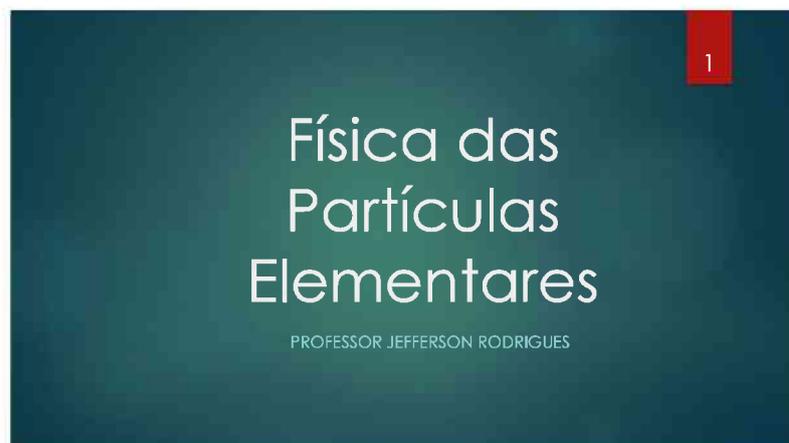
<sup>22</sup>Rap: gênero de música popular, urbana, que consiste numa declamação rápida e ritmada de um texto.

## 5.5 Aulas Expositivas e Dialogadas

Com intuito de motivar os alunos, peguei um trecho de um filme de ficção científica “anjos e demônios”<sup>23</sup> em que mostrava uma explosão avassaladora. Neste momento, os alunos ficaram bastante interessados, pois a muitos já tinham assistido ao filme, mas não sabiam que a explosão mostrada consistia na liberação de energia por meio do processo de aniquilação de matéria e antimatéria.

A partir deste momento, comecei a explicar sobre as partículas elementares e o modelo padrão, sempre fazendo links de referência ao vídeo “O Discreto Charme das Partículas Elementares”, que eles tinham assistido nas aulas passadas.

Já no segundo momento da aula, comentei sobre as interações fundamentais e o LHC. Para despertar o interesse dos alunos comentei que o modelo padrão contemplava apenas três das quatro interações fundamentais da natureza, não era o único modelo possível e que existiam outras teorias alternativas. Quando comentei sobre as teorias alternativas e as tentativas de unificação, os alunos ficaram bastante interessados, empolgados e participativos.



FOTOGRAFIA 5 – Slides das aulas expositivas e dialogadas

## 5.6 2ª Aplicação do Jogo

Nesta aula, os alunos jogaram novamente. Entretanto, desta vez o jogo teve um caráter mais revisional, pois eles já tinham uma certa bagagem teórica acerca do tema.

---

<sup>23</sup>Este mesmo filme também é citado em Siqueira e Pietrocola (2005)

**Observações:**

- Desta vez, eles concluíram o jogo muito mais rápido que a primeira aplicação;
- Em relação à primeira aplicação, percebi uma melhora nas pontuações;
- Alguns alunos tiveram dificuldades pois não participaram da primeira aplicação causando assim uma certa desmotivação.



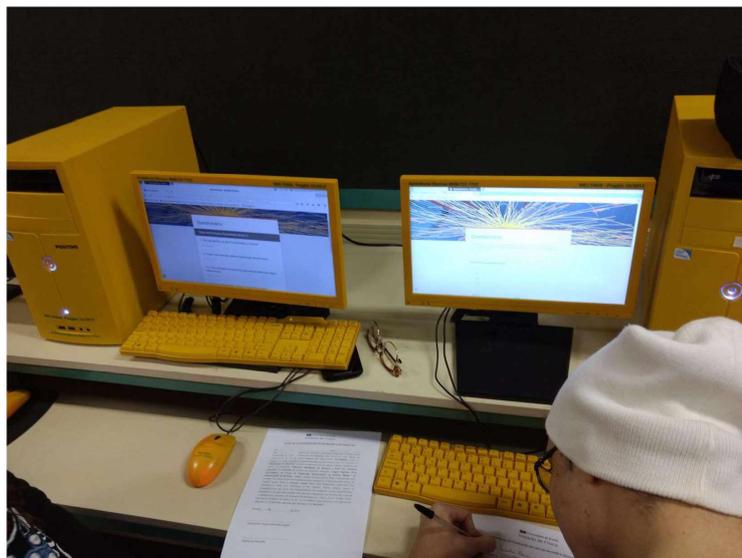
FOTOGRAFIA 6 – 2ª aplicação do jogo

## 5.7 Aplicação do Pós-Teste

Novamente, levei-os para o laboratório de informática para fazer o teste novamente. Desta vez, eles conseguiram responder o questionário muito mais rápido e com muito menos dificuldade.

**Aluno 1:** comentou que conseguiu resolver melhor o questionário devido principalmente ao jogo;

**Aluno 2:** relatou que desta achou mais fácil responder o questionário pois estava mais familiarizado com os nomes.



FOTOGRAFIA 7 – Aplicação do pós-teste

## 5.8 Pesquisa Final de Opinião e Premiação

Primeira parte da aula consistiu no questionário de opinião sobre o jogo e sobre a sequência didática. Os alunos responderam sem maiores problemas ou dificuldades.

Em seguida, fiz a contagem dos pontos para a premiação, parabenizando os melhores de cada turma. No final, entreguei a premiação para o melhor colocado no ranking de cada turma.

### Observações:

- Os alunos ficaram empolgados com a premiação do livro em formato de mangá;
- Um dos premiados foi diagnosticado anteriormente como aluno indisciplinado. Entretanto, durante a aplicação de toda a sequência didática, estes alunos demonstraram muito interesse, motivação, foco e disciplina.



FOTOGRAFIA 8 – Aplicação da pesquisa final



FOTOGRAFIA 9 – Premiação

## 6 Resultados e Discussões

Neste capítulo abordaremos a análise dos dados obtidos em nossa sequência didática. Primeiramente, faremos análises sobre a pesquisa inicial que tem o intuito de mapear alguns tópicos sobre os jogos digitais.

Posteriormente, realizaremos um comparativo entre os dados obtidos entre o pré-teste e o pós-teste. Logo após, efetuaremos análises da aplicação do jogo digital ressaltando os pontos mais relevantes e análises das aulas que envolveram o vídeo “o discreto charme das partículas elementares”.

Em seguida, realizaremos uma análise das aulas expositivas e dialogadas, para finalmente, concluir com análises da pesquisa final de opinião sobre o produto educacional e a sequência didática.

Vale ressaltar que o nosso objetivo não é realizar análises estatísticas quantitativas complexas com os dados que obtemos<sup>24</sup>, mas sim, efetuar uma análise qualitativa de forma a destacar as principais percepções da aplicação do produto educacional. Os gráficos, quadros e tabelas desta análise estão contidas no apêndice B.

### 6.1 Análise da Pesquisa Inicial

Foi possível perceber a partir do gráfico 2 que a maioria dos alunos que realizaram a pesquisa tem um certo tipo de afinidade com jogos digitais (87,7%), e poucos responderam que não gostam (13,3%). Isso demonstra que o público alvo desta pesquisa<sup>25</sup>, tem certa afinidade com a ferramenta de aprendizagem deste trabalho (o jogo digital).

Já no gráfico 3, percebemos que o principal dispositivos que eles costumam jogar é o *Smartphone*, (64,4%), seguido do PC (33,3%) e do console(28,9%). Podemos elencar dois fatores que corroboram o fato de o *Smartphone* ser o principal dispositivo utilizado para games: o primeiro é a acessibilidade, pois a grande maioria dos adolescentes possuem este tipo de equipamento eletrônico, o segundo é a portabilidade, pois é possível transportá-lo

<sup>24</sup>Nosso espaço amostral é relativamente pequeno para fazer este tipo de tratamento estatístico

<sup>25</sup>Adolescentes com idade entre 16 a 19 anos

de forma muito fácil, tornando assim uma espécie de “*Vídeo Game* de bolso”.

O gráfico 4, apresenta os três principais estilos de jogos que eles tem mais afinidades: ação/aventura (57,8%), estratégia (51,1%) e RPG (35,6%). Analisando os principais estilos de jogos citados, podemos considerar que a nossa opção de elaborar um jogo digital utilizando os gêneros de aventura e RPG foi assertiva.

Em relação à frequência do ato de jogar, o gráfico 5 mostra que a maioria joga pelo menos uma vez por semana (80%), enquanto a minoria não joga de forma alguma (20%). Este resultado corrobora o envolvimento dos alunos com os jogos digitais, ou seja, nossa proposta de aprendizagem baseada em jogos digitais está de acordo com a realidade vivida por eles.

Por fim, o gráfico 6 apresenta que a maioria acredita que o jogo digital pode auxiliar na aprendizagem (53,3%) enquanto alguns ficaram na dúvida se realmente o jogo pode auxiliar (46,7%) e nenhum desacreditou no potencial dos jogos digitais na aprendizagem. Este resultado nos mostra que apesar das dúvidas em relação à aprendizagem baseada em jogos digitais, eles acreditam em seu possível potencial.

Em suma, a grande maioria dos alunos se mostraram solícitos e abertos para adentrar no caminho da aprendizagem baseada em jogos digitais. Até mesmo a minoria que não gostavam de jogos, foram bem receptivos em desbravar os desafios deste estilo de aprendizagem.

## 6.2 Análise do Pré-Teste e Pós-Teste

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).

**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 pré-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 respostas 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.

### 6.3 Análise das Aplicações do Jogo

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>26</sup>, pois o jogo teve um caráter introdutório e capaz de fornecer algumas “ideias âncora” relevante para a aprendizagem.

Percebemos 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

---

<sup>26</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.

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, pensávamos que os alunos iriam adotar estratégias de caráter individual, todavia, percebemos que muitos alunos adotaram a estratégia de realizar o jogo de forma coletiva, e desta forma, percebemos 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 muita 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.

Percebemos uma 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.

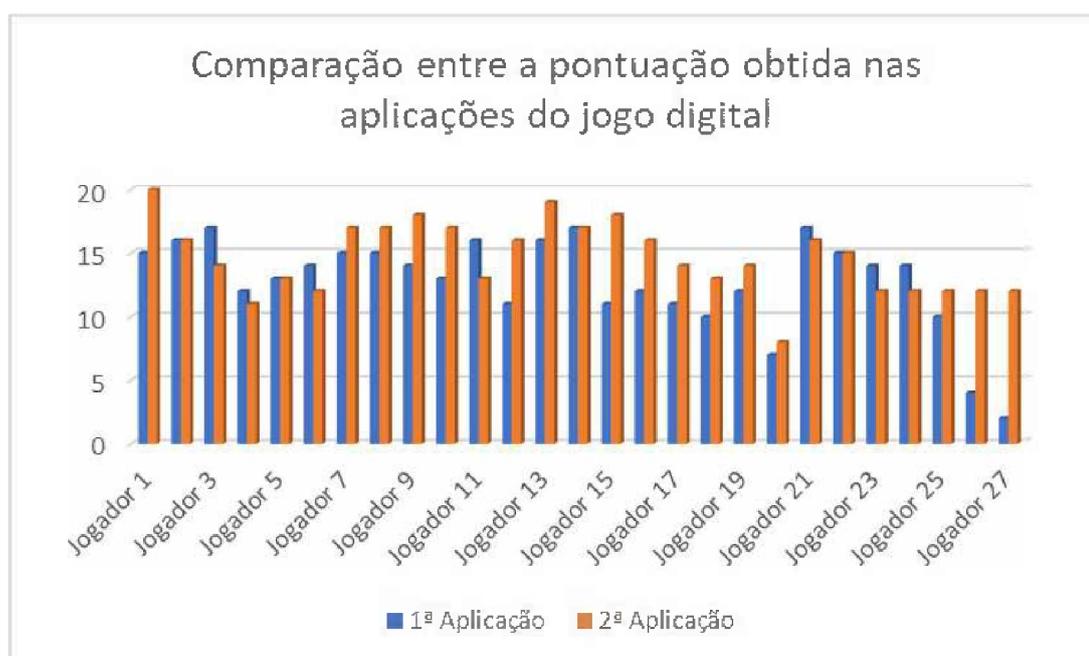


GRÁFICO 1 – Resultados das aplicações do jogo

## 6.4 Discussões sobre o Vídeo: “O Discreto Charme das Partículas Elementares”

O vídeo foi apresentado em duas aulas, sendo que a primeira parte foi apresentada em uma aula e a segunda metade em outra. Sempre logo após a exibição do filme, eram realizados comentários e tira dúvidas com os alunos.

O vídeo tornou-se uma ferramenta de grande valia devido ao caráter didático proposto ao longo do filme. Com uma linguagem acessível ao ensino médio e uma dinâmica bem didática, o filme foi uma excelente ferramenta para introduzir alguns termos e conceitos complexos da FPE.

As discussões após a exibição do filme tiveram um caráter de elucidação dos temas abordados e uma via de comunicação importante para tirar qualquer tipo de dúvida eventual durante a exibição.

Vale ressaltar que o trecho do “Rap do LHC” chamou bastante atenção dos alunos, pois muitos se identificam com a linguagem do Rap.

Após as exibições e as discussões em sala aula, foram realizadas resenhas críticas com o intuito de coletar informações e opiniões dos alunos acerca do filme. Estas resenhas podem ser visualizadas no apêndice C.

## 6.5 Análise das Aulas Expositivas e Dialogadas

A aulas expositivas e dialogadas foram divididas em duas partes, ambas tiveram auxílio de slides. As aulas foram de grande valia pois houve bastante diálogo entre o professor regente e os alunos.

Com intuito de despertar interesse e motivação, foi apresentado aos alunos um trecho do filme de ficção científica “Anjos e Demônios”. A partir do trecho do filme que especificamente tratava da antimatéria, a aula foi conduzida para a explicação das partículas elementares, interações fundamentais e aplicações da FPE.

Enfim, as aulas expositivas e dialogadas tiveram um caráter essencial para obter o informações e questionamentos dos alunos por meio de diálogos, foi uma via de comunicação elucidativa e diagnóstica do aprendizado.

## 6.6 Análise da Pesquisa Final de Opinião

Em relação ao jogo em si, percebemos que a maioria dos alunos ficam satisfeitos com jogo, no qual responderam que: a linguagem foi acessível (72,9%), a dinâmica foi de fácil entendimento (69,6%), as perguntas foram claras e objetivas (71,7%), as perguntas estavam bem articuladas com o enredo (78,6), a duração da aula foi suficiente (63,0%), o jogo auxiliou na aprendizagem (73,9%). O jogo obteve uma nota média de 8,61 (em uma escala de 0 a 10) concedida pelos participantes, consideramos uma ótima nota de acordo com nossa proposta.

Destacamos que além das informações obtidas no questionário final, percebemos que nossa proposta de aprendizagem baseada em jogo foi eficiente. Pois estava de acordo com as necessidades do nosso público alvo, foi versátil em se adaptar ao conteúdo da FPE, houve um grande envolvimento por parte dos alunos, e por fim, foi motivadora pois eles se divertiram (PRENSKY, 2012).

Em relação à sequência didática, os alunos responderam que o número de aulas foi suficiente (56,5%), a sequência foi bem organizada e estruturada (92,5%), a inserção de recursos como o texto de apoio, o jogo, os vídeos e slides foram interessantes (91,3%), o vídeo “O Discreto Charme das Partículas Elementares” auxiliou na aprendizagem (58,7%) e as discussões realizadas nas aulas expositivas e dialogadas foram proveitosas (82,6%). A sequência didática obteve uma nota média de 8,76 (em uma escala de 0 a 10) concedida pelos participantes, consideramos uma ótima nota de acordo com nossa proposta.

Enfim, acreditamos que as duas condições para a aprendizagem significativa descrita por Moreira (2012) foram satisfeitas. Em primeiro lugar, elaboramos um material potencialmente significativo com auxílio da UEPS, em segundo lugar, os aprendizes tiveram predisposição para aprender devido principalmente ao envolvimento com os jogos digitais como a diversão e a motivação.

## 7 Considerações Finais

O presente trabalho foi motivado pela escassez de materiais relacionados à FPE (SIQUEIRA; PIETROCOLA, 2005). Percebemos que mesmo nos livros didáticos do ensino médio, esta temática é muito pouco presente ou não é abordada de forma satisfatória (quadro 2). Após investigações das obras selecionadas do PNL D 2018-2020, ressaltamos o mérito da obra Pietrocola *et al.* (2016) e sua importância como material didático para o ensino médio, esta obra dedica exclusivamente um capítulo inteiro para tratar de temas relacionados à física de partículas.

O *Scratch* foi uma ferramenta de programação bastante eficiente para o objetivo proposto neste projeto. Desta maneira, destacamos a importância do professor buscar capacitação para lidar com ferramentas tecnológicas, pois os alunos de hoje mudaram radicalmente, eles são falantes nativos da linguagem digital dos computadores, videogame e internet (MATTAR, 2010).

Apesar da proposta de execução do projeto de aprendizagem baseada em jogos digitais ser bem aceita pelo nosso público alvo (está de acordo com a realidade deles (PRENSKY, 2012)), não obtivemos unanimidade. Salientamos que de maneira alguma, esta é a única forma de se aprender. “Há muitas coisas que motivam as pessoas a aprender sem os jogos, assim como há muitas pessoas que não preferem os jogos como forma de aprender” (PRENSKY, 2012).

O jogo digital foi de suma importância para a aprendizagem de temas relacionados à FPE, pois a diversão tornou-se parte do processo de aprendizagem. Desta forma, notamos na prática um dos princípios apontados por Prensky (2012) “a partir do envolvimento que surge a aprendizagem”.

A utilização dos jogos digitais demonstrou possuir um ótimo potencial de contornar a barreira da desmotivação, desinteresse ou indisciplina em 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 (PRENSKY, 2012). A interação entre métodos de ensino diferentes como: o jogo digital, análise do vídeo e aulas expositivas edificaram a aprendizagem.

Os elementos de gamificação presente na execução da sequência didática serviu como motor motivacional (ZICHERMANN; CUNNINGHAM, 2011), pois a recompensa física de realizar as tarefas (participação nas aulas e pontuação no jogo) despertaram emoções positivas (VIANNA *et al.*, 2013).

As aulas expositivas e dialogadas foram de grande valia, visto que além de expor o conteúdo com auxílio de mídias audiovisuais, serviu como ponte de comunicação entre o professor regente e os estudantes. Desta maneira, foi possível captar percepções, angústias e anseios dos alunos sobre os assuntos relacionados à FPE.

A apreciação do vídeo “O Discreto Charme Das Partículas Elementares” conjuntamente com as discussões foram fundamentais para entendimento de termos que por hora pareciam “nebulosos”, tendo em vista que o filme retrata a física de partículas de maneira didática e com uma linguagem bastante acessível aos alunos do ensino médio.

A elaboração da sequência didática baseada na estruturação e princípios da UEPS gerou resultados positivos, haja vista a tarefa árdua de obter uma aprendizagem significativa. Todavia, ao longo desses dois meses de aplicação e após a realização de diversas avaliações, podemos inferir que obtivemos indícios de uma aprendizagem mais significativa. Entretanto, ressaltamos a grande dificuldade dos alunos de relacionar o conhecimento novo com o conhecimento pré-existente.

Enfim, notamos que além de captar indício de aprendizagem significativa e da pontuação obtida nos jogos e questionários, os alunos se divertiram. O jogo foi envolvente e motivador, podemos até mesmo inferir que a aprendizagem foi uma consequência natural da diversão obtida por meio do jogo digital.

Acreditamos que 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.

Nossos projetos futuros consistem em ampliar o jogo para plataformas *Mobile* com o intuito de desenvolver jogos tanto para sistemas *Android*, quanto para sistemas IOS.

Apesar de nosso projeto ter traços de jogos de RPG em duas dimensões que se remetem aos jogos da década de 80 e 90, temos a ambição de aperfeiçoá-lo e fazer implementações

3D que o tornaria mais versátil para esta geração.

Pretendemos ainda realizar oficinas de construção de jogos digitais como forma de capacitação para professores. Temos como um de nossos objetivos a disseminação do conhecimento para que outros professores também possam utilizar o jogo digital como ferramenta de aprendizagem.

Enfim, gostaríamos de realizar cursos de jogos digitais com foco nos alunos, que eles possam adquirir habilidades de construir seus próprios projetos e serem protagonistas de suas próprias aprendizagens.

## Referências

- ABDALLA, M. C. B. **O discreto charme das partículas elementares**. [S.l.]: Unesp, 2006.
- ANDER-EGG, E. **Introducción a las técnicas de investigación social para trabajadores sociales**. [S.l.], 1978.
- AUSUBEL, D. P.; NOVAK, J. D.; HANESIAN, H. *et al.* **Educational psychology: A cognitive view**. Holt, Rinehart and Winston New York, 1978.
- BALTHAZAR, W. F. **Partículas Elementares no Ensino Médio: uma abordagem a partir do LHC**. Tese (Doutorado), 2010.
- BASTOS, B. L.; BORGES, M.; D'ABREU, J. Schatch, arduino e o construcionismo: Ferramentas para a educação. **Seminário de Tecnologia Educacional de Araucária**, 2010.
- BATISTA, E. J. S. **Curso completo de Scratch**. 2018. [https://www.youtube.com/watch?v=z6I9Xb7XzCc&list=PLUPv\\_UuNBuX-KUoluUdV1F9xa8ctZCT\\_f](https://www.youtube.com/watch?v=z6I9Xb7XzCc&list=PLUPv_UuNBuX-KUoluUdV1F9xa8ctZCT_f). [Online; acessado em 10 de Junho de 2018].
- BERG, E. V. D.; HOEKZEMA, D. Teaching conservation laws, symmetries and elementary particles with fast feedback. **Physics education**, IOP Publishing, v. 41, n. 1, p. 47, 2006.
- BISCUOLA, G. J.; BOAS, N. V.; DOCA, R. H. **Física 3**. [S.l.: s.n.], 2016.
- BNCC, M. **BNCC Ensino Médio**. [S.l.]: MEC, 2017.
- BONJORNO, J.; CLINTON, M.; PRADO, E.; CASEMIRO, R.; BONJORNO, R. **Física (Vol. 3)**. [S.l.: s.n.], 2016.
- BRASIL *Scratch. Materiais em Destaque*. 2018. <https://www.ft.unicamp.br/liag/scratch/category/downloadstutoriais/>. [Online; acessado em 10 de Junho de 2018].
- CAVALCATE, A. B. S. **Dissertação de Mestrado - ENERGIA NUCLEAR NO ENSINO MÉDIO: uma análise dos livros didáticos de Física dos programas PNLEM 2007 e PNLD 2012 no Ensino Médio**. Tese (Doutorado), 2013.
- CORREIA, T. M.; ALVES, M. F. C.; CORREIA, T. D. H. M. Revisão bibliográfica sobre a aplicabilidade educativa e institucional dos jogos digitais. **Redin-Revista Educacional Interdisciplinar**, v. 5, n. 1, 2016.

DANIEL, M. Particles, feynman diagrams and all that. **Physics education**, IOP Publishing, v. 41, n. 2, p. 119, 2006.

DUNNE, P. Looking for consistency in the construction and use of feynman diagrams. **Physics Education**, IOP Publishing, v. 36, n. 5, p. 366, 2001.

DUNNE, P. A reappraisal of the mechanism of pion exchange and its implications for the teaching of particle physics. **Physics education**, IOP Publishing, v. 37, n. 3, p. 211, 2002.

EDITOR, Y. B. **Scratch Programming**. 2018. <https://www.youtube.com/watch?v=oRBfjK-qeXE&list=PL0-84-y11fUkall6a14nqzXpG79-RgI1F>. [Online; acessado em 10 de Junho de 2018].

EDUSCRATCH. **Artigos sobre o Scratch...** 2018. <http://projectos.ese.ips.pt/eduscratch/index.php/36-uncategorised/110-artigos-sobre-o-scratch>. [Online; acessado em 10 de Junho de 2018].

EM..., Y. A. P. **A Pensar em... Scratch (Tutorial em Português)**. 2018. <https://www.youtube.com/watch?v=ZqJXox8yBKI&list=PLd-QtXnha0KeRTN9fGnW09PazIkb5YiV6>. [Online; acessado em 10 de Junho de 2018].

FADEL, L. M.; ULBRICHT, V. R.; BATISTA, C. R.; VANZIN, T. **Gamificação na Educação**. [S.l.]: Pimenta Cultural, 2014.

FILHO, A. G.; TOSCANO, C. **Física: interação e tecnologia**. [S.l.: s.n.], 2016.

GASPAR, A. **Compreendendo a física**. [S.l.: s.n.], 2016.

GOWIN, D. B. **Educating**. [S.l.]: Cornell University Press, 1981.

GUIMARÃES, O.; PIQUEIRA, J.; CARRON, W. **Física (Vol. 3)**. [S.l.: s.n.], 2016.

HEIDEMANN, L. A.; OLIVEIRA, Â. M. M. d.; VEIT, E. A. Ferramentas online no ensino de ciências: uma proposta com o google docs. **Física na escola. São Paulo. Vol. 11, n. 2,(out. 2010), p. 30-33**, 2010.

JOHANSSON, K.; NILSSON, C.; ENGSTEDT, J.; SANDQVIST, A. Astronomy and particle physics research classes for secondary school students. **American Journal of Physics**, v. 69, p. 576–581, 2001.

KLOPFER, E.; RESNICK, M.; MALONEY, J.; SILVERMAN, B.; DISESSA, A.; BEGEL, A.; HANCOCK, C. Programming revisited: the educational value of computer programming. In: INTERNATIONAL SOCIETY OF THE LEARNING SCIENCES. **Proceedings of the 6th international Conference on Learning Sciences**. [S.l.], 2004. p. 16–18.

LAB, M. M. **Acerca do Scratch**. 2018. <https://scratch.mit.edu/about>. [Online; acessado em 13 de Fevereiro de 2018].

LI, W.; GROSSMAN, T.; FITZMAURICE, G. Gamicad: a gamified tutorial system for first time autocad users. In: ACM. **Proceedings of the 25th annual ACM symposium on User interface software and technology**. [S.l.], 2012. p. 103–112.

- LIAG. **Raciocinando E<>!** Blocos. 2018. <https://www.ft.unicamp.br/liag/scratch/category/downloadstutoriais/>. [Online; acessado em 10 de Junho de 2018].
- MARCONI, M. d. A.; LAKATOS, E. M. **Fundamentos de metodologia científica**. [S.l.]: 5. ed.-São Paulo: Atlas, 2003.
- MARJI, M. **Aprenda a programar com Scratch: uma introdução visual à programação com jogos, arte, ciência e matemática**. [S.l.]: Novatec Editora, 2014.
- MARQUES, M. T. P. M. **Recuperar o engenho a partir da necessidade, com recurso às tecnologias educativas: contributo do ambiente gráfico de programação Scratch em contexto formal de aprendizagem**. Tese (Doutorado) — Universidade de Lisboa, 2009.
- MATTAR, J. **Games em educação: como os nativos digitais aprendem**. [S.l.]: São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2010.
- MÁXIMO, A.; ALVARENGA, B. **Física: contexto e aplicações**. [S.l.: s.n.], 2016.
- MENDES, J.; SCAICO, P.; LIMA, A.; SILVA, J. D.; AZEVEDO, S.; PAIVA, L.; RAPOSO, E.; ALENCAR, Y. Programação no ensino médio: Uma abordagem de ensino orientado ao design com scratch. **Anais do XVIII WIE Rio de Janeiro**, v. 26, 2012.
- MOREIRA, M. A. A teoria de ausubel. **Aprendizagem Significativa**. Editora UnB, 1999.
- MOREIRA, M. A. Partículas e interações. **Física na escola. São Paulo. Vol. 5, n. 2 (out. 2004), p. 10-14**, 2004.
- MOREIRA, M. A. Unidades de enseñanza potencialmente significativas—ueps. **Aprendizagem Significativa em Revista**, v. 1, n. 2, p. 43, 2011.
- MOREIRA, M. A. Mapas conceituais e aprendizagem significativa (concept maps and meaningful learning). **Aprendizagem significativa, organizadores prévios, mapas conceituais, digramas V e Unidades de ensino potencialmente significativas**, p. 41, 2012.
- MOZENA, E. R.; OSTERMANN, F. Sobre a base nacional comum curricular (bncc) e o ensino de física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 33, n. 2, p. 327–332, 2016.
- NASCIMENTO, K. S.; STAMBERG, C. da S.; LEMKE, C. E. Jogos educacionais: revisão bibliográfica com base em trabalhos publicados no cinted. **Informática na educação: teoria & prática**, v. 20, n. 3 set/nov, 2017.
- ODORICO, E. K.; NUNES, D. M.; MOREIRA, A.; OLIVEIRA, H. M. de; CARDOSO, A. Análise do não uso do laboratório de informática nas escolas públicas e estudo de caso. In: **Anais do Workshop de Informática na Escola**. [S.l.: s.n.], 2012. v. 1, n. 1.
- O'LUANAIGH, C. New results indicate that new particle is a higgs boson. **CERN-<http://home.cern/about/updates/2013/03/new-results-indicate-new-particle-higgs-boson>** (acessado em 15/02/2018), 2013.

ONLINE, Y. Curso de E. **Curso de Scratch - Programação e Lógica para Kids e Professores**. 2018. [https://www.youtube.com/watch?v=b0LWjZoU\\_dA&list=PLUA91x6QVggBDCGdzaeauvqv41aZsEBZN](https://www.youtube.com/watch?v=b0LWjZoU_dA&list=PLUA91x6QVggBDCGdzaeauvqv41aZsEBZN). [Online; acessado em 10 de Junho de 2018].

OSTERMANN, F.; CAVALCANTI, C. J. d. H. Um pôster para ensinar física de partículas na escola. **Física na escola**. São Paulo. Vol. 2, n. 1 (maio 2001), p. 13-18, 2001.

OSTERMANN, F.; MOREIRA, M. A. Uma revisão bibliográfica sobre a área de pesquisa 'física moderna e contemporânea no ensino médio'. **Investigações em ensino de ciências**. Porto Alegre. Vol. 5, n. 1 (jan./abr. 2000), p. 23-48, 2000.

OSTERMANN, F.; MOREIRA, M. A. Atualização do currículo de física na escola de nível médio: um estudo desta problemática na perspectiva de uma experiência em sala de aula e da formação inicial de professores. **Caderno catarinense de ensino de física**. Florianópolis. Vol. 18, n. 2 (ago. 2001), p. 135-151, 2001.

PENTEADO, P. C. M.; TORRES, C. M. A. **Física: ciência e tecnologia**. [S.l.: s.n.], 2016.

PEREIRA, A. P. d.; OSTERMANN, F. Sobre o ensino de física moderna e contemporânea: uma revisão da produção acadêmica recente. **Investigações em ensino de ciências**. Porto Alegre. Vol. 14, n. 3 (dez. 2009), p. 393-420, 2009.

PIETROCOLA, M.; POGIBIN, A.; ANDRADE, R. d.; ROMERO, T. R. **Física em contextos**. [S.l.: s.n.], 2016.

PINHEIRO, L. A. **Dissertação de Mestrado - Partículas elementares e interações fundamentais no Ensino Médio**. Tese (Doutorado), 2011.

PINHEIRO, L. A.; COSTA, S. Relato sobre a implementação de uma de aprendizagem sobre partículas elementares e interações fundamentais no ensino médio. **Experiências em Ensino de Ciências**, v. 4, n. 3, p. 101-116, 2009.

PRENSKY, M. Aprendizagem baseada em jogos digitais. **São Paulo: SENAC**, p. 575, 2012.

RESNICK, M.; MALONEY, J.; MONROY-HERNÁNDEZ, A.; RUSK, N.; EASTMOND, E.; BRENNAN, K.; MILLNER, A.; ROSENBAUM, E.; SILVER, J.; SILVERMAN, B. *et al.* Scratch: programming for all. **Communications of the ACM**, ACM, v. 52, n. 11, p. 60-67, 2009.

SANT'ANNA, B.; MARTINI, G.; REIS, H. C.; SPINELLI, W. **Conexões com a Física**. [S.l.: s.n.], 2016.

SCOTT, A. J. 3-d spreadsheet simulation of a modern particle detector. **Physics education**, IOP Publishing, v. 39, n. 1, p. 91, 2004.

SIQUEIRA, M. Do visível ao indivisível: uma proposta de física de partículas elementares para o ensino médio. **São Paulo: IF/FE USP**, 2006.

SIQUEIRA, M.; PIETROCOLA, M. Revisando materiais em ensino médio sobre o tema física de partículas elementares. **V ENPEC-Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino em Ciências**, Bauru, 2005.

SIQUEIRA, M.; PIETROCOLA, M. A transposição didática aplicada a teoria contemporânea: A física de partículas elementares no ensino médio. **X Encontro de Pesquisa em Ensino de Física, Londrina, 2006.**

STEFANOVITS, A. **Ser protagonista: Física.** [S.l.: s.n.], 2016.

TABAJARA, I. R. **SCRATCH: Criando um jogo do zero!** 2018. [https://www.youtube.com/watch?v=poLuoL4nVCE&list=PLEBITwMFnoURT\\_Wq11qpLzdWLRvTwmro](https://www.youtube.com/watch?v=poLuoL4nVCE&list=PLEBITwMFnoURT_Wq11qpLzdWLRvTwmro). [Online; acessado em 10 de Junho de 2018].

TERRAZZAN, E. A. A inserção da física moderna e contemporânea no ensino de física na escola de 2º grau. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), v. 9, n. 3, p. 209–214, 1992.

VIANNA, Y.; VIANNA, M.; MEDINA, B.; TANAKA, S. Gamification, inc: como reinventar empresas a partir de jogos. **Rio de Janeiro: MJV**, 2013.

WIKIPÉDIA. **Encurtador de URL.** 2018. [https://pt.wikipedia.org/wiki/Encurtamento\\_de\\_URL](https://pt.wikipedia.org/wiki/Encurtamento_de_URL). [Online; acessado em 06 de Março de 2018].

WIKIPÉDIA. **Quiz.** 2018. <https://pt.wikipedia.org/wiki/Quiz>. [Online; acessado em 15 de Fevereiro de 2018].

WILLIAMS, G. Antimatter and 20th century science. **Physics education**, IOP Publishing, v. 40, n. 3, p. 238, 2005.

XAVIER, C.; BARRETO, B. **Física aula por aula.** [S.l.: s.n.], 2016.

YAMAMOTO, K.; FUKU, L. F. **Física para o ensino médio.** [S.l.: s.n.], 2016.

ZICHERMANN, G.; CUNNINGHAM, C. **Gamification by design: Implementing game mechanics in web and mobile apps.** [S.l.]: Pimenta Cultural, 2011.

## Apêndice A - O Jogo Digital

## A.1 Enredo

**Início do jogo:** Higgs aparecerá, o jogador deverá se apresentar na frente deste e apertar a tecla “espaço”.

**Peter Higgs:** Olá! Sou Peter Higgs!

**Peter Higgs:** Qual o seu nome? (O jogador deverá digitar seu nome via teclado).

**Peter Higgs:** (Nome do jogador), seu principal objetivo é encontrar o bóson que leva meu nome... O bóson de Higgs!

**Jogador:** Hã? Bóson de Higgs? Como posso encontrar este tal bóson de Higgs?

**Peter Higgs:** Para encontrá-lo, você deverá prestar bastante atenção nos diálogos e responder as perguntas de forma correta!

**Peter Higgs:** Mas antes de iniciar a sua jornada, gostaria que você procurasse alguém em especial...

**Jogador:** Quem?

**Peter Higgs:** O cientista Linus Pauling!

**Jogador:** Mas onde ele está?

**Peter Higgs:** Ele estará te esperando no Noroeste da cidade... Boa sorte em sua jornada!

O Jogador deverá procurar Pauling e apertar a tecla “espaço” para começar o diálogo.

**Linus Pauling:** Olá (nome do Jogador), sou Linus Pauling!

**Linus Pauling:** Fui premiado com o Nobel de Química em 1954 em virtude dos meus trabalhos sobre a natureza das ligações químicas...

**Linus Pauling:** Hum... Fiquei sabendo que você está atrás do bóson de Higgs... É verdade?

**Jogador:** Isso mesmo! Como posso encontrá-lo?

**Linus Pauling:** Paciência, (nome do jogador). Primeiramente, você já ouviu falar sobre os bósons e os férmions?

**Jogador:** Acho que já ouvi falar em algum lugar...

**Linus Pauling:** Bem, os bósons são partículas de *spin* inteiro, enquanto os férmions são partículas de *spin* semi-inteiro...

**Linus Pauling:** Os férmions obedecem ao princípio de exclusão de Pauli, já os bósons... Não.

**Jogador:** Mas o que é spin? Que princípio de exclusão é esse? Lembro de já ter ouvido falar desses nomes nas minhas aulas de química...

**Linus Pauling:** Vamos lá... *Spin* é uma propriedade fundamental das partículas e está relacionado com o magnetismo.

**Linus Pauling:** Enquanto o princípio de exclusão de Pauli (formulada por Wolfgang Pauli), propõe que duas partículas da mesma espécie e com *spins* não inteiros, não podem ocupar o mesmo espaço quântico.

**Jogador:** Lembrei... Obrigado!

**Linus Pauling:** Para saber mais detalhes sobre as partículas elementares e o modelo padrão, procure o físico César Lattes...

**Linus Pauling:** Físico brasileiro que participou da descoberta do méson pi...

**Linus Pauling:** César Lattes está no Sul da cidade, procure-o...

O jogador deverá procurar Lattes e apertar a tecla “espaço” para começar o diálogo.

**César Lattes:** Olá (nome do jogador), sou César Lattes! Então é você que está a procura do bóson de Higgs?

**Jogador:** Isso!

**César Lattes:** Bem, para encontrar o bóson de Higgs, você precisa entender o modelo padrão das partículas elementares.

**César Lattes:** Mas antes disso, preciso saber de algumas coisas que você aprendeu com Pauling, vamos lá, serão 3 perguntas!

1. O *Spin* é uma propriedade que está relacionada com? a)O magnetismo; b)A eletricidade; c)A termodinâmica.
2. Qual o tipo de *spin* dos férmions? a)Nulo; b)Inteiro; c)Semi-inteiro.
3. Qual o tipo de *spin* dos bósons? a)Nulo; b)Inteiro; c)Semi-inteiro.

**César Lattes:** Já que você respondeu às perguntas, vamos começar pelo modelo padrão...

**César Lattes:** O modelo padrão é uma teoria construída para explicar o funcionamento do mundo das partículas que constituem ou constituíram nosso universo, por meio do conhecimento das partículas elementares.

**Jogador:** Mas o que são partículas elementares?

**César Lattes:** Uma partícula é considerada elementar, quando não são formadas por outras. Portanto, sendo o constituinte mais básico da matéria.

**Jogador:** Então o átomo é considerado elementar?

**César Lattes:** Antigamente, o átomo era considerado elementar, indivisível?

**César Lattes:** Mas, hoje em dia, não é mais considerável elementar. Pois ele é constituído por partículas menores que são mais elementares...

**Jogador:** Lembrei! O átomo é formado por elétrons, prótons e nêutrons!

**Jogador:** Estas sim são partículas elementares, não é mesmo?

**César Lattes:** Vamos com calma... Seu raciocínio está indo no caminho certo!

**César Lattes:** Segundo o modelo padrão, tudo é composto por léptons, quarks e bósons mediadores. Estas são as partículas mais elementares do nosso universo.

**César Lattes:** O elétron é classificado como lépton. Desta forma, considerado elementar.

**César Lattes:** Léptons são partículas menos massivas... Os elétrons têm uma massa muito pequena em comparação com os prótons e os nêutrons...

**César Lattes:** O elétron e o neutrino do elétron formam a primeira família dos léptons...

**César Lattes:** Enquanto o múon e o neutrino do múon formam a segunda família...

**César Lattes:** O tau e o neutrino do tau formam a terceira família.

**Jogador:** Prótons e nêutrons também são considerados elementares?

**César Lattes:** Atualmente, não... Os prótons e nêutrons são formadas por uma partícula mais básica chamada quark!

**Jogador:** Então, os constituintes básicos do átomo são os léptons e os quarks?

**César Lattes:** Possivelmente, sim! São os constituintes básicos da matéria... Sendo que os quarks mais massivos que os léptons?

**César Lattes:** Até aqui você está conseguindo me compreender?

**Jogador:** Por enquanto, sim!

**César Lattes:** Então vamos revisar o que nós conversamos sobre o modelo padrão e as partículas elementares até agora, desta vez serão 5 perguntas!

4. O que é o modelo padrão? a)A única teoria que representa o conhecimento atual sobre a natureza da matéria; b)Uma teoria baseada na intuição dos cientistas sobre o comportamento das partículas elementares; c)Uma teoria sobre as partículas elementares baseada na física clássica.

5. Segundo o modelo padrão, tudo é composto por quais partículas? a)Prótons, elétrons e nêutrons; b)Mésons e bárions; c)Léptons, quarks e bósons.

6. O que é um átomo? a)Uma partícula indivisível; b)Uma partícula elementar; c)A menor parte da matéria que caracteriza um elemento químico.

7. Segundo o modelo padrão, quais são as classes de partículas que formam toda a matéria que conhecemos? a)Prótons, elétrons e nêutrons; b)Léptons e quarks; c)Partículas alfa e beta.

8. Qual dentre estas partículas é considerada elementar? a)Elétron; b)Próton; c)Nêutron.

**César Lattes:** Vamos continuar...

**César Lattes:** Todas as partículas formadas por quarks são chamadas de hádrons.

**Jogador:** Então os prótons e os nêutrons são hádrons?

**César Lattes:** Isso mesmo! São compostos de quarks *up* (carga  $+1/3$ ) e quarks *down* (carga  $-1/3$ ).

**César Lattes:** Os hádrons, por sua vez, se dividem em duas classes.

**César Lattes:** Aqueles que possuem três quarks são chamados de bárions...

**César Lattes:** Já aqueles constituídos de um quark e um antiquark são denominados mésons.

**César Lattes:** Falando em mésons... Participei da descoberta do méson pi em 1947!

**Jogador:** Interessante!

**Jogador:** Então, se o próton tem carga positiva ( $+1$ ), ele é formado por dois quarks *up* e um quark *down*.

**Jogador:** Enquanto que o nêutron cuja carga é nula ( $0$ ), deve ser formado por dois quarks *down* e um quark *up*!

**Jogador:** Isto quer dizer que tanto os prótons quanto os nêutrons são bárions!

**César Lattes:** Exatamente!

**César Lattes:** Além dos quarks *up* e *down* que fazem parte da primeira família.

**César Lattes:** Temos ainda os quarks *charm* e *strange* que fazem parte da segunda família.

**César Lattes:** E os quarks *top* e *bottom* que fazem parte da terceira família...

**César Lattes:** Além do mais, os quarks são partículas massivas que interagem através da força nuclear forte...

**Jogador:** Que força é esta?

**César Lattes:** Uma das interações fundamentais na natureza...

**César Lattes:** Existem quatro interações fundamentais:

**César Lattes:** A eletromagnética (responsável por processos químicos e biológicos)...

**César Lattes:** A nuclear fraca (responsável pelos processos radioativos e decaimento da partícula beta no interior do núcleo atômico)...

**César Lattes:** A nuclear forte (responsável pela estabilidade do núcleo atômico, através da interação entre os prótons e nêutrons)...

**César Lattes:** E por fim, a gravitacional (responsável pela atração entre partículas massivas).

**César Lattes:** Para que conhecer melhor a relação do modelo padrão e as interações fundamentais, procure Albert Einstein! Ele estará te esperando no Leste da cidade...

O jogador deverá procurar Einstein e apertar a tecla “espaço” para começar o diálogo. A nuclear forte (responsável pela estabilidade do núcleo atômico, através da interação entre os prótons e nêutrons)...

**Albert Einstein:** (Nome do jogador), sou Albert Einstein.

**Albert Einstein:** Durante minha carreira, fiz várias contribuições na área de gravitação...

**Albert Einstein:** Entretanto, fui premiado com o Nobel de física em 1921 em virtude dos meus trabalhos sobre o efeito fotoelétrico...

**Albert Einstein:** Antes de começar a falar sobre as interações fundamentais, gostaria que você respondesse essas 4 perguntas...

9. Os hádrons são formados por quais partículas? a) Elétron e prótons; b) Quarks e/ou antiquarks; c) Léptons e bósons.

10. Quais destas partículas são formadas por 3 quarks? a) Bárions; b) Mésons; c) Léptons.

11. Quais destas partículas são formadas por um quark e um antiquark? a) Bárions; b) Mésons; c) Léptons.

12. Quais destas partículas que não são formadas por quarks? a) Bárions; b) Mésons; c) Léptons.

**Albert Einstein:** Vamos lá! Além de saber da existência das partículas elementares, também é preciso levar em conta que elas interagem...

**Albert Einstein:** Isto nos leva a outra categoria de partículas, as chamadas partículas mediadoras das interações fundamentais da natureza.

**Jogador:** Como as partículas elementares se relacionam com as interações fundamentais?

**Albert Einstein:** As interações são descritas através de campos de força. Os quanta

desses campos são partículas mediadoras das interações correspondentes.

**Albert Einstein:** Desta forma, o fóton é o quantum do campo eletromagnético e media a interação eletromagnética.

**Albert Einstein:** Enquanto que os glúons são os quanta do campo forte e mediam a interação forte.

**Albert Einstein:** Já as partículas denominadas  $W_+$ ,  $W_-$  e  $Z_0$  são os quanta do campo fraco e são mediadoras da interação fraca.

**Albert Einstein:** Estas partículas são conhecidas como bósons mediadores!

**Jogador:** A interação gravitacional também teria um bóson mediador?

**Albert Einstein:** Sim! Teoricamente, o bóson mediador da interação gravitacional é chamada de gráviton!

**Albert Einstein:** Dentre os bósons mediadores das interações, este é o único que ainda não foi detectado experimentalmente.

**Jogador:** E o bóson de Higgs?

**Albert Einstein:** Ah! Este bóson também é previsto pelo modelo padrão... Teoricamente, esta partícula surgiu logo após o *Big Bang*...

**Albert Einstein:** Especula-se que seja a chave para explicar a origem da massa das outras partículas elementares!

**Albert Einstein:** Você está muito perto de encontrar o que deseja! Procure Peter Higgs, ele finalmente te guiará para o final da sua jornada...

**Albert Einstein:** Ele está no centro da cidade, procure-o!

O jogador deverá procurar Higgs e apertar a tecla “espaço” para começar o diálogo.

**Peter Higgs:** Se você chegou até aqui, já sabe bastante sobre o modelo padrão, não é mesmo?

**Peter Higgs:** Estamos chegando perto do final, mas antes responda essas 5 perguntas! Vamos lá!

13. Qual é a interação fundamental da natureza cujo bóson mediador ainda não foi detectado experimentalmente? a)Gravitacional; b)Eletromagnética; c)Fraca.

14. Qual é a partícula mediadora da interação eletromagnética? a)Fóton; b)Glúon; c)Bóson  $W_+$ ,  $W_-$  e  $Z_0$ .

15. Qual é a partícula mediadora da interação nuclear fraca? a)Fóton; b)Glúon; c)Bóson  $W_+$ ,  $W_-$  e  $Z_0$ .

16. Qual é a partícula mediadora da interação nuclear forte? a)Fóton; b)Glúon;

c) Bóson  $W_+$ ,  $W_-$  e  $Z_0$ .

17. O que seria um gráviton? a) A partícula responsável pela carga elétrica dos átomos; b) Uma das partículas que compõem o nêutron; c) A partícula mediadora da interação gravitacional.

**Jogador:** Tenho uma pergunta? Se as partículas elementares são tão pequenas, como é possível observá-las?

**Peter Higgs:** Não é possível observar de forma direta uma partícula elementar...

**Peter Higgs:** Mas é possível detectar de forma indireta estas partículas com auxílio de aceleradores de partículas, câmara de bolhas, detectores de raios cósmicos.

**Jogador:** Acho que já ouvi falar sobre aceleradores de partículas na televisão, acho que foi sobre o LHC...

**Peter Higgs:** O LHC (Grande Colisor de Hádrons) é um acelerador de partículas da Organização Europeia para a Pesquisa Nuclear (CERN).

**Peter Higgs:** Está localizado na fronteira entre a Suíça e a França cerca de 100 metros abaixo do solo.

**Peter Higgs:** Para detectar o bóson de Higgs, é necessário chegar em níveis de energia muito elevados...

**Peter Higgs:** Sua última missão é simular o ambiente do LHC, colidindo hádrons até elevar o nível de energia para 125 GeV.

**Peter Higgs:** Mas antes, responda as últimas perguntas...

18. Como são detectadas as partículas elementares? a) Usando um microscópio; b) Por meio de sua observação direta na Natureza. c) Por meio de observações indiretas com o auxílio de aceleradores de partículas, câmaras de bolhas e detectores de raios cósmicos.

19. O que é o *Large Hadron Collider* (LHC)? a) É um acelerador de partículas projetado para recriar as condições encontradas instantes após o Big Bang; b) Um telescópio espacial; c) Uma nova teoria para explicar a origem do Universo.

20. O que é o bóson de Higgs? a) É uma das partículas que formam os átomos; b) Especula-se que seja a chave para explicar a origem da massa das outras partículas elementares; c) É uma partícula que forma os prótons.

**Peter Higgs:** Finalmente, chegamos no final da sua jornada! Estamos quase lá!

**Peter Higgs:** Seu desafio final é a simulação das colisões no LHC. Seu objetivo é elevar o nível de energia para 125 GeV!

**Peter Higgs:** Mas para isso, você precisa colidir os hádrons.

**Peter Higgs:** Aperte a tecla “a” para realizar esta colisão. Lembre-se, você tem apenas prótons disponíveis...

**Peter Higgs:** Tome muito cuidado, você será penalizado(a) nos seguintes casos:

**Peter Higgs:** Colidir o próton que está na sua mão com outro tipo de partícula que não seja um hádron.

**Peter Higgs:** Deixar que alguma partícula toque em você.

**Peter Higgs:** Vamos lá!

Simulação do LHC

## A.2 Tutorial

Olá a todos os entusiastas dos *games*! Vamos explicar para vocês o passo-a-passo de como funciona a dinâmica do jogo “Em Busca do Bóson de Higgs”.

Primeiramente, vamos ao título, por que o jogo se chama: “Em busca do bóson de Higgs”?

Toda a temática da nossa sequência didática gira em torno da física de partículas elementares, o bóson de Higgs juntamente com o LHC são os assuntos que mais foram noticiados na mídia em uma forma geral, e é exatamente esses assuntos que os estudantes mais fazem perguntas e que mais despertam interesse neles quando se fala em física de partículas.

O jogo consiste basicamente em um personagem (*hero*) que está em busca de entender o funcionamento da detecção do bóson de Higgs.

Entretanto, para entender o funcionamento desta detecção, o personagem tem que dialogar com vários cientistas <sup>27</sup> da física e da química que darão todo o embasamento teórico.

O jogo tem um formato de *quiz*, no qual as perguntas podem ser respondidas com auxílio do diálogo.

É possível acessar o jogo de duas formas:

**Forma Indireta:**

**1º Passo:** Acesse o *site* do *Scratch*: <https://scratch.mit.edu>.



FIGURA 3 – Site *Scratch*

<sup>27</sup>Peter Higgs, Linus Pauling, César Lattes e Albert Einstein

**2º Passo:** Vá até a barra de pesquisa e digite o nome do jogo “Em Busca do Bóson de Higgs”.



FIGURA 4 – Pesquisa sobre o jogo

Clique sobre o projeto que aparece na tela.



FIGURA 5 – O projeto

### Forma Direta:

É possível acessar a mesma tela inicial do jogo acessando diretamente o seguinte **link** <https://scratch.mit.edu/projects/171396087/>.

Enfim, ao iniciar o projeto é necessário clicar no ícone da bandeira verde à direita, enquanto que, para jogar em formato de tela cheia (caso queira), clique no ícone retangular azul à esquerda.

Seguindo estes passos, é possível obter o seguinte resultado:



FIGURA 6 – A tela inicial

Clicando no botão "Clique Aqui!", aparecerá a seguinte tela:

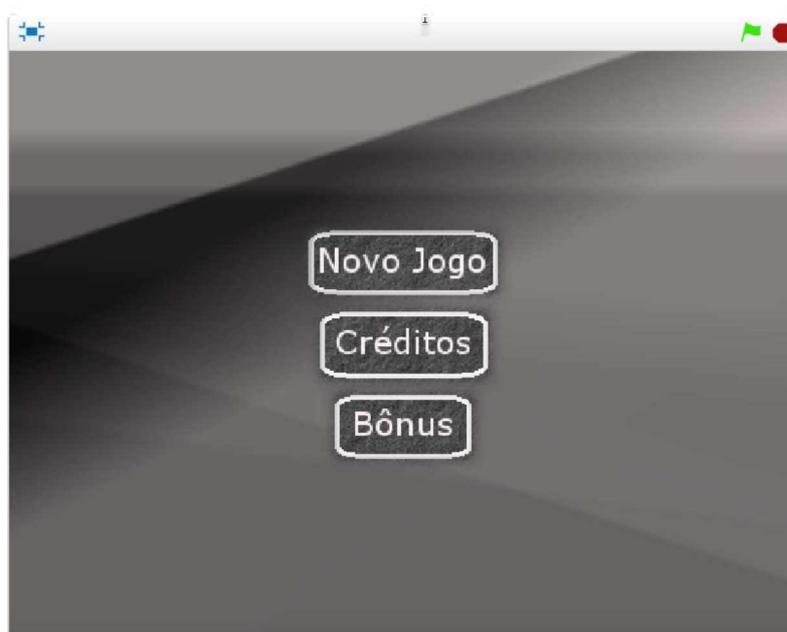


FIGURA 7 – Opções

Antes de comentar sobre o jogo em si, vamos primeiro relatar sobre os créditos e sobre os bônus.

### **Créditos:**

Os créditos retratam toda as referências que utilizamos para elaborar o jogo.



FIGURA 8 – Créditos

O créditos estão relacionados com: a programação, o enredo, os *backgrounds* (pano de fundo), os *sprites* (imagens dos personagens, cenários,...) e os efeitos sonoros.

### **Bônus:**

Existem dois tipos de bônus (atividades extras):

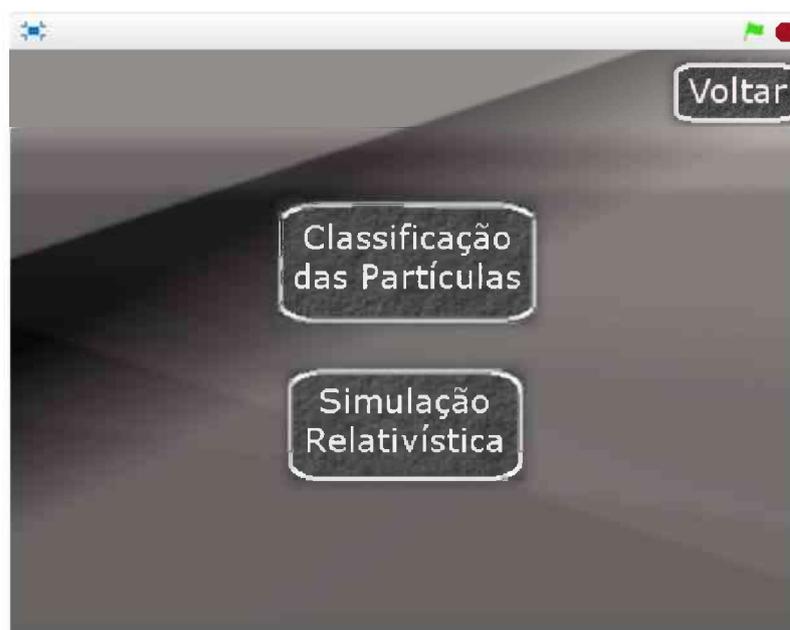


FIGURA 9 – Atividades extras

### Classificação das Partículas

Clicando no botão “Classificação das Partículas”, aparecerá uma tela com a explicação da dinâmica do mini game.

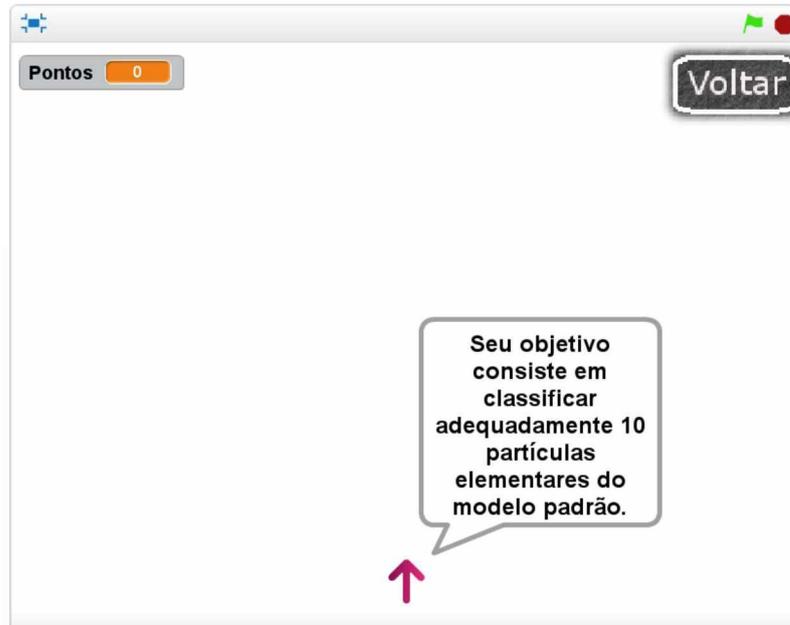


FIGURA 10 – Classificação: tela inicial

Após a explicação, aparecerá uma tela com a tabela de classificação das partículas elementares do modelo padrão.

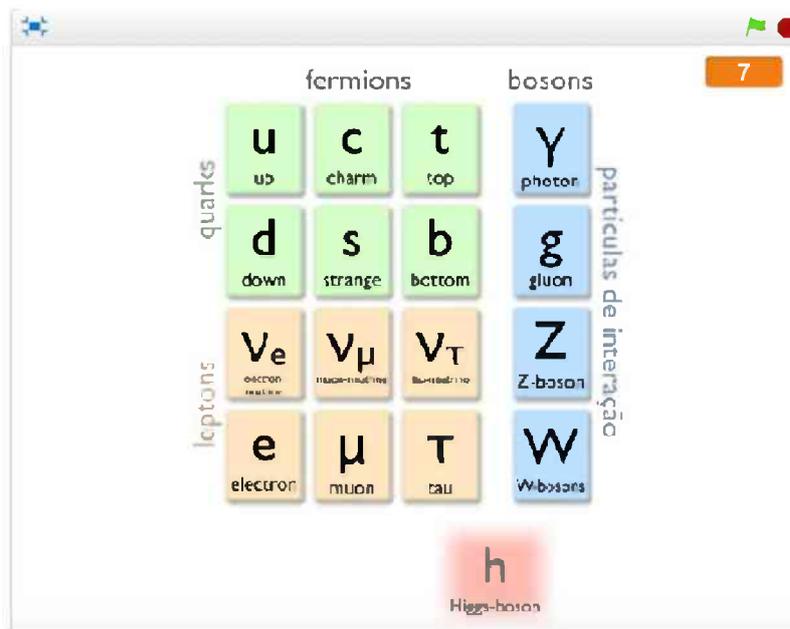


FIGURA 11 – Partículas do Modelo Padrão

No lado direito, aparecerá uma contagem regressiva de 10 segundos. Quando esta contagem chega a 0, a tabela some.

Após esta contagem regressiva, aparecerá uma tela de início da classificação, na parte de baixo uma seta e a partícula a ser classificada e na parte de cima 3 blocos em que as partículas deverão ser classificadas (Quarks, Férmions e Bósons).

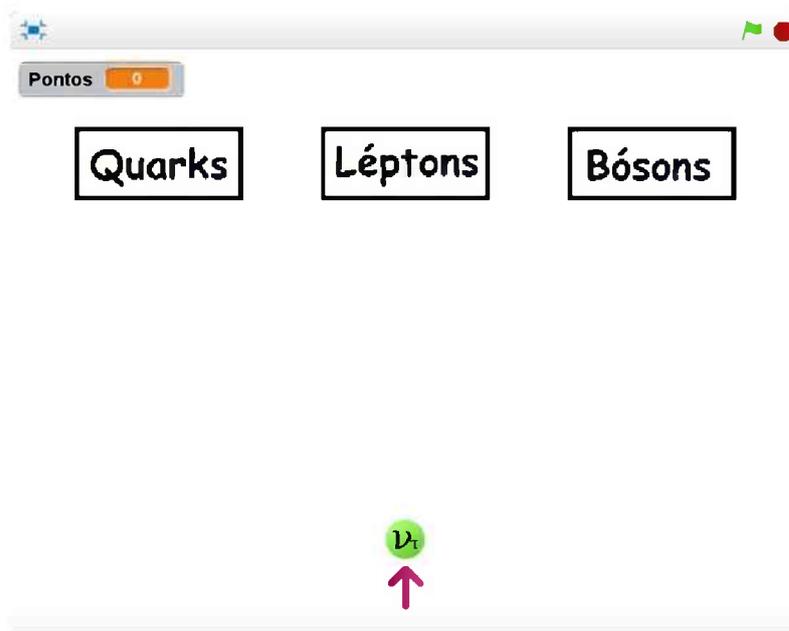


FIGURA 12 – Classe de partículas

Caso a classificação esteja de acordo com o modelo padrão, a pontuação aumenta em um ponto.

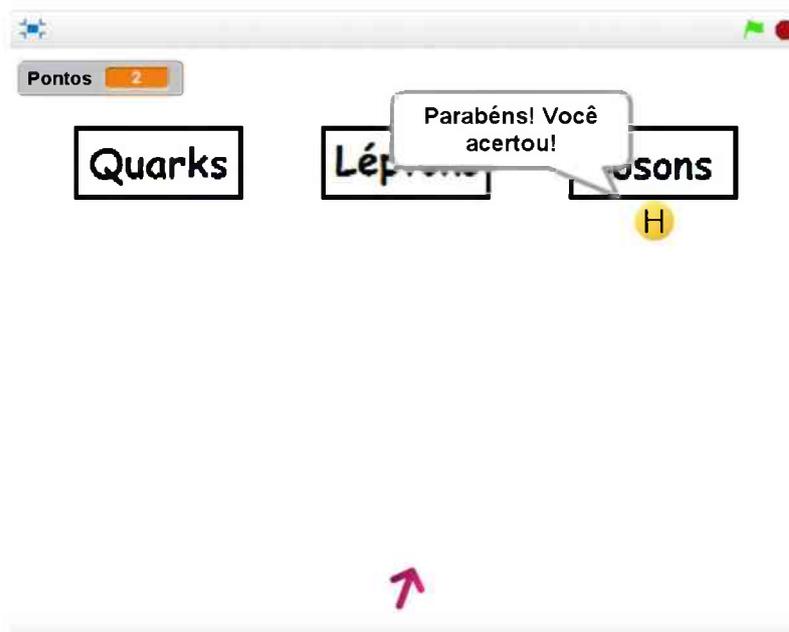


FIGURA 13 – Acertando a classificação

O objetivo do mini game é classificar adequadamente 10 partículas elementares do modelo padrão. Caso logre êxito, aparecerá a seguinte tela:

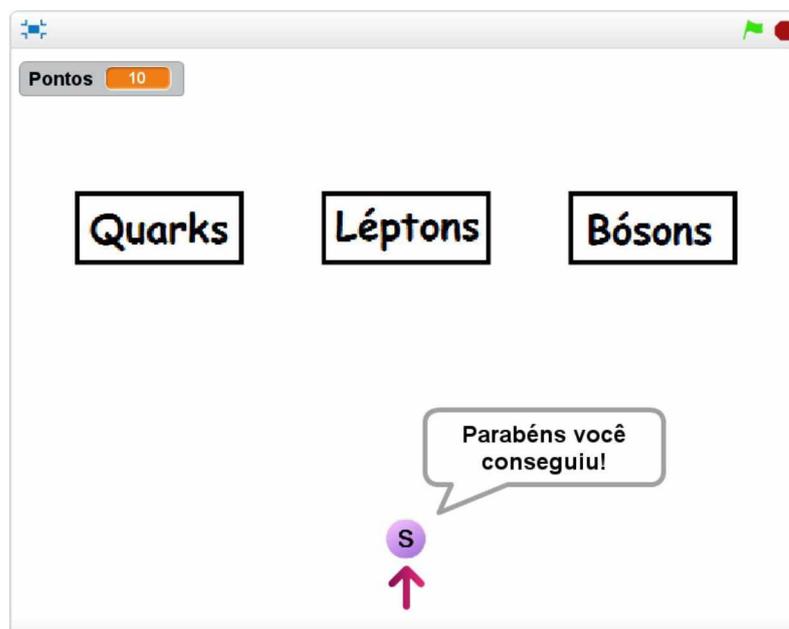


FIGURA 14 – Alcançando o objetivo

Entretanto, caso a classificação não esteja de acordo com o modelo padrão, os blocos descem...

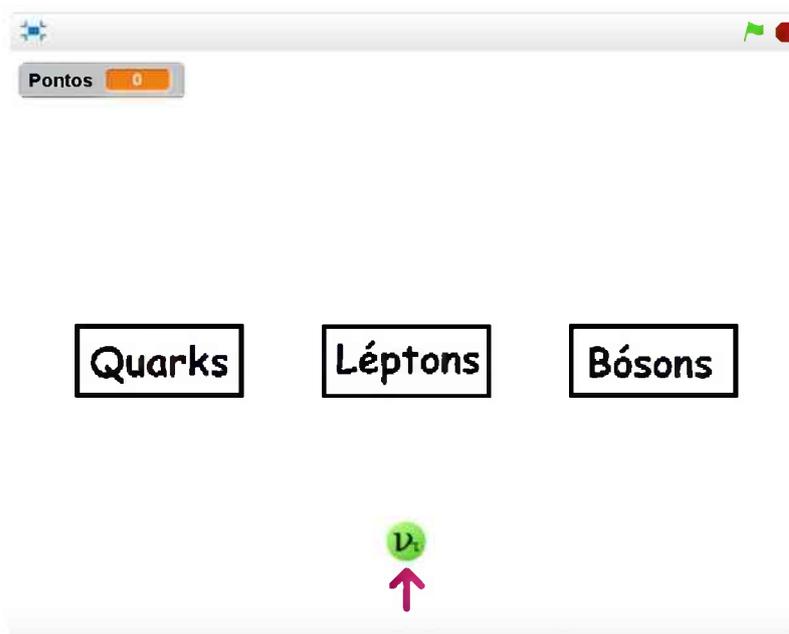


FIGURA 15 – Blocos descendo

Caso algum dos blocos colidir com a seta, o jogo terminará:

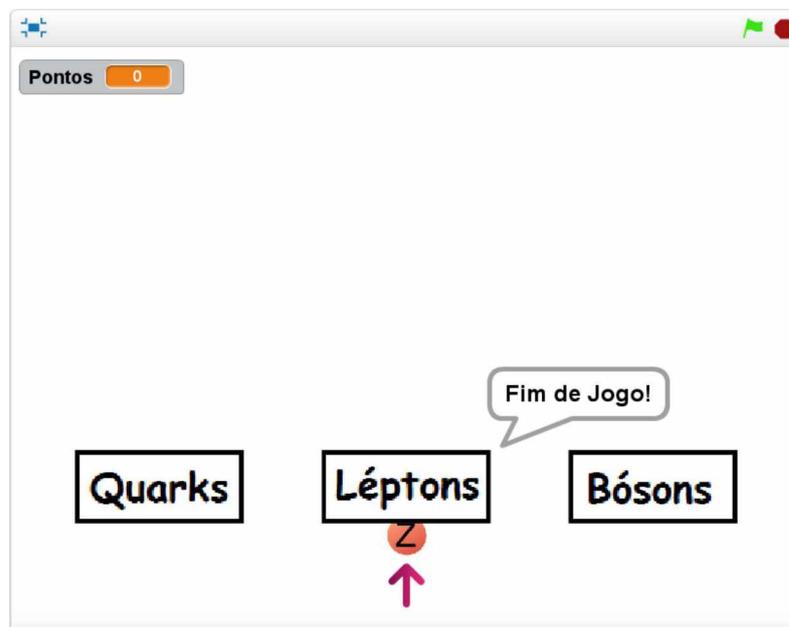


FIGURA 16 – Fim de jogo

Independente se conseguir alcançar o objetivo ou não, você poderá reiniciar e jogar novamente, quantas vezes desejar.

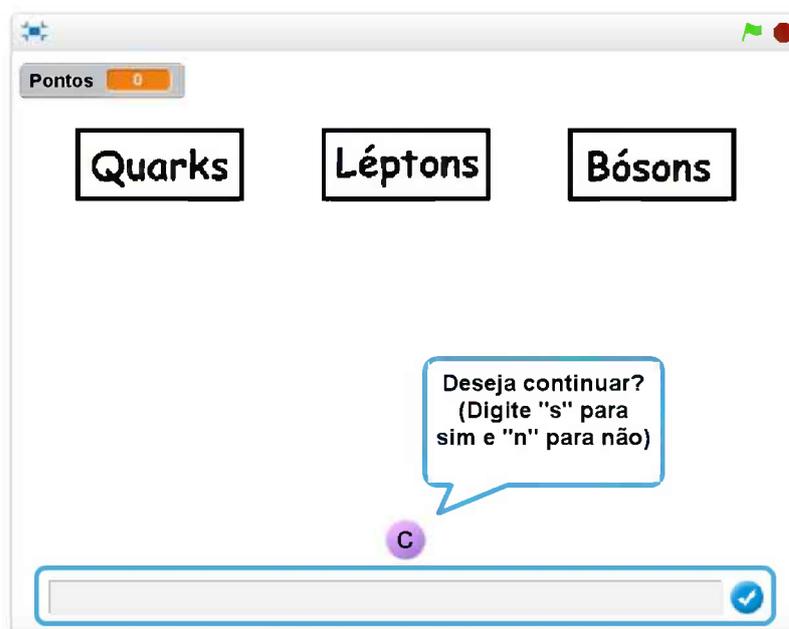


FIGURA 17 – Possível reinício

Mesmo que este mini game esteja relacionado com conhecimentos memorísticos e que tenha traços de aprendizagem mecânica, ele tem como objetivo não apenas a “decoreba” por si mesmo, mas sim, uma ambientação dos termos mais complexos da FPE.

### Simulação relativística

Esta simulação de relatividade restrita tem como objetivo ilustrar o efeito relativístico de dilatação do tempo da partícula denominada: múon.



FIGURA 18 – Explicação da simulação

A principal ideia desta simulação consiste em controlar o parâmetro velocidade do múon e verificar o que acontece com o tempo de vida médio medido no laboratório.

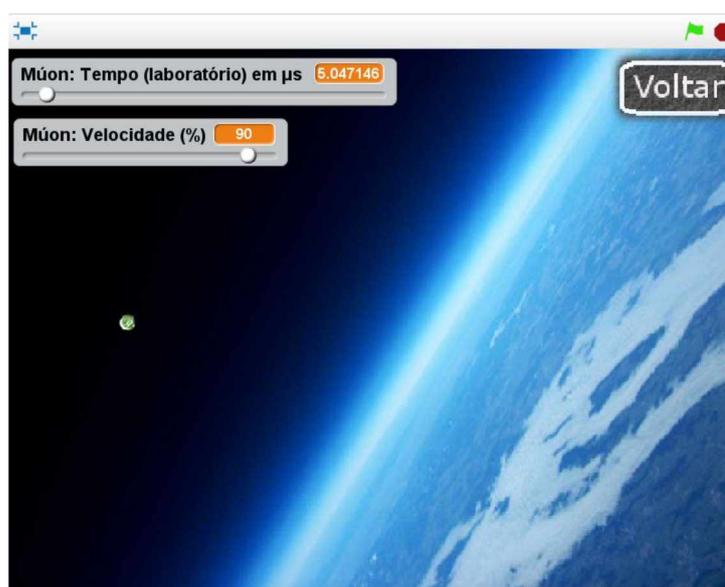


FIGURA 19 – A simulação

### O jogo “Em busca do Bóson de Higgs”

Você inicia o jogo no lado norte do mapa, logo abaixo de uma casa.

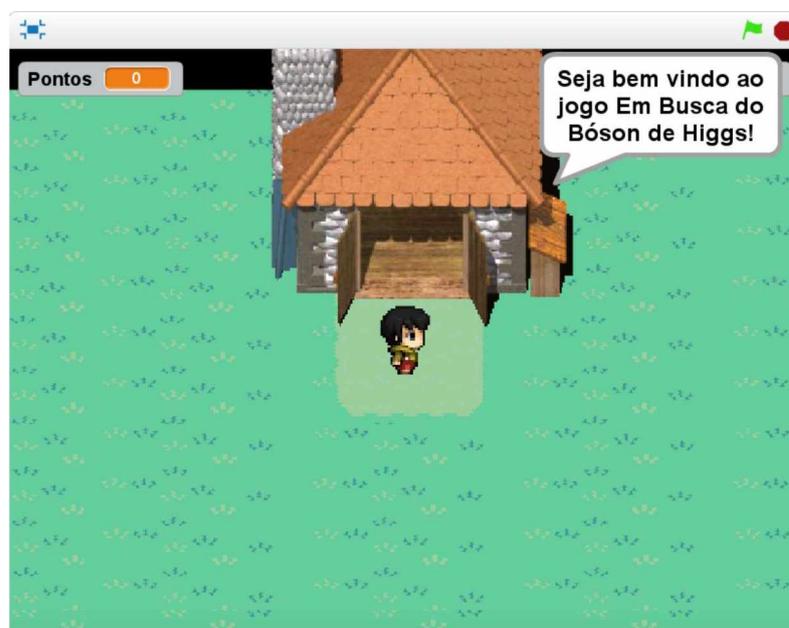


FIGURA 20 – Início do jogo

Aparecerá algumas instruções, você deverá permanecer parado no intuito de ler as instruções. Apenas quando as instruções forem concluídas, você poderá desbravar o mapa da cidade.



FIGURA 21 – Instruções iniciais

Após as instruções, procure um dos principais personagens da narrativa, Peter Higgs.

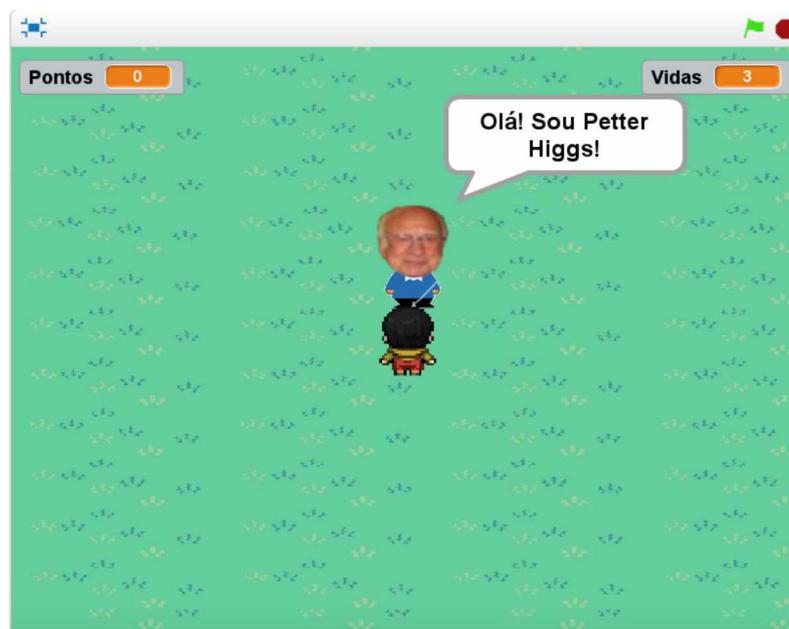


FIGURA 22 – Diálogo com Higgs 1

Quando encontrar o personagem, fique de frente a ele e tecle “espaço”, Higgs irá perguntar seu nome<sup>28</sup>, neste momento você deverá escrever seu nome via teclado e apertar a tecla “enter”.



FIGURA 23 – Diálogo com Higgs 2

<sup>28</sup>Ao longo do jogo, todos os personagens irão interagir com você a partir do seu nome

Após o diálogo inicial com Higgs, ele mostrará a indicação do próximo passo para concluir a missão.



FIGURA 24 – Diálogo com Higgs 3

Ao encontrar com o próximo personagem, Linus Pauling, aperte a tecla novamente “espaço” para iniciar do diálogo.



FIGURA 25 – Diálogo com Pauling 1

Aqui começa as ideias introdutórias da física de partículas elementares.



FIGURA 26 – Diálogo com Pauling 2

Após o diálogo, Pauling comentará que você procure o físico César Lattes.

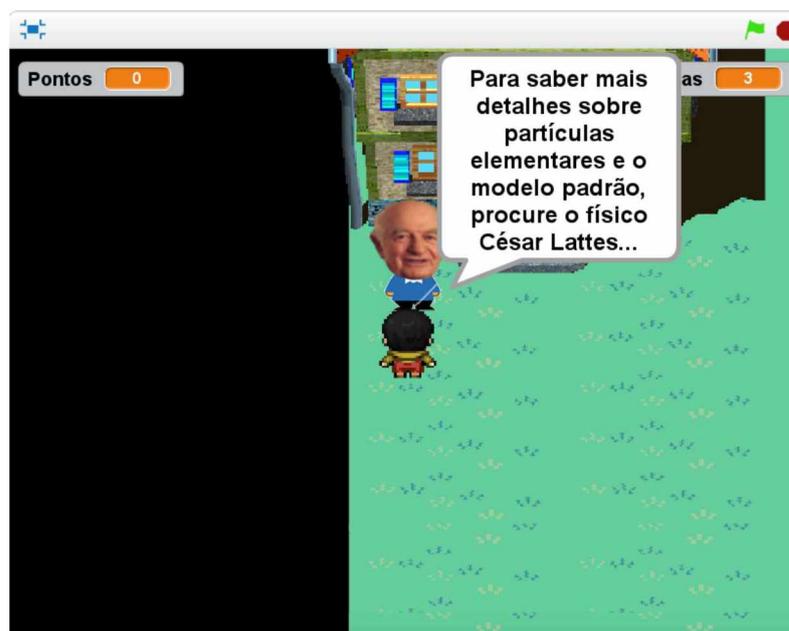


FIGURA 27 – Diálogo com Pauling 3

Aqui começa o diálogo com Lattes.



FIGURA 28 – Diálogo com Lattes 1

Após os diálogos, são realizadas o *quiz* referentes ao diálogo dos personagens.

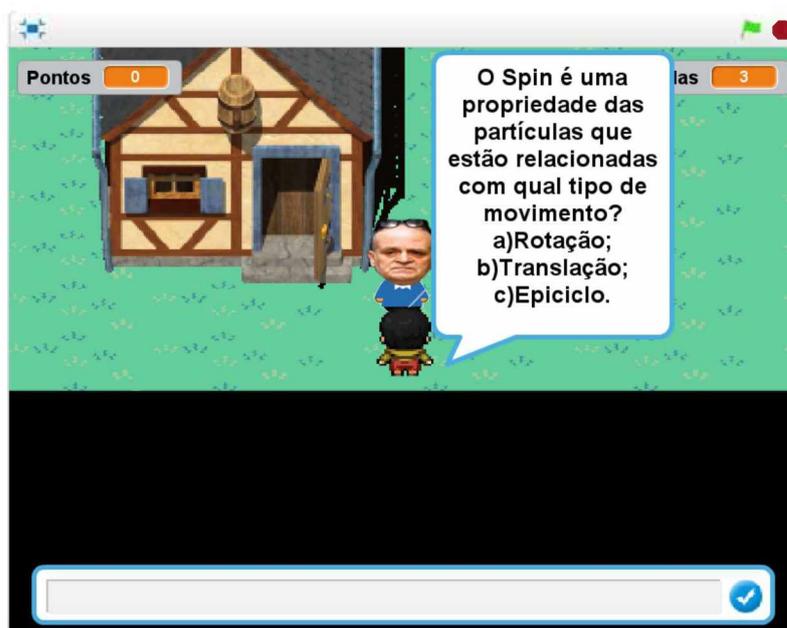


FIGURA 29 – Diálogo com Lattes 2

Seus pontos aumentarão de acordo com suas respostas corretas.



FIGURA 30 – Diálogo com Lattes 3

Caso erre, você deixa de ganhar a pontuação referente à pergunta.



FIGURA 31 – Diálogo com Lattes 3

Aqui um exemplo de pergunta sobre o modelo padrão.

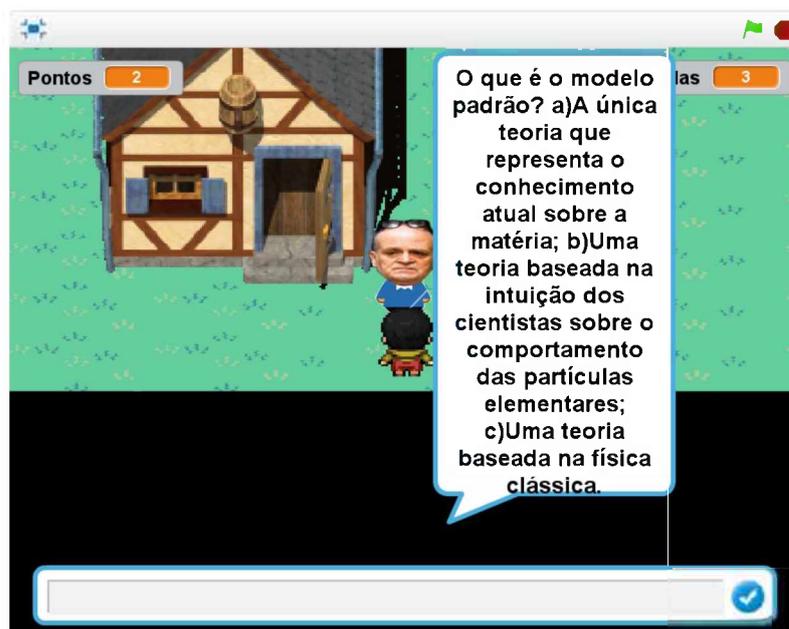


FIGURA 32 – Diálogo com Lattes 4

Lattes comentará que você procure Einstein.



FIGURA 33 – Diálogo com Lattes 5

Após o encontro com Einstein, inicia-se o diálogo.



FIGURA 34 – Diálogo com Einstein 1

Após alguns diálogos, Einstein realiza algumas perguntas sobre interações fundamentais.



FIGURA 35 – Diálogo com Einstein 2

Após o diálogo com Einstein, o você deverá encontrar novamente com Peter Higgs, que fará mais algumas perguntas...



FIGURA 36 – Diálogo final com Higgs 1

Aqui, Higgs explica sobre a última missão...

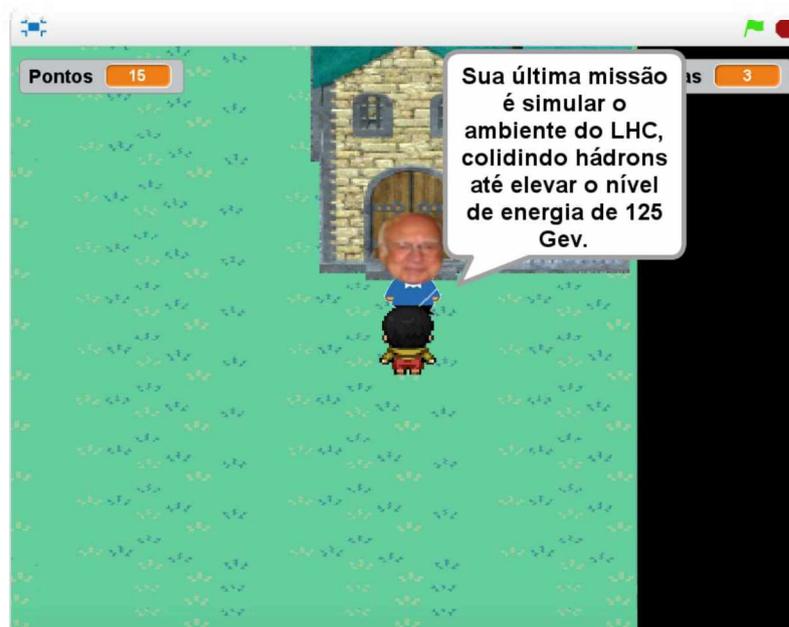


FIGURA 37 – Diálogo final com Higgs 2

Por fim, chegamos na reta final...



FIGURA 38 – Diálogo final com Higgs 3

Então inicia-se a simulação da colisão de hádrons.



FIGURA 39 – Fase final - parte 1

Nesta etapa, você perceberá que irá descer várias partículas, dentre elas: o fóton, o elétron e o próton.

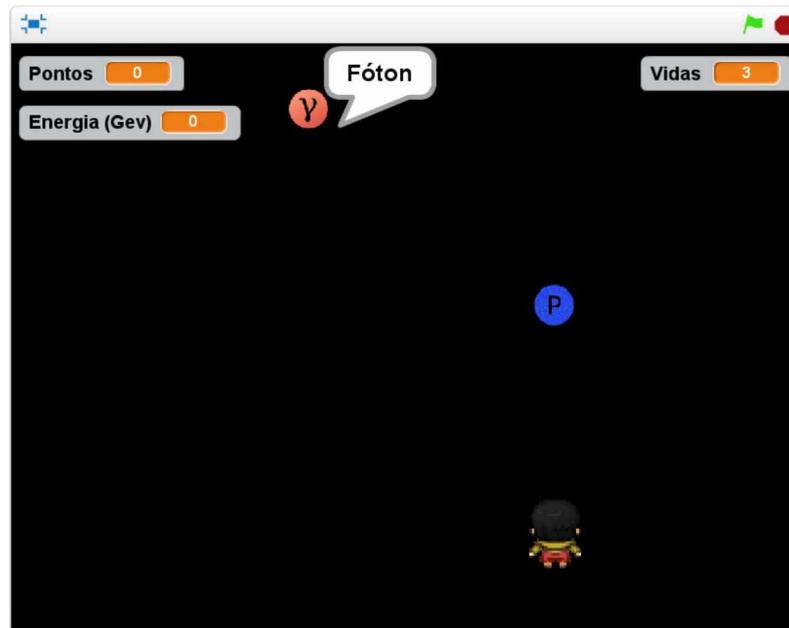


FIGURA 40 – Fase final - parte 2

O objetivo desta última missão é a colisão do próton (que está com o personagem principal) com os prótons que descem sobre a tela.

Para cada acerto, o parâmetro de energia aumenta 25 GeV, enquanto que se você colidir com as partículas de forma inadequada ou se alguma partícula colidir em você, perderá uma vida.

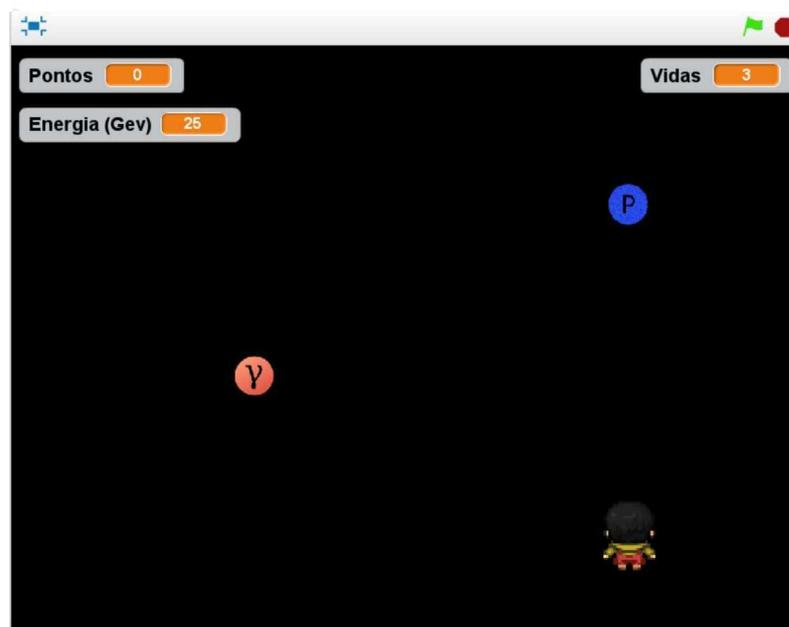


FIGURA 41 – Fase final - parte 3

Caso consiga chegar em nível de energia de 125 GeV, você alcançará o objetivo e detectará o bóson de Higgs.

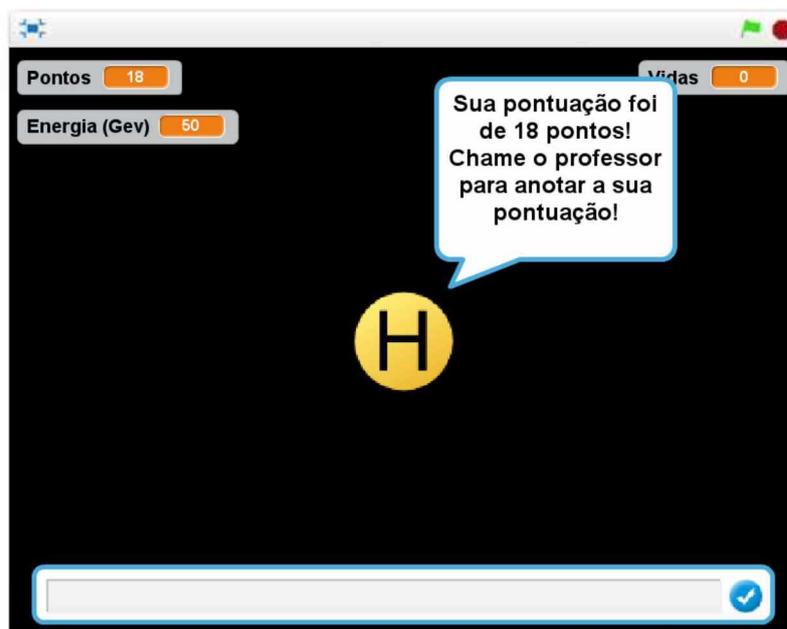


FIGURA 42 – Fase final - parte 4

## **Apêndice B - Questionários**

## B.1 Pesquisa Inicial

### Jogos digitais

Pesquisa sobre jogos digitais

\*Obrigatório

1. Qual é a sua série/turma? \*

Marcar apenas uma oval.

- 3°K  
 3°L  
 3°M  
 3°N

Responda as perguntas abaixo:

2. 1. Você gosta de jogos digitais? \*

Marcar apenas uma oval.

- Sim  
 Mais ou menos  
 Não

3. 2. Em qual(uais) dispositivo(s) você costuma jogar? \*

Marque todas que se aplicam.

- Nenhum  
 Console  
 Smartphone  
 Tablet  
 PC  
 Outros

4. 3. Qual(uais) tipo(s) de jogo(s) você gosta? \*

Marque todas que se aplicam.

- Nenhum  
 RPG  
 Ação/Aventura  
 Estratégia  
 FPS (tiro em primeira pessoa)  
 Esporte  
 Corrida  
 Outros

FIGURA 43 – Pesquisa inicial: parte 1

5. 4. Com qual frequência você costuma jogar? \*

*Marcar apenas uma oval.*

- Nem uma vez
- Uma vez por semana
- Duas vezes por semana
- Três vezes por semana
- Cinco vezes por semana
- Todos os dias

6. 5. Você acredita que o jogo digital pode auxiliar na aprendizagem dos conteúdos de Física? \*

*Marcar apenas uma oval.*

- Sim
- Talvez
- Não

---

Powered by  
 Google Forms

FIGURA 44 – Pesquisa inicial: parte 2

## B.2 Resultados da Pesquisa Inicial

### 1. Você gosta de jogos digitais?

45 respostas

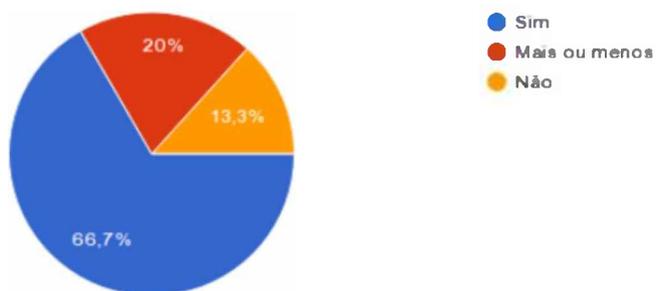


GRÁFICO 2 – Resultado da pesquisa inicial - pergunta 1

### 2. Em qual(quais) dispositivo(s) você costuma jogar?

45 respostas

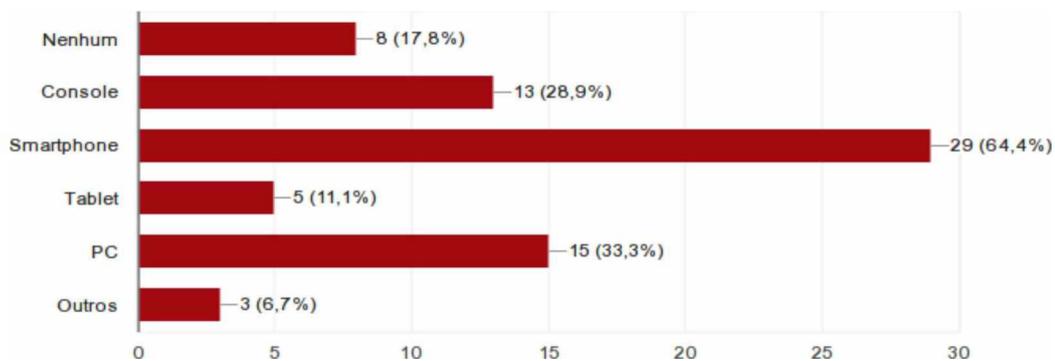


GRÁFICO 3 – Resultado da pesquisa inicial - pergunta 2

### 3. Qual(quais) tipo(s) de jogo(s) você gosta?

45 respostas

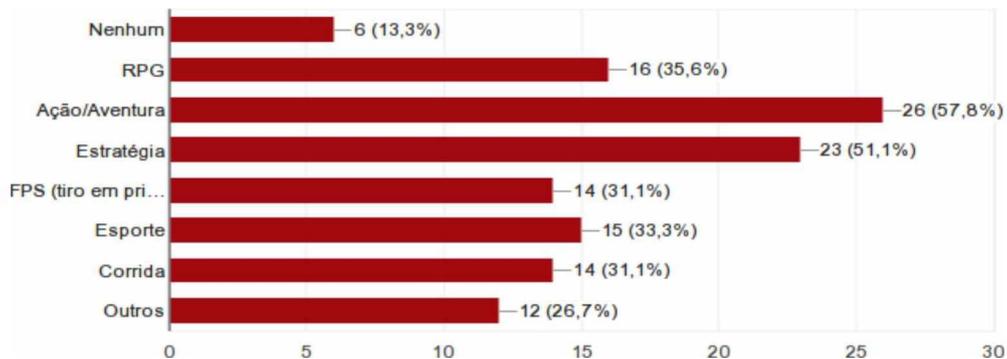


GRÁFICO 4 – Resultado da pesquisa inicial - pergunta 3

### 4. Com qual frequência você costuma jogar?

45 respostas

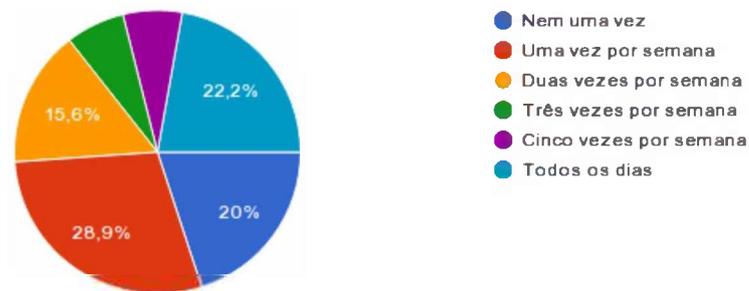


GRÁFICO 5 – Resultado da pesquisa inicial - pergunta 4

5. Você acredita que o jogo digital pode auxiliar na aprendizagem dos conteúdos de Física?

45 respostas

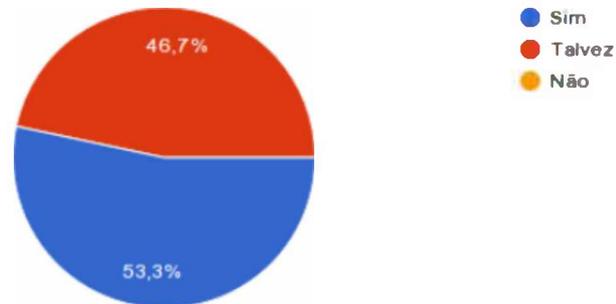


GRÁFICO 6 – Resultado da pesquisa inicial - pergunta 5

## B.3 Pré-Teste e Pós-Teste

### Questionário

Avaliação diagnóstica sobre Física de Partículas Elementares (baseado no questionário da Dissertação de Mestrado: Partículas Elementares e Interações Fundamentais no Ensino Médio de Lisiane Araújo Pinheiro).

\*Obrigatório

1. Qual é a sua série/turma? \*

Marcar apenas uma oval.

- 3°K  
 3°L  
 3°M  
 3°N

### Física de Partículas Elementares (Parte 1)

2. 1. Na sua opinião, do que é constituído a matéria?

---

---

---

---

---

3. 2. O que você entende sobre as partículas elementares?

---

---

---

---

---

4. 2.1. Cite exemplos de partículas que você acredita que sejam elementares.

---

---

---

---

---

FIGURA 45 – Teste: parte 1

5. 3. O que você entende sobre as forças (interações) fundamentais do Universo?

---

---

---

---

---

6. 3.1. Cite exemplos de forças (interações) que você acredita que sejam fundamentais.

---

---

---

---

---

7. 4. Você já ouviu falar sobre o LHC? (Sim/Não). Se sim, diga o que sabe.

---

---

---

---

---

8. 5. Você já ouviu falar sobre o bóson de Higgs? (Sim/Não). Se sim, diga o que sabe.

---

---

---

---

---

### Física de Partículas Elementares (Parte 2)

9. 6. O que é um átomo? \*

Marcar apenas uma oval.

- a) A menor porção de matéria que é indivisível e caracteriza um ser vivo.
- b) Uma partícula indivisível formada por prótons, elétrons e nêutrons.
- c) Uma partícula básica de matéria que não é divisível.
- d) A menor parte da matéria que caracteriza um elemento químico.
- e) Não sei.

FIGURA 46 – Teste: parte 2

## 10. 7. O que são prótons? \*

*Marcar apenas uma oval.*

- a) Partículas elementares, pois são os constituintes dos átomos.
- b) Partículas elementares, pois são indivisíveis.
- c) Partículas elementares, pois possuem carga elétrica positiva.
- d) Partículas constituídas por quarks.
- e) Não sei.

## 11. 8. O que são elétrons? \*

*Marcar apenas uma oval.*

- a) Partículas elementares, pois são indivisíveis.
- b) Partículas elementares, pois possuem carga elétrica negativa.
- c) Partículas elementares, pois são os constituintes dos átomos.
- d) Partículas elementares, pois sua massa é muito pequena comparada com a do próton.
- e) Não sei.

## 12. 9. O que são nêutrons? \*

*Marcar apenas uma oval.*

- a) Partículas elementares, pois são indivisíveis.
- b) Partículas elementares, pois sua carga elétrica é nula.
- c) Partículas elementares, pois sua massa é aproximadamente a mesma do próton.
- d) Partículas constituídas por quarks.
- e) Não sei.

**Física de Partículas Elementares (Parte 3)**

## 13. 10. O que é uma partícula elementar? \*

*Marcar apenas uma oval.*

- a) Uma partícula pequena que possui carga nula.
- b) Um conjunto de prótons.
- c) A menor porção da matéria conhecida.
- d) Um conjunto de elétrons.
- e) Não sei.

## 14. 11. Como são detectadas as partículas elementares? \*

*Marcar apenas uma oval.*

- a) Usando um microscópio.
- b) Por meio de observações diretas. Exemplo: câmara de bolhas.
- c) Por meio de observações indiretas. Exemplo: aceleradores de partículas.
- d) Com o uso de telescópios espaciais.
- e) Não sei.

FIGURA 47 – Teste: parte 3

15. 12. O que é um quark? \*

Marcar apenas uma oval.

- a) Uma partícula elementar que constitui a matéria.
- b) Um átomo ionizado.
- c) Uma característica das partículas elementares, assim como a carga elétrica.
- d) Um conjunto de prótons e nêutrons.
- e) Não sei.

16. 13. O que é um lépton? \*

Marcar apenas uma oval.

- a) Um átomo ionizado.
- b) Uma partícula elementar que constitui a matéria.
- c) Uma característica das partículas elementares, assim como a carga elétrica.
- d) Um conjunto de elétrons.
- e) Não sei.

17. 14. O que é o modelo padrão? \*

Marcar apenas uma oval.

- a) A teoria mais simples para explicar a natureza das partículas elementares.
- b) Uma teoria sobre as partículas elementares baseada na física clássica.
- c) Uma teoria baseada na intuição dos cientistas sobre o comportamento das partículas elementares.
- d) Uma teoria que unifica todas as interações fundamentais da natureza.
- e) Não sei.

18. 15. Segundo o modelo padrão, toda matéria que conhecemos é formada por quais classes de partículas? \*

Marcar apenas uma oval.

- a) Prótons, elétrons e nêutrons.
- b) Léptons e quarks.
- c) Fótons e glúons.
- d) Bósons e mésons.
- e) Não sei.

19. 16. Quais são as forças (interações) fundamentais existentes na natureza? \*

Marcar apenas uma oval.

- a) Força de atrito, força peso e força eletromagnética.
- b) Força eletromagnética, força nuclear forte, força nuclear fraca e força gravitacional.
- c) Força centrípeta, força centrífuga, força eletromagnética e força gravitacional.
- d) Força eletromagnética e força gravitacional.
- e) Não sei.

FIGURA 48 – Teste: parte 4

20. 17. Quais seriam as partículas mediadoras das interações fundamentais da Natureza? \*

Marcar apenas uma oval.

- a) Partículas alfa e beta.
- b) Prótons, elétrons e nêutrons.
- c) Fótons, glúons, partículas Z e W e o gráviton.
- d) Partículas positivas, negativas e neutras.
- e) Não sei.

21. 18. O que seria o gráviton? \*

Marcar apenas uma oval.

- a) Uma das partículas que compõem o próton.
- b) Uma das partículas que compõem a gravidade.
- c) A partícula responsável pela carga elétrica dos átomos.
- d) A partícula mediadora da interação gravitacional.
- e) Não sei.

22. 19. O que é o bóson de Higgs? \*

Marcar apenas uma oval.

- a) É o bóson mediador da interação eletromagnética.
- b) É uma das partículas que formam os átomos.
- c) É a chave para explicar a origem da massa das demais partículas elementares.
- d) É uma partícula que forma os prótons.
- e) Não sei.

23. 20. O que é o Large Hádron Collider (LHC)? \*

Marcar apenas uma oval.

- a) Um telescópio espacial.
- b) Um experimento capaz de criar buracos negros com um campo gravitacional tão intenso quanto os existentes no espaço sideral.
- c) Uma nova teoria para explicar a origem do Universo.
- d) É um acelerador de partículas projetado para recriar as condições encontradas instantes após o Big Bang.
- e) Não sei.

## B.4 Resultados do Pré-Teste e Pós-Teste

	Pré-Teste (%)	Pós-Teste (%)
Átomos	21,2	42,5
Prótons, elétrons e nêutrons	3,0	4,3
Partículas elementares	0,0	21,3
Outras respostas	36,4	12,8
Respostas em branco	39,4	19,1

TABELA 1 – Resultado dos testes - pergunta 1

	Pré-Teste (%)	Pós-Teste (%)
Átomos	3,0	8,5
Prótons, elétrons e nêutrons	9,1	8,5
Partículas sem subestruturas	18,2	46,8
Outras respostas	24,2	8,5
Branco	45,5	27,7

TABELA 2 – Resultado dos testes - pergunta 2

	Pré-Teste (%)	Pós-Teste (%)
Citou as 4 interações	9,1	36,2
Citou 2 interações	12,1	8,5
Citou pelo menos uma interação	3,0	2,1
Outras respostas	9,1	40,4
Resposta em branco	66,7	12,8

TABELA 3 – Resultado dos testes - pergunta 3

	Pré-Teste (%)	Pós-Teste (%)
Não	54,5	12,8
Sim	0,0	14,9
Sim com respostas adequadas	6,1	42,5
Sim com respostas inadequadas	0,0	6,4
Resposta em branco	39,4	23,4

TABELA 4 – Resultado dos testes - pergunta 4

## O que é o átomo?

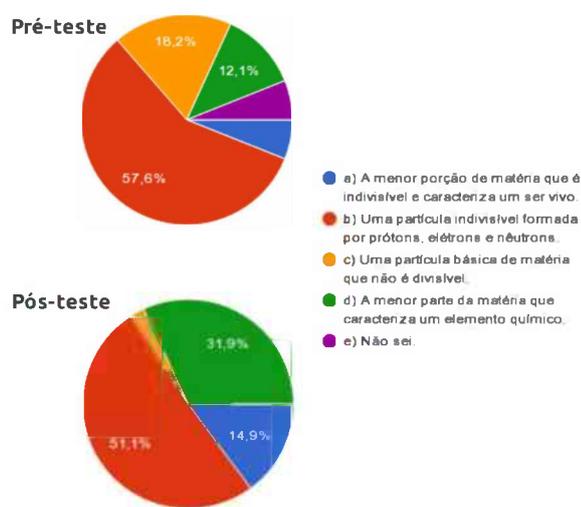
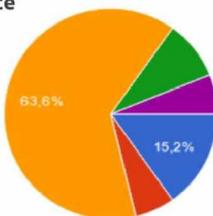


GRÁFICO 7 – Resultado dos testes - pergunta 5

O que são prótons?

Pré-teste



- a) Partículas elementares, pois são os constituintes dos átomos.
- b) Partículas elementares, pois são indivisíveis.
- c) Partículas elementares, pois possuem carga elétrica positiva.
- d) Partículas constituídas por quarks.
- e) Não sei.

Pós-teste

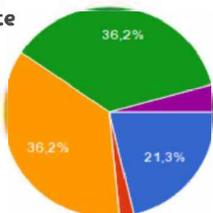
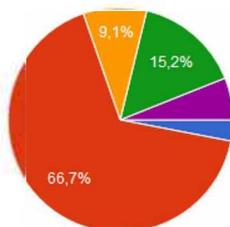


GRÁFICO 8 – Resultado dos testes - pergunta 6

O que são elétrons?

Pré-teste



- a) Partículas elementares porque são indivisíveis.
- b) Partículas elementares porque possuem carga elétrica -e.
- c) Partículas elementares porque são constituintes dos átomos.
- d) Partículas elementares porque sua massa é muito pequena comparada com a do próton.
- e) Não sei.

Pós-teste

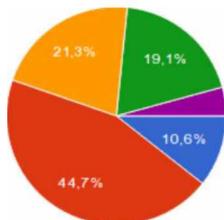


GRÁFICO 9 – Resultado dos testes - pergunta 7

O que são nêutrons?

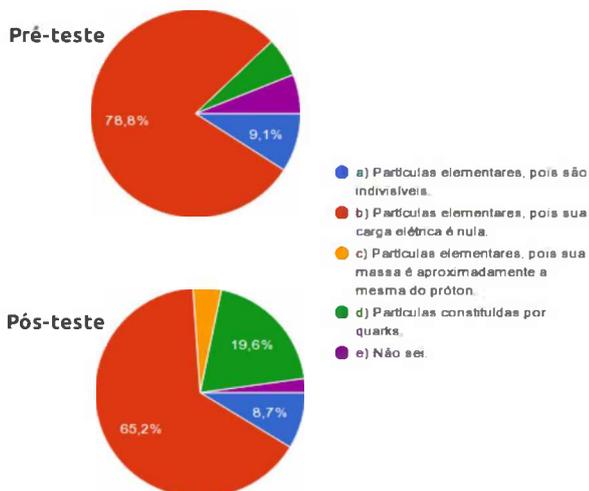


GRÁFICO 10 – Resultado dos testes - pergunta 8

O que é uma partícula elementar

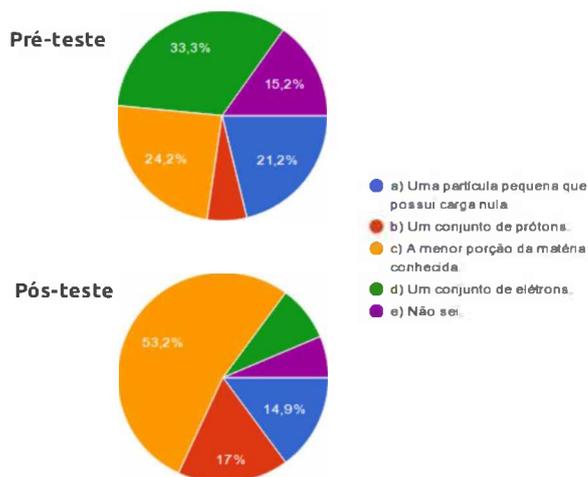


GRÁFICO 11 – Resultado dos testes - pergunta 9

**Como são detectadas as partículas elementares?**

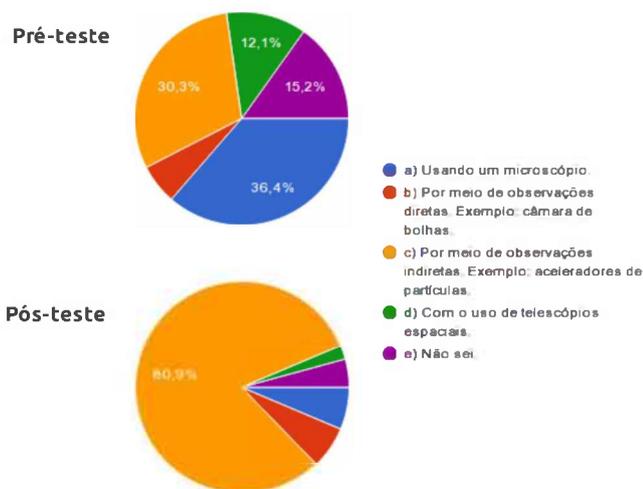


GRÁFICO 12 – Resultado dos testes - pergunta 10

**O que é um quark?**

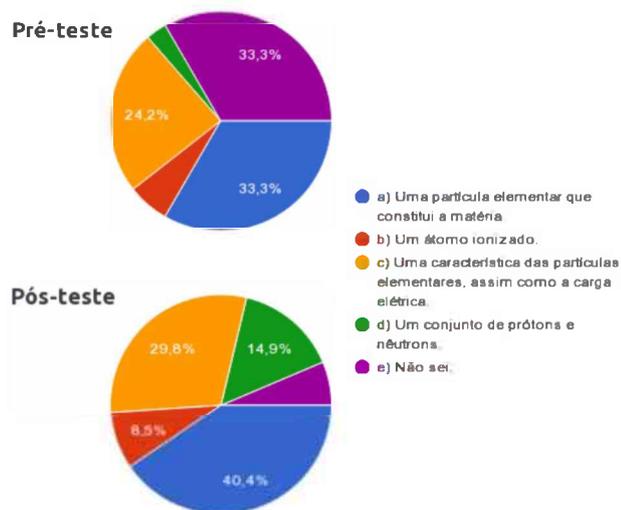


GRÁFICO 13 – Resultado dos testes - pergunta 11

O que é um lépton?

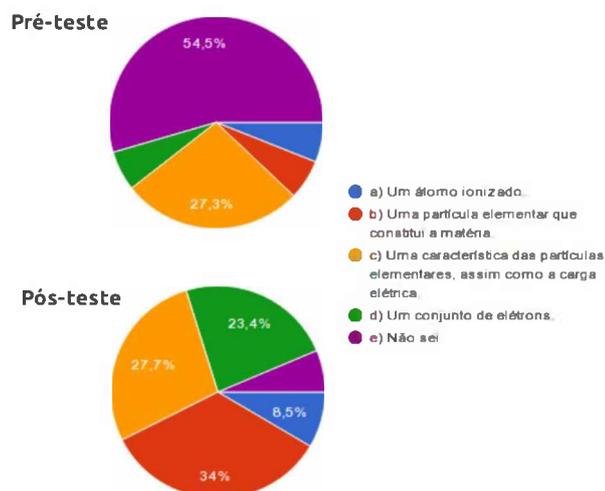


GRÁFICO 14 – Resultado dos testes - pergunta 12

O que é o modelo padrão?

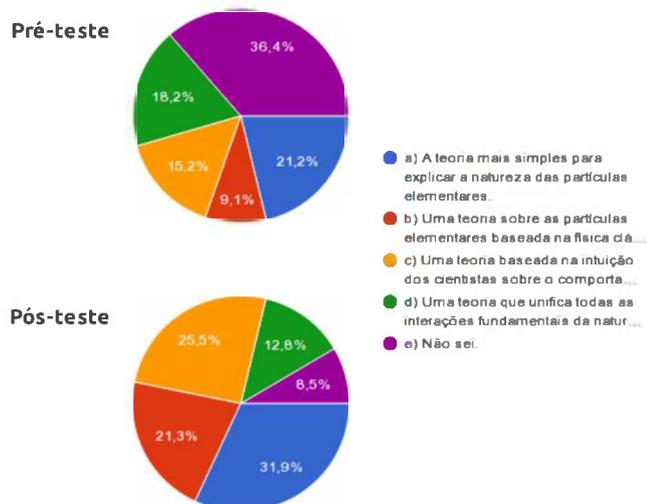


GRÁFICO 15 – Resultado dos testes - pergunta 13

**Quais são as forças (interações) fundamentais existentes na natureza?**

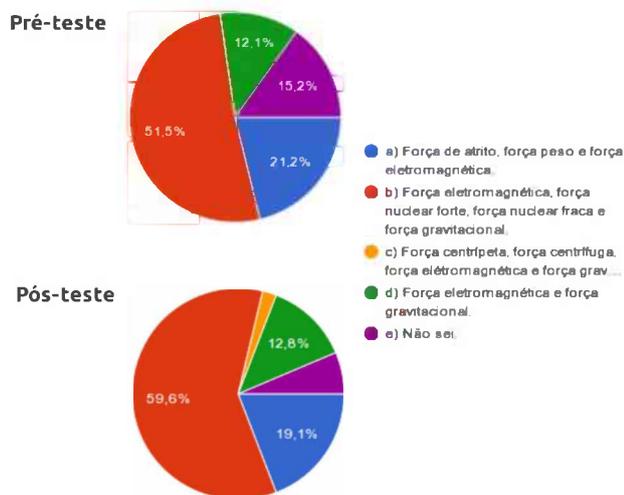


GRÁFICO 16 – Resultado dos testes - pergunta 14

**Quais seriam as partículas mediadoras das interações fundamentais da natureza?**

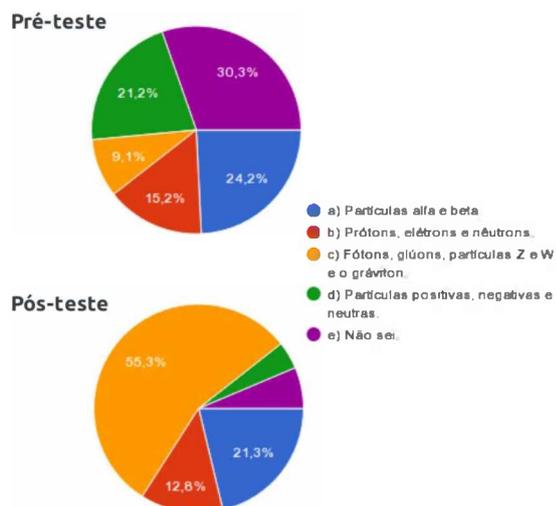


GRÁFICO 17 – Resultado dos testes - pergunta 15

**O que seria o gráviton?**

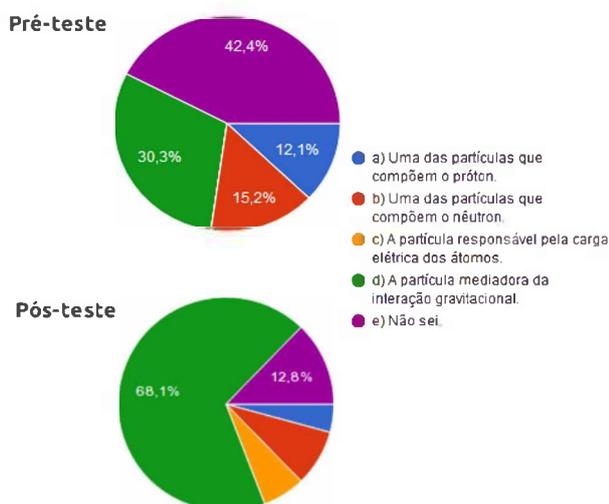


GRÁFICO 18 – Resultado dos testes - pergunta 16

**O que é o bóson de Higgs?**

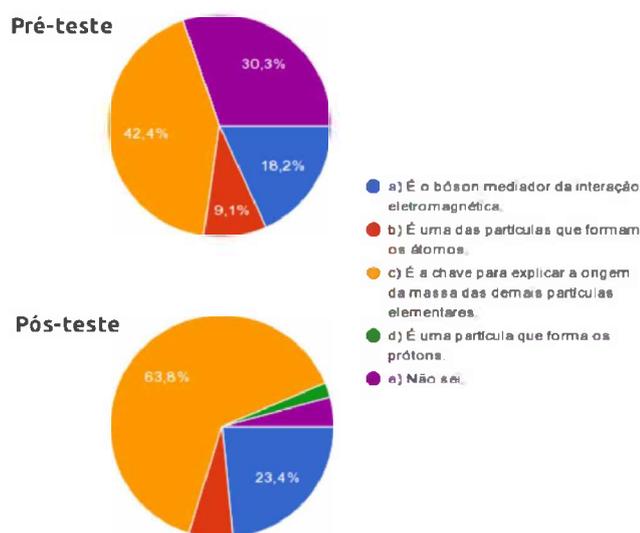
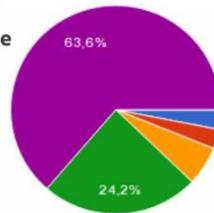


GRÁFICO 19 – Resultado dos testes - pergunta 17

O que é o Large Hadron Collider (LHC)?

Pré-teste



- a) Um telescópio espacial.
- b) Um experimento capaz de criar buracos negros com um campo gravitacional tão intenso quanto o...
- c) Uma nova teoria para explicar a origem do Universo.
- d) É um acelerador de partículas projetado para recriar as condições encontradas instantes após o Big...
- e) Não sei.

Pós-teste

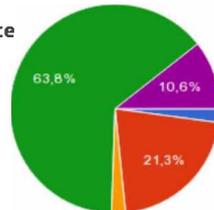


GRÁFICO 20 – Resultado dos testes - pergunta 18

## B.5 Pesquisa Final de Opinião

### Questionário Final

Questionário final do projeto de mestrado.

\*Obrigatório

1. Qual é a sua série/turma? \*

Marcar apenas uma oval.

3°K

3°L

3°M

3°N

### Sobre o jogo: Em Busca do Bóson de Higgs

Perguntas específicas sobre o jogo

2. 1. A linguagem foi acessível? \*

Marcar apenas uma oval.

Sim

Mais ou menos

Não

Não joguei

3. 2. A dinâmica (jogabilidade) foi de fácil entendimento? \*

Marcar apenas uma oval.

Sim

Mais ou menos

Não

Não joguei

4. 3. As perguntas foram claras e objetivas? \*

Marcar apenas uma oval.

Sim

Mais ou menos

Não

Não joguei

FIGURA 50 – Pesquisa final: parte 1

## Questionário Final

Questionário final do projeto de mestrado.

\*Obrigatório

### 1. Qual é a sua série/turma? \*

Marcar apenas uma oval.

- 3°K  
 3°L  
 3°M  
 3°N

## Sobre o jogo: Em Busca do Bóson de Higgs

Perguntas específicas sobre o jogo

### 2. 1. A linguagem foi acessível? \*

Marcar apenas uma oval.

- Sim  
 Mais ou menos  
 Não  
 Não joguei

### 3. 2. A dinâmica (jogabilidade) foi de fácil entendimento? \*

Marcar apenas uma oval.

- Sim  
 Mais ou menos  
 Não  
 Não joguei

### 4. 3. As perguntas foram claras e objetivas? \*

Marcar apenas uma oval.

- Sim  
 Mais ou menos  
 Não  
 Não joguei

FIGURA 51 – Pesquisa final: parte 2

5. 4. As perguntas estavam bem articuladas com o enredo? \*

*Marcar apenas uma oval.*

- Sim  
 Mais ou menos  
 Não  
 Não joguei

6. 5. A duração de uma aula (45 minutos) foi suficiente para a sua conclusão? \*

*Marcar apenas uma oval.*

- Sim  
 Mais ou menos  
 Não  
 Não joguei

7. 6. Após o termino da segunda aplicação, sua pontuação melhorou? \*

*Marcar apenas uma oval.*

- Sim  
 Não  
 Permaneceu a mesma pontuação  
 Não lembro  
 Joguei apenas uma vez  
 Não joguei

8. 7. O jogo te auxiliou na aprendizagem da física de partículas elementares? \*

*Marcar apenas uma oval.*

- Sim  
 Mais ou menos  
 Não  
 Não joguei

**8. Quais foram os pontos positivos e negativos do jogo?**

9. Positivos:

---

---

---

---

---

FIGURA 52 – Pesquisa final: parte 3

10. Negativos:

---

---

---

---

---

11. 9. Dê sua nota para o jogo. \*

Marcar apenas uma oval.

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

---

### A sequência didática

Perguntas gerais sobre a sequência didática de 10 aulas

12. 10. O número total de aulas foram suficientes? \*

Marcar apenas uma oval.

- Sim  
 Mais ou menos  
 Não

13. 11. A sequência foi bem organizada e estruturada? \*

Marcar apenas uma oval.

- Sim  
 Mais ou menos  
 Não

14. 12. Inserção de recursos alternativos: texto, jogo, vídeos e slides foram interessantes \*

Marcar apenas uma oval.

- Sim  
 Mais ou menos  
 Não

15. 13. O vídeo: O Discreto Chame das Partículas Elementares te ajudou a entender melhor alguns conceitos da física de partículas elementares? \*

Marcar apenas uma oval.

- Sim  
 Mais ou menos  
 Não  
 Não assisti o vídeo

FIGURA 53 – Pesquisa final: parte 4

16. 14. As discussões após o vídeo e a aula expositiva (slides) foram proveitosas? \*

Marcar apenas uma oval.

- Sim  
 Mais ou menos  
 Não  
 Não participei das aulas

15. Quais foram os pontos positivos e negativos da sequência didática?

---

17. Positivos:

---

---

---

---

---

18. Negativos:

---

---

---

---

---

19. 16. Dê uma nota para a sequência didática. \*

Marcar apenas uma oval.

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<input type="radio"/>										

---

Powered by  
 Google Forms

FIGURA 54 – Pesquisa final: parte 5

## B.6 Resultados da Pesquisa Final de Opinião

### 1. A linguagem foi acessível?

46 respostas

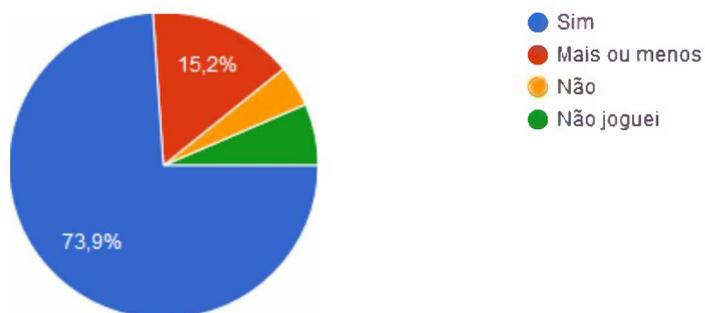


GRÁFICO 21 – Resultado da pesquisa final - pergunta 1

### 2. A dinâmica (jogabilidade) foi de fácil entendimento?

46 respostas

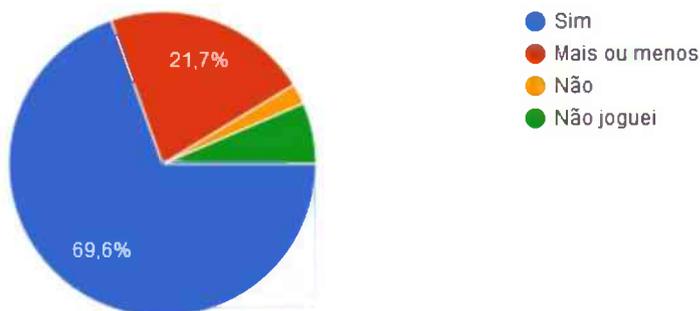


GRÁFICO 22 – Resultado da pesquisa final - pergunta 2

### 3. As perguntas foram claras e objetivas?

46 respostas

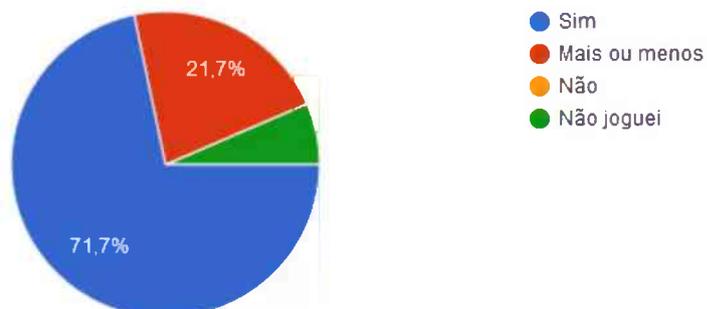


GRÁFICO 23 – Resultado da pesquisa final - pergunta 3

### 4. As perguntas estavam bem articuladas com o enredo?

46 respostas

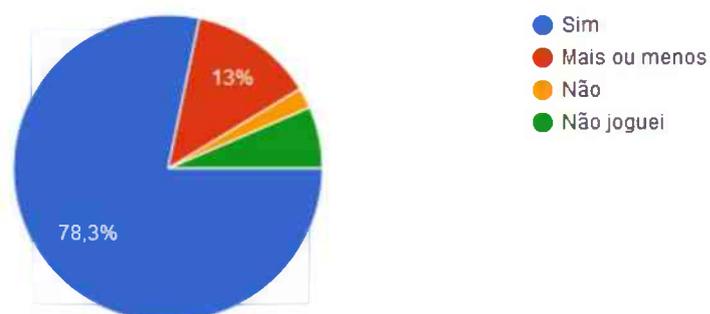


GRÁFICO 24 – Resultado da pesquisa final - pergunta 4

5. A duração de uma aula (45 minutos) foi suficiente para a sua conclusão?

46 respostas

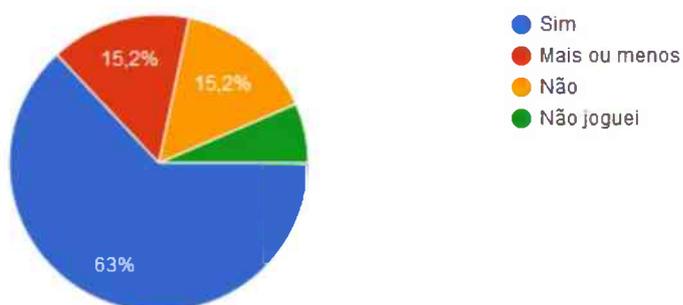


GRÁFICO 25 – Resultado da pesquisa final - pergunta 5

6. Após o termino da segunda aplicação, sua pontuação melhorou?

46 respostas

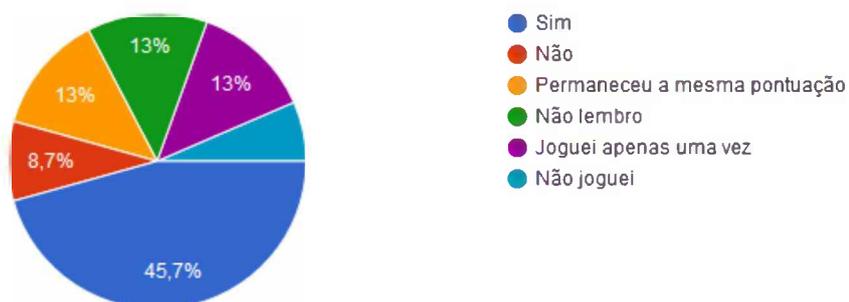


GRÁFICO 26 – Resultado da pesquisa final - pergunta 6

7. O jogo te auxiliou na aprendizagem da física de partículas elementares?

46 respostas

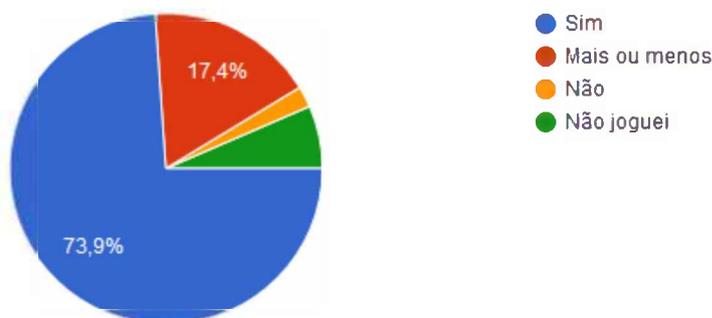


GRÁFICO 27 – Resultado da pesquisa final - pergunta 7

Positivos	Negativos
Melhorou o desempenho	O jogo estava um pouco lento
Facilitou a compreensão	Premiação apenas para os melhores
Auxiliou no entendimento do conteúdo	A internet da escola estava lenta
Facilitou o aprendizado	Perguntas difíceis
Proporcionou diversão	Muitos diálogos
Melhorou a dinâmica	Os diálogos passavam rápido
Jogo bem elaborado e explicativo	Termos muito complexos
A interação com o jogo facilitou o entendimento	Alguns <i>bugs</i>
Modo de aprendizado mais rápido e divertido	
Prendeu a atenção	
Despertou interesse no aprendizado	
Facilitou em memorizar os termos mais complexos	

QUADRO 6 – Resultado da pesquisa final - pergunta 8

9. Dê sua nota para o jogo.

46 respostas

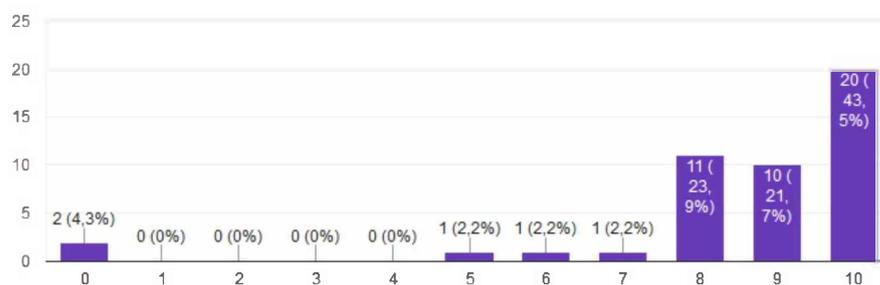


GRÁFICO 28 – Resultado da pesquisa final - pergunta 9

10. O número total de aulas foram suficientes?

46 respostas

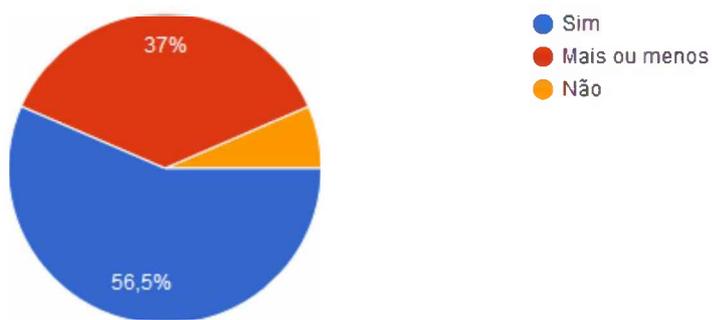


GRÁFICO 29 – Resultado da pesquisa final - pergunta 10

**11. A sequência foi bem organizada e estruturada?**

46 respostas

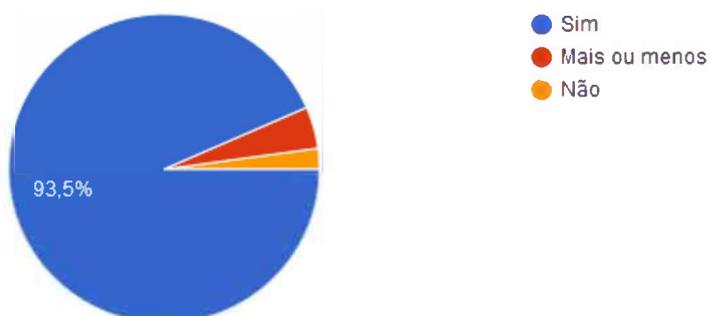


GRÁFICO 30 – Resultado da pesquisa final - pergunta 11

**12. Inserção de recursos alternativos: texto, jogo, vídeos e slides foram interessantes?**

46 respostas

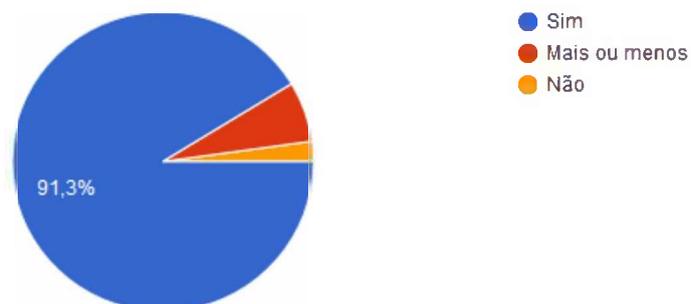


GRÁFICO 31 – Resultado da pesquisa final - pergunta 12

13. O vídeo: O Discreto Chame das Partículas Elementares te ajudou a entender melhor alguns conceitos da física de partículas elementares?

46 respostas

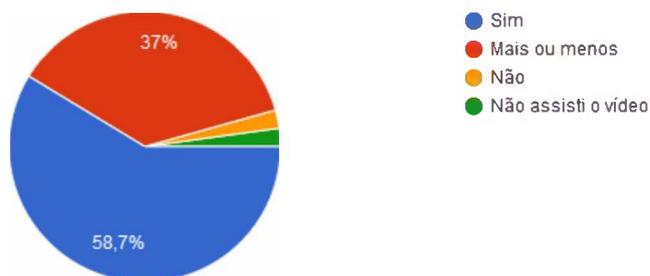


GRÁFICO 32 – Resultado da pesquisa final - pergunta 13

14. As discussões após o vídeo e a aula expositiva (slides) foram proveitosas?

46 respostas

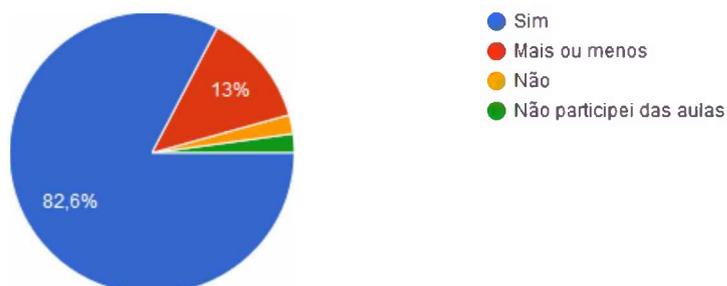


GRÁFICO 33 – Resultado da pesquisa final - pergunta 14

Positivos	Negativos
Ajudou a entender o conteúdo	Sequência curta
Vídeos interessantes	Filme longo
Facilitou o aprendizado	Linguagem complexa
Melhorou o entendimento	
Explicação do professor	
Método criativo de ensino	
Interação	
Recursos audiovisuais	
Qualidade das aulas	

QUADRO 7 – Resultado da pesquisa final - pergunta 15

16. Dê uma nota para a sequência didática.

46 respostas

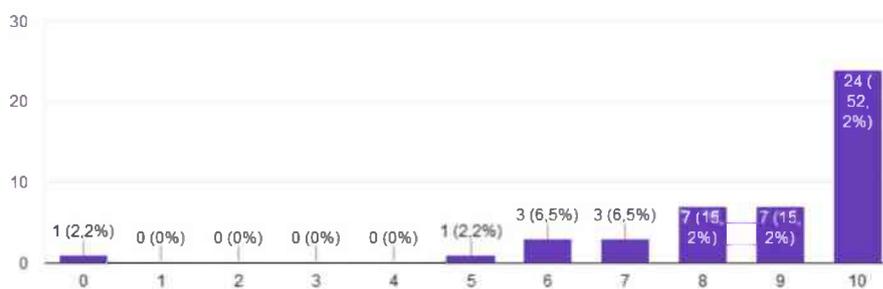


GRÁFICO 34 – Resultado da pesquisa final - pergunta 16

## **Apêndice C - Atividades**

## C.1 Resenha Crítica

### FOLHA DE REDAÇÃO

Nome: \_\_\_\_\_ Série/Turma: \_\_\_\_\_

Faça uma resenha crítica sobre o vídeo "O Discreto Charme das Partículas Elementares".  
(O vídeo pode ser visto no You Tube por meio do seguinte link: <https://goo.gl/HbyCFb>).

1.	
2.	
3.	
4.	
5.	
6.	
7.	
8.	
9.	
10.	
11.	
12.	
13.	
14.	
15.	
16.	
17.	
18.	
19.	
20.	
21.	
22.	
23.	
24.	
25.	
26.	
27.	
28.	
29.	
30.	

FIGURA 55 – Modelo de resenha

FOLHA DE REDAÇÃO

Nome: \_\_\_\_\_ Série/Turma: \_\_\_\_\_

Faça uma resenha crítica sobre o vídeo "O Discreto Charme das Partículas Elementares".  
 (O vídeo pode ser visto no You Tube por meio do seguinte link: <https://goo.gl/HbvCFb>).

1.	
2.	O vídeo é bem interessante e educativo, com ele
3.	compreendi as partículas elementares forma a estru-
4.	tura toda e qualquer matéria que já conseguimos ob-
5.	servar no universo. Joseph Thomson conseguiu que-
6.	lerar o átomo e descobrir os elétrons descobrindo
7.	a primeira partícula elementar, sendo composta por
8.	um único elemento.
9.	É para descrever as partículas elementares
10.	os físicos desenvolveram um modelo padrão que
11.	são quarks, léptons e boson e mediadores.
12.	Achei bem interessante o vídeo e as anima-
13.	ções que nos ajuda a compreender melhor esse
14.	matéria.
15.	
16.	
17.	
18.	
19.	
20.	
21.	
22.	
23.	
24.	
25.	
26.	
27.	
28.	
29.	
30.	

FIGURA 56 – Resenha: aluno 1

**FOLHA DE REDAÇÃO**

Nome: \_\_\_\_\_ Série/Turma: \_\_\_\_\_

Faça uma resenha crítica sobre o vídeo "O Discreto Charme das Partículas Elementares".  
 (O vídeo pode ser visto no You Tube por meio do seguinte link: <https://goo.gl/HbVCFb>).

1.	O vídeo fala da importância das partículas, explica
2.	o Modelo Padrão, que descreve o funcionamento do mundo
3.	das partículas que constituem ou constituíram o nosso uni-
4.	verso, procura trazer o tema para o cotidiano, também mos-
5.	tra a ciência como uma construção relativa que lida com
6.	'verdades' provisórias.
7.	
8.	
9.	
10.	
11.	
12.	
13.	
14.	
15.	
16.	
17.	
18.	
19.	
20.	
21.	
22.	
23.	
24.	
25.	
26.	
27.	
28.	
29.	
30.	

FIGURA 57 – Resenha: aluno 2

FOLHA DE REDAÇÃO

Nome: \_\_\_\_\_ Série/Turma: \_\_\_\_\_

Faça uma resenha crítica sobre o vídeo "O Discreto Charme das Partículas Elementares".  
(O vídeo pode ser visto no You Tube por meio do seguinte link: <https://goo.gl/HbvCFb>).

1.	
2.	o forma de ensinamento do
3.	vídeo-culta fica menos complexa, e
4.	isso tem pouco da rotina de
5.	ensinar se aprendendo.
6.	O vídeo sobre os Partículas
7.	elementares e bem explicativa ficou
8.	meio difícil de entender um pouco o
9.	rap, mais pelo fato de ser um rap
10.	me deixou curiosa para pesquisar
11.	e saber o que nele falava.
12.	As partículas que constituem
13.	o átomo os chamados partículas sub
14.	átomicas próton, elétron e neutrão apenas
15.	o próton é uma partícula elementar
16.	
17.	
18.	
19.	
20.	
21.	
22.	
23.	
24.	
25.	
26.	
27.	
28.	
29.	
30.	

FIGURA 58 – Resenha: aluno 3

## **Apêndice D - Aula Expositiva**

## D.1 Slides

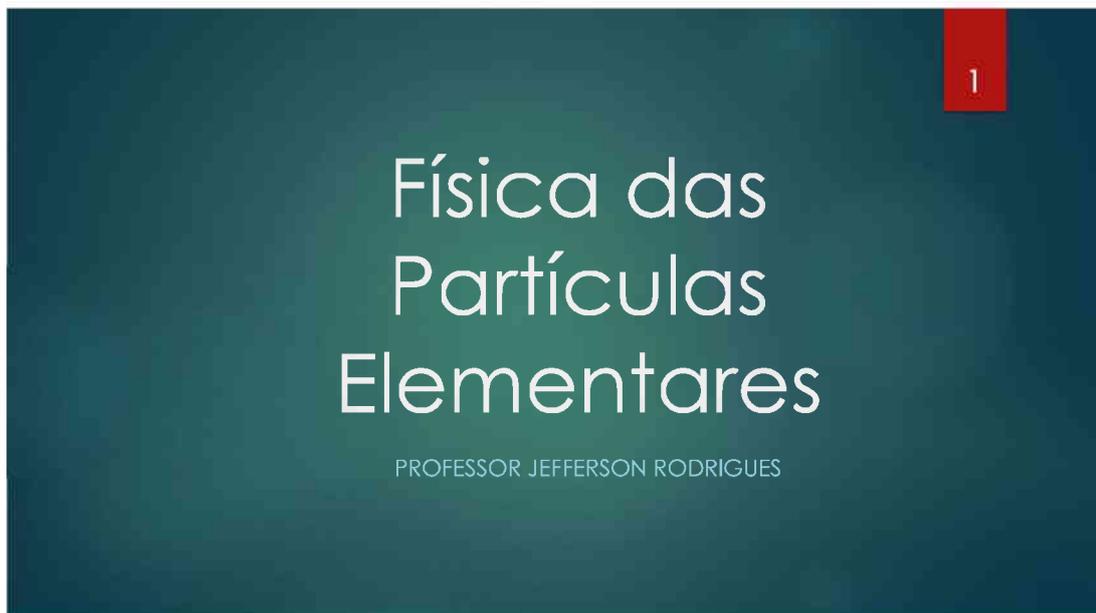


FIGURA 59 – Slide 1

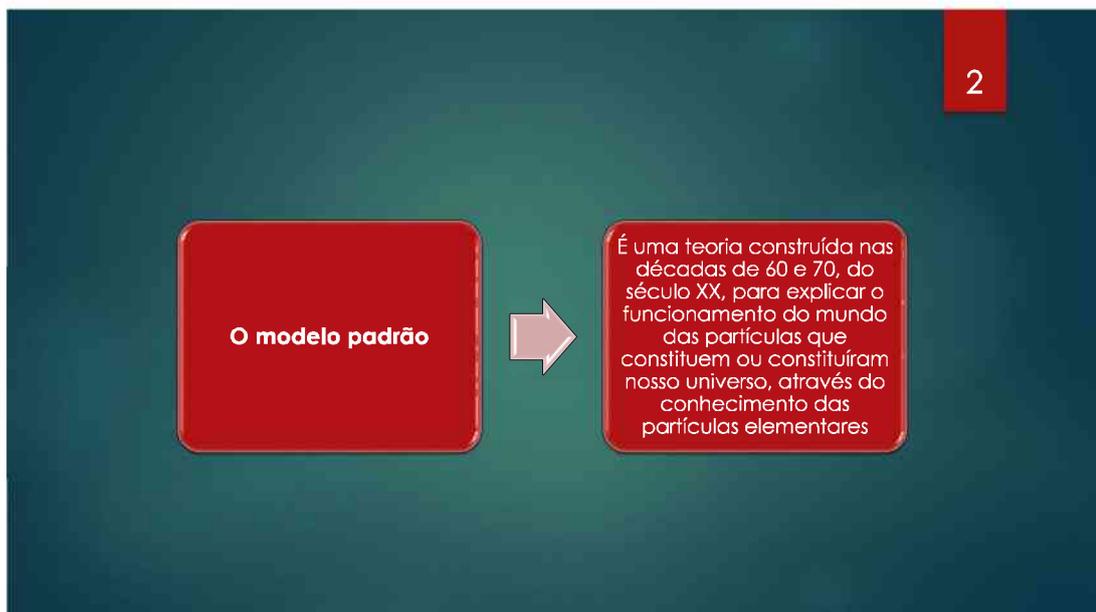


FIGURA 60 – Slide 2



FIGURA 61 – Slide 3

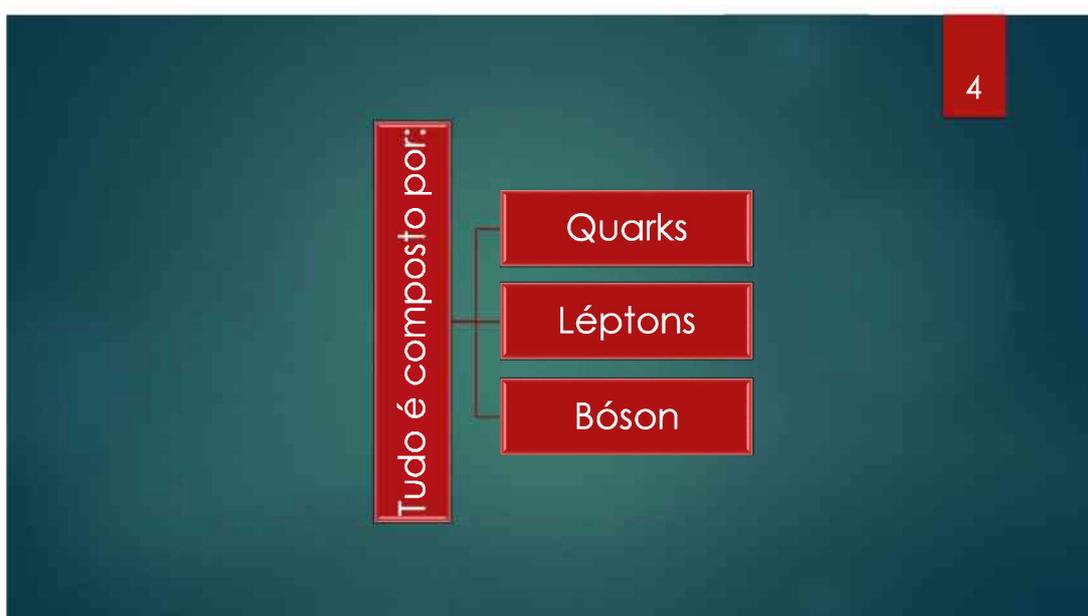


FIGURA 62 – Slide 4

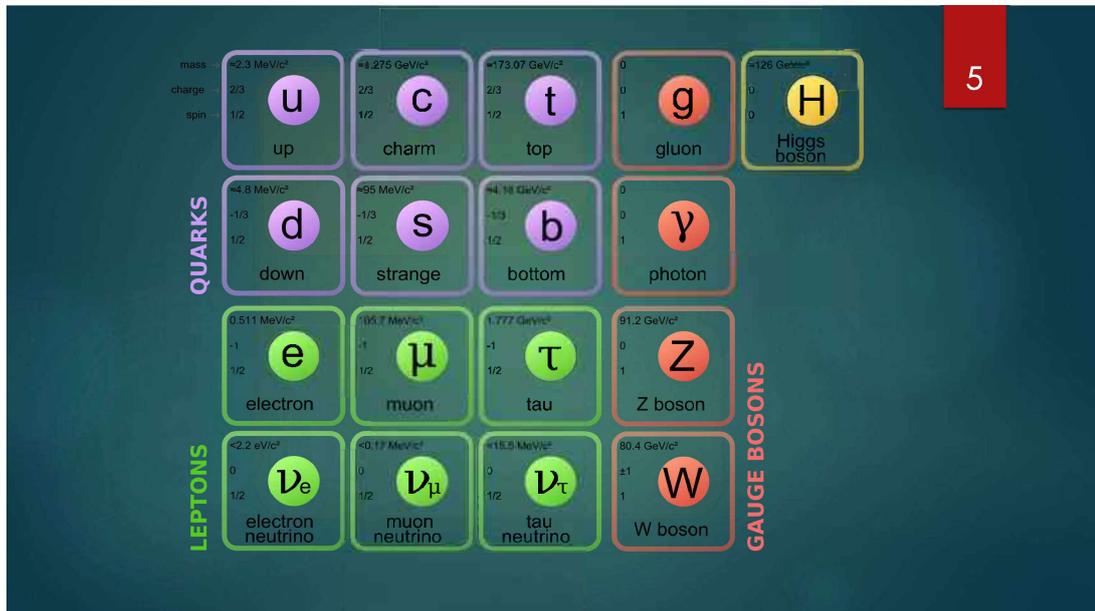


FIGURA 63 – Slide 5



FIGURA 64 – Slide 6

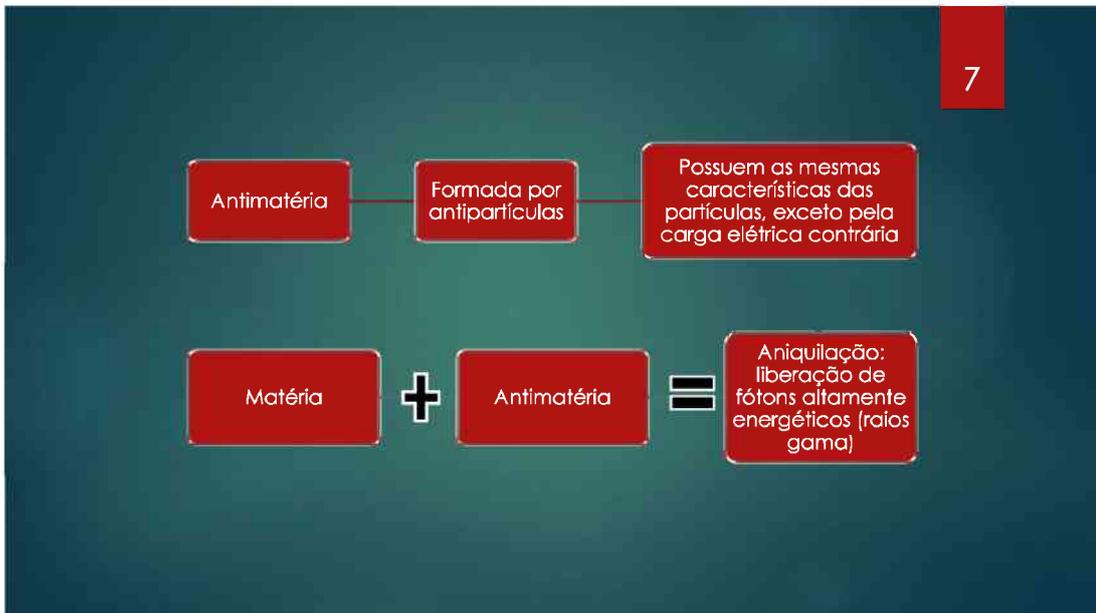


FIGURA 65 – Slide 7

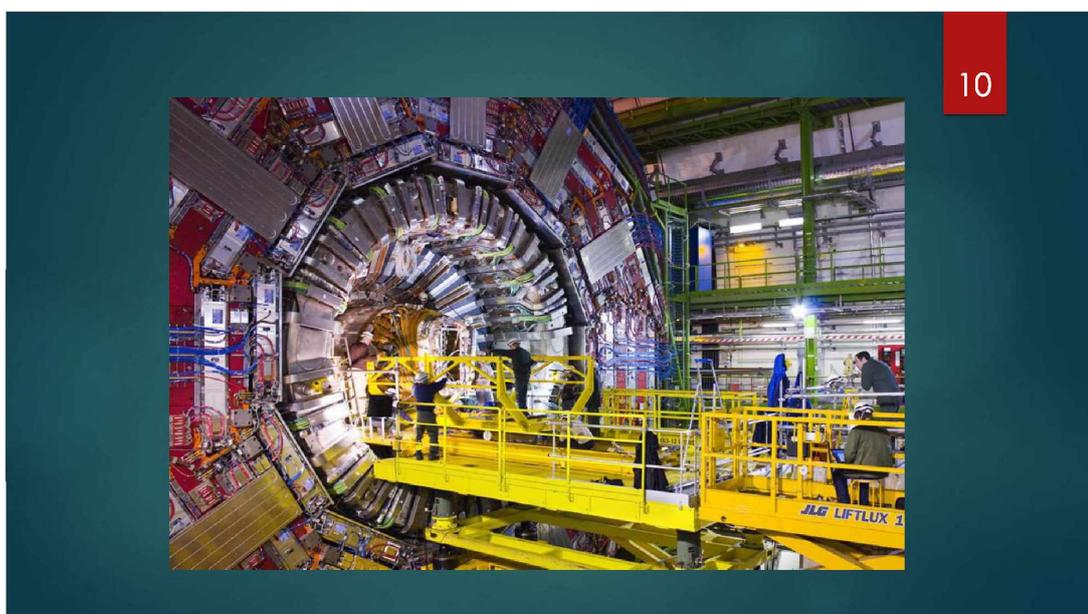


FIGURA 66 – Slide 8



9

FIGURA 67 – Slide 9



10

FIGURA 68 – Slide 10



FIGURA 69 – Slide 11

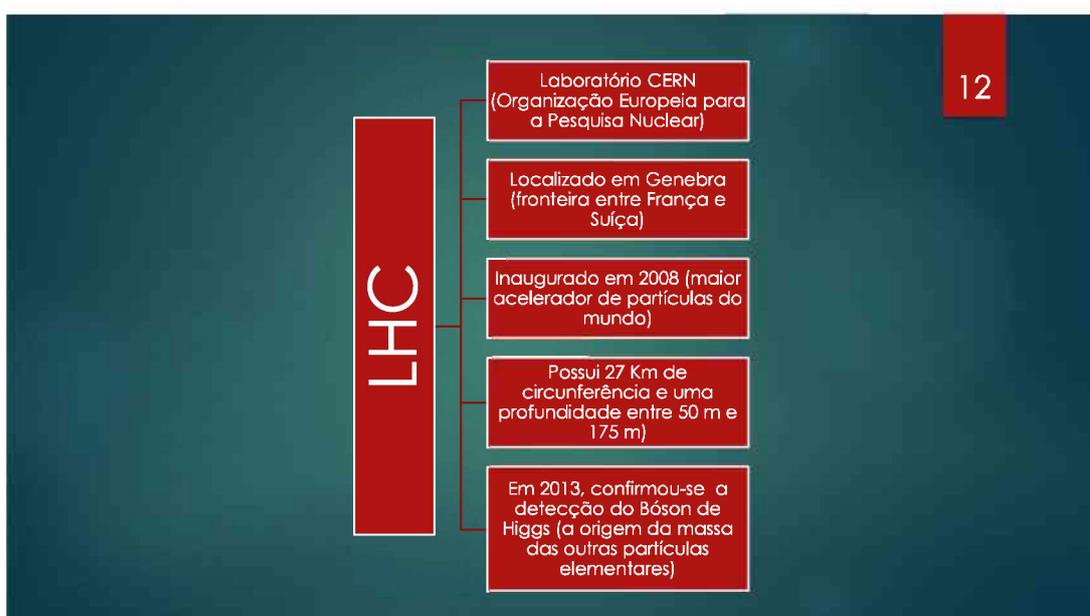


FIGURA 70 – Slide 12

## **Anexo A - Manuais do Scratch**

Segundo o site Lab (2018), o *Scratch* é um projeto do *Lifelong Kindergarten Group* do MIT *Media Lab*. Disponibilizado gratuitamente, o *Scratch* ajuda os jovens a pensar de forma criativa, a raciocinar sistematicamente e a trabalhar colaborativamente competências essenciais à vida no século XXI. Com ele é possível programar suas próprias histórias, jogos e animações interativas, além de poder compartilhar suas criações com toda a comunidade. Justamente esta comunidade ativa, que torna-o bastante interativo, pois os estudantes podem compartilhar seus projetos e aprender uns com os outros (RESNICK *et al.*, 2009 apud BASTOS *et al.*, 2010).

O Termo *Scratch* tem origem da técnica de *scratching* utilizadas pelos DJs (*disc jockeys*) do *hip-hop*. Pois é possível fazer algo semelhante com o *Scratch*, que nos permite controlar ações e interações entre diferentes tipos de imagens, sons e cores, misturando-os de forma criativa (MARQUES, 2009).

(KLOPFER *et al.*, 2004 apud MARQUES, 2009), cita os principais aspectos-chave inovadores do Scratch:

- a) Programação com blocos-de-construção (*building-blocks*) - Para escrever programas em *Scratch*, encaixam-se blocos gráficos uns nos outros, formando empilhamentos ordenados (*stacks*). Os blocos são concebidos para se poderem encaixar apenas de forma que faça sentido sintaticamente, não ocorrendo, assim, erros de sintaxe. As sequências de instruções podem ser modificadas mesmo com o programa a correr, o que facilita a experimentação simples de novas ideias e o multiprocessamento é integrado de forma simples podendo ser executadas instruções paralelamente por diferentes conjuntos de blocos;
- b) Manipulação de media - O *Scratch* permite a construção de programas que controlam e misturam gráficos, animação, texto, música e som. Amplia as atividades de manipulação de media que são populares na cultura atual;
- c) Partilha e colaboração - A página de Internet do *Scratch* fornece inspiração e audiência: podemos experimentar os projetos de outros, reutilizar e adaptar as suas imagens e *scripts*, e divulgar os nossos próprios projetos. A meta final é desenvolver uma comunidade e uma cultura de partilha em torno do *Scratch*;
- d) Opção de múltiplas línguas, incluindo a portuguesa, desde a sua concepção - Pretende promover a criação de uma cultura *Scratch* na comunidade internacional.

Estes aspectos inovadores trazem uma aprendizagem muito mais fácil e ativa. Destacamos os principais motivos que fizeram do *Scratch* nossa escolha:

- i) Facilidade de aprendizagem: ferramenta intuitiva e lúdica;

- ii) Programação em blocos: programação de “encaixe”<sup>29</sup>, evitando possíveis erros de sintaxe.
- iii) Colaboração: comunidade ativa e interativa com fóruns especializados.

A seguir, indicaremos alguns livros, vídeos e sites sobre o *Scratch*.

## A.1 Livros

Marji (2014) utiliza o *Scratch* para explicar os conceitos essenciais necessários à resolução de problemas de programação do mundo real. Os blocos nomeados e diferenciados por cores mostram claramente cada passo lógico em um dado *script*, e, com apenas um clique, você pode até mesmo testar qualquer parte de seu *script* para verificar sua lógica. Você aprenderá a:

- Controlar a eficiência de laços e recursões repetitivas;
- Utilizar instruções *if/else* e operadores lógicos para tomar decisões;
- Armazenar dados em variáveis e listas para serem utilizados em seu programa;
- Ler, armazenar e manipular dados de entrada dos usuários;
- Implementar algoritmos fundamentais da ciência da computação, como pesquisas lineares e *bubble sorts*.

## A.2 Vídeos

O canal do You Tube Em... (2018) apresenta uma *playlist* de 18 vídeos sobre Scratch, nesta série são apresentados os seguintes temas: o que é *Scratch*, comunidade *Scratch*, aplicação *offline* (versão 1.4) e utilização de blocos.

Tabajara (2018) é um canal de videoaulas com dicas de ilustração, pintura digital, animação 3d e Arte para Games. Este canal apresenta uma série de 10 vídeos, esta série ensina a programar de forma simples e criar um jogo em *Scratch*.

Batista (2018) é um curso de Scratch oferecido pelo Programa NERDS (Núcleo Educacional de Robótica e Desenvolvimento de Software) da Fronteira e Programa PET (Programa de Educação Tutorial) da Fronteira da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS) campus Ponta Porã. Este curso tem como objetivo a formação de professores

---

<sup>29</sup>Como se fossem peças de LEGO

para uso de novas tecnologias na sala de aula. O curso é ministrado pela Esteice Janaina e possui 27 vídeos.

Online (2018) é curso básico e gratuito sobre *Scratch* que possui 13 vídeos.

Editor (2018) é um canal de língua inglesa que possui 20 vídeos.

### A.3 Artigos

LIAG (2018) é um espaço para demonstrar a pesquisa, o desenvolvimento de produtos e processos voltados a atividades de Aprendizagem Criativa. Inclui pesquisas de Graduação, Mestrado e Doutorado realizadas no escopo do Grupo do LIAG (Laboratório de Informática Aprendizagem e Gestão) da Faculdade de Tecnologia da UNICAMP. Os integrantes do LIAG promovem também atividades de extensão destas pesquisas para a sociedade, em especial para o público escolar.

Os projetos, artigos e experiências do grupo encontram-se no site com o intuito de divulgar os trabalhos que estão sendo feitos em Aprendizagem Criativa, o site traz também notícias, novidades e o que está acontecendo nas escolas quando o tema é Aprendizagem Criativa.

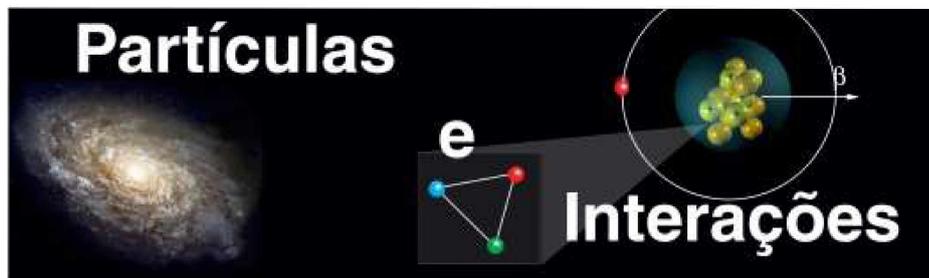
Brasil (2018) fornece material gratuito em língua portuguesa sobre a ferramenta, além de mostrar notícias, eventos, tutoriais, vídeo aulas, entre outras informações de como professores e alunos podem usar a plataforma em sala de aula para a criação de jogos e animações com temas educativos.

Além disso, o *Scratch* Brasil realiza oficinas, palestras e demais eventos voltados para a plataforma *Scratch*.

EduScratch (2018) é um projeto que visa promover a utilização educativa do *Scratch* por meio do apoio, formação e partilha de experiências na comunidade educativa. O site tem uma lista de vários artigos.

## **Anexo B - Materiais de Apoio**

## B.1 Texto Base



.....  
**Marco Antonio Moreira**  
 Instituto de Física da UFRGS, C.P.  
 15051, 91501-970 Porto Alegre - RS  
 moreira@if.ufrgs.br  
 www.if.ufrgs.br/~moreira  
 .....

### Introdução

**E**ste texto procura dar, através da técnica dos mapas conceituais (Moreira e Buchweitz, 1987), uma visão introdutória ao assunto partículas elementares e interações fundamentais. A intenção é a de mostrar que esse tema pode ser abordado,

de maneira acessível, sem muitas ilustrações que acabam tolhendo a imaginação dos alunos e até mesmo dificultando a aprendizagem de certos conceitos. Essa introdução poderá ser seguida de considerações

qualitativas sobre simetria e leis de conservação em Física, sobre a construção do conhecimento em Física (por exemplo, a previsão teórica das partículas que somente anos depois foram detectadas, ou que ainda não o foram), sobre as tentativas de unificar teorias físicas. Com habilidade didática, talvez se possa transmitir aos alunos a idéia de um assunto excitante, *colorido, estranho e charmoso*, ao invés de difícil e enfadonho.

### Partículas Elementares

Átomos consistem de elétrons, que formam as camadas eletrônicas, e núcleos, compostos por prótons e nêutrons que, por sua vez, consistem de quarks (dos tipos **u** e **d**). Quarks são, possivelmente, os constituintes fundamentais da matéria. Há seis espécies, ou *sabores*, de quarks: **u** (*up*), **d** (*down*), **c** (*charmed*), **s** (*strange*), **b** (*bottom*) e **t** (*top*). Cada uma dessas

espécies pode apresentar-se em três "edições" chamadas *cores*: 1 (vermelho), 2 (verde) e 3 (azul). Haveria então 18 quarks distintos. Porém, como cada um deles tem a sua antipartícula, o número total de quarks é 36 (uma antipartícula tem a mesma massa e o mesmo spin<sup>2</sup> da partícula em questão,

porém carga oposta.) Quarks têm carga elétrica fracionária (+2/3 para os sabores **u**, **c** e **t** e -1/3 para os sabores **d**, **s** e **b**), mas nunca foram detectados livres; aparentemente, estão sempre confinados em partículas chamadas

hádrons (da palavra grega *hadros*, que significa massivo, robusto, forte).

Há duas classes de hádrons, aqueles formados por três quarks, chamados bárions (da palavra grega *barys*, que significa pesado), e os constituídos por um quark e um antiquark, denominados mésons (do grego, *mesos*, significando intermediário, médio). Bárions obedecem o Princípio da Exclusão de Pauli<sup>3</sup>, mésons não; bárions têm spin fracionário (1/2, 3/2, ...), mésons têm spin inteiro (0, 1, 2, ...). O nêutron e o próton são os bárions mais familiares, os mésons  $\pi$  e K são exemplos de mésons; contudo, face às múltiplas possibilidades de combinações de três quarks ou de quarks e antiquarks, o número de hádrons é bastante grande, constituindo uma grande família.

Outra família, não tão numerosa, é a dos léptons (do grego *leptos*, que significa delgado, fino, leve). São par-

**Uma visão introdutória ao assunto partículas elementares e interações fundamentais pode ser abordado, de maneira acessível, de forma a transmitir aos alunos a idéia de um assunto excitante, colorido, estranho e charmoso**

Este artigo apresenta um sumário das partículas elementares e das interações fundamentais, segundo o Modelo Padrão. Na sequência, são apresentados dois mapas conceituais, um para partículas e outro para interações, que esquematizam conceitualmente esse modelo.

FIGURA 71 – Artigo: parte 1

tículas de spin  $1/2$ , sem cor, que podem ter carga elétrica ou não (neutrinos). Parecem ser partículas verdadeiramente elementares, *i.e.*, nenhuma delas aparenta ter uma estrutura interna como a dos hádrons. O elétron é o lépton mais familiar, mas além dele existem o múon ( $\mu$ ), o tau ( $\tau$ ) e três neutrinos (neutrino do elétron, neutrino do múon e neutrino do tau). Como a cada lépton corresponde um antilépton, parece haver um total de 12 léptons na natureza.

Começamos falando de elétrons, prótons e nêutrons e chegamos a léptons, passando por hádrons, bárions e mésons. Mas essa história ainda vai longe. Para se ter uma idéia da constituição da matéria, não basta saber que existem tais e tais partículas, que umas parecem ser realmente elementares e outras são compostas por "sub-partículas" confinadas. É preciso também levar em conta como elas interagem, como integram sistemas estáveis e como se desintegram, ou seja, é preciso considerar *interações e campos de força*, o que nos leva a outra categoria de partículas, as chamadas partículas mediadoras das interações fundamentais da natureza.

#### Interações Fundamentais

Há quatro tipos de interações fundamentais: eletromagnética, gravitacional, forte e fraca. A interação entre um elétron e um núcleo atômico é um exemplo de interação eletromagnética; a atração entre quarks é do tipo interação forte; o decaimento  $\beta$  (por exemplo, um nêutron decaindo para próton pela emissão de um elétron e um neutrino) exemplifica a interação fraca; a interação gravitacional atua entre todas as partículas massivas, e é a que governa o movimento dos corpos celestes, mas é irrelevante em domínios muito pequenos, assim como as demais podem não ser relevantes em alguns domínios.

A interação forte, como sugere o nome, é a mais forte no âmbito das

partículas elementares e mantém juntos prótons e nêutrons no núcleo atômico. Afeta somente hádrons. A interação fraca é responsável pelo decaimento relativamente lento de partículas como nêutrons e múons, e também por todas reações envolvendo neutrinos.

Tais interações são descritas através de campos de força. Campo é um conceito fundamental nas teorias

sobre partículas elementares. Aliás, é um conceito fundamental em toda a Física. Os *quanta* desses campos são partículas mediadoras das interações correspondentes.

Assim, o fóton é o *quantum* do campo eletromagnético e media a interação eletromagnética, os glúons são os quanta do campo forte e mediam a interação forte, o gráviton é o quantum do campo gravitacional, mediando a interação gravitacional, e as partículas denominadas  $W^+$ ,  $W^-$  e  $Z^0$  são os quanta do campo fraco e são mediadoras da interação fraca. Tais partículas são chamadas bósons, um termo genérico para partículas de spin inteiro (férmions é o termo genérico para partículas de spin  $1/2, 3/2, 5/2, \dots$ ; léptons e quarks são férmions). De todas essas partículas, a única que ainda não foi detectada experimentalmente é o gráviton<sup>4</sup>.

Mediar a interação significa que a força existente entre as partículas

**A família dos léptons (do grego leptos, que significa delgado, fino, leve) apresenta partículas de spin  $1/2$ , sem cor, que podem ter carga elétrica ou não e parecem ser partículas verdadeiramente elementares: nenhuma delas aparenta ter uma estrutura interna**

interagentes resulta de uma "troca" (emissão e absorção) de outras partículas (virtuais) entre elas. Assim, a força eletromagnética resulta da troca de fótons entre as partículas (eletricamente carregadas) interagentes. Fótons são portadores

da força eletromagnética, são partículas de radiação, não de matéria; têm spin 1, não têm massa e são idênticos às suas antipartículas. É a energia de um fóton que determina seu "tipo":

fótons de ondas de rádio, de luz visível, de radiação ultravioleta, de raios-X, de raios  $\gamma$  (embora seja  $\gamma$  o símbolo que representa qualquer fóton).

Analogamente, o campo de forças produzido por quarks e antiquarks, atuando sobre eles, é chamado de campo de glúons, e a força entre eles resulta da troca de glúons. Glúons representam para o campo de glúons o

mesmo que os fótons para o campo eletromagnético. Quarks emitem e absorvem glúons e assim exercem a interação forte entre si. Glúons, tal como os fótons,

têm spin 1, mas, diferentemente deles, têm cor, *i.e.*, fótons são incolores, ou "brancos", e glúons não. Assim como a carga elétrica é a fonte do campo fotônico, as cargas cor são a fonte dos campos gluônicos (há oito tipos de glúons)<sup>5</sup>.

Da mesma forma, a interação fraca é mediada por partículas, conhecidas como  $W$  (do inglês *weak*, que significa fraca) e  $Z$ , *i.e.*, pela troca de tais partículas, assim como a interação gravitacional é, teoricamente, mediada pela troca de grávitons.

A rigor, todas estas interações são mediadas por partículas virtuais. Consideremos, por exemplo, a interação eletromagnética entre um elétron livre e um próton livre: uma das partículas emite um fóton e a outra o absorve; no entanto, esse fóton não é um fóton livre ordinário, pois aplicando as leis de conservação da energia e *momentum* a tal processo poder-se-ia mostrar que haveria uma violação da conservação da energia (a energia do fóton emitido não seria igual ao produto de seu *momentum* pela velocidade da luz, como seria de se esperar para um fóton livre). Mas seria uma violação virtual porque, devido ao Princípio da Incerteza de Heisenberg<sup>6</sup>, a incerteza na energia do fóton implica que tal violação ocorreria em intervalos de tempo muito pequenos. Isso significa que o fóton seria imediatamente absorvido, *i.e.*, não seria livre, mas sim virtual.

**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**

FIGURA 72 – Artigo: parte 2

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  $\Delta E \times \Delta t = h = 6,6 \cdot 10^{-22}$  MeVs. 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 da 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.

O alcance da interação causada pela troca de partículas virtuais (quanta virtuais) está intimamente relacionado à massa de repouso dos quanta trocados. Quanto maior a massa da partícula, tanto menor o espaço permitido a ela pela relação de incerteza da Mecânica Quântica. Fótons, por exemplo, não têm massa, de modo que o alcance da interação eletromagnética para partículas carregadas é infinito. Grávitons também não têm massa, de sorte que o alcance da interação gravitacional é igualmente infinito. Por outro lado, as interações forte e fraca são mediadas por partículas massivas e são de curto alcance.

As classificações de partículas e interações feitas até aqui estão diagramadas nos mapas conceituais apresentados nas Figs. 1 e 2.

#### Um Mapa Conceitual para Partículas Elementares

No mapa conceitual apresentado na Fig. 1, o próprio conceito de partículas elementares aparece no topo como sendo o mais abrangente dessa área de conhecimento. Logo abaixo, aparecem os conceitos de férmions e bósons como duas grandes categorias de partículas elementares. (Esta clas-

sificação não se refere apenas às partículas elementares, mas também a quaisquer partículas que obedecem as leis da Mecânica Quântica como, por exemplo, as partículas alfa.) O fato de que os férmions obedecem ao Princípio da Exclusão de Pauli e os bósons não, é a principal diferença entre essas categorias. A partir dessa distinção inicial, pode-se prosseguir com outras categorizações como a de classes de férmions (léptons, quarks e bárions) e classes de bósons (partículas mediadoras de interações e mésons). Léptons e quarks são os férmions fundamentais: a rigor, toda a matéria é constituída de quarks e léptons, pois as demais partículas ou são compostas de quarks ou antiquarks (bárions) e pares quarks-antiquarks (mésons) ou são partículas mediadoras das interações fundamentais (glúons,  $Z$  e  $W$ , fótons e grávitons).

Tanto os léptons como os quarks têm seis variedades ou *sabores*, como indicado no mapa conceitual. Entretanto, diferentemente dos léptons, cada sabor de quark existe em três variedades distintas em função de uma propriedade chamada *cor*, ou *carga cor*. Contudo, quarks não existem livremente, só podem ser observados em combinações que são neutras em relação à cor; estão sempre confinados em partículas compostas chamadas hádrons. Hádrons podem ser fermiônicos quando formados por quarks ou antiquarks (nesse caso são chamados bárions) ou bosônicos quando constituídos por um quark e um antiquark (então chamados mésons).

Tudo isso está "mapeado" na Fig. 1 que, de certa forma, "termina" com os "conhecidos" elétrons (são léptons), prótons e nêutrons (ambos são bárions; têm estrutura interna) que formam átomos e moléculas que constituem a matéria macroscópica tal como a percebemos.

#### Um Mapa Conceitual para Interações Fundamentais

O mapa conceitual mostrado na Fig. 2 também começa com o conceito mais abrangente: interações fundamentais. Logo abaixo aparecem as quatro interações existentes na natureza: gravitacional, eletromagnética,

fraca e forte. As interações eletromagnética e fraca podem ser interpretadas, teoricamente, como instâncias de uma única interação, a eletrofraca. A interação forte que existe entre bárions e mésons pode ser interpretada como fundamental ou residual quando decorre de um balanço imperfeito das atrações e repulsões entre os quarks e antiquarks que constituem tais partículas.

Essas quatro (ou três) interações são mediadas por partículas (portadoras de força) elementares - grávitons (gravitacional), fótons (eletromagnética),  $W$  e  $Z$  (fraca) e glúons (forte) - e descritas por campos de força. Os mésons mediam a interação forte residual. Quer dizer, além dos campos gravitacional e eletromagnético, que são relativamente familiares, há também o campo forte e o campo fraco. A energia armazenada nesses campos não está neles distribuída de maneira contínua; está quantizada, i.e. concentrada nos chamados quanta de energia. Assim, os fótons são os quanta do campo eletromagnético, as partículas  $W$  e  $Z$  são os quanta do campo fraco, os glúons do campo forte e os grávitons do campo gravitacional.

A cada campo está associado um tipo de força: força gravitacional, força eletromagnética (elétrica e magnética), força fraca, e força cor (forte ou fundamental, e residual). Contudo, no domínio das partículas elementares, em reações altamente energéticas, partículas são criadas, destruídas e recriadas novamente, com velocidades e trajetórias com determinado grau de incerteza. Assim, o conceito de força não tem um significado muito preciso nesse domínio, e é preferível falar em interações, ou seja, a ação entre partículas. Por esta razão, no mapa da Fig. 2 as interações fundamentais aparecem na parte superior do mapa e as forças na parte inferior. Nesse contexto, interação é um conceito hierarquicamente superior ao de força.

#### Conclusão

Embora seja uma construção humana espetacular, presente em toda parte e, particularmente, na natureza científica do homem (Kelly, 1963), isto

FIGURA 73 – Artigo: parte 3

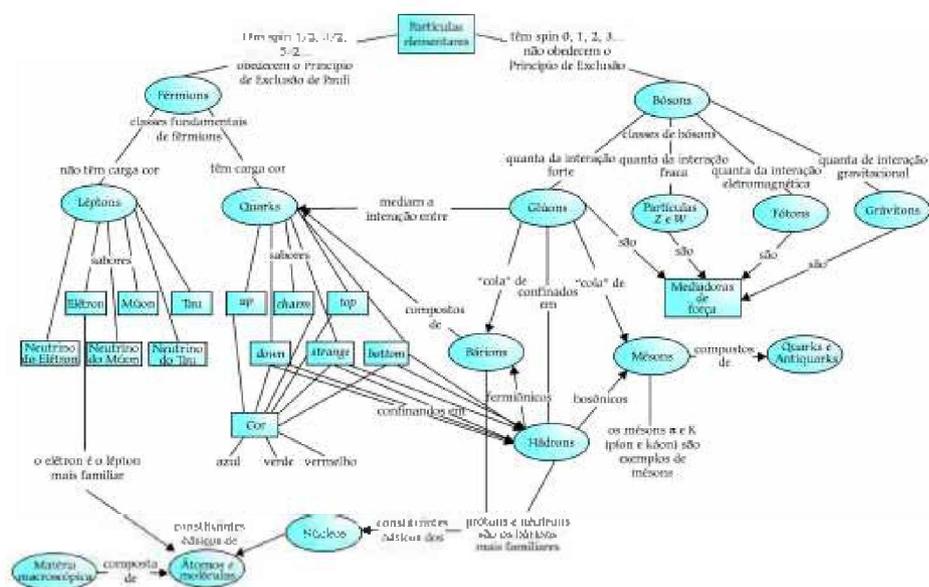


Figura 1. Um mapa conceitual entre partículas elementares (M.A. Moreira, 1989, revisado em 2004).

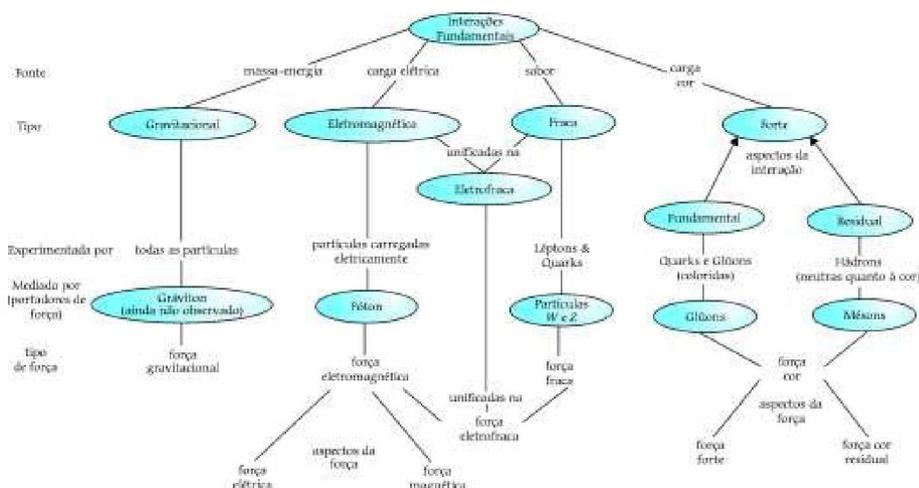


Figura 2. Um mapa conceitual para interações fundamentais (M.A. Moreira, 1990, revisado em 2004).

FIGURA 74 – Artigo: parte 4

é, na sua permanente tentativa de dominar, construindo e testando modelos do universo em que vive, a Física é considerada, na escola, uma matéria difícil, pouco motivadora, aprendida mecanicamente. As causas são muitas, mas a falta de atualização ou, pelo menos, de reformulação do currículo deve ser uma das mais importantes. O currículo de Física nas escolas é desatualizado; ensina-se uma Física que não chega ao século XX que é quase só Mecânica e que invariavelmente começa pela Cinemática. Esta, por seu caráter altamente representacional, é, psicologicamente, talvez o mais inadequado dos conteúdos para se começar a aprender Física. Por que, então, não começar com tópicos contemporâneos? Dificilmente serão mais inapropriados do que a Cinemática, a Estática e a Dinâmica.

O presente trabalho pretende contribuir para uma reflexão nesse sentido e, ao mesmo tempo, servir como material de apoio para professores que queiram renovar ou, quem sabe, resgatar a Física no Ensino Médio.

#### Notas

<sup>1</sup>Apesar de consagrado, o termo *partícula elementar*, em especial a palavra *partícula*, não é adequado para nomear as unidades fundamentais da matéria. No domínio subatômico, partícula não é um corpúsculo, um corpo diminuto. Pensar as partículas elementares como corpos muito pequenos, com massas muito pequenas, ocupando espaços muito pequenos, funciona como obstáculo representacional para compreendê-las de maneira significativa (partículas elementares podem, por exemplo, não ter massa; além disso, tais partículas não têm existência situada, *i.e.*, não podem ser localizadas com precisão). Por esta razão, ao longo deste texto as partículas elementares não serão referidas ou representadas por corpúsculos ou "bolinhas" como aparece na maioria dos textos didáticos sobre esse tema.

<sup>2</sup>Spin é uma propriedade fundamental das partículas elementares que descreve seu estado de rotação; é o *momentum* angular intrínseco das partículas. De acordo com as regras da

Mecânica Quântica, o spin das partículas elementares pode ter apenas determinados valores que são sempre um número inteiro (0, 1, 2, 3, ...) ou semi-inteiro (1/2, 3/2, 5/2, ...) multiplicados por  $\hbar$  ( $h/2\pi$ ); onde  $h \equiv 6,6 \cdot 10^{-27}$  MeV.s é a constante de Planck, a constante fundamental da Mecânica Quântica). Isso significa que o spin das partículas elementares é uma propriedade essencialmente quântica, ou seja, um número quântico, sem análogo na Física Clássica, pois se tais partículas fossem bolinhas girando em torno de um eixo seu *momentum* angular poderia ter qualquer valor.

<sup>3</sup>De acordo com esse princípio, duas partículas da mesma espécie e com spins não inteiros não podem ocupar o mesmo estado quântico. Férmions (léptons e quarks) obedecem a esse princípio, bósons (fótons, glúons e partículas *W* e *Z*) não.

<sup>4</sup>Grávítions seriam, teoricamente, partículas de massa nula e spin 2. Fótons são também partículas de massa nula, porém a troca de fótons produz atração entre partículas de cargas opostas e repulsão entre partículas de mesma carga, enquanto a troca de grávítions produz só atração. No entanto, em condições terrestres a atração gravitacional é tão fraca que os *quanta* dessa interação são praticamente indetectáveis. A interação gravitacional torna-se dominante em energias da ordem de  $2 \cdot 10^{-6}$  g, que é a chamada massa de Planck (ou energia de Planck), que seriam fantásticamente grandes para serem produzidas em condições de laboratório. Note-se que, devido à equivalência massa-energia, faz sentido medir a energia em unidades de massa e a massa em unidades de energia. A massa de Planck,  $2 \cdot 10^{-6}$  g, equivale à energia de Planck,  $1,1 \cdot 10^{19}$  GeV (Giga eV =  $10^9$  eV, onde  $1 \text{ eV} \equiv 1,6 \cdot 10^{-19}$  J é a energia adquirida por um elétron acelerado ao longo de uma diferença de potencial de 1 V).

<sup>5</sup>Cada glúon tem uma cor (vermelho, verde e azul) e uma anticor (antivermelho, antiverde e antiazul), de modo que haveria nove possibilidades de pares cor anticor que corresponderiam a nove glúons. No

entanto, de acordo com a teoria da carga cor, a chamada Cromodinâmica Quântica (em analogia à Eletrodinâmica Quântica), no caso das possibilidades vermelho-antivermelho, verde-antiverde e azul-antiazul poderia haver transições de uma para outra que levaria a três combinações (superposições) lineares entre elas, das quais uma seria totalmente sem cor, *i.e.*, branca. Portanto, há oito glúons, não nove como pareceria inicialmente. Assim como a carga elétrica, a carga cor também obedece uma lei de conservação, porém enquanto existe apenas uma carga elétrica, há oito cargas cores distintas (Okun, 1987, p. 41-42).

<sup>6</sup>Medir a intensidade de duas grandezas físicas simultaneamente implica duas medições, porém a realização da primeira medida poderá perturbar o sistema e criar uma incerteza na segunda. Nesse caso, não será possível medir as duas simultaneamente com a mesma precisão. Não se pode, por exemplo, medir tanto a posição como a velocidade de uma partícula com toda precisão, nem sua exata energia num exato momento. Macroscopicamente isso não faz diferença, pois a perturbação é tão pequena que pode ser ignorada, porém para partículas subatômicas o efeito é dramático (Close, 1983, p. 175).

#### Bibliografia

- F. Close, *The Cosmic Onion. Quarks and the Nature of the Universe* (American Institute of Physics, USA, 1983), 180 p.  
 P. Colas y B. Tuchming, *Mundo Científico* 247, 46 (2003).  
 H. Fritzsch, *Quarks: The Staff of Matter* (Basic Books Inc., USA, 1983), 295 p.  
 E.L.P. Kalms, *Contemporary Physics*, 41, 129 (2000).  
 G. Kelly, *A Theory of Personality - The Psychology of Personal Constructs* (WW Norton & Company, New York, 1963), 189 p.  
 M.A. Moreira, *Revista Brasileira de Ensino de Física* 11, 114 (1989).  
 M.A. Moreira, *Ensenanza de las Ciencias* 8, 133 (1990).  
 M.A. Moreira e B. Buchweitz, *Mapas Conceituais. Instrumentos Didáticos, de Avaliação e de Análise de Currículo* (Editora Moraes, São Paulo, 1987), 83 p.  
 L.B. Okun, *A Primer in Particle Physics* (Harwood Academic Publishers, UK, 1987), 112 p.

FIGURA 75 – Artigo: parte 5

## B.2 Vídeo



O Discreto Charme das Partículas Elementares

2.395 visualizações

👍 41 👎 1 ➦ COMPARTILHAR ☰ ...

FIGURA 76 – Vídeo: “O Discreto Charme das Partículas Elementares”

Este vídeo foi reproduzido na TV Cultura e pode ser visualizado a partir do seguinte *link*: <https://www.youtube.com/watch?v=2pfEwQq4pzE>

## **Anexo C - Autorizações**

 Universidade de Brasília  
Instituto de Física

**TERMO DE AUTORIZAÇÃO DE USO DE IMAGEM E DEPOIMENTOS**

Eu Rafael Alves de Oliveira, CPF: [REDACTED],  
RG [REDACTED], depois de conhecer e entender os objetivos, procedimentos metodológicos, riscos e benefícios da pesquisa, bem como de estar ciente da necessidade do uso de minha imagem e/ou depoimento. **AUTORIZO** o uso de imagem em todo e qualquer material entre fotos e documentos, para ser utilizada em Dissertação de Mestrado e todos os demais produtos deste trabalho, desenvolvido pelos pesquisadores **Jefferson Rodrigues de Oliveira e Profª Drª Vanessa Carvalho de Andrade** do projeto de pesquisa intitulado **"Jogos Digitais: Uma Abordagem de Física de Partículas Elementares no Ensino Médio"** da **Universidade de Brasília – UnB**, a realizar as fotos que se façam necessárias e/ou a colher meu depoimento sem quaisquer ônus financeiros a nenhuma das partes. Ao mesmo tempo, libero a utilização destas fotos (seus respectivos negativos) e/ou depoimentos para fins científicos e de estudos (livros, artigos, slides e transparências), em favor dos pesquisadores da pesquisa, acima especificados, obedecendo ao que está previsto nas Leis que resguardam os direitos das crianças e adolescentes (Estatuto da Criança e do Adolescente – ECA, Lei N.º 8.069/ 1990), dos idosos (Estatuto do Idoso, Lei N.º 10.741/2003) e das pessoas com deficiência (Decreto N.º 3.298/1999, alterado pelo Decreto N.º 5.296/2004).

Brasília, 07 de Agosto de 2017

  
\_\_\_\_\_  
Pesquisador responsável pelo projeto

Rafael Alves de Oliveira  
\_\_\_\_\_  
Sujeito da Pesquisa

 Universidade de Brasília  
Instituto de Física

**TERMO DE AUTORIZAÇÃO DE USO DE IMAGEM E DEPOIMENTOS**

Eu Leon Passandim Vitorino CPF: \_\_\_\_\_  
RG \_\_\_\_\_, depois de conhecer e entender os objetivos, procedimentos metodológicos, riscos e benefícios da pesquisa, bem como de estar ciente da necessidade do uso de minha imagem e/ou depoimento. **AUTORIZO** o uso de imagem em todo e qualquer material entre fotos e documentos, para ser utilizada em Dissertação de Mestrado e todos os demais produtos deste trabalho, desenvolvido pelos pesquisadores **Jefferson Rodrigues de Oliveira** e **Profª Drª Vanessa Carvalho de Andrade** do projeto de pesquisa intitulado “**Jogos Digitais: Uma Abordagem de Física de Partículas Elementares no Ensino Médio**” da **Universidade de Brasília – UnB**, a realizar as fotos que se façam necessárias e/ou a colher meu depoimento sem quaisquer ônus financeiros a nenhuma das partes. Ao mesmo tempo, libero a utilização destas fotos (seus respectivos negativos) e/ou depoimentos para fins científicos e de estudos (livros, artigos, slides e transparências), em favor dos pesquisadores da pesquisa, acima especificados, obedecendo ao que está previsto nas Leis que resguardam os direitos das crianças e adolescentes (Estatuto da Criança e do Adolescente – ECA, Lei N.º 8.069/ 1990), dos idosos (Estatuto do Idoso, Lei N.º 10.741/2003) e das pessoas com deficiência (Decreto N.º 3.298/1999, alterado pelo Decreto N.º 5.296/2004).

Brasília, 04 de agosto de 2017

  
\_\_\_\_\_  
Pesquisador responsável pelo projeto

  
\_\_\_\_\_  
Sujeito da Pesquisa

 Universidade de Brasília  
Instituto de Física

**TERMO DE AUTORIZAÇÃO DE USO DE IMAGEM E DEPOIMENTOS**

Eu Jefferson Ferris da Silva, CPF: [REDACTED],  
RG [REDACTED], depois de conhecer e entender os objetivos, procedimentos  
metodológicos, riscos e benefícios da pesquisa, bem como de estar ciente da  
necessidade do uso de minha imagem e/ou depoimento. **AUTORIZO** o uso de  
imagem em todo e qualquer material entre fotos e documentos, para ser utilizada em  
Dissertação de Mestrado e todos os demais produtos deste trabalho, desenvolvido  
pelos pesquisadores **Jefferson Rodrigues de Oliveira e Profª Drª Vanessa  
Carvalho de Andrade** do projeto de pesquisa intitulado "**Jogos Digitais: Uma  
Abordagem de Física de Partículas Elementares no Ensino Médio**" da  
**Universidade de Brasília – UnB**, a realizar as fotos que se façam necessárias e/ou  
a colher meu depoimento sem quaisquer ônus financeiros a nenhuma das partes. Ao  
mesmo tempo, libero a utilização destas fotos (seus respectivos negativos) e/ou  
depoimentos para fins científicos e de estudos (livros, artigos, slides e  
transparências), em favor dos pesquisadores da pesquisa, acima especificados,  
obedecendo ao que está previsto nas Leis que resguardam os direitos das crianças  
e adolescentes (Estatuto da Criança e do Adolescente – ECA, Lei N.º 8.069/ 1990),  
dos idosos (Estatuto do Idoso, Lei N.º 10.741/2003) e das pessoas com deficiência  
(Decreto N.º 3.298/1999, alterado pelo Decreto N.º 5.296/2004).

Brasília, 04 de Agosto de 2017

  
\_\_\_\_\_  
Pesquisador responsável pelo projeto

Jefferson Ferris da Silva  
\_\_\_\_\_  
Sujeito da Pesquisa

 Universidade de Brasília  
Instituto de Física

**TERMO DE AUTORIZAÇÃO DE USO DE IMAGEM E DEPOIMENTOS**

Eu Luciana Guarnimo da Silva, CPF: [REDACTED]  
RG [REDACTED], depois de conhecer e entender os objetivos, procedimentos metodológicos, riscos e benefícios da pesquisa, bem como de estar ciente da necessidade do uso de minha imagem e/ou depoimento. **AUTORIZO** o uso de imagem em todo e qualquer material entre fotos e documentos, para ser utilizada em Dissertação de Mestrado e todos os demais produtos deste trabalho, desenvolvido pelos pesquisadores **Jefferson Rodrigues de Oliveira** e **Profª Drª Vanessa Carvalho de Andrade** do projeto de pesquisa intitulado "Jogos Digitais: Uma Abordagem de Física de Partículas Elementares no Ensino Médio" da **Universidade de Brasília – UnB**, a realizar as fotos que se façam necessárias e/ou a colher meu depoimento sem quaisquer ônus financeiros a nenhuma das partes. Ao mesmo tempo, libero a utilização destas fotos (seus respectivos negativos) e/ou depoimentos para fins científicos e de estudos (livros, artigos, slides e transparências), em favor dos pesquisadores da pesquisa, acima especificados, obedecendo ao que está previsto nas Leis que resguardam os direitos das crianças e adolescentes (Estatuto da Criança e do Adolescente – ECA, Lei N.º 8.069/1990), dos idosos (Estatuto do Idoso, Lei N.º 10.741/2003) e das pessoas com deficiência (Decreto N.º 3.298/1999, alterado pelo Decreto N.º 5.296/2004).

Brasília, 04 de agosto de 2017

  
Pesquisador responsável pelo projeto

Luciana Guarnimo da Silva  
Sujeito da Pesquisa



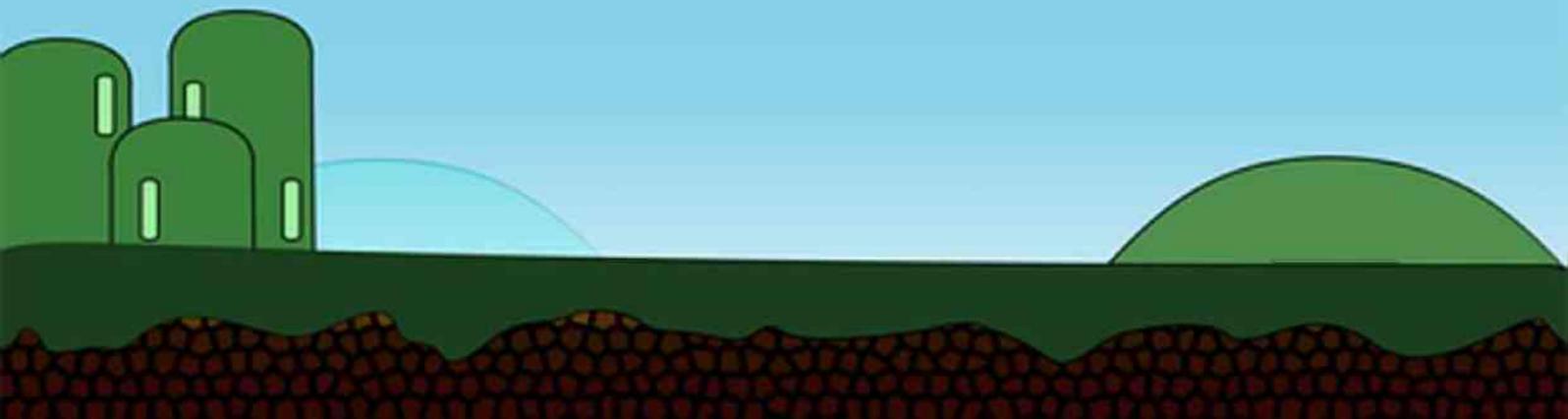
**UnB**

# **Jogos Digitais: Uma Abordagem de Física de Partículas Elementares no Ensino Médio**

**MNPEF/IF-UnB**

**Jefferson Rodrigues de Oliveira**

**Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Vanessa Carvalho de Andrade**



O template original deste ebook: “The Legrand Orange Book Template (English)” cujo autor é denominado de Mathias Legrand possui licença livre para modificar e compartilhar de forma não comercial CC BY-NC-SA 3.0. As Imagens dos capítulos foram retiradas de sites que permitiam sua reutilização com modificações: Pixabay e Wikimedia.

*Junho de 2018*

# Sumário

<b>1</b>	<b>Introdução</b> .....	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>Tutorias do <i>Scratch</i></b> .....	<b>7</b>
2.1	Livros	8
2.2	Vídeos	9
2.3	Artigos	9
<b>3</b>	<b>O Jogo “Em Busca do Bóson de Higgs”</b> .....	<b>11</b>
3.1	introdução	11
3.2	Acesso ao Jogo	12
3.3	Atividades Extras	15
3.4	O Jogo Principal	20
3.5	A Missão Final	30
	<b>Referências</b> .....	<b>33</b>





# 1. Introdução

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 a partir da 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 que a aprendizagem se tornem muito mais agradáveis e envolventes, mas também os tornará muito mais eficazes (PRENSKY, 2012).

Tendo esta motivação inicial e percebendo a escassez de materiais relacionados à Física de Partículas Elementares para o Ensino Médio (SIQUEIRA; PIETROCOLA, 2005), decidimos elaborar um jogo com linguagem simples e acessível para que o alunos seja instigado e se sintam motivado para aprender sobre alguns conceitos da física de partículas.

Por ser uma linguagem mais simples e intuitiva, escolhemos trabalhar com o *Scratch*. No próximo capítulo, relataremos as principais características desta ferramenta e indicaremos materiais de estudo para você ficar afiado na programação de jogos digitais.



# SCRATCH

## 2. Tutorias do Scratch

Segundo o site Lab (2018), o *Scratch* é um projeto do *Lifelong Kindergarten Group* do MIT *Media Lab*. Disponibilizado gratuitamente, o *Scratch* ajuda os jovens a pensar de forma criativa, a raciocinar sistematicamente e a trabalhar colaborativamente competências essenciais à vida no século XXI. Com ele é possível programar suas próprias histórias, jogos e animações interativas, além de poder compartilhar suas criações com toda a comunidade. Justamente esta comunidade ativa, que torna-o bastante interativo, pois os estudantes podem compartilhar seus projetos e aprender uns com os outros (RESNICK et al., 2009 apud BASTOS; BORGES; D'ABREU, 2010).

O Termo *Scratch* tem origem da técnica de *scratching* utilizadas pelos DJs (*disc jockeys*) do *hip-hop*. Pois é possível fazer algo semelhante com o *Scratch*, que nos permite controlar ações e interações entre diferentes tipos de imagens, sons e cores, misturando-os de forma criativa (MARQUES, 2009).

Klopfer et al. (2004 apud MARQUES, 2009), cita os principais aspectos-chave inovadores do Scratch:

- a) Programação com blocos-de-construção (*building-blocks*) - Para escrever programas em *Scratch*, encaixam-se blocos gráficos uns nos outros, formando empilhamentos ordenados (*stacks*). Os blocos são concebidos para se poderem encaixar apenas de forma que faça sentido sintaticamente, não ocorrendo, assim, erros de sintaxe. As sequências de instruções podem ser modificadas mesmo com o programa a correr, o que facilita a experimentação simples de novas ideias e o multiprocessamento é integrado de forma simples podendo ser executadas instruções paralelamente por diferentes

conjuntos de blocos;

- b) Manipulação de media - O *Scratch* permite a construção de programas que controlam e misturam gráficos, animação, texto, música e som. Amplia as atividades de manipulação de media que são populares na cultura atual;
- c) Partilha e colaboração - A página de Internet do *Scratch* fornece inspiração e audiência: podemos experimentar os projetos de outros, reutilizar e adaptar as suas imagens e *scripts*, e divulgar os nossos próprios projetos. A meta final é desenvolver uma comunidade e uma cultura de partilha em torno do *Scratch*;
- d) Opção de múltiplas línguas, incluindo a portuguesa, desde a sua concepção - Pretende promover a criação de uma cultura *Scratch* na comunidade internacional.

Estes aspectos inovadores trazem uma aprendizagem muito mais fácil e ativa. Destacamos os principais motivos que fizeram do *Scratch* nossa escolha:

- i) Facilidade de aprendizagem: ferramenta intuitiva e lúdica;
- ii) Programação em blocos: programação de “encaixe”<sup>1</sup>, evitando possíveis erros de sintaxe.
- iii) Colaboração: comunidade ativa e interativa com fóruns especializados.

A seguir, indicaremos alguns livros, vídeos e sites sobre o *Scratch*.

## 2.1 Livros

Marji (2014) utiliza o *Scratch* para explicar os conceitos essenciais necessários à resolução de problemas de programação do mundo real. Os blocos nomeados e diferenciados por cores mostram claramente cada passo lógico em um dado *script*, e, com apenas um clique, você pode até mesmo testar qualquer parte de seu *script* para verificar sua lógica. Você aprenderá a:

- Controlar a eficiência de laços e recursões repetitivas;
- Utilizar instruções *if/else* e operadores lógicos para tomar decisões;
- Armazenar dados em variáveis e listas para serem utilizados em seu programa;
- Ler, armazenar e manipular dados de entrada dos usuários;
- Implementar algoritmos fundamentais da ciência da computação, como pesquisas lineares e *bubble sorts*.

---

<sup>1</sup>Como se fossem peças de LEGO

## 2.2 Vídeos

O canal do You Tube A Pensar Em... (2018) apresenta uma *playlist* de 18 vídeos sobre Scratch, nesta série são apresentados os seguintes temas: o que é *Scratch*, comunidade *Scratch*, aplicação *offline* (versão 1.4) e utilização de blocos.

Tabajara (2018) é um canal de videoaulas com dicas de ilustração, pintura digital, animação 3d e Arte para Games. Este canal apresenta uma série de 10 vídeos, esta série ensina a programar de forma simples e criar um jogo em *Scratch*.

Batista (2018) é um curso de Scratch oferecido pelo Programa NERDS (Núcleo Educacional de Robótica e Desenvolvimento de Software) da Fronteira e Programa PET (Programa de Educação Tutorial) da Fronteira da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS) campus Ponta Porã. Este curso tem como objetivo a formação de professores para uso de novas tecnologias na sala de aula. O curso é ministrado pela Esteice Janaina e possui 27 vídeos.

Curso de Excel Online (2018) é um curso básico e gratuito sobre *Scratch* que possui 13 vídeos.

Blank Editor (2018) é um canal de língua inglesa que possui 20 vídeos.

## 2.3 Artigos

LIAG (2018) é um espaço para demonstrar a pesquisa, o desenvolvimento de produtos e processos voltados a atividades de Aprendizagem Criativa. Inclui pesquisas de Graduação, Mestrado e Doutorado realizadas no escopo do Grupo do LIAG (Laboratório de Informática Aprendizagem e Gestão) da Faculdade de Tecnologia da UNICAMP (Universidade de Campinas).

Os projetos, artigos e experiências do grupo encontram-se no site com o intuito de divulgar os trabalhos que estão sendo feitos em Aprendizagem Criativa, o site traz também notícias, novidades e o que está acontecendo nas escolas quando o tema é Aprendizagem Criativa.

Brasil (2018) fornece material gratuito em língua portuguesa sobre a ferramenta, além de mostrar notícias, eventos, tutoriais, vídeo aulas, entre outras informações de como professores e alunos podem usar a plataforma em sala de aula para a criação de jogos e animações com temas educativos.

Além disso, o *Scratch* Brasil realiza oficinas, palestras e demais eventos voltados para a plataforma *Scratch*.

EduScratch (2018) é um projeto que visa promover a utilização educativa do *Scratch* por meio do apoio, formação e partilha de experiências na comunidade educativa. O site tem uma lista de vários artigos.





## 3. O Jogo “Em Busca do Bóson de Higgs”

### 3.1 introdução

Olá a todos os entusiastas dos *games*! Vamos explicar para vocês o passo-a-passo de como funciona a dinâmica do jogo “Em Busca do Bóson de Higgs”.

Primeiramente, vamos ao título, por que o jogo se chama: “Em busca do bóson de Higgs”?

Toda a temática da nossa sequência didática gira em torno da física de partículas elementares, o bóson de Higgs juntamente com o LHC são os assuntos que mais foram noticiados na mídia em uma forma geral, e é exatamente esses assuntos que os estudantes mais fazem perguntas e que mais despertam interesse neles quando se fala em física de partículas.

O jogo consiste basicamente em um personagem (*hero*) que está em busca de entender o funcionamento da detecção do bóson de Higgs.

Entretanto, para entender o funcionamento desta detecção, o personagem tem que dialogar com vários cientistas <sup>1</sup> da física e da química que darão todo o embasamento teórico.

O jogo tem um formato de *quiz*, no qual as perguntas podem ser respondidas com auxílio do diálogo.

---

<sup>1</sup>Peter Higgs, Linus Pauling, César Lattes e Albert Einstein

## 3.2 Acesso ao Jogo

É possível acessar o jogo de duas formas:

**Forma Indireta:**

**1º Passo:** Acesse o *site* do *Scratch*: <https://scratch.mit.edu>.



Figura 3.1: Site *Scratch*

**2º Passo:** Vá até a barra de pesquisa e digite o nome do jogo “Em Busca do Bóson de Higgs”.



Figura 3.2: Pesquisa sobre o jogo

Clique sobre o projeto que aparece na tela.

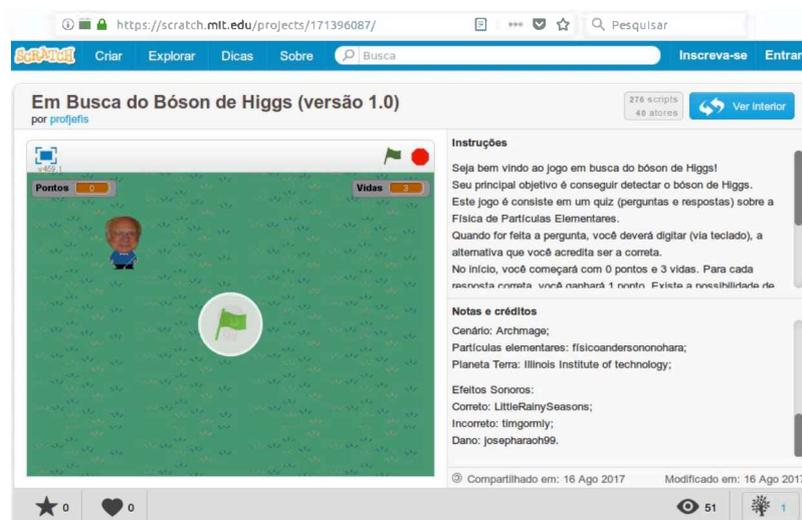


Figura 3.3: O projeto

### Forma Direta:

É possível acessar a mesma tela inicial do jogo acessando diretamente o seguinte *link* <https://scratch.mit.edu/projects/171396087/>.

Enfim, ao iniciar o projeto do jogo é necessário clicar no ícone da bandeira verde à direita, enquanto que, para jogar em formato de tela cheia (caso queira), clique no ícone retangular azul à esquerda.

Seguindo estes passos, é possível obter o seguinte resultado:



Figura 3.4: A tela inicial

Clicando no botão “Clique Aqui!”, aparecerá a seguinte tela:

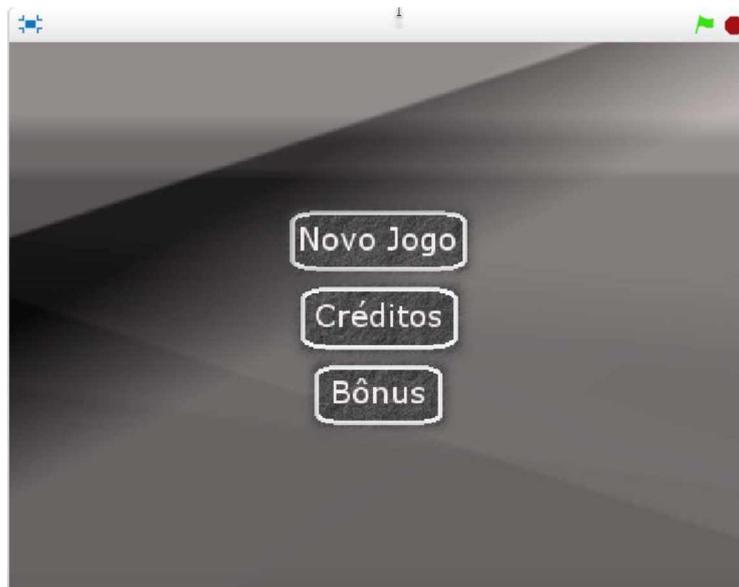


Figura 3.5: Opções

Antes de comentar sobre o jogo em si, vamos primeiro relatar sobre os créditos e sobre os bônus.

**Créditos:**

Os créditos retratam toda as referências que utilizamos para elaborar o jogo.



Figura 3.6: Créditos

O créditos estão relacionados com: a programação, o enredo, os *backgrounds* (pano de fundo), os *sprites* (imagens dos personagens, cenários,...) e os efeitos sonoros.

### 3.3 Atividades Extras

Existem dois tipos de bônus (atividades extras):

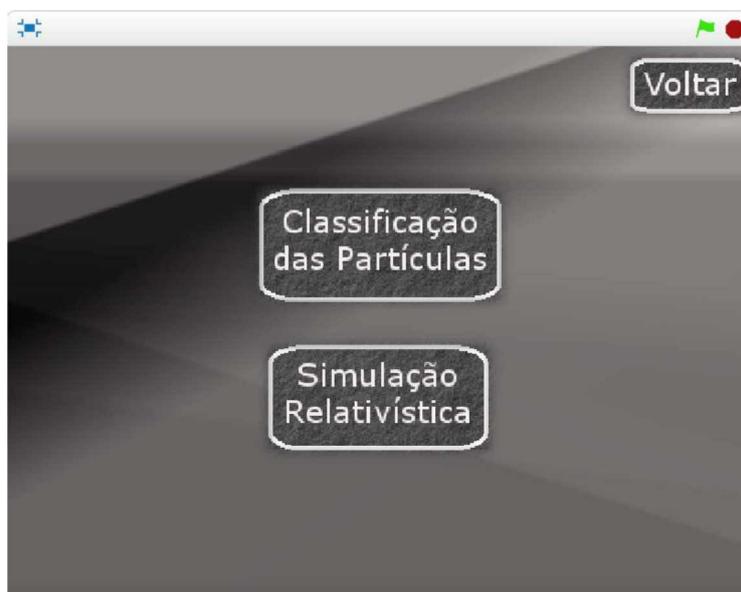


Figura 3.7: Atividades extras

#### **Classificação das Partículas**

Clicando no botão “Classificação das Partículas”, aparecerá uma tela com a explicação da dinâmica do mini game.

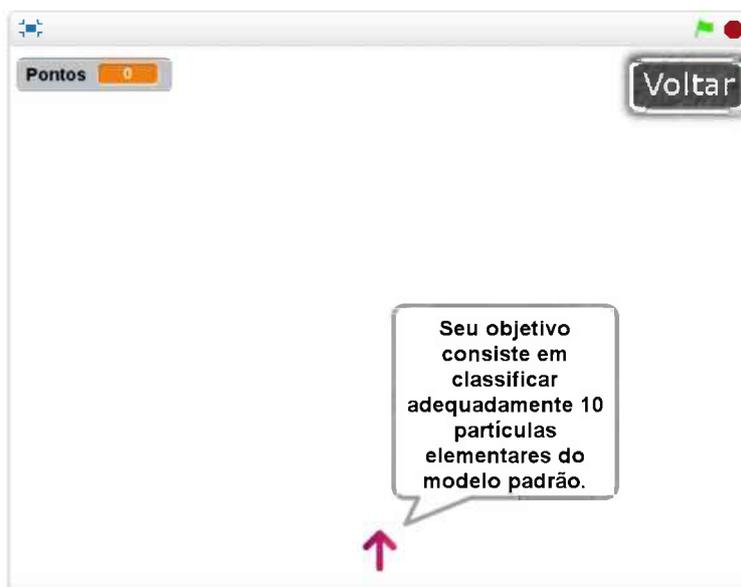


Figura 3.8: Classificação: tela inicial

Após a explicação, aparecerá uma tela com a tabela de classificação das partículas elementares do modelo padrão.

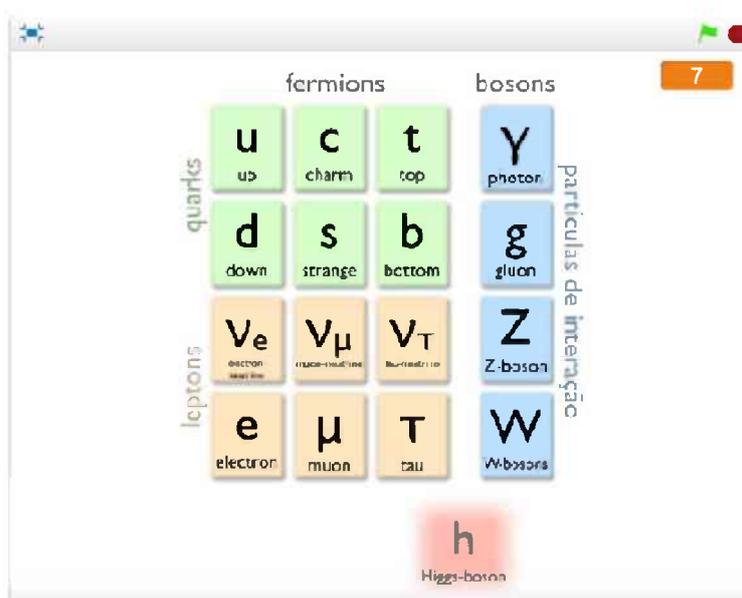


Figura 3.9: Partículas do modelo padrão

No lado direito, aparecerá uma contagem regressiva de 10 segundos. Quando esta contagem chega a 0, a tabela some.

Após esta contagem regressiva, aparecerá uma tela de início da classificação, na parte de baixo uma seta e a partícula a ser classificada e na parte de cima 3 blocos em que as partículas deverão ser classificadas (Quarks, Férmions e Bósons).

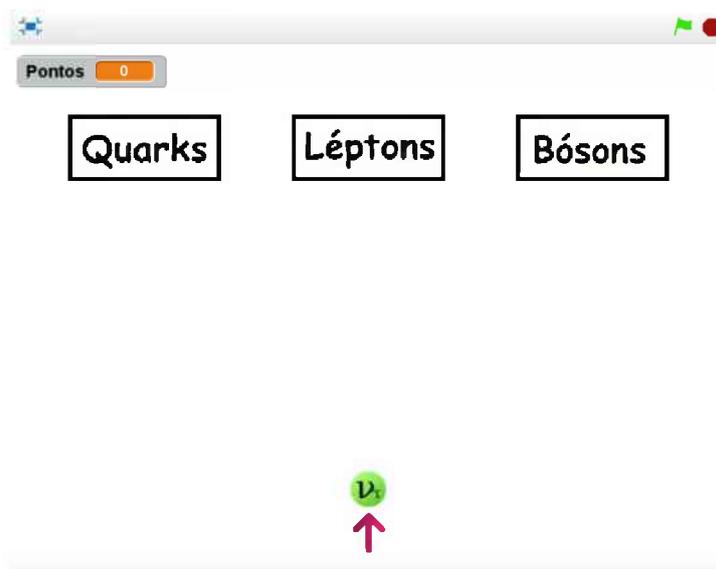


Figura 3.10: Classe de partículas

Caso a classificação esteja de acordo com o modelo padrão, a pontuação aumenta em um ponto.

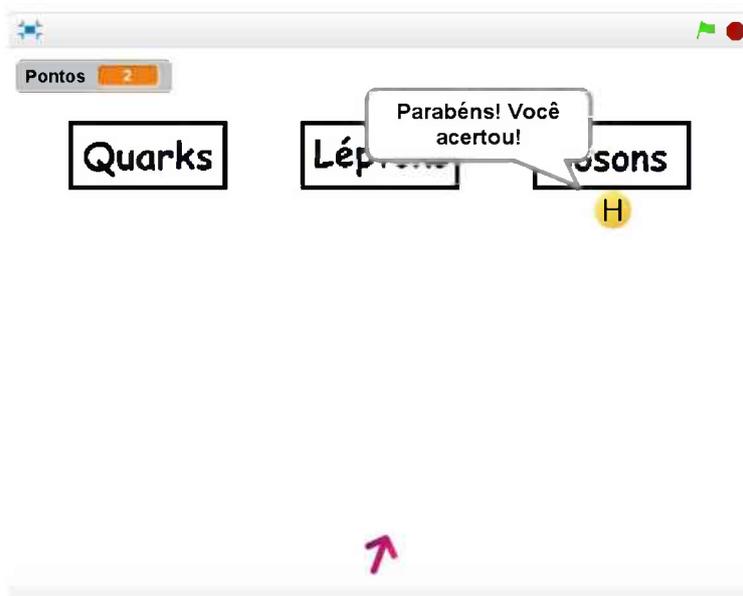


Figura 3.11: Acertando a classificação

O objetivo do mini game é classificar adequadamente 10 partículas elementares do modelo padrão. Caso logre êxito, aparecerá a seguinte tela:

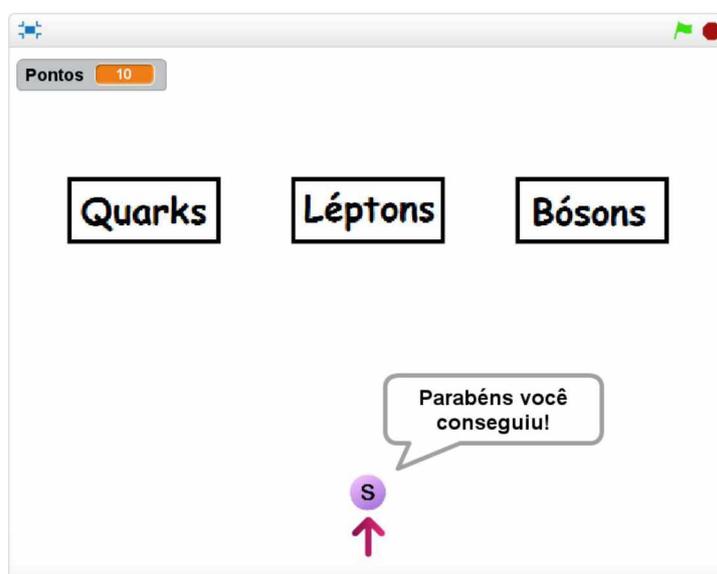


Figura 3.12: Alcançando o objetivo

Entretanto, caso a classificação não esteja de acordo com o modelo padrão, os blocos descem...

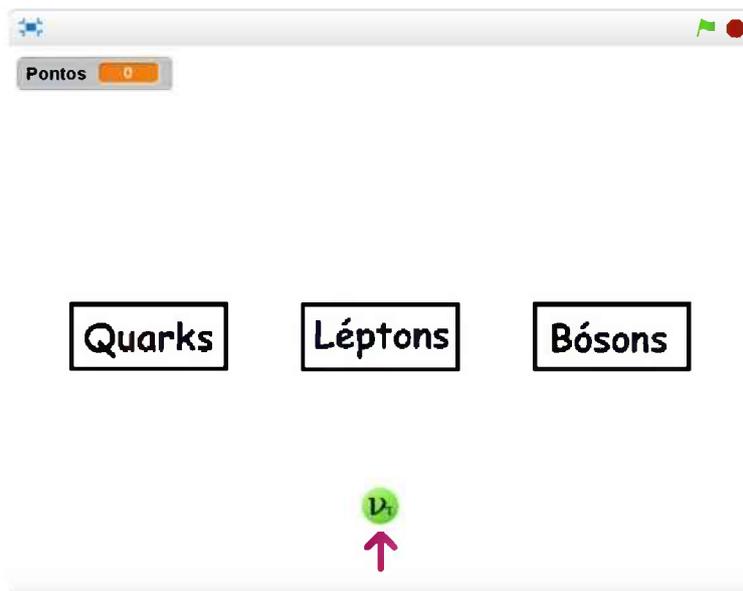


Figura 3.13: Blocos descendo

Caso algum dos blocos colidir com a seta, o jogo terminará:

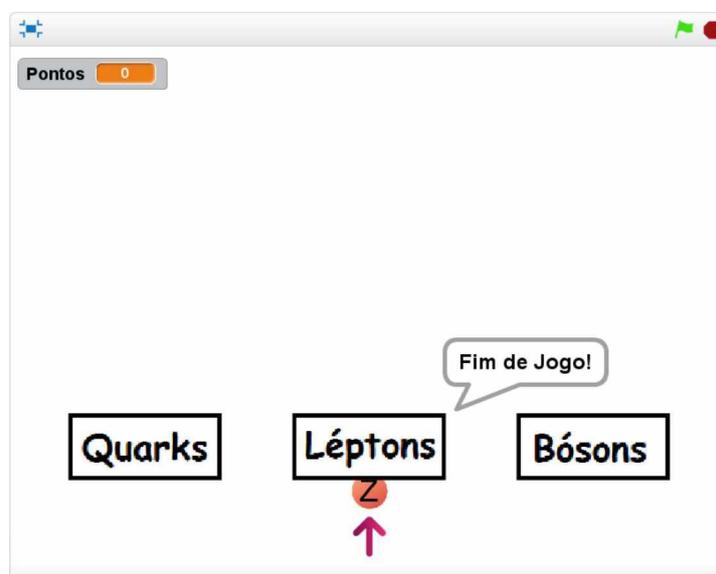


Figura 3.14: Fim de jogo

Independente se conseguir alcançar o objetivo ou não, você poderá reiniciar e jogar novamente, quantas vezes desejar.

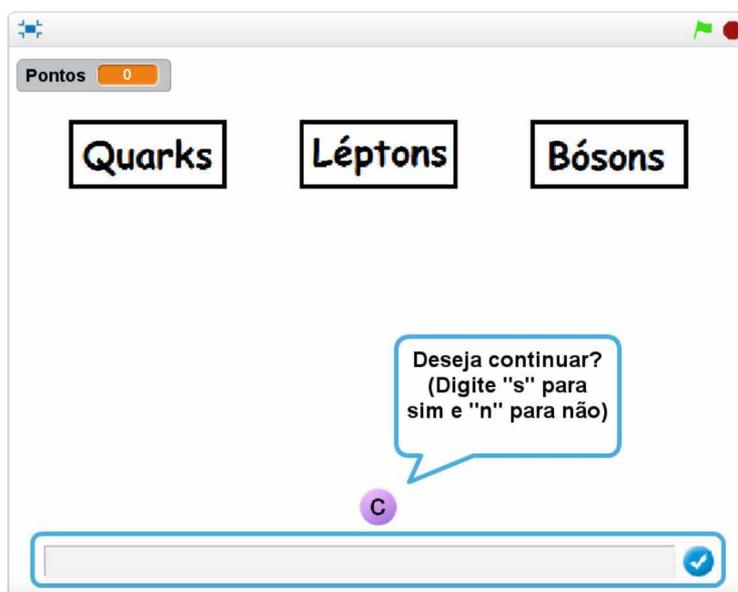


Figura 3.15: Possível reinício

Mesmo que este mini game esteja relacionado com conhecimentos memorísticos e que tenha traços de aprendizagem mecânica, ele tem como objetivo não apenas a “decoreba” por si mesmo, mas sim, uma ambientação dos termos mais complexos da FPE.

### **Simulação relativística**

Esta simulação de relatividade restrita tem como objetivo ilustrar o efeito relativístico de dilatação do tempo da partícula denominada: múon.



Figura 3.16: Explicação da simulação

A principal ideia desta simulação consiste em controlar o parâmetro velocidade do múon e verificar o que acontece com o tempo de vida médio medido no laboratório.

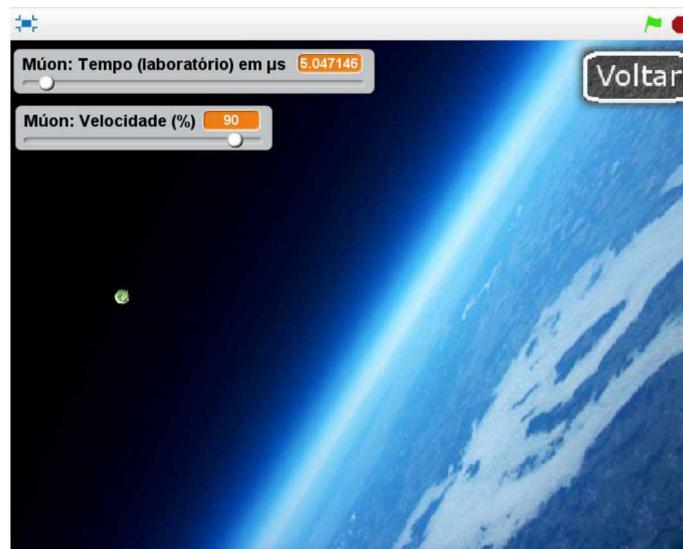


Figura 3.17: A simulação

### 3.4 O Jogo Principal

O jogo “Em busca do Bóson de Higgs”

Você inicia o jogo no lado norte do mapa, logo abaixo de uma casa.

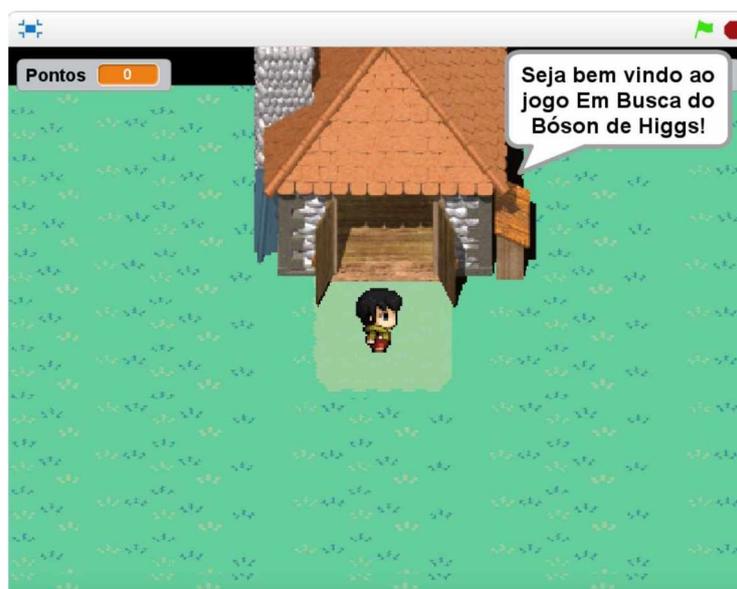


Figura 3.18: Início do jogo

Aparecerá algumas instruções, você deverá permanecer parado no intuito de ler as instruções. Apenas quando as instruções forem concluídas, você poderá desbravar o mapa da cidade.

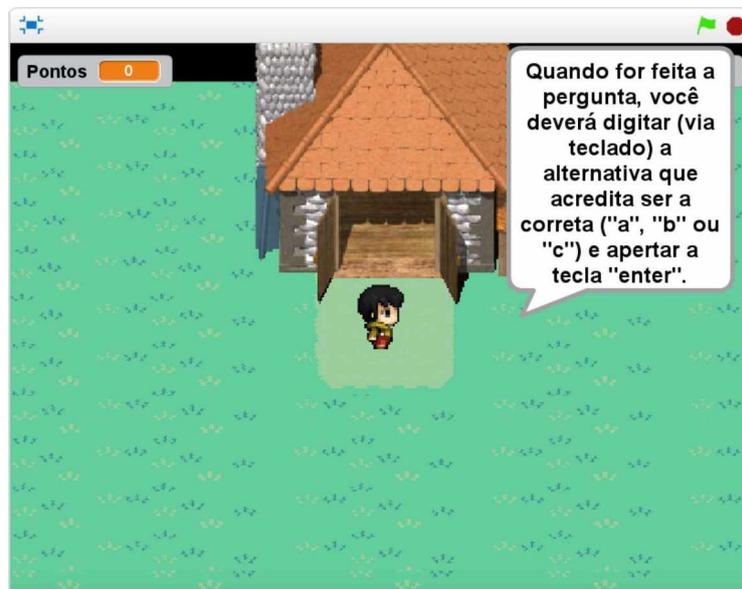


Figura 3.19: Instruções iniciais

Após as instruções, procure um dos principais personagens da narrativa, Peter Higgs.



Figura 3.20: Diálogo com Higgs 1

Quando encontrar o personagem, fique de frente a ele e tecle “espaço”, Higgs irá perguntar seu nome<sup>2</sup>, neste momento você deverá escrever seu nome via teclado e apertar a tecla “enter”.



Figura 3.21: Diálogo com Higgs 2

Após o diálogo inicial com Higgs, ele mostrará a indicação do próximo passo para concluir a missão.



Figura 3.22: Diálogo com Higgs 3

<sup>2</sup>Ao longo do jogo, todos os personagens irão interagir com você a partir do seu nome

Ao encontrar com o próximo personagem, Linus Pauling, aperte a tecla novamente “espaço” para inicial do diálogo.



Figura 3.23: Diálogo com Pauling 1

Aqui começa as ideias introdutórias da física de partículas elementares.



Figura 3.24: Diálogo com Pauling 2

Após o diálogo, Pauling comentará que você procure o físico César Lattes.

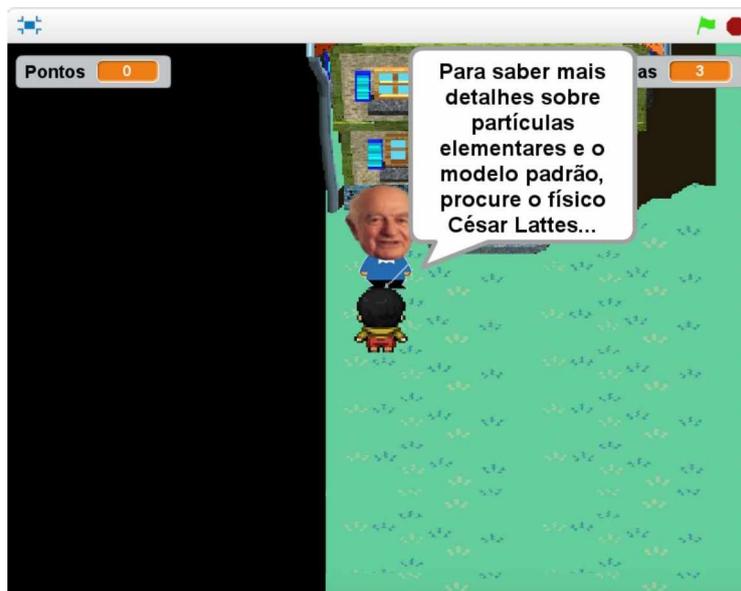


Figura 3.25: Diálogo com Pauling 3

Aqui começa o diálogo com Lattes.



Figura 3.26: Diálogo com Lattes 1

Após os diálogos, são realizadas o *quiz* referentes ao diálogo dos personagens.

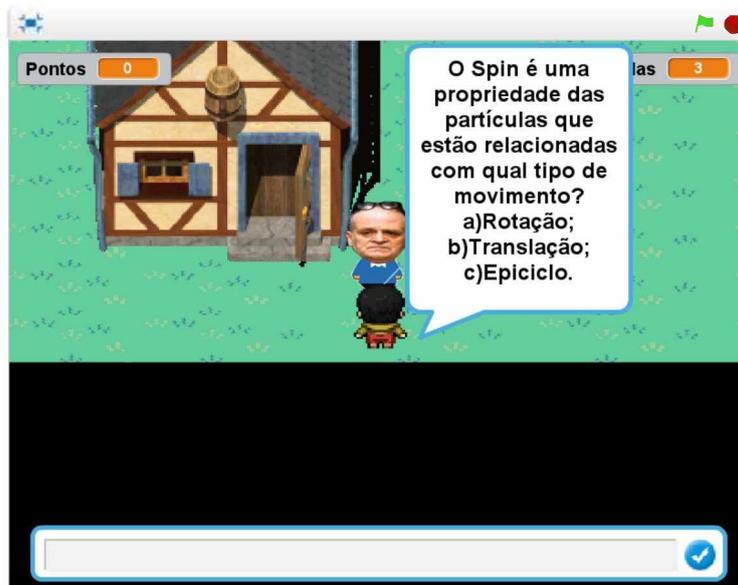


Figura 3.27: Diálogo com Lattes 2

Conforme acerte as perguntas, seus pontos aumentam.



Figura 3.28: Diálogo com Lattes 3

Caso erre, você deixa de ganhar a pontuação referente à pergunta.



Figura 3.29: Diálogo com Lattes 3

Aqui um exemplo de pergunta sobre o modelo padrão.

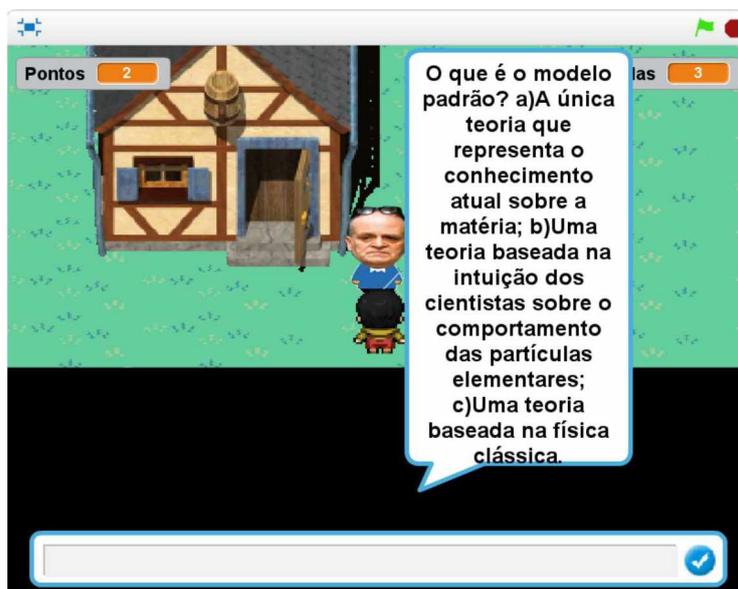


Figura 3.30: Diálogo com Lattes 4

Lattes comentará que você procure Einstein.



Figura 3.31: Diálogo com Lattes 5

Após o encontro com Einstein, inicia-se o diálogo.



Figura 3.32: Diálogo com Einstein 1

Após alguns diálogos, Einstein realiza algumas perguntas sobre interações fundamentais.



Figura 3.33: Diálogo com Einstein 2

Após o diálogo com Einstein, você deverá encontrar novamente com Peter Higgs, que fará mais algumas perguntas...



Figura 3.34: Diálogo final com Higgs 1

Aqui, Higgs explica sobre a última missão...

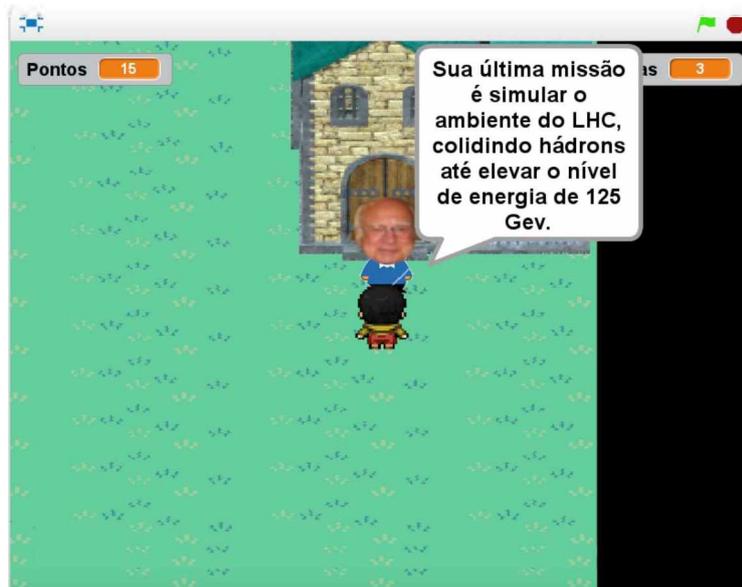


Figura 3.35: Diálogo final com Higgs 2

Por fim, chegamos na reta final...



Figura 3.36: Diálogo final com Higgs 3

### 3.5 A Missão Final

Inicia-se a simulação da colisão de hádrons.



Figura 3.37: Fase final - parte 1

Nesta etapa, você perceberá que irá descer várias partículas, dentre elas: o fóton, o elétron e o próton.

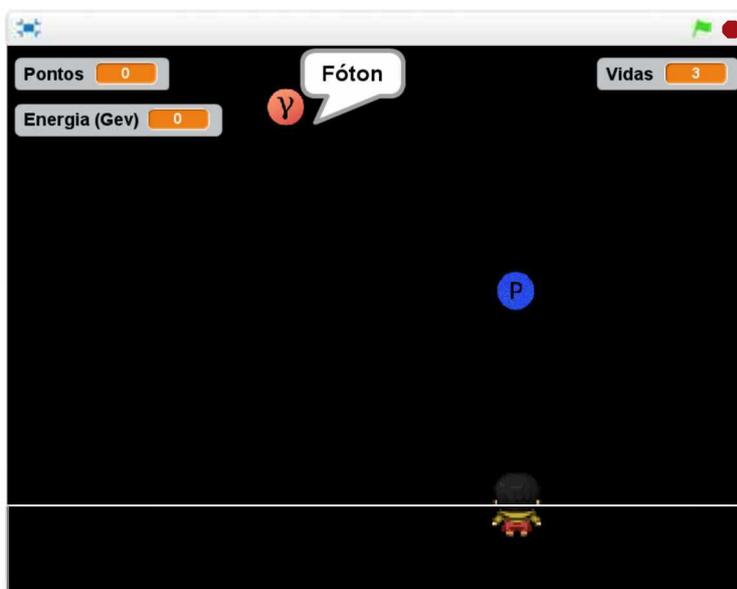


Figura 3.38: Fase final - parte 2

O objetivo desta última missão é a colisão do próton (que está com o personagem principal) com os prótons que descem sobre a tela.

Para cada acerto, o parâmetro de energia aumenta 25 GeV, enquanto que se você colidir com as partículas de forma inadequada ou se alguma partícula colidir em você, perderás uma vida.

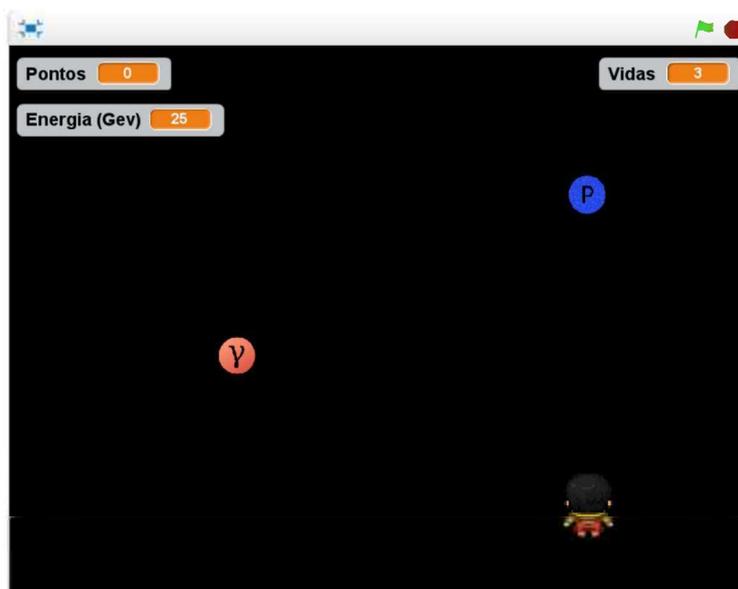


Figura 3.39: Fase final - parte 3

Caso consiga chegar em nível de energia de 125 GeV, você alcançará o objetivo e detectará o bóson de Higgs.

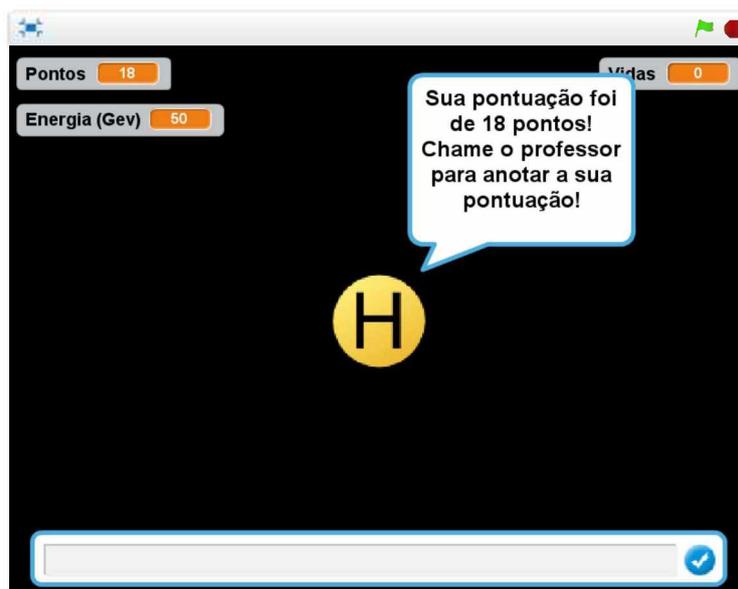


Figura 3.40: Fase final - parte 4



# Referências

## Artigos

BASTOS, Bruno Leal; BORGES, Marcos; D'ABREU, João. Schatch, Arduino e o Construcionismo: Ferramentas para a educação. *Seminário de Tecnologia Educacional de Araucária*, 2010.

RESNICK, Mitchel et al. Scratch: programming for all. *Communications of the ACM*, ACM, v. 52, n. 11, p. 60–67, 2009.

SIQUEIRA, M; PIETROCOLA, M. Revisando materiais em ensino médio sobre o tema física de partículas elementares. V *ENPEC-Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino em Ciências*, Bauru, 2005.

## Livros

MARJI, Majed. *Aprenda a programar com Scratch: uma introdução visual à programação com jogos, arte, ciência e matemática*. [S.l.]: Novatec Editora, 2014.  
<https://novatec.com.br/livros/aprenda-programar-com-scratch/>.

PRENSKY, Marc. *Aprendizagem baseada em jogos digitais*. [S.l.: s.n.], 2012. p. 575.

## Sites com artigos sobre o Scratch

BRASIL, *Scratch. Materiais em Destaque*. [S.l.: s.n.], 2018.

<https://www.ft.unicamp.br/liag/scratch/category/downloadstutoriais/>.  
[Online; acessado em 10 de Junho de 2008].

EDUSCRATCH. *Artigos sobre o Scratch...* [S.l.: s.n.], 2018.

<http://projectos.ese.ips.pt/eduscratch/index.php/36-uncategorised/110-artigos-sobre-o-scratch>. [Online; acessado em 10 de Junho de 2008].

LAB, MIT Media. *Acerca do Scratch*. [S.l.: s.n.], 2018.

<https://scratch.mit.edu/about>. [Online; acessado em 13 de Fevereiro de 2008].

LIAG. *Raciocinando E<>! Blocos*. [S.l.: s.n.], 2018.

<https://www.ft.unicamp.br/liag/scratch/category/downloadstutoriais/>.  
[Online; acessado em 10 de Junho de 2008].

## Vídeos sobre o Scratch

A PENSAR EM..., Youtube. *A Pensar em... Scratch (Tutorial em Português)*. [S.l.: s.n.], 2018. <https://www.youtube.com/watch?v=ZqJXox8yBKI&list=PLd-QtXnha0KeRTN9fGnW09PazIkb5YiV6>. [Online; acessado em 10 de Junho de 2008].

BATISTA, Esteice Janaína Santos. *Curso completo de Scratch*. [S.l.: s.n.], 2018.

[https://www.youtube.com/watch?v=z6I9Xb7XzCc&list=PLUPv\\_UuNBuX-KUoluUdV1F9xa8ctZCT\\_f](https://www.youtube.com/watch?v=z6I9Xb7XzCc&list=PLUPv_UuNBuX-KUoluUdV1F9xa8ctZCT_f). [Online; acessado em 10 de Junho de 2008].

BLANK EDITOR, Youtube. *Scratch Programming*. [S.l.: s.n.], 2018.

<https://www.youtube.com/watch?v=oRBfjK-qeXE&list=PL0-84-y11fUka116a14nqzXpG79-RgI1F>. [Online; acessado em 10 de Junho de 2008].

CURSO DE EXCEL ONLINE, Youtube. *Curso de Scratch - Programação e Lógica para Kids e Professores*. [S.l.: s.n.], 2018. [https://www.youtube.com/watch?v=b0LWjZoU\\_dA&list=PLUA91x6QVggBDCGdzaeuvqv41aZsEBZN](https://www.youtube.com/watch?v=b0LWjZoU_dA&list=PLUA91x6QVggBDCGdzaeuvqv41aZsEBZN). [Online; acessado em 10 de Junho de 2008].

TABAJARA, Ilustradicas Raul. *SCRATCH: Criando um jogo do zero!* [S.l.: s.n.], 2018.

[https://www.youtube.com/watch?v=poLuoL4nVCE&list=PLEBItwMFnoURT\\_Wq11qpLzdWLRvTwmro](https://www.youtube.com/watch?v=poLuoL4nVCE&list=PLEBItwMFnoURT_Wq11qpLzdWLRvTwmro). [Online; acessado em 10 de Junho de 2008].

## Outros

KLOPFER, Eric et al. Programming revisited: the educational value of computer programming. In: INTERNATIONAL SOCIETY OF THE LEARNING SCIENCES. PROCEEDINGS of the 6th international Conference on Learning Sciences. [S.l.: s.n.], 2004. p. 16–18.

MARQUES, Maria Teresa Pinheiro Martinho. *Recuperar o engenho a partir da necessidade, com recurso às tecnologias educativas: contributo do ambiente gráfico de programação Scratch em contexto formal de aprendizagem*. 2009. Tese (Doutorado) – Universidade de Lisboa.

