

UnB - UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FGA - FACULDADE GAMA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA BIOMÉDICA

***GAMA-GAME: UMA PROPOSTA LÚDICA PARA A FORMAÇÃO
CONTINUADA DOS PROFISSIONAIS DE RADIODIAGNÓSTICO***

GENILSON AZEVEDO DE OLIVEIRA

ORIENTADOR: Dr. RONNI GERALDO GOMES DE AMORIM

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM ENGENHARIA BIOMÉDICA

PUBLICAÇÃO: NUMERAÇÃO/ANO

BRASÍLIA/DF: MARÇO – 2018

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE UNB GAMA
ENGENHARIA BIOMÉDICA

"GAMA-GAME: UMA PROPOSTA LÚDICA PARA A FORMAÇÃO
CONTINUADA DOS PROFISSIONAIS DE RADIODIAGNÓSTICO"

GENTILSON AZEVEDO DE OLIVEIRA

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO SUBMETIDA À FACULDADE UNB GAMA DA
UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA, COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS
PARA A OBTENÇÃO DO TÍTULO DE MESTRE EM ENGENHARIA BIOMÉDICA.

APROVADA POR:



PROF. DR. RONNI GERALDO GOMES DE AMORIM – FGA / UNB
(ORIENTADOR)



PROFA. DRX. MARÍLIA MIRANDA FORTE GOMES - FGA / UNB
(EXAMINADORA INTERNA)



PROF. DR. WYTLER CORDEIRO DOS SANTOS: – FGA / UNB
(EXAMINADOR EXTERNO)

BRASÍLIA, 05 DE MARÇO DE 2018

BRASÍLIA/DF, 05 DE MARÇO DE 2018.

FICHA CATALOGRÁFICA

NOME Genilson Azevedo de Oliveira

Gama-Game: Uma Proposta Lúdica para a Formação Continuada dos Profissionais de Radiodiagnóstico, Distrito Federal, 2018.

91p, 210 x 297 mm (FGA/UnB Gama, Mestre, Engenharia Biomédica, 2018). Dissertação de Mestrado - Universidade de Brasília. Faculdade Gama. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Biomédica.

1. *GAMA-GAME*
2. *GAMIFICAÇÃO*
3. JOGOS
4. LÚDICO

I. FGA UnB Gama/ UnB.

II. Título (série)

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

OLIVEIRA, G. A. (2018). *GAMA-GAME*: Uma Proposta Lúdica para a Formação Continuada dos Profissionais de Radiodiagnóstico. Dissertação de Mestrado em Engenharia Biomédica, Publicação 082A/2018, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Biomédica, Faculdade Gama, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 91 p.

CESSÃO DE DIREITOS

AUTOR: Genilson Azevedo de Oliveira.

TÍTULO: *GAMA-GAME*: Uma Proposta Lúdica para a Formação Continuada dos profissionais de Radiodiagnóstico.

GRAU: Mestre

ANO: 2018.

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

Genilson Azevedo de Oliveira

ENDEREÇO. QR 323 CONJUNTO 12 CASA 14

SAMAMBAIA-SUL

CEP 72.309-612 Brasília, DF – Brasil.

DEDICATÓRIA

*Primeiramente a Deus, pela força inimaginável para a realização desse sonho.
A família que é à base da minha vida. E a todos que diretamente ou
indiretamente fizeram parte desse trabalho.*

*Não acredite em algo simplesmente porque ouviu.
Não acredite em algo simplesmente porque todos
falam a respeito. Não acredite em algo
simplesmente porque está escrito em seus livros
religiosos. Não acredite em algo só porque seus
professores e mestres dizem que é verdade. Não
acredite em tradições só porque foram passadas
de geração em geração. Mas depois de muita
análise e observação, se você vê que algo
concorda com a razão, e que conduz ao bem e
benefício de todos, aceite-o e viva-o.*

Buda

AGRADECIMENTOS

Este trabalho é, sem dúvidas, minha maior conquista nessa trajetória acadêmica. Um sonho distante que com muita dedicação e apoiado em ombros de gigantes está prestes a se tornar realidade, mas não acredite que foi uma tarefa fácil, pelo contrário, se não me apoiasse na sabedoria e na visão do meu orientador, sem sombra de dúvidas, teria abandonado, pois foi muito árduo todo o processo até aqui. Mas como chegamos, não poderia deixar de agradecer do fundo do meu coração primeiramente a Deus por guiar-me nesse caminho tão complexo que é o caminho do conhecimento; minha adorável mãe, Dona Nazaré, por estabelecer valores, condutas e discernimento e suprir o vazio que papai deixou: à senhora os meus mais sinceros agradecimentos.

Agradeço à essência do amor em minha vida, minha filha, Maria Beatriz, que me fez acreditar e buscar os meus sonhos; minha amável esposa, Joana, por estar sempre ao meu lado, me apoiando e aguentando todo o mau-humor que as cobranças e a pressão de um trabalho acadêmico acarreta.

Um agradecimento em especial ao meu orientador, Ronni Geraldo Gomes Amorim, muito mais do que um professor e orientador, um amigo realizador de sonhos que com sua paciência tendendo ao infinito, pôde suprir minhas deficiências acadêmicas e mostrar que através do conhecimento podemos chegar a lugares jamais imaginados: ao senhor, o meu muito obrigado!

Ao professor Leandro Xavier pelas conversas e palavras de incentivo nas quais estabelecemos conexões que foram necessárias para o meu aprendizado. Por último, mas não menos importante, ao meu querido amigo, Professor Juscelino, por fazer a análise e correções do texto e com sua enorme sabedoria debater sobre política, sexualidade e educação, muito obrigado. Os autores agradecem também a Capes pelo suporte financeiro.

RESUMO

GAMA-GAME: UMA PROPOSTA LÚDICA PARA A FORMAÇÃO CONTINUADA DOS PROFISSIONAIS DE RADIODIAGNÓSTICO

Autor: Genilson Azevedo de Oliveira

Orientador: Prof. Dr. Ronni Geraldo Gomes de Amorim

**Programa de Pós-Graduação em Engenharia Biomédica – Dissertação de Mestrado
Brasília, 05 de Março de 2018.**

Neste trabalho, apresentamos um jogo denominado *Gama-Game* (γ Game) com uma abordagem educacional voltada ao segmento de radiodiagnóstico. Esse jogo foi idealizado a partir da falta de materiais lúdicos que fornecessem uma abordagem educacional voltada aos profissionais da área. O jogo aborda os fenômenos físicos, os efeitos deletérios e a legislação acerca das práticas diárias executadas por esses profissionais. A fim de fomentar a confecção do jogo, foram discutidos aspectos de *gamificação*, ludicidade e a utilização de jogos sérios no processo de aprendizagem significativa. Também foi apresentado todo o percurso metodológico que conduziu ao formato final do jogo. Por fim, este trabalho traz um tutorial sobre o jogo construído, desde as suas regras até a sua utilização.

Palavras-chaves: *Gamificação*, Radiodiagnóstico, Radiações ionizantes.

ABSTRACT

GAMA-GAME: A LUDIC PROPOSAL FOR THE CONTINUED TRAINING OF RADIODIAGNOSTIC PROFESSIONALS

Genilson Azevedo de Oliveira

Supervisor: Dr. Ronni Geraldo Gomes Amorim

**Post-Graduation Program in Biomedical Engineering
Brasília, 05 of March of 2018.**

In this work, we present a game named *Gama-Game* (γ Game) with an educational approach focused on the radiodiagnostic segment. This game was conceived from the lack of playful materials that lead to an educational approach aimed at professionals of the area. The game addresses physical phenomena, deleterious effects, and legislation on daily practices performed by these professionals. In order to encourage the making of the game, logistics processes, playfulness and the use of serials in the process of meaningful learning. Also presented was the entire methodological route that led to the final format of the game. Finally, this work brings a tutorial on the game built, from its rules to its use.

Key-words: *Gamification*, Radiagnostic, Radiation ionizing.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
1.1 Contextualização e Formulação do Problema	11
1.2 Objetivos	17
1.2.1 Objetivo geral.....	17
1.3 Revisão da Literatura	18
1.4 Justificativa	19
1.5 <i>Checklist</i> para métodos radiográficos.....	19
1.6 Organização do Trabalho	27
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	28
2.1 As Radiações	28
2.2 Interação da Radiação X ou gama com a matéria	31
2.3 História das Radiações	33
2.4 Radioatividade.....	37
2.5 Grandezas e unidades da Física das radiações	40
3 LEGISLAÇÃO E NORMAS DE PROTEÇÃO RADIOLÓGICA	42
4 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	46
4.1 <i>Gamificação</i>	46
4.2 Os jogos e a Ludicidade	48
4.3 Os jogos digitais e os jogos analógicos	50
4.4 Os serious games.....	55
4.5 Os serious games na saúde.....	56
4.6 Os serious games na formação continuada.....	61
5 METODOLOGIA	63
5.1 Das etapas para a confecção do jogo.....	63
5.2 Teste piloto e a forma da atividade lúdica.....	65
5.3 Construção do jogo/ produto final.....	67
5.4 O jogo <i>Gama-Game</i>	70
6 DISCUSSÃO E CONCLUSÃO.....	74
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	79
APÊNDICES.....	88
APÊNDICE A-Questionário Pós-atividade lúdica.....	88
APÊNDICE B-Tabuleiro do Jogo	90
APÊNDICE C- Cartas utilizadas.....	91

LISTA DE QUADROS

Tabela 1: Poder de penetração das radiações	31
Tabela 2: Limites primários de doses equivalentes	41
Tabela 3: Resultados primários do questionário pós-teste	65

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Fonte de radiações ionizantes	14
Figura 2: Fontes artificiais de radiação.	15
Figura 3: Aparelho de Raios X.....	21
Figura 4: Aparelho de Tomografia Computadorizada.....	23
Figura 5: Mesa de comando e computadores	23
Figura 6: Espectro eletromagnético.....	28
Figura 7: Poder de penetração das radiações no tecido humano.	31
Figura 8: Interação de um fóton com o elétron	32
Figura 9: Colisão entre um fóton e um elétron.....	33
Figura 10: Formação de pares	33
Figura 11: Formação dos Raios-X	34
Figura 12: Radiografia de uma das mãos de Anna Bertga Ludwig.....	36
Figura 13: Experimento de Rutherford.....	38
Figura 14: Contextualização da gamificação	47
Figura 15: Participação das regiões do mundo no mercado de games em 2010.	52
Figura 16: Tabuleiro do jogo the pillar of the earth.....	54
Figura 17: Tabuleiro do jogo the pillar of the earth com suas peças	55
Figura 18: Exercício sendo executado através do Nintendo wii	57
Figura 19: Jogo Open Heart	58
Figura 20: Tabuleiro do jogo trilha da saúde.....	59
Figura 21: Jogo trilha do RSS	60
Figura 22: Tópicos de design	64
Figura 23: Tabuleiro do jogo.....	68
Figura 24: Tabuleiro real do jogo.....	68
Figura 25: Os três tipos de cartas (verso).....	69
Figura 26: Peões utilizados no jogo	69
Figura 27: Ampulheta utilizada no jogo.....	70
Figura 28: Copo e dados utilizados no jogo.....	70
Figura 29: Frente das cartas	73
Figura 30: Frente das cartas sorte-azar.....	73

LISTA DE SÍMBOLOS, NOMENCLATURAS E ABREVIACÕES

ABFM– Associação Brasileira de Física Médica

CNEM – Conselho Nacional de Energia Nuclear

CNTR– Conselho Nacional de Técnicos em Radiologia

ETSUS– Escola técnica do Sistema Único de Saúde

GY–Gray

IEEE – Institute of Electrical and Electronics Engineers

ICRP– International Commission on Radiological Protection

ICRU –International Commission on Radiation Units & Measurements

IRD – Instituto de Radioproteção e Dosimetria

NCRP– National Council on Radiation Protection & Measurements

ONU – Organização das Nações Unidas

OPAS– Organização Pan-Americana de Saúde

PET – Tomografia por emissão de pósitrons

PWC– PricewaterhouseCoopers

RSS– Resíduos de Serviços de Saúde

SV–Sievert

UNB– Universidade de Brasília

UFB– Universidade Federal da Bahia

USP – Universidade de São Paulo

UFRJ– Universidade Federal do Rio de Janeiro

UFRN– Universidade Federal do Rio Grande do Norte

UFSC – Universidade Federal de Santa Catarina

UFMS – Universidade Federal de Santa Maria

VPIs – Vestimentas de proteção Individuais

1 INTRODUÇÃO

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO E FORMULAÇÃO DO PROBLEMA

Este estudo insere-se em uma linha de pesquisa da Física médica não clínica que é uma área afim da Engenharia Biomédica cujo objetivo de estudo é a aplicação de técnicas de pesquisa (desenvolvimento e aprimoramento), ensino (conhecimento) de Física experimental e teórica para aplicações terapêuticas e diagnósticas. Sendo a Física médica uma área interdisciplinar, as suas principais subáreas são: Radiagnóstico (controle de qualidade), Radioterapia (segurança) e Medicina Nuclear (imagens médicas) (ABFM, 2017).

Os profissionais de Física médica estão envolvidos em diversas atividades como: clínica, ensino, pesquisa, desenvolvimento e administração. Dentre todas essas vertentes de atuação do profissional, podemos destacar as atividades voltadas ao ensino que tem recebido bastante ênfase nos últimos anos, tendo em vista que um dos principais desafios para a área é a elaboração de recursos e materiais educacionais para uma aprendizagem significativa.

A modalidade de ensino de Física médica possui fundamentalmente dois objetivos específicos, quais sejam: estudar as teorias e os fenômenos físicos envolvidos em aplicações da Física no radiodiagnóstico médico e analisar e desenvolver estratégias, recursos computacionais, procedimentos e equipamentos que possam ser aplicados no ensino e que facilitem o aprendizado, bem como melhorem a formação e o aprimoramento de alunos e profissionais que atuem nessa área de conhecimento (ABFM, 2017).

O foco são os profissionais que estão diretamente expostos à radiação ionizante como auxiliares e técnicos de radiodiagnóstico que segundo dados do Instituto de Radioproteção e Dosimetria IRD, 80% dos trabalhadores que lidam diretamente com fontes emissoras de radiação ionizante pertencem ao setor de saúde. Esse dado, em última análise, ressalta o compromisso e a responsabilidade que os órgãos fiscalizadores como Vigilâncias Sanitárias, das três esferas do governo, devem assumir perante a sociedade brasileira (AZEVEDO, 2012).

Uma importante abordagem que deve ser vinculado ao dia a dia dos fiscais das agências sanitárias, é a de orientar o usuário de materiais e fontes radioativas a desenvolver uma cultura baseada nos princípios da radioproteção e na prevenção de acidentes iminentes e/ou potenciais, elencada ao conhecimento dos equipamentos e suas aplicações de trabalho.

Outra parte que merece toda atenção das autoridades competentes é o crescente número de instalações radiológicas que têm se instalado, principalmente, nos grandes centros urbanos e que nem sempre absorvem profissionais com a qualificação desejada para o desempenho de suas funções. Há de se ressaltar a necessidade de uma formação adequada e continuada por parte dos profissionais que atuem na área, o que, sem dúvida, contribuirá para uma melhoria da qualidade desse tipo de prestação de serviço à população (AZEVEDO, 2012).

Denominaremos como profissionais de radiodiagnóstico aqueles que estão expostos diretamente à radiação e não aqueles que recebem doses ocasionalmente, mesmo sendo doses superiores aos limites primários estabelecidos pela norma nuclear NN 3.01 denominada de Diretrizes Básicas de Proteção Radiológica (CNEN, 2017).

De acordo com a Lei Nº 7394 de 29 de outubro de 1985, são considerados profissionais de radiodiagnóstico os agentes que executam técnicas radiológicas em modalidades como diagnóstico, radioterápicos, radioisotópicos, medicina nuclear, e operações correlatas em indústrias (CNTR, 2017). O trabalho exercido por esses profissionais é de extrema relevância para a nossa sociedade, entretanto complexa e um tanto perigoso, pois estão expostos a fatores de riscos ocupacionais que de acordo com Organização Pan- Americana de Saúde (OPAS), podem ser classificados como: físicos (radiações), químicos (substâncias químicas), riscos biológicos (sangue e secreções), riscos de acidentes (explosões, acidentes radioativos), riscos ergonômicos (estresse e distúrbios osteomusculares), psicossociais (mental e físico) (OPM, 2017).

Os profissionais que atuam no setor de imagem em sua maioria possuem mais de um emprego na área de atuação, desenvolvendo o mesmo tipo de trabalho, a que conseqüentemente faz com que esses trabalhadores tenham uma exposição maior a agentes físicos, que englobam diversas formas de energia a que possam estar expostos os profissionais, tais como: vibração, pressão, ruído, temperaturas extremas, radiações não ionizantes e radiações ionizantes.

O primeiro exame radiológico utilizando radiação ionizante realizado em território brasileiro foi feito no século XIX quando o então ministro Lauro Miller teve um corpo estranho detectado em sua mão (SEVCENKO, 1998). Neste mesmo ano foi diagnosticado o primeiro caso no mundo de xifópagas (gêmeos que nascem grudados um ao outro por alguma parte do corpo, gêmeos siameses) através de um exame de radiografia. Esse procedimento pioneiro foi realizado pelo médico e pesquisador Álvaro Alvin (FENELON, 2000). O qual veio a óbito em 1928, em decorrência da exposição excessiva às radiações ionizantes.

Desde então, houve uma elevada evolução das práticas radiológicas no Brasil, trazendo inúmeros benefícios para a sociedade.

No último século, a radiologia é caracterizada por transformações profundas no

desenvolvimento de equipamentos para procedimentos diagnósticos com tecnologia digital, o que melhorou consideravelmente a qualidade das imagens, proporcionando maior precisão nos diagnósticos médicos e contribuindo para o sucesso dos tratamentos e a elevação da expectativa de vida das pessoas (FRIEDLAND, 2000).

Os avanços das técnicas em radiologia médica diagnóstica e terapêutica e a crescente expansão de médicos especializados ocasionaram aumento na demanda por auxiliares cada vez mais qualificados para o manuseio de equipamentos cada vez mais modernos, como os aparelhos de medicina nuclear, tomografia computadorizada, tomografia com emissão de pósitrons (PET) (REZENDE, 2006).

Esses profissionais eram contratados com o objetivo de apoiar os médicos na execução de procedimentos radiológicos, entretanto não havia formação adequada para capacitar os técnicos de radiologia e nem leis específicas para garantir seus direitos. Porém toda essa evolução não foi acompanhada no processo educacional formal e na formação continuada dos técnicos de radiologia e da equipe multidisciplinar composta por técnicos e/ou tecnólogos em radiologia. Também fazem parte dessa equipe os enfermeiros, técnicos em enfermagem, médicos, e outros profissionais que muitas vezes não têm formação em proteção radiológica ou sobre a legislação vigente (FILOMENO, 2009).

Para agravar ainda mais todo esse cenário constatou que além da falta de formação e conhecimento sobre as leis vigentes, muitos desses profissionais têm pouco ou até desconhecimento total sobre as radiações ionizantes e a Física que envolve todo o processo e os protocolos de segurança (SOARES et al, 2011).

Com a descoberta dos raios X, em 1895, por Wilhelm Conrad Roentgen foi possível produzir imagens que permitiam ver ossos e órgãos no interior do corpo humano sem a necessidade de abrir os órgãos. OKUNO (2013) estabelece que radiação seja uma forma de energia, emitida por uma fonte e transmitida através do vácuo, do ar ou de meios materiais.

Nesse escopo, consideram-se radiações as partículas atômicas ou subatômicas energéticas, tais como partículas, elétrons, prótons, nêutrons, denominadas radiações corpusculares, e ondas eletromagnéticas, também chamadas radiações ondulatórias. Os raios-x são ondas eletromagnéticas com alta frequência com grande poder de penetração e capacidade de ionizar átomos e moléculas por meio das radiações ionizantes (YACOVENCO, 1999).

Vale salientar que os seres humanos estão expostos as radiações ionizantes durante toda a vida. Estas radiações podem ser de origem natural ou artificial (AZEVEDO, 2012). As fontes naturais representam cerca de 70% da exposição, sendo o restante, devido fontes artificiais. A

figura 1 exemplifica esta distribuição.

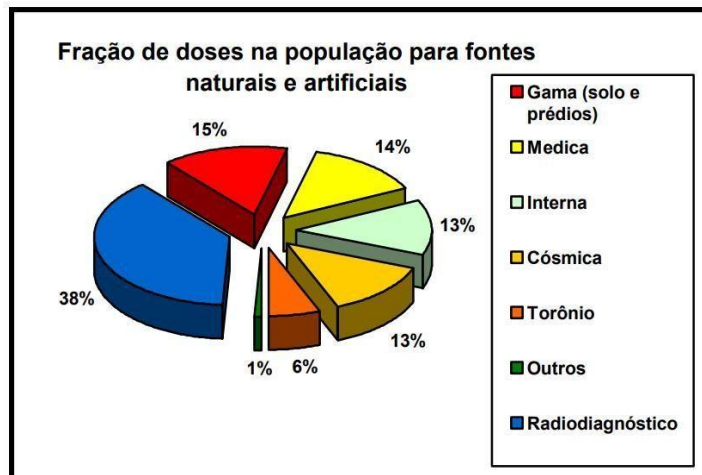


Figura 1 - Fonte de radiações ionizantes
Fonte : (AZEVEDO, 2012).

Não há o que fazer quanto à proteção radiológica sobre os efeitos das radiações de origem natural. Porém como a figura acima demonstra no que diz respeito às fontes artificiais, todo esforço deve ser direcionado a fim de controlar seus efeitos nocivos. É neste aspecto, que a proteção radiológica e a capacitação dos profissionais desta área de interesse podem ter um papel importantíssimo (AZEVEDO, 2012).

As fontes naturais são decorrentes do decaimento radioativo do urânio e tório e são encontradas em rochas e solos, sedimentos e minérios, mas as radiações provenientes de fontes naturais não são somente a dos decaimentos radioativos dos minérios e rochas. A terra recebe diariamente a radiação cósmica, proveniente do espaço sideral, como resultante de explosões solares e estelares. Grande parte dela é freada pela atmosfera, mas mesmo assim, uma porcentagem importante atinge os seres humanos (AZEVEDO, 2012).

A radiação artificial é encontrada principalmente em exames radiológicos médicos e odontológicos. Pode-se observar através da próxima figura que a maior contribuição deve-se às irradiações médicas e, dentro desta categoria, o radiodiagnóstico é o que detém a maior porcentagem. Devido a esta constatação, todo esforço deve ser direcionado no sentido de controlar e reduzir estes valores, o que pode ser atingido através da aplicação efetiva dos preceitos de proteção radiológica.



Figura 2- Fontes artificiais de radiação.
Fonte : (AZEVEDO, 2012).

Acreditou-se durante anos que as radiações ionizantes fossem inofensivas, apesar do surgimento de evidências contrárias em grandes quantidades. Podemos elencar o caso de Edmund Kells, cirurgião dentista (1856-1928), como uma demonstração explícita dos efeitos deletérios da radiação ionizante, no qual em virtude do excesso de exposição às radiações ionizante sofreu inúmeras lesões dermatológicas e, por consequência, amputações das falanges e mão, fatos que contribuíram para o seu suicídio (BORGES, 2015).

As radiações ionizantes têm como característica a capacidade de ionizar, ou seja, quando possuem a capacidade de interagir com átomos neutros por onde elas se propagam (NAVARRO, 2009). O uso desse tipo de radiação é muito comum em hospitais, clínicas odontológica e na indústria. Na medicina, o seu uso proporciona diagnósticos precisos sem a necessidade de abrir o órgão, penetrando o corpo humano e proporcionando uma avaliação precisa na qual a prática necessita. Entretanto, boa parte dessa radiação é absorvida pelo organismo humano, podendo ocasionar diversos males, como por exemplo: mutações no código genético do DNA, dermatite localizada, levar a incapacidade da célula se reproduzir.

As consequências dos efeitos das radiações para os humanos variam de acordo com os órgãos e sistemas afetados, dose e tamanho da área que está sendo irradiada (efeitos estocásticos) (DUARTE, 2014). Outro fator de risco refere-se ao excesso de exposição dos profissionais e pacientes decorrentes de um número elevado de exames feitos sem necessidade, a equipamentos radiológicos descalibrados e funcionários mal treinados sobre a dose de radiação mais adequada.

De acordo com relatório divulgado pela ONU (Organização das Nações Unidas) esse problema é global e atinge principalmente países com níveis elevados de tratamento de saúde. Por ano são realizados 3,6 bilhões de radiografias no mundo, um aumento de 40% em relação a última

década. Em diversos países, a exposição radiológica médica já supera os casos de exposição por fontes naturais (radiação solar, por exemplo). Uma cultura que agrava tal prática se diz respeito ao uso de protocolos de doses altas porque quanto maior for à dose, melhor é a imagem, entretanto é possível adquirir imagens com a mesma nitidez utilizando doses menores de radiação.

A tomografia computadorizada é hoje o exame que emite mais radiação ionizante, podendo ser 10 vezes superior aos aparelhos de Raios X convencionais, entretanto os aparelhos de tomografia produzem imagens muito mais nítidas (DIMESTEIN, 2011). Em mãos mal treinadas, a tomografia também pode causar problemas como os ocorridos recentemente nos EUA, em que vários pacientes sofreram queda de cabelo em razão da dose excessiva de radiação aplicada.

No Brasil, um trágico exemplo das consequências de uma formação insuficiente, bem como da falta de treinamentos dos profissionais supracitados, reside no acidente com o Césio- 137 ocorrido em Goiânia em 1987. Tal acidente foi ocasionado, dentre outros motivos, pelo abandono do cabeçote de uma unidade de radioterapia em um galpão desativado de uma clínica particular (ROSA, 1988). Possivelmente, um profissional melhor capacitado cumpriria o protocolo de segurança no manuseio e descarte do material que proporcionou a tragédia.

A portaria nº 453 de 1998 da Agência nacional de vigilância sanitária estabelece as diretrizes básicas de radioproteção para o uso da radiação ionizante no território brasileiro.

Considerando a periculosidade da radiação ionizante, a quase inexistência de material lúdico-didático, as dificuldades de capacitação de novos profissionais e, principalmente, a atualização dos que já estão no mercado de trabalho (TABAKOV, 2005), concluímos que uma alternativa para contribuir para a solução desses problemas seria a elaboração de jogos de aprendizagem.

Santos e Vale (2006), estabelecem que os jogos de aprendizagem podem estimular as capacidades intelectuais do jogador, à medida que o conteúdo é fornecido, estruturado e construído por meio de estratégias de pensamento. Ainda nesse escopo, Santos e Vale (2006) afirmam que a atividade lúdica intrínseca dos jogos permite que o jogador se coloque em situações reais e fictícias e faça novas descobertas sem risco de sofrer danos no mundo real.

Nesse arcabouço, o processo ensino-aprendizagem baseado em jogos tem se desenvolvido e já aparece em diversas áreas do conhecimento e níveis. Segundo Presky (2012), a aprendizagem baseada em jogos está se expandindo e se tornando cada vez mais presente em variadas empresas, tais como as de consultoria, setores de serviço e industrial, marketing, setor público, forças armadas, dentre outras.

Ao processo de confeccionar jogos pedagógicos denominamos *gamificação*, do inglês *gamification*, que consiste na utilização de elementos dos jogos como (mecânicas, estratégias,

pensamentos) fora do contexto dos jogos, com a finalidade de motivar os indivíduos à ação, auxiliar na solução de problemas e promover aprendizagens (WERBACH e HUNTER, 2012). Esse fenômeno vem se espalhando pela educação, aplicado como estratégia de ensino e aprendizagem, dirigida a um público-alvo.

Tendo em vista a discussão apresentada nos parágrafos anteriores, observamos diversas tentativas de tornar mais acessível e mais dinâmico o aprendizado de conceitos pertinentes às radiações ionizantes e a legislação que rege suas práticas.

Dentre essas tentativas, podemos citar o trabalho de Bernardo et al. (2004), os quais desenvolveram uma plataforma didática na internet para ofertar treinamentos à distância para profissionais que trabalhem com Física Médica. Outro trabalho que merece destaque foi realizado por Ângelo e Schiabel (2002), os quais desenvolveram uma ferramenta para treinamento na avaliação de imagens mamográficas via Internet.

Nesse sentido, visando colaborar com a melhora na formação dos profissionais de radiodiagnóstico, esta dissertação apresenta uma metodologia de ensino baseada num jogo de tabuleiro a ser utilizada na formação continuada e treinamento de profissionais de radiodiagnóstico e que possa ser utilizado tanto na formação de novos profissionais, bem como no aperfeiçoamento dos já existentes, pois concluímos que a educação permanente e continua é uma promissora característica a ser implementada no setor, pois o aprender e o ensinar se agregam ao cotidiano do trabalho nas organizações (FLÔR e GELBCK, 2013).

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo geral deste projeto é apresentar a confecção e organização didática de um jogo pedagógico de tabuleiro intitulado *Gama-Game* (γ -*Game*), o qual contempla conteúdos pertinentes à área de radiologia diagnóstica, tratando tanto dos aspectos técnicos como legais e que sirva como um recurso didático destinado à formação continuada e treinamento dos profissionais que trabalhem com radiodiagnóstico.

1.3 REVISÃO DA LITERATURA

Este trabalho insere-se em uma linha da literatura narrativa por permitir estabelecer relações com produções anteriores, identificando temáticas recorrentes, apontando novas perspectivas, consolidando uma área de conhecimento e constituindo-se orientações de práticas pedagógicas para a definição dos parâmetros de formação de profissionais para atuarem na área (ROCHA, 1999).

Trabalhos nessa linha de revisão narrativa são publicações apropriadas para descrever e discutir o desenvolvimento de um determinado assunto sob, o ponto de vista teórico ou contextual.

Essa categoria tem papel fundamental para a educação continuada pois, permitem ao leitor adquirir e atualizar o conhecimento sobre uma temática específica em curto espaço de tempo (BERNARDO, 2004).

Considerando que nossa pesquisa aborda a problemática dos profissionais de radiologia que estão expostos diretamente à radiação ionizante em uma realidade Brasileira, a pesquisa da base bibliográfica utilizada neste trabalho considerou a busca por livros, teses, monografias e artigos nas seguintes fontes especializadas: PubMed (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed>), SciELO (<http://www.scielo.org>), Google acadêmico (<http://scholar.google.com>), USP (Universidade de São Paulo), UFSC (Universidade Federal de Santa Catarina) e UNB (Universidade de Brasília), UFSM (Universidade de Santa Maria), UFRN (Universidade Federal do Rio grande do Norte, UFB (Universidade Federal da Bahia), UFRJ (Universidade Federal do Rio de Janeiro). Dando ênfase maior aos textos na língua Portuguesa por se tratar de um estudo em uma realidade Brasileira, mas não deixando de abordar estudos na língua inglesa como podem perceber no decorrer do texto. Foi feito também um curso online disponibilizado pelo portal periódico Capes com duração de 3 horas no qual foram abordados diversos tópicos sobre pesquisa de artigos, palavras chaves, ferramentas de pré-busca, caracteres especiais e truncamentos. Foram utilizadas as seguintes palavras-chave em inglês para a recuperação de dados: (*Gamification OR games*) and (*Education OR schools OR teaching*) or (*engajamento OR participação*); (*Gamification OR games*) (*Activity*) *gamificação*, *gamificação* e *aprendizagem colaborativa*, *gamificação aplicada na saúde*, *gamificação* e *serious games*, o cruzamento de dados resultou em 18 trabalhos de interesse dos quais 9 foi efetivado para um real interesse. A base de dados sciELO o termo *gamificação* tivemos dois artigos no qual um foi aproveitado, e na busca em inglês *gamification* retornou a 9 trabalhos em Inglês e 2 em Espanhol no qual foram selecionados mais três trabalhos, Por ultimo a base da dados google acadêmico tivemos uma quantidade excessiva de resultados e especificando os descritores fomos selecionando os trabalhos que preenchessem os nossos critérios de inclusão dos quais 6 trabalhos satisfizeram nossa linha de pesquisa. As bases de dados consultadas das universidades citadas

acima geraram trabalhos que serviram de base para o início da nossa dissertação.

1.4 JUSTIFICATIVA

A concepção da confecção de um jogo de tabuleiros que contemplasse conteúdos próprios da formação de profissionais que trabalham com radiodiagnóstico surgiu da problemática fornecida pelas pesquisas científicas que relatam má formação dos profissionais e exposição excessiva às radiações por parte dos que trabalham com radiodiagnóstico e falta de material lúdico didático.

Brand (2011) em um dos seus estudos constatou que 62% dos trabalhadores expostos às radiações afirmaram desconhecer qualquer tipo de conhecimento sobre a portaria 453 e da norma 3.01 da Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN) em suas práticas. Costa (2014), contrastando com os estudos de Brand, afirma que 59% dos técnicos de radiologia dizem conhecer as normas de proteção radiológica, as quais consideramos insuficientes.

Costa (2014) realizou um estudo apenas com técnicos de radiologia no qual foram feitas perguntas com relação à diretriz de proteção radiológica a 79 técnicos, e os resultados estabeleceram que 59% dos entrevistados sabem que em ambientes coletivos deve se utilizar VPIs como aventais, porém apenas 41% realizam esse procedimento de proteção dos pacientes de maneira correta. Essa atitude pode expor os pacientes de forma desnecessária às radiações ionizantes, já que, o uso dos VPIs pode reduzir a exposição de pacientes (BRASIL, 1998).

Observou-se também que 18% dos entrevistados conhecem o procedimento e não o realizam corretamente. Destes quase 30% alegou que faltam equipamentos de proteção individual. E 30% disse que as doses envolvidas são pequenas e não há necessidade de proteção. Porém independente das doses envolvidas se o paciente por algum motivo estiver impossibilitado de estar a uma distancia de 2 metros da fonte ou do cabeçote tem o direito de serem protegidos com os VPIs (BRASIL, 1998).

1.5 CHECKLIST PARA MÉTODOS RADIOGRÁFICOS

A portaria 453 de 1988 estabelece que durante a realização de procedimentos radiológicos, somente o paciente a ser examinado junto a equipe necessária ao procedimento podem permanecer na sala de raios X. Os profissionais devem se posicionar na sala de tal forma que, nenhuma parte do corpo - incluindo extremidades - seja atingida pelo feixe primário sem estar abrigado por 0,5 mm equivalente de chumbo e protegidos da radiação com vestimentas ou barreiras protetoras com atenuação não inferior a 0,25 mm equivalentes de chumbo. Além disso, a legislação prevê que as

dependências onde estão localizados tais equipamentos devem manter sinalização visível, contendo o símbolo de radiação e informações em relação a área restrita e/ou entrada proibida para pessoas não autorizadas. As portas das salas de exame devem ser providas de sistema de sinalização luminosas indicadoras do acionamento do feixe de raios X, e as paredes; piso; teto e portas com blindagens que traga proteção radiológica às áreas adjacentes, devendo atentar-se ainda a:

- A blindagem deve ser contínua e sem falhas;
- A blindagem das paredes deve ter no mínimo 2,10m, salvo em casos específicos;
- Quando o comando estiver dentro da sala de raios X, é permitido que a cabine seja aberta ou que seja utilizado um biombo fixado permanentemente no piso e com altura mínima de 210cm, desde que a área de comando não seja atingida diretamente pelo feixe espalhado pelo paciente; A cabine deve estar posicionada de modo que, durante as exposições, indivíduo algum possa entrar na sala sem ser notado pelo operador;

- As vestimentas de proteção individual para pacientes, equipe e acompanhantes, devem ter suportes apropriados para sustentar os aventais plumbíferos de modo a preservar a sua integridade.

- Não é permitido a instalação de mais de um equipamentos de raios X por sala.

Deve ser implantado um sistema de controle de exposição médica de modo a evitar exposição inadvertida de pacientes grávidas (IRD, 2018).

Em relação a radiologia odontológica especifica-se que, o equipamento de radiografia intra-oral deve ser instalada em ambiente – consultório ou sala – com dimensões suficientes para permitir a equipe uma distância de, pelo menos, 2 m do cabeçote do paciente. O equipamento de radiografia extra-oral deve ser instalado em sala específica, atendendo aos mesmos requisitos do radiodiagnóstico médico, Caso seja necessária a presença de indivíduos para assistirem uma criança ou um paciente debilitado, elas devem fazer uso de avental plumbífero com, pelo menos, o equivalente a 0,25 mm e evitar localizar-se na direção do feixe primário. (BRASIL, 1998).

O aparelho de Raios X é apresentado na figura abaixo e constituí-se por componentes básicos dentre os quais temos:

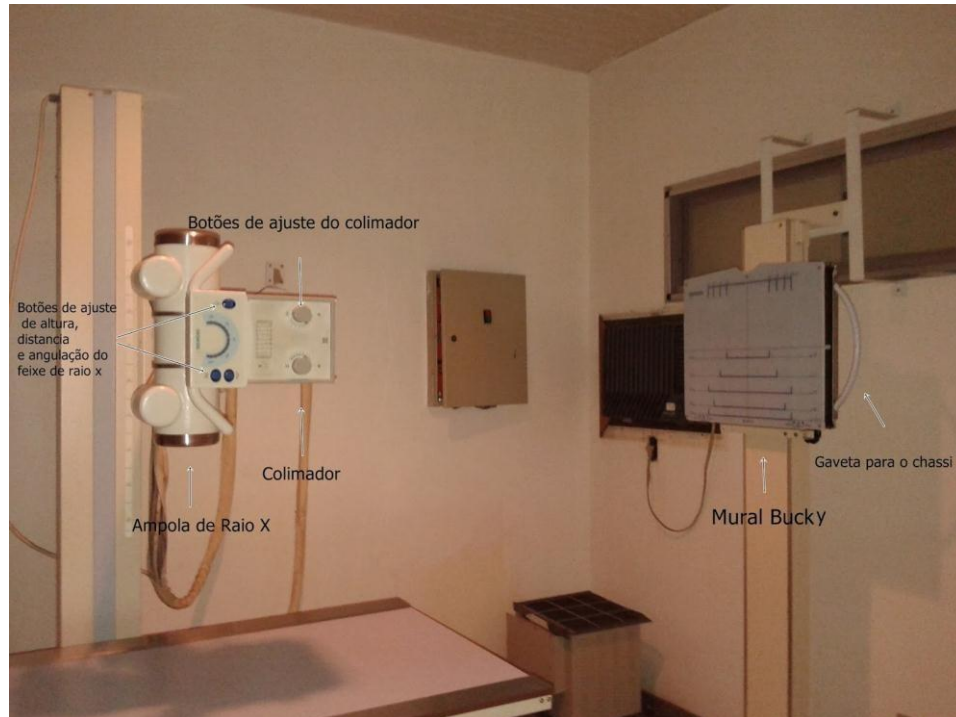


Figura 3- Aparelho de Raios-X.
Fonte: RadiologiaBlogspot.com.br

- Cabeçote do aparelho (local em que se encontra a ampola (tubo) de raios x, onde se produz a radiação propriamente dita).
- Sistema de colimação interna do feixe (Responsável pela adequação do tamanho do campo, redução do efeito penumbra e da radiação espalhada).
- Mesa de exames (local onde são colocados, além do paciente, alguns acessórios, como o porta-chassi, a grade antidifusora e a faixa de compressão).
- Chassi radiográfico (invólucro metálico que protege da luz e carrega o filme radiográfico: elemento sensível à radiação).
- Botões de ajustes de altura, distância e angulação do feixe de Raio X: Estes botões travam e destravam a ampola de Raio X, evitando possíveis acidentes envolvendo o paciente.
- Mural Bucky (é um suporte vertical para filmes de todos os tamanhos, que os coloca em posição para as radiografias feitas em pé).
- Mesa Bucky (na mesa se realiza os diagnósticos em decúbito(deitado) e a maior parte dos exames das extremidades).

Para a realização do exame basicamente é necessário o posicionamento do paciente na máquina de acordo com o local do corpo a ser examinado. Por vezes, é necessário que o examinado respire fundo, prenda a respiração e/ou mantenha uma determinada posição por alguns segundos, para que seja possível ter o melhor registro da imagem. Os raios X emitidos pela

máquina não causa lesões, pois possuem o poder de atravessar (ou não) o nosso corpo. As estruturas que forem ultrapassadas pelo feixe ficarão escuras (como a pele), enquanto as que não absorverem essas ondas, ficarão brancas (os ossos). Sendo assim, uma porção de raios-X é absorvida ou dispersada pela estrutura interna, e os raios-X remanescente são transmitidos para um detector, dessa maneira, registra-se uma imagem para avaliação médica. Orienta-se o usuário a retirar quaisquer objetos radiopacos que possam formar artefatos na imagem, como por exemplo, adornos usados na região torácica, como correntes e piercings, prender os cabelos longos para longe do tórax, retirar roupas espessas e/ou com botões ou sutiã e posteriormente colocar a vestimenta oferecida pelo técnico em radiologia. É obrigação do profissional fornecer ao usuário todas as vestimentas de proteção individual (VPIs), e que não interfiram na formação da imagem. Paciente ou acompanhante em idade fértil deve obrigatoriamente ser questionada se está em período gestacional, por razões de proteção radiológica (SANTOS 2010).

Mesmo recebendo uma dose inferior em relação a tomografia computadorizada, os exames de raios X utilizam radiações ionizantes e geram riscos, no qual existe a possibilidade em algum momento na vida de desenvolver catarata ou câncer induzido pelo excesso de exposição à radiação. Outro risco é a perturbação do crescimento e desenvolvimento de um embrião ou feto quando realizado em uma gestante.

Já a Tomografia - deriva do termo grego *tomo*, que significa cortes - é um procedimento radiográfico por imagem com radiação ionizante produzida artificialmente, no qual são realizados cortes milimétricos do corpo, nos planos: axial; sagital; coronal. O exame não projeta em um só plano, mas sim em todas as estruturas alcançadas pelos raios-X convencionais, porém demonstra a relação com as diversas estruturas anatômicas envolvidas em volume e profundidade (GADELHA et al. 2007).

A Tomografia computadorizada (TC) é um método de diagnóstico capaz de fornecer imagens de alta qualidade e ótima resolução espacial, podendo realizar reconstruções em diversos planos e também avaliar estruturas menos densas através da administração de meios de contraste. Essa técnica foi desenvolvida na década de 70 por Godfrey Newbold Hounsfield e seus colaboradores com a realização do primeiro exame de crânio. Entretanto com toda a evolução tecnológica os exames que no início levavam aproximadamente 5 minutos para serem efetuados, nos dias atuais levam alguns segundos para varrer o volume do exame e gerar dezenas ou mesmo centenas de imagens (FELIX, 2013).

O equipamento de TC é composto por diversas partes como o *gantry* e a mesa de exame como demonstra a figura 4 abaixo:

- *Gantry* (área que encontra-se o tubo de Raios X e os detectores e os controladores);

- Mesa de exame (local para acomodar o usuário ou objeto de exames);

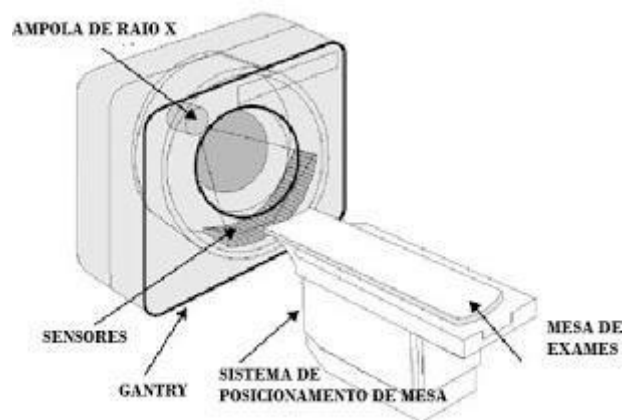


Figura 4- Gantry e mesa de exams.
Fonte: RadiologiaBlogspot.com.br

Além do *gantry* e da mesa de exames, temos também a mesa de comando e o computador, como é demonstrado na figura seguinte:

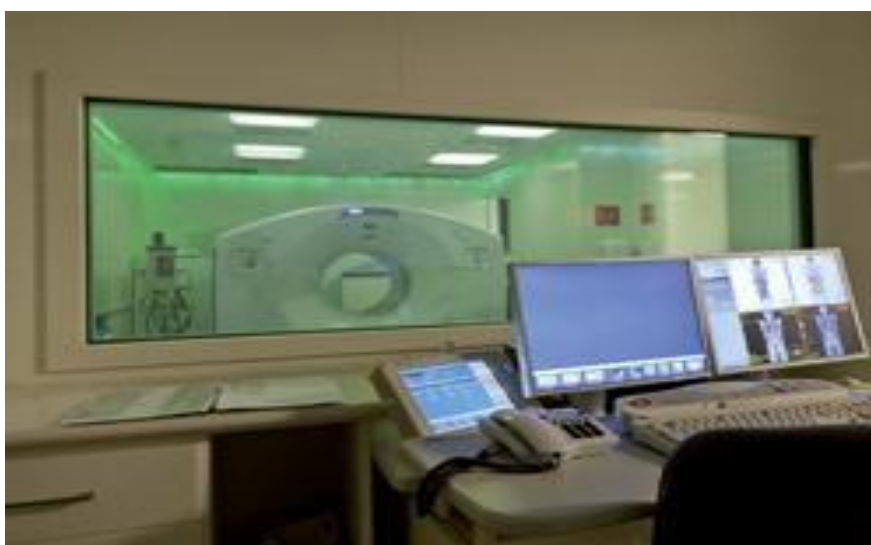


Figura 5: Mesa de comando e computadores.
Fonte: RadiologiaBlogspot.com.br

- Mesa de Comando (área de comando do equipamento composta por monitores, teclados);
- Computador (processamento de todos os comandos e processamento de informações);

O funcionamento dos equipamentos convencionais de Tomografia computadorizada se dá na seguinte maneira: o usuário é posicionado na mesa que se movimenta em diversas direções ou

até mesmo saindo do interior gantry, o tubo e os detectores executam movimentos de rotação e translação girando em 360° em torno da estrutura desejada. A cada pausa da mesa há o corte (slice) que será pré-determinado no início do procedimento, conforme a indicação do exame. Na sequência, a mesa movimenta-se de maneira pré-determinada e ocorre novamente a aquisição do corte (FELIX, 2013). Essa possibilidade de movimentos durante o exame, ocasiona uma grande diferença no resultado final. Dessa maneira, enquanto o raios X tira somente uma radiografia do local estudado, a tomografia gera 600 cortes para serem analisados. Com isso, é mais fácil obter um diagnóstico precoce por meio da tomografia e, por consequência, obter um diagnóstico satisfatório.

Com esse tipo de equipamento, o profissional precisa ter atenção com parâmetros técnicos no protocolo de exame com relação aos fatores elétricos Kv (quilovolts), mA (miliampères) e tempo (segundos) responsáveis pela qualidade da imagem adquirida, fatores que podem reduzir ou mesmo eliminar artefatos nas imagens (FELIX, 2013).

A espessura de corte (slice) varia conforme o fabricante que pode ser de 1mm a 10 mm, sendo assim cada equipamento irá proporcionar valores específicos a cada modelo e fabricante, não tem como padronizar determinados protocolos, mas aproximá-los conforme a necessidade do serviço.

As etapas para a realização do exame é simples, e necessita apenas de cuidados antialérgicos nos pacientes que forem tomar contraste para realçar as imagens. Geralmente não é necessário suspender a medicação que o paciente venha usando. O procedimento dura cerca de 15 minutos e o paciente deve ficar deitado na unidade de escaneamento onde se encontram a mesa na qual será posicionado o paciente, a fonte de raios X e os detectores.

Para obtenção das imagens, a fonte (tubo de raios X) e os detectores são acoplados de forma a desenvolver o movimento de rotação sobre o paciente, o qual permanece imóvel. O feixe de raios X passa por uma secção axial do paciente atingindo os detectores, os quais reconheceram a radiação atenuada que emergiu do corpo (PANEGALLI, 2013). O único desconforto que o paciente sentirá é o de dever permanecer imóvel durante a realização do procedimento, e o contraste injetado (se for o caso) pode provocar transitoriamente um gosto metálico na boca e uma sensação de calor.

O aparelho que obtém as imagens consta de um tubo de cerca de 70 centímetros de diâmetro, sendo que, em um de seus lados se encontra uma ampola que emite raios X e do lado um aparato que capta a radiação e gera as imagens, transmitindo-as a um computador conectado ao aparelho. Nos aparelhos mais recentes a bomba de raios X gira 360° em torno do tubo, permitindo imagens mais detalhadas e nítidas (ABCMED, 2018).

O grande inconveniente na utilização do exame de Tomografia computadorizada e a dose equivalente de radiação ionizante. De acordo com Brenner e Hall (2007) uma Tomografia computadorizada do abdome em adultos é em torno de 10 mSv, 100 vezes maior que uma radiografia simples de tórax (0,01 mSv), e 200 vezes maior se realizada em um neonato (recém – nascido) (20 mSv). Dessa forma, os médicos devem avaliar os riscos potenciais da exposição à radiação e os benefícios clínicos de um determinado procedimento médico, no qual faz uso de radiação ionizante, pois segundo Dimenstein (2011), pode ser possível a obtenção de imagens nítidas utilizando uma quantidade menor de radiação.

Logo percebemos a necessidade de capacitação do profissional radiologista na área de nível técnico ou de tecnólogo para atuar em diversos segmentos da área de diagnóstico por imagens envolvendo, atualmente, um grande leque de técnicas complexas de serviços à premência de uma formação continuada para uma prática diárias mais eficiente.

Ainda nesse escopo, Costa (2014) conclui que apenas 16% dos profissionais em radiologia fizeram alguma vez treinamento ou participaram de alguma palestra sobre proteção radiológica, promovida pela empresa em que trabalham. Observou-se que quase não há treinamento para os profissionais em radiologia, o que é previsto nas diretrizes de proteção radiológica.

Muitas empresas acreditam que, treinando o profissional, um profissional melhor preparado e capacitado passaria a exigir melhores condições de trabalho, o que acarretaria na oneração dos serviços radiológicos (COSTA, 2012). E destes que participaram de treinamento e palestras sobre proteção radiológica, quase 78 % responderam corretamente as perguntas e realizam corretamente os procedimentos de proteção radiológica em ambientes coletivos. Este resultado mostrou a importância dos profissionais em radiologia em participarem de treinamentos e palestras e da formação continuada para que dessa forma possam melhorar a qualidade dos serviços e reduzir os riscos envolvidos no processo.

Outro grupo que também está exposto às radiações ionizantes é o dos odontólogos que utilizam os raios X em consultórios para obtenção de um diagnóstico odontológico preciso o que é de total relevância para uma melhor prestação do serviço. Porém, mesmo utilizando doses baixas de radiação se faz necessário estabelecer as diretrizes básicas de proteção radiológica para garantir que a dose equivalente recebida por uma pessoa seja tão baixa para que não ultrapasse os limites anuais de dose.

Os efeitos potenciais da radiação advinda de aparelhos de raios X odontológico são mínimos, sendo o risco de indução de câncer fatal por uma radiografia panorâmica de 1:

1.000.000 e por uma radiografia intra-oral de 1: 10.000.000 (ABBOTT, 2000). Entretanto, vale ressaltar que os efeitos da radiação podem ser acumulativos, o que acarretaria em uma

consequência há longo prazo, que demonstra o comprometimento e responsabilidade que o dentista tem que ter com seus pacientes, sua equipe e consigo mesmo a fim de minimizar todos os riscos que possam estar associados à radiação (WATANABE et al, 2000).

DUARTE et al (2014) em um estudo intitulado como: CONHECIMENTO E ATITUDES DOS ODONTÓLOGOS SOBRE PROTEÇÃO RADIOLÓGICA EM

RELAÇÃO À PORTARIA 453 DO MINISTÉRIO DA SAÚDE, realizado na cidade do Recife-PE, onde foram selecionados aleatoriamente odontólogos para um estudo no qual respondiam questões relacionadas a: Portaria 453/MS;

- Existência de avental de chumbo e protetor de tireoide e seu acondicionamento;
- Medida de proteção realizada durante a exposição; Quilovoltagem e Miliamperagem;
- Tipos de filmes e uso de posicionador;
- Tempo de exposição e revelação;
- Frequência de calibração de aparelho; Treinamento sobre radioproteção.

Os resultados da pesquisa feitos por Duarte demonstram que quanto maior o tempo de formação do profissional, menor é a utilização de VPIs. 55% dos entrevistados dizem conhecer a portaria 453, entretanto o que mais chama atenção nesse estudo é o fato de 80% dos entrevistados responderem que não houve nenhum treinamento ou formação continuada em relação à portaria 453.

O estudo aponta que os profissionais de odontologia, mesmo conhecendo a existência da Portaria 453 não percebem a necessidade de aplicá-la. O estudo demonstrou também pouco conhecimento na correta utilização do equipamento de raios X, ineficiência no cumprimento das normas de radioproteção e utilização inadequada de VPIs. Logo, os autores concluíram que a implantação de um programa educacional continuado em radiologia e uma maior fiscalização no cumprimento da lei, pode ajudar na mudança de atitude dos odontólogos em relação ao uso da radiação ionizante (COSTA, 2014).

Atualmente, estudos voltados nesse segmento de proteção radiológica e a conduta que os profissionais ali inseridos devem ter, enfatizam a preocupação com os perigos da radiação em seres humanos. No entanto, existem poucos relatos referentes à legislação acerca da proteção radiológica em serviços de radiodiagnóstico e do conhecimento da equipe multidisciplinar acerca do tema, e toda física das radiações inserida no processo, ou seja, pouco se fala sobre a legislação vigente (HUHN, 2014).

Nesse escopo, Flôr (2006), realiza uma pesquisa dentro de um hospital público no qual constata que no processo de trabalho envolvendo os raios X evidenciam-se várias situações de exposição à radiação ionizante. Por fim, concluiu que os profissionais de saúde encontram-se

desprotegidos e até mesmo desinformados quanto aos cuidados mínimos de proteção radiológica.

Imaginando uma contribuição para o problema exposto nos parágrafos anteriores, relacionado à formação inicial e continuada de tais profissionais, o *Gama-Game*, um jogo analógico de tabuleiro, foi idealizado para contribuir para uma melhor prestação no serviço de radiodiagnóstico.

1.6 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

Nosso trabalho está organizado em seis capítulos, incluindo este capítulo. No capítulo dois, é apresentada uma revisão da literatura, objetivando a compreensão sobre Radiações, interação da radiação com a matéria, grandezas e unidades da física das radiações e radioatividade. O capítulo três detalhamos a legislação e normas de proteção radiológica. No capítulo quatro, descrevemos a *gamificação* os jogos e o lúdico além de uma abordagem sobre os serious games. No quinto capítulo trabalhamos a metodologia, as etapas para a confecção do jogo, o jogo e os resultados. E no sexto capítulo concluímos o nosso trabalho.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Este capítulo apresenta uma revisão da literatura narrativa dividida nas seguintes seções:

2.1 AS RADIAÇÕES.

O Conselho Nacional de Energia Nuclear (CNEN) conceitua radiação como sendo qualquer processo físico de emissão e propagação de energia, por intermédio de fenômenos ondulatórios ou por meio de partículas dotadas de energia cinética (CNEN, 2017). Essa propagação de energia se dá de várias formas, dividindo as radiações em dois tipos distintos temas:

- Radiação Corpuscular: aquela constituída por um feixe de partículas elementares ou núcleos atômicos como feixes de elétrons, prótons, nêutrons e partículas α .
- Radiação Eletromagnética: constituída de campos magnéticos e elétricos oscilantes perpendicularmente entre si, que se propagam no vácuo com velocidade da luz $c = 3.10^8$ m/s, como é o caso dos raios ultravioleta, raios X, gama, infravermelhos e ondas de rádio.

De acordo com sua frequência, uma onda recebe denominações diferentes, como micro-ondas, radiação infravermelha, luz visível, radiação ultravioleta, radiação gama, em ordem crescente de frequência. A radiação eletromagnética é denominada também como energia eletromagnética ou energia radiante. A figura 6 demonstra o espectro eletromagnético que representa o conjunto de todas as ondas eletromagnéticas de diferentes frequências, algumas visíveis aos olhos humanos e outras não podendo ser captadas pelos nossos olhos (OKUNO, 2013).



Figura 6 - Espectro eletromagnético
Fonte : (CESAR, 2015).

De acordo com Typler esses vários tipos de ondas eletromagnéticas como: luz, ondas de rádio, raios X, raios gama, microondas e outras – diferem apenas no comprimento de onda e na frequência. Assim, a frequência, calculada em oscilações por segundo, é fundamental para identificar a onda eletromagnética; essa medida recebeu o nome de Hertz, em homenagem ao seu descobridor.

A radiação pode ser produzida por processos de ajustes de estabilização do núcleo dos átomos, das suas camadas eletrônicas, ou mesmo pela interação das radiações com partículas do átomo, com o núcleo ou com o próprio átomo. Assim, pela estabilização ou ajuste do núcleo do átomo, acontece a produção da radiação alfa, beta ou gama; pela estabilização ou ajuste na eletrosfera ou ainda a interação de partículas com o campo eletromagnético do núcleo ou dos elétrons, acontece à produção da radiação eletromagnética (raios-X, luz, infravermelho) (NANDI, 2004).

A partícula alfa (α) é o resultado do processo de estabilização de um núcleo, ou seja, no processo de conversão de um elemento em outro, denominamos decaimento, e tem a emissão da radiação alfa. É constituída por partículas subatômicas formadas por dois prótons e dois nêutrons, com carga $2+$, ou seja, um núcleo de hélio (He) com bastante energia cinética (CNEN, 2018).

As partículas alfa (núcleos de He) são emitidas por núcleos instáveis de elevada massa atômica, como por exemplo, urânio, tório e radônio. Estas partículas têm velocidades da ordem de um décimo da velocidade da luz e baixo poder de penetração, pois são muito pesadas e tem carga elétrica maior que as outras radiações. Na interação de uma partícula alfa (α) com átomos do ar, a primeira perde velocidade, conseqüentemente, poder de penetração, no meio material ao qual deve atravessar durante o processo de ionização dos átomos que encontrar no caminho. O alcance das partículas alfa (α) é muito pequeno, o que faz com que sejam facilmente bloqueadas, em geral, uma ou duas folhas de papel de escrever são suficientes para barrá-las, porém tem uma alta taxa de ionização. Para exposições externas, são inofensivas, pois não conseguem atravessar as primeiras camadas epiteliais. Mas quando são ingeridos ou inalados podem causar danos significativos na mucosa que protege os sistemas respiratório e gastrintestinal e nas células dos tecidos adjacentes. Nesse caso, o corpo da pessoa contaminada passa a ser uma fonte radioativa (UFRGS, 2018).

Outra forma de estabilizar o núcleo do átomo é pela emissão da radiação beta (β), ou partícula beta (β), que acontece quando há um excesso ou falta de nêutrons em relação aos prótons, com a emissão de uma partícula negativa ou positiva para tornar o núcleo mais estável.

Quando acontece uma desintegração negativa (β^-) temos a emissão de elétrons isso acontece quando o núcleo está com excesso de nêutrons e um dos nêutrons no interior do núcleo se transforma espontaneamente em um elétron e um antineutrino, resultando em um próton (CNEN, 2018). Já em uma desintegração positiva (β^+) um dos prótons no interior do núcleo se transforma espontaneamente em um pósitron (anti-elétron), ou seja, partículas com massa igual a do elétron, mas com carga positiva, quando o núcleo está com excesso de prótons e um neutrino, resultando em um nêutron (CNEN, 2018).

Esses elétrons são emitidos com grande velocidade, em geral próxima da velocidade da luz. Como têm menor massa, menor carga elétrica e maior velocidade que as partículas alfa, são mais penetrantes que as mesmas. As de maior velocidade atravessam 1mm de alumínio e no tecido humano, consegue atravessar espessuras de alguns milímetros, podendo ser usada em procedimentos médicos na superfície da pele (UFRGS, 2018).

Os raios γ (gama) ou radiação γ (gama) são um tipo de radiação eletromagnética, produzida em processos de decaimento nuclear. São altamente energéticos devido à sua elevada frequência e, conseqüentemente, baixos comprimento de onda. Geralmente, a frequência dos raios γ situa-se acima de 10^{19} Hz, o que implica comprimentos de onda abaixo de 10^{-12} m. Devido as altas energias que possuem, os raios gama (γ) constituem um tipo de radiação ionizante, capaz de penetrar na matéria de forma mais profunda do que a radiação alfa (α) ou a radiação beta (β). Devido a suas altas energia, podem causar danos ao núcleo das células dos seres vivos, principalmente nas moléculas de DNA, causando danos irreparáveis, como mutações genéticas, causando o aparecimento de células cancerígenas (CNEN, 2018). A figura seguinte demonstra os tipos de radiações e o poder de penetração das radiações em relação ao tecido humano, papel, alumínio, aço e chumbo.

Distinguíamos a radiação γ dos raios-X pela sua energia (os raios-X eram menos energéticos). Entretanto a sua distinção já não é feita desta forma, pois consegue produzir raios-X mais energéticos do que muitos raios γ , como nos aparelhos médicos de radiografia (SPENCER, 2014).

Os raios X ou gama (γ) se diferenciam entre si apenas pelas suas origens. As radiações γ são produzidas com reações nucleares, atômicos, pois após a emissão de partículas α ou β é frequente que o núcleo fique com um excesso de energia, que é libertada sob a forma de radiação γ , no qual também podem ser formados pela reação anti-matéria entre um elétron um pósitron e efeito Compton (SPENCER, 2014).

Enquanto as radiações X são causadas por excitação ou remoção de elétrons orbitais ou por desaceleração de elétrons. O quadro 2 apresenta as peculiaridades de cada partícula e o seu poder de penetração.

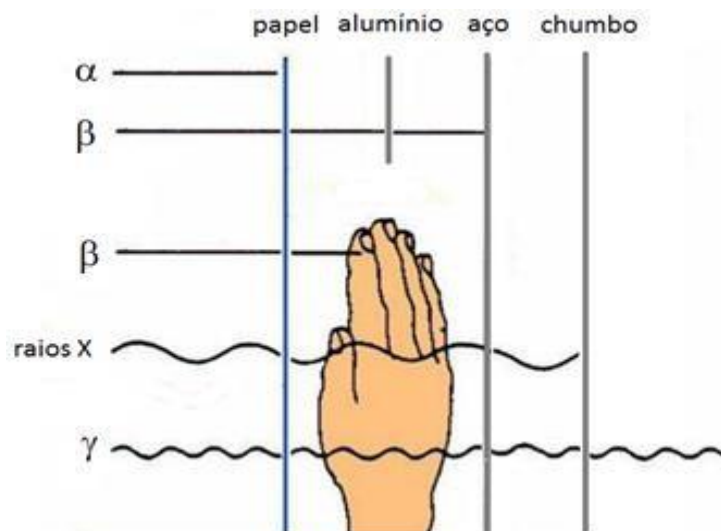


Figura 7 - Poder de penetração das radiações
Fonte : (OGURI, 2014).

Radiação	α	β	γ
Poder de ionização	Alto	Médio	Pequeno (não possui carga).
Danos ao organismo	Pequenos	Médio podem penetrar até 2 cm e ionizar células	Alto pode atravessar completamente o corpo humano
Velocidade	5% da velocidade da luz.	95% da velocidade da luz.	Igual a velocidade da luz.

Quadro 1 - Poder de penetração das radiações.
Fonte : Os autores.

2.2 INTERAÇÃO DA RADIAÇÃO X OU GAMA COM A MATÉRIA

No processo de interação entre um fóton de raios X ou gama e a matéria são emitidos ou criados elétrons ou pósitrons que ionizam os átomos e moléculas do meio, ao qual ele está ligado por força elétrica; caso contrário é considerado como radiação não ionizante. Quando um elétron é ejetado do átomo, forma-se o par íon positivo (pósitron) - íon negativo (elétron), ou seja, quando essas radiações têm energia suficiente, atravessam a matéria mudando-lhes assim o comportamento químico da matéria. A radiação ionizante refere-se a partículas capazes de produzir ionização em um meio, sendo diretamente ionizantes as partículas carregadas, como

elétrons, prótons, partículas α , fótons e nêutrons (OKUNO et al, 1982).

Entre os principais mecanismos de interação pode-se citar o efeito fotoelétrico, o efeito Compton e a produção de pares. O efeito fotoelétrico é um fenômeno no qual um fóton incidente ioniza um átomo e é absorvido por ele, emitindo elétrons de uma superfície metálica devido à incidência de radiação eletromagnética sobre a mesma. Foi Albert Einstein em 1905 que explicou o efeito fotoelétrico em que a luz e as demais ondas eletromagnéticas são formadas de pequenos pacotes de energia (quanta) chamados de fótons (YANIKIAN, 2015).

Para o radiodiagnóstico esse fenômeno é de suma importância, pois é o responsável pela formação das imagens quando o fóton de raios X, com energia um pouco maior que a energia de ligação dos elétrons da camada mais interna, tem maior probabilidade de realizar o efeito fotoelétrico. Ao interagir, o fóton é totalmente absorvido (desaparece) e transfere toda sua energia para o elétron mais fortemente ligado, que é ejetado de sua órbita, como demonstra a figura abaixo (YANIKIAN, 2015).

A vacância deixada pelo fotoelétron pode ser ocupada por elétrons das camadas superiores, gerando o que chamamos de radiação característica, que aparece nos espectros.

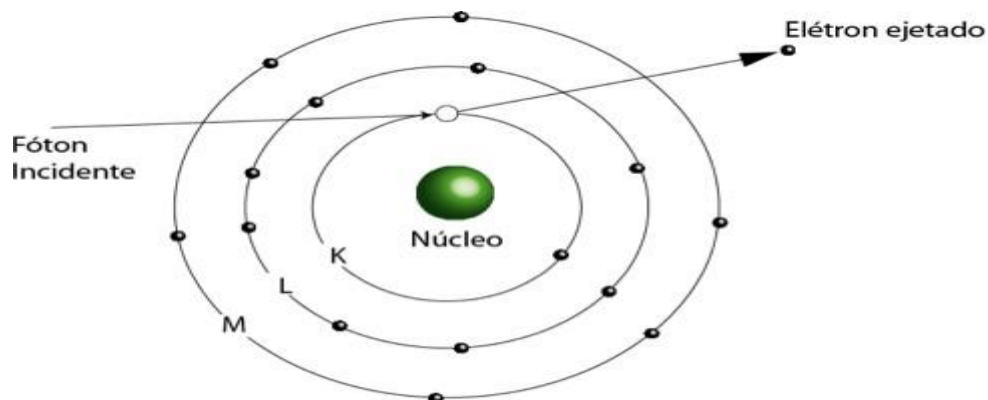


Figura 8 - Interação de um fóton com o elétron
Fonte: (ETSUS, 2012).

De acordo com as leis de conservação de momento e energia podemos estabelecer que o efeito fotoelétrico, só ocorre com elétrons fortemente ligados ao átomo, e nunca interagindo com um elétron livre. Diferentemente do efeito fotoelétrico, o efeito Compton ou (espalhamento Compton), foi estabelecido por Arthur Holly Compton que descreveu esse fenômeno e por esse feito foi agraciado com o prêmio Nobel de Física em 1923. O fenômeno ocorre quando um fóton de energia interage com um elétron orbital fracamente ligado ao átomo. Nesse modelo, considera-se uma interação com um elétron estacionário e livre. Consequentemente, como resultado dessa interação é formado outro fóton de energia menor que a inicial e o elétron inicialmente estacionário

é colocado em movimento (OKUNO, 2013). A figura abaixo demonstra esse processo.

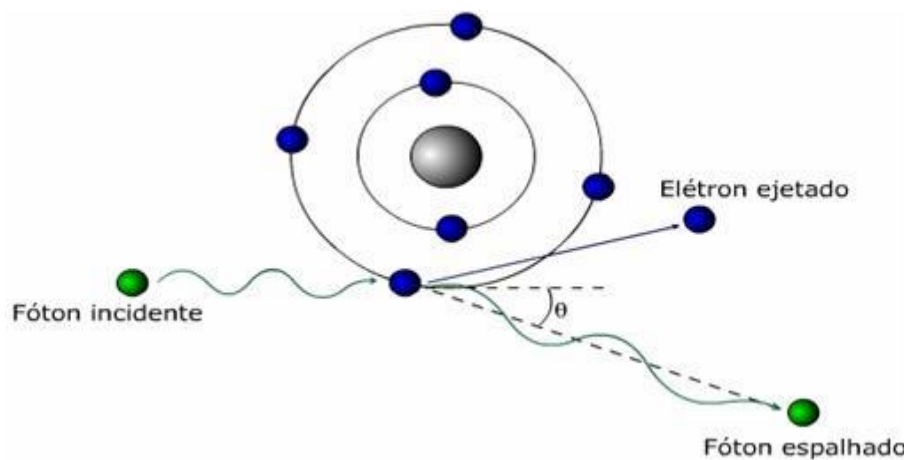


Figura 9 – Colisão entre um fóton e um elétron

Fonte : (ETSUS, 2012).

Na formação de pares acontece o fenômeno no qual os fótons se transformam em matéria durante algum momento da interação. Basicamente acontece da seguinte forma: quando um fóton com energia mínima de 1,022 MeV (frequência a partir de $2,5 \cdot 10^{20}$ Hz) colide com um núcleo, cedendo toda sua energia para o núcleo e dando origem a um par de partículas, o par elétron-pósitron (EISBERG, RESNICK, 1994).

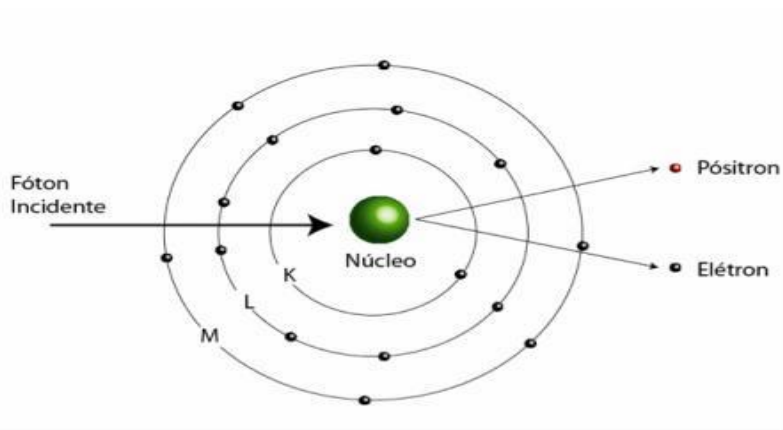


Figura 10 – Formação de pares

Fonte: (ETSUS, 2012).

2.3 HISTÓRIA DAS RADIAÇÕES (DESCOBERTA DOS RAIOS X)

A história das radiações se inicia no inverno de 1895, com a descoberta experimental dos raios X pelo físico alemão Wilhelm Conrad Röntgen, então com 50 anos, professor de física da Universidade de Wurzburg na Alemanha e ganhador do primeiro prêmio Nobel de física em 1901.

A previsão teórica da existência dos raios X, entretanto já havia sido feita alguns anos antes por Hermann Von Helmholtz que faleceu um ano antes, em 1884, sem saber que seu prognóstico se tornaria realidade.

Já em 1896, um ano após a descoberta de Röntgen, já havia relatos de realização de radiografias, com fins diagnósticos, em mais de 100 trabalhos sobre as aplicações médicas dos raios X (NAVARRO et al, 2008).

Em novembro de 1885, em Wurzburg, começou a investigar as propriedades dos raios catódicos emitidos por um tubo de descarga no qual se faz o vácuo conhecido como tubo de Crookes, nome dado por William Crookes, cientista autodidata, criador das lâmpadas fluorescentes e dos tubos de raios X (BUSHONG, 2010). Os raios catódicos nada mais são do que feixes de elétrons, cuja natureza corpuscular foi descoberta por Joseph John Thomson mais de um ano após a descoberta dos raios X. No interior do tubo do qual se retira quase todo o ar, há dois eletrodos um negativo chamado catodo e um positivo chamado anodo.

Os elétrons liberados do catodo aquecido são atraídos para o anodo que está algumas dezenas de quilovolts mais positivo que o catodo. No centro, há um furo por onde passam os raios catódicos que vão incidir no anteparo formando um ponto brilhante como será demonstrado na figura seguinte. Nesta experiência, Röntgen chegou à sua mais importante descoberta, os raios X (MARTINS, 2001).

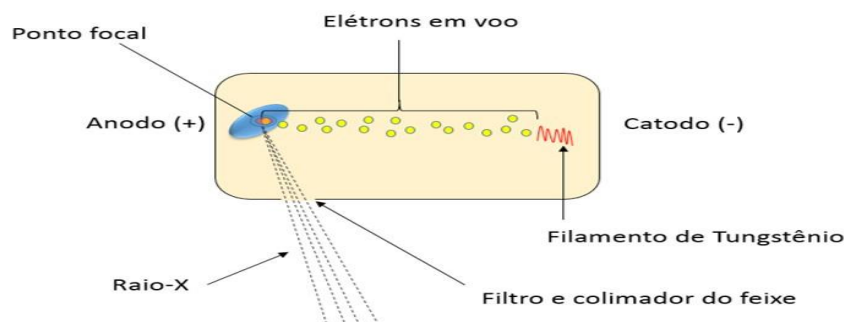


Figura 11 – Formação dos Raios X.
Fonte: (JALES, 2015).

Nesse processo um feixe de elétrons é emitido do cátodo (emissão termo-iônica). Devido à diferença de voltagem (pelo menos 25.000 V ou 25 KV) entre o cátodo (negativo - repele os elétrons) e o ânodo (positivo - atrai os elétrons), os elétrons são direcionados e se chocam contra o ponto focal do ânodo. Cerca de 99% da energia resultante do choque dos elétrons é convertida em calor. Até 1% da energia é convertida em fótons (raios X) (JALES, 2015).

Os raios X, por serem radiações de natureza eletromagnética, propagam-se através de qualquer material, ou mesmo no vácuo (SOARES, 2013).

Essa radiação é produzida por diversas maneiras e todas têm a emissão de energia cinética que os elétrons carregam.

A radiação eletromagnética é *quantizada*, ou seja, só existe em quantidades discretas ou valores definidos. Os fótons da Radiação X possuem uma dualidade onda-partícula, sua frequência esta entre 10^{18} HZ e 10^{20} HZ e seu comprimento de onda entre 0,01 nanômetros. O comprimento de onda é obtido da equação da velocidade:

$$c = \lambda \cdot f \quad (1)$$

Onde: c é a velocidade da Luz ($299,792 \cdot 10^6$ m/s);

λ comprimento de onda (metros);

f frequência (1/s; HZ).

O espectro eletromagnético emitido pelo ânodo é composto pela superposição de um espectro contínuo, denominado “Bremsstrahlung” atribuído à radiação de freiamento dos elétrons quando colidem com o alvo, logo o elétron perde parte de sua energia cinética original, emitindo-a como fóton ao interagir com o alvo. Ao chocarem com o ânodo, os elétrons penetram no material e passam muito próximo dos núcleos dos átomos, causando uma desaceleração. Esse processo faz com que estes elétrons percam energia que é emitida em forma de fótons de raios X (JALES,2015). Os espectros são caracterizados por um comprimento de onda limite (λ_{\min}) que diminui com o aumento da tensão no tubo. Em 1915, os físicos americanos Willian Duane e Franklin L. Hunt descobriram que o comprimento de onda limite varia com o inverso da tensão representada pela equação 2. Caracterizados pela existência de um limite inferior para o comprimento de onda quando toda a energia do elétron é convertida em radiação eletromagnética pela Lei de Duane-Hunt representada na equação 3 a qual determina o comprimento de onda mínimo da radiação emitida em função da tensão aplicada no sistema como descrita na equação seguinte:

$$\lambda_{\min} \sim \frac{1}{u} \quad (2)$$

O fóton de raio X de bremsstrahlung é a irradiação da energia cinética do elétron adquirida pela aceleração eletrostática entre o ânodo e o catodo, e λ_{\max} corresponderá e energia cinética do elétron totalmente desacelerado no ânodo.

$$\lambda_{\min} = \frac{hc}{e} \cdot \frac{1}{U} \quad (\text{Lei de Duane – Hunt}) \quad (3)$$

Este limite depende da voltagem aplicada, sendo inversamente proporcional à voltagem U aplicada. Menores comprimentos de onda, os raios-X ficam mais penetrantes. Sua intensidade aumenta fortemente com a voltagem aplicada, bem como a corrente de filamento.

No estudo das propriedades deste novo tipo de radiação verificou que quando colocamos material opaco, a luz entre o tubo e a tela coberta com platino cianeto de bário, a intensidade da luminescência decresce, mas não desaparece, mostrando que os raios X podem penetrar através de substâncias que são opacas à luz comum.

A partir daí, Röntgen verificou que a nova radiação passava por folhas de papelão e finas placas metálicas que se propagavam em linha reta e não eram definidas por campos elétricos e magnéticos. Röntgen apresentou seu trabalho ao grande público em janeiro de 1896. Nessa apresentação prática, Röntgen demonstrou como os raios X passam através do tecido, mas não pelos ossos como pode ser demonstrado na imagem seguinte a qual demonstra à primeira radiografia da História, de uma das mãos de Anna Bertga Ludwig Roentgen, sua mulher (cerca de 15 minutos de exposição). O impacto na medicina foi muito grande. Imediatamente passou a ser grande o uso de equipamentos de Raios X em aplicações médicas desenvolvidas na Europa e na América (MARTINS, 2001).



Figura 12 – Radiografia de uma das mãos de Anna Bertga Ludwig
Fonte: (SEVERO, 2014).

2.4 A RADIOATIVIDADE

Consideramos radioatividade o fenômeno no qual o núcleo de um átomo emite espontaneamente radiações para adquirir estabilidade e sua descoberta está diretamente relacionado à descoberta dos raios X. Röntgen com uma dedicação integral e de modo muito intenso ao estudo do fenômeno, conseguiu, em menos de dois meses, determinar várias propriedades dos raios X e publicou, em 28 de dezembro de 1895, seu primeiro artigo sobre o assunto (MARTINS, 1997).

Henri Becquerel, entusiasmado ao assistir uma apresentação na academia de ciências de Paris sobre a descoberta dos raios X ministrada por Henri Poincaré, intensificou seus estudos sobre materiais fosforescentes e fluorescentes e, no mesmo ano, Becquerel estabeleceu que os sais de urânio emitiam radiações análogas aos raios X e que impressionavam chapas fotográficas (XAVIER et al., 2006).

Os raios de Becquerel foram estudados a fundo pelo casal Curie, com Marie iniciando em 1897 a sua tese de doutorado com o tema: *Estudo da natureza dos raios de Becquerel*. Com o decorrer da pesquisa, o rumo foi modificado, e ela passou a procurar outros materiais que emitissem os raios de becquerel e um ano depois em Paris descobriu, ao mesmo tempo em que Schmidt na Alemanha, que entre os elementos conhecidos, o tório apresentava características radioativas, do urânio (CNEN, 2017).

Continuando suas pesquisas, Marie Curie junto a seu marido, o físico francês Pierre Curie, descobriram dois novos elementos, sendo o polônio um deles. O polônio foi assim denominado em referência ao país de origem de Marie, constatando que este elemento era cerca de 400 vezes mais ativo que o urânio. O outro elemento descoberto por Marie Curie foi denominado rádio, o qual era cerca de 900 vezes mais radioativo que o urânio. A partir de então, ficou em uso o termo radioatividade, o qual significava ativado por uma radiação penetrante que preenche todo o espaço (OKUNO, 2007).

Prosseguindo os estudos sobre a radioatividade natural, verificou-se a existência de três tipos de radiação estabelecidos por um jovem cientista neozelandês chamado Ernest Rutherford, o qual um ano após iniciar seus estudos estabeleceu que a emanção proveniente de substâncias radioativas era composta por pelo menos dois tipos de radiação, um deles facilmente absorvido, e outro muito mais penetrante, sendo ambos desviados por campos magnéticos, só que em direções opostas. Tais radiações foram chamadas de radiação α (alfa) e radiação β (beta). Rutherford chegou a essa conclusão a partir da realização de um experimento, no qual colocando uma amostra de um material radioativo dentro de um recipiente de chumbo contendo um orifício, o material produziu

um ponto brilhante em uma placa de sulfeto de zinco que estava diante do orifício, dividindo-se em três feixes de radiação, que foram denominadas radiação alfa (α), beta (β) e gama (γ), representadas na figura seguinte.

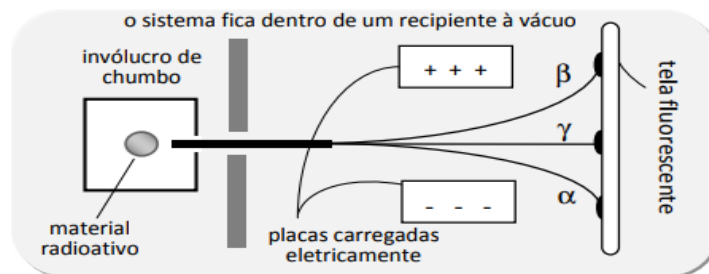


Figura 13 - Experimento de Rutherford

Fonte: (MEIJON, 2011).

Após um ano, Paul Villard identificou o terceiro tipo de radiação que recebeu o nome de radiação gama (γ) que, ao contrário dos dois primeiros, não sofria deflexão em campos magnéticos. Foi Rutherford quem estabeleceu que a radiação gama (γ) apresentava as mesmas características dos raios-X, ou seja, uma onda eletromagnética de alta energia (XAVIER, 2006).

Até 1934, as radiações utilizadas na Medicina eram os raios X, e as radiações α , β e γ , porém a partir desse ano Irene Curie, filha de Marie Curie, em conjunto com seu marido Jean Frédéric Joliot, produziram artificialmente os elementos radioativos fósforo-30 e nitrogênio-13, ou seja, eles conseguiram transformar elementos comuns que não eram radioativos em elementos radioativos. Por esse feito, os dois receberam, em 1935, o Prêmio Nobel de Física pela descoberta da radioatividade artificial (MARTINS, 2001). Desde então, os mais diferentes tipos de elementos são produzidos e aplicados em diversas áreas como a diagnose, terapia de doenças, conservação de alimentos, esterilização de materiais cirúrgicos e médicos.

Os artigos que surgiram na literatura científica inicialmente revelaram o impacto que a descoberta dos raios-X e da radioatividade tiveram na comunidade científica e nos meios de comunicação da época, instigando a curiosidade de todos, particularmente na comunidade médica. Apesar de inicialmente a maioria dos artigos escritos sobre raios-X se basearem na sua descoberta e na investigação das suas propriedades, a evolução do pensamento científico conduziu, não só ao reconhecimento e aceitação desta nova descoberta, mas também ao desenvolvimento das suas aplicações em várias áreas científicas, principalmente nas variáveis aplicações e melhoramento do diagnóstico (GLASSER, 1993).

A quantidade exagerada de notícias que circulavam nos meios de comunicação popular, rapidamente fascinou o público em geral gerando uma enorme manifestação cultural, bem como as

mais diferentes opiniões. Logo, uma epidemia de usos e abusos dos raios X se espalharam pelo mundo (FILOMENO, 2009). Entretanto, poucos meses após a descoberta foi relatado o primeiro caso de lesão de pele devido à exposição aos raios-x e até o final daquele ano de 1896 houve mais de 30 publicações em revistas científicas e congressos, relatando lesões de pele, queda de pelos e problemas nos olhos (GLASSER, 1993). Uma dessas publicações foi feita pelo jornal o jornal St. Louis Globe-Democrat onde fazia o primeiro alerta público sobre o perigo dos raios X para os olhos (UFRGS, 2017).

O casal Curie, desde o começo de sua saga por elementos radioativos, desconhecia o perigo da radiação, tanto que Pierre Curie carregava no bolso um tubo de ensaio com uma solução de rádio e teve queimaduras de contato, que cicatrizavam lentamente. Marie mantinha substâncias brilhantes em seu criado-mudo e veio a falecer de leucemia, ligada ao envenenamento radioativo, em 1934 (HUHN, 2014).

Uma das primeiras observações sobre a interação da radiação com o tecido vivo foi feita por Becquerel em 1898:

Algumas horas depois, na pele aparecia um avermelhamento que pouco a pouco crescia em superfície e intensidade e que se desenvolveu até se formar uma úlcera que demorou muito tempo para curar.” (PERRIN, 1921).

A concretude dos malefícios da radiação veio com o experimento de Elihu Thomson, o qual expôs o seu dedo mínimo durante meia hora por dia, por sete dias, a uma distância de três cm do tubo de feixe de raios X. Após essa exposição, ele começou a sentir os efeitos da radiação, tais como dores, inflamação e formação de bolhas no dedo (OKUNO, 2007).

Elihu Thomson, logo após esse episódio, concluiu que a exposição a raios X, além de certos limites, podia causar sérios riscos a saúde. A partir desse momento os cientistas perceberam a necessidade de estabelecer técnicas de medidas de radiação e normas de proteção contra efeitos danosos. A relação entre a exposição e o adoecimento é um processo complexo, o qual pode exigir, além do histórico ocupacional, os dados epidemiológicos compatíveis com a hipótese do dano (BRASIL, 2017).

No último século, a radiologia passou por uma grande evolução no desenvolvimento de equipamentos para procedimentos diagnósticos com tecnologia digital, melhorando dessa forma a qualidade das imagens, proporcionando maior precisão nos diagnósticos médicos, contribuindo para o sucesso dos tratamentos e a elevação da expectativa de vida dos usuários (CNEN, 2017).

Ainda nessa perspectiva, Patrício (2010) reforça que devido à evolução da tecnologia, os procedimentos de saúde tendem a utilizar equipamentos emissores de radiação ionizante em prol de um diagnóstico mais preciso, assim como os exames radiológicos das demais especialidades

médicas tiveram um aumento significativo nas últimas décadas. Na década de 1950, eram realizados entre cinquenta a sessenta tipos de exames laboratoriais no Brasil. Na década de 60, com a ampliação do conhecimento médico, o desenvolvimento dos processos técnicos, a evolução da informática e o surgimento dos primeiros equipamentos automáticos para laboratórios elevaram substancialmente essa quantidade de exames disponíveis, ao ponto que na década de 1970 a quantidade de modalidades de exames atingiram cerca de 500, e nos anos 2000 o patamar de 2000 tipos de exames foi atingido (FRIEDMAN, 2000).

O *National Council on Radiation Protection and Measurements* (NCRP), nos Estados Unidos, estima que a exposição à radiação para a produção de imagens médicas aumentou em 600% entre 1980 e 2006. Brody (2012) estabelece que todos os anos 10% dos pacientes são expostos a doses altíssimas de radiação e reforça que a forma apropriada de utilizar a radiação médica é balancear os riscos potenciais e os benefícios conhecidos, e além das doses excessivas de radiação para obter imagens médicas os riscos e as normas existentes para preservar a saúde dos que utilizam não são assegurados em sua grande maioria (BRODY, 2012).

Os técnicos em radiologia e os odontólogos trabalham sob condições inadequadas e demonstraram alguma negligência do ponto de vista de segurança e no que concerne a formação continuada dos profissionais, o que gera um atendimento inadequado e ineficiente em relação às precauções de segurança padrões (MACEDO, 2009).

2.5 GRANDEZAS E UNIDADES DA FÍSICA DAS RADIAÇÕES

As grandezas inseridas na física das radiações estão separadas em três principais áreas que são elas: grandezas físicas, grandezas de proteção e grandezas operacionais, sendo as duas últimas direcionadas para uso em proteção radiológica.

As grandezas de proteção são grandezas dosimétricas e foram introduzidas para o estabelecimento de limites para de exposição à radiação (OKUNO, 2010). A partir da constatação de que a radiação tem a capacidade de destruir tumores, surgiu à necessidade de especificar e medir a radiação. A primeira grandeza a ser introduzida nessa área de conhecimento foi à exposição que de uma maneira objetiva seria a quantidade de energia absorvida por massa de tecido, ou seja, é uma grandeza que caracteriza os feixes de raios X ou gama, medindo a quantidade de carga elétrica produzida por ionização no ar por unidade de massa dessa radiação (OKUNO, 2010).

A dose absorvida é considerada a mais importante grandeza física no que concerne à radiologia, radio biologia e a proteção radiológica. De acordo com a portaria 453/98, a dose

absorvida é a energia média cedida pela radiação ionizante à matéria por unidade de massa da matéria (BRASIL, 1998). A dose absorvida (Gy) expressa a energia absorvida em 1 Kg de matéria quando uma radiação ionizante interage com ela, logo 1 GRAY = 1 JOULE/ KG (CNEN, 2017).

Quando se leva em consideração o tipo de radiação, a grandeza dose absorvida passa a ser denominada de dose equivalente, atribuindo-se a mesma uma nova unidade: o sievert (Sv). A dose equivalente mostra que para uma mesma dose absorvida, o efeito biológico poderá ser maior ou menor dependendo do tipo de radiação.

A dose equivalente anual a que uma pessoa está submetida, devido a radiação natural, é em média da ordem de 1mSv (milisievert) e o prefixo está relacionado a uma parte de mil (1/1000). De acordo com o Comitê Científico das Nações Unidas para os Efeitos da Radiação Atômica (UNSCEAR), o conhecimento dos níveis de doses em radioproteção é um passo importante para a avaliação dos riscos associados às exposições individuais ou coletivas.

Com isso, instituições internacionais recomendam limites de doses para trabalhadores e membros do público, objetivando restringir esses riscos. A tabela seguinte apresenta alguns dos limites primários anuais de dose para o trabalhador e indivíduos do público adotados como referência no Brasil (CNEN, 2017).

Dose Equivalente	Trabalhador	Indivíduo do Público
Efetiva (corpo inteiro)	50 mSv (*)	1 mSv
Cristalino	150 mSv	50 mSv
Pele	500 mSv	50 mSv
Extremidades (**)	500 mSv	50 mSv

(*) mSv = millisievert = 0,001 Sv.

(**) mãos, antebraços, pés e tornozelos.

Quadro 2- Limites primários anuais de doses equivalentes.

Fonte: (ETSUS, 2012).

3.0 LEGISLAÇÃO E NORMAS DE PROTEÇÃO RADIOLÓGICA

O primeiro congresso internacional de Radiologia foi realizado em Londres em 1925 e concentrou-se sobre unidades e normas de trabalho com Raios X. Ainda nesse congresso foi criada a Comissão Internacional de Unidade e Medidas da Radiação (ICRU), tendo como principais características as:

- Recomendações a serem aceitas internacionalmente sobre grandezas e unidades de radiação e radioatividade.
- Procedimentos adequados para aplicação dessas grandezas.
- Coletas de dados físicos necessários para aplicação desses procedimentos.

O segundo congresso internacional de radiologia foi realizado em Estocolmo três anos após a realização do primeiro; fundou a Comissão Internacional de Proteção Radiológica (ICRP), a qual possui como foco principal o delineamento das diretrizes gerais para o uso da radiação e estabelecer parâmetros máximos permissíveis de radiação para os trabalhadores, pacientes e públicos em geral (FLÔR, 2009; OKUNO, 2013).

A comissão internacional de proteção radiológica em conjunto com a comissão internacional de unidades e medidas das radiações mantêm relações oficiais com o comitê científico sobre os efeitos da radiação atômica da Organização das Nações Unidas, que tem como linha de pesquisa a literatura sobre os efeitos biológicos das radiações.

Considerando as pesquisas da *UNSCEAR*, a *ICRP* publica suas recomendações. A Agência Internacional de Energia Atômica (*AIEA*) organiza as recomendações feitas pela *ICRP* como normas e guias. Vale ressaltar que essas comissões vêm-se reunindo geralmente a cada três anos. De modo geral, cada país possui um Órgão que faz adequações nas normas internacionais para poder adotá-las após os países membros aceitarem as recomendações da Agência Internacional de Energia Atômica (*AIEA*) em suas próprias leis (*ICRP*, 2017).

Em 1962, a Lei n.4.118 criou a Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN), a qual é a responsável pela legislação e normatização do uso da radiação e somente em 1998 a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) do Ministério da Saúde publicou a Portaria SVS/MS 453/98 (BRASIL, 1998) que estabelece requisitos de proteção radiológica e controle de qualidade para a radiologia médica, odontológica e intervencionista.

A Portaria 453 estabelece as diretrizes básicas de proteção radiológica em radiodiagnóstico médico e odontológico, onde procura garantir a qualidade e segurança nos procedimentos prestados à população que devem ser adotadas em todo o território nacional pelas pessoas jurídicas

e físicas, de direito privado e público, envolvidas com a produção e comercialização de equipamentos emissores de radiação X, bem como a prestação de serviços que implicam na utilização de raios X para fins médicos e odontológicos e nas atividades de pesquisa biomédica e de ensino (HUNH, 2014).

Em seus objetivos são encontrados os elementos básicos das proposições da OMS, sistematizados na reunião de Neuherberg na Alemanha em 1979 em um seminário com especialistas da área de radiologia, na qual estabeleceram uma concepção do conceito de riscos em radiodiagnóstico.

Nesse evento, concluiu-se que um importante passo no desenvolvimento de estudos sobre eficiência/eficácia seria a adoção, por todos os países, de programas de garantia de qualidade em radiodiagnóstico, com o objetivo de melhorar a qualidade da imagem, reduzir as doses e os custos de funcionamento, sendo consenso que a Organização Mundial de Saúde (OMS) e a Agência Internacional de Energia Atômica (IAEA) deveriam ter o papel de difundir a implantação dos programas (NAVARRO et al., 2008). Seu Regulamento Técnico leva em consideração as principais recomendações das organizações internacionais nas quais temos a OMS, OPAS e ICRP.

1.2 Atendendo à política nacional de proteção à saúde, o presente Regulamento tem por objetivos: a) Baixar diretrizes para a proteção da população dos possíveis efeitos indevidos inerentes à utilização dos raios-x diagnósticos, visando minimizar os riscos e maximizar os benefícios desta prática. b) Estabelecer parâmetros e regulamentar ação para o controle das exposições médicas, das exposições ocupacionais e das exposições do público, decorrentes das práticas com raios-x diagnósticos. c) Estabelecer requisitos para o licenciamento e a fiscalização dos serviços que realizam procedimentos radiológicos médicos e odontológicos.

Em seu segundo capítulo, apresenta os princípios básicos da radioproteção (Justificação, Otimização, Limitação de doses e Prevenção de acidentes), conforme consolidados nas recomendações internacionais.

As exposições médicas de pacientes devem ser otimizadas ao valor mínimo necessário para obtenção do objetivo radiológico (diagnóstico e terapêutico), compatível com os padrões aceitáveis de qualidade de imagem. Para tanto, no processo de otimização de exposições médicas, deve-se considerar: a) A seleção adequada do equipamento e acessórios b) Os procedimentos de trabalho. c) A garantia da qualidade. d) Os níveis de referência de radiodiagnóstico para pacientes (BRASIL, 1998).

No terceiro capítulo, estabelece o requisito operacional que inclui os seguintes assuntos: obrigações básicas, registro, licenciamento, responsabilidades, qualificação profissional, controle ocupacional, restrições de dose em exposições médicas, características gerais dos equipamentos e garantia de qualidade.

a) Levantamento radiométrico das instalações. Organização e gestão de pessoal para prevenção de acidentes. Organização hierárquica e delegação de funções no departamento. b) Responsabilidades do técnico/ tecnólogo/ auxiliar, assim como sua formação profissional. c) Promoção de reciclagem e treinamento de funcionários. d) Controle de áreas do serviço, em áreas livres, áreas controladas, áreas restritas ou áreas interditadas, assim como normas para controle e monitoração pessoal de dosagem com técnicas e equipamentos para tal (BRASIL, 1998).

A Portaria 453 preconiza que a falta de vestimentas de proteção individual e a ausência de um controle periódico são alguns dos exemplos que demonstram a desatenção dada s radiações ionizantes no rasil, o que condiz com a necessidade de programas específicos de qualificação dos profissionais envolvidos nessas atividades, a fim, inclusive, de se garantir uma boa qualidade técnica do exame. O sistema de proteção radiológica deve se empenhar em manter a exposição ocupacional abaixo do limiar recomendado, evitando-se, assim, os efeitos estocásticos, já que os efeitos biológicos produzidos pela radiação são cumulativos. Para isso, é indispensável o uso das Vestimentas de Proteção Individuais (VPIs) adequados e a formação continuada dos profissionais inseridos nessa modalidade de trabalho (AZEVEDO, 2010).

Nesse escopo, Soares (2002) estabelece como sendo pontos fundamentais em um programa de monitoração ocupacional, os pontos de maior preocupação com a exposição dos indivíduos, os quais devem ser a jornada de trabalho, a formação dos funcionários, o treinamento periódico, a dosimetria pessoal e os exames médicos de rotina. Deve haver, ainda, treinamento anual e educação continuada permanente sobre proteção radiológica de todos os profissionais envolvidos com as atividades, pois a responsabilidade em se cumprir as regulamentações se aplicam a todos (BRASIL, 1998).

Aprovada em 2005, a Norma Regulamentadora NR-32 de Segurança de Trabalho nos estabelecimentos de saúde, veio para mudar o cenário levantado pelo Ministério da Previdência Social o qual indica que os problemas enfrentados pelos profissionais da saúde acarretam altos índices de acidentes.

A NR-32 é definida como a norma que cuida da saúde dos profissionais da área da saúde, bem como daqueles que exercem atividades de promoção e assistência à saúde em geral. A norma foi criada para constituir diretrizes básicas para a implementação de medidas de proteção específicas aos trabalhadores do setor.

O treinamento de radioproteção é de importância estratégica para toda equipe, pois a segurança é preocupação essencial no trabalho com radiações ionizantes (raios X). Desta forma, o treinamento de radioproteção tem papel fundamental para todas as atividades do ramo. O treinamento de radioproteção deve ser aplicável a todas as atividades do radiodiagnóstico que

fazem o uso dos raios X (radiologia médica, odontológica e intervencionista) para buscar atender a portaria 453 MS e a NR-32 MT (BRASIL, 2005).

A necessidade de treinamento específico e periódico dos profissionais de radiodiagnóstico em proteção radiológica a radiações ionizantes está explícita, conforme recomenda a Portaria Federal 453 da agência nacional de vigilância sanitária (Anvisa) no item 3.38

Os titulares devem implementar um programa de treinamento anual, integrante do programa de proteção radiológica, contemplando, pelo menos, os seguintes tópicos:

- a) Procedimentos de operação dos equipamentos, incluindo uso das tabelas de exposição e procedimentos em caso de acidentes.
- b) Uso de vestimenta de proteção individual para pacientes, equipe e eventuais acompanhantes.
- c) Procedimentos para minimizar as exposições médicas e ocupacionais.
- d) Uso de dosímetros individuais.
- e) Processamento radiográfico.
- f) Dispositivos legais (BRASIL, 1998).

Sendo assim, nesta pesquisa apresentamos a confecção de um jogo de tabuleiros a ser utilizado no treinamento de profissionais de radiodiagnóstico. Este jogo contemplará assuntos conceituais sobre radiação, técnicas sobre o uso de aparelhos de radiodiagnóstico, bem como temas relacionados à segurança, apresentados nas normas específicas. Com essa finalidade, no próximo capítulo faremos uma breve revisão sobre *gamificação* e a técnica de elaboração de jogos.

4 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

4.1 Gamificação

Até o ano de 2020 cerca de 85% da nossa atividade diária será gamificada, é o que aponta Richard Garriott, pesquisador do Institute of Electrical and Electronic Engineers (IEEE). Nos últimos anos, esse termo tem sido um tópico de tendência e um assunto para muitos pesquisadores como um meio de apoiar o engajamento do usuário e melhorar padrões positivos no uso de serviços, como o aumento da atividade do usuário, interação, qualidade e produtividade das ações (HAMARI, 2013).

Entretanto, o termo *gamificação*, do inglês *gamification*, pode ser entendido como sendo o mecanismo de pensamento e a dinâmica do jogo para envolver, engajar e qualificar os usuários a resolver problemas diversos em atividades de não jogos (DETERDING, 2011).

Sua utilização busca, através de seus recursos, mobilizar a subjetividade e a criatividade das pessoas, com a intenção de obter um maior engajamento para a participação, contribuição e colaboração nas atividades (BRAZIL; ALBAGLI, 2016).

O papel produtivo da *gamificação* adquire ainda maior relevância no contexto atual, onde o conhecimento, muitas vezes, se constitui como matéria-prima e produto final, e a importância e a atuação do trabalho vivo se sobressaem em relação ao trabalho tecnológico (BRAZIL, 2017).

Os jogos trazem fatores motivacionais para os jogadores como: a participação em um grande enredo, fazendo com que o jogador se sinta parte de algo importante; com possibilidade de conquistar uma vitória; e ainda o feedback constante recebido a cada conquista ou a cada ação importante do jogador, e a derrota ou o fracasso sendo encarada como algo positivo tendo a possibilidade de recomeçar e alcançar o sucesso (MCGONIGAL, 2010).

Viana (2013), considera que os elementos mais importantes e eficientes atribuídos a um universo onde não necessariamente tenha um jogo envolvido são a mecânica, a dinâmica e a estética.

- Mecânicas: São os elementos que compõe o jogo para o seu funcionamento e permitem as orientações nas ações do jogador.
- Dinâmicas: São as interações entre o jogador e as mecânicas do jogo.
- Estéticas: Que está relacionada às emoções do jogador durante a interação com o jogo.

Zichermann (2011) estabelece quatro razões específicas que contribuem para os indivíduos jogarem que são elas: para obterem domínio pleno de determinado assunto; aliviarem o stress; como forma de entretenimento e como meio de socialização.

Já Ferrara (2013) menciona que a vontade de vencer é o que motiva os jogadores, o que simplificaria então a estética dos jogos. Para diferenciar a *gamificação* de outros contextos semelhantes, a imagem a seguir direciona a *gamificação* entre dois eixos. O horizontal traz a ideia de um jogo completo até as suas partes (elementos) e o vertical vai da brincadeira (livre e descontraída) para o jogo (mais formal).

Sendo assim, a *gamificação* pressupõe o uso de elementos dos games, sem que o resultado final seja um game completo, e também se diferencia do design lúdico na medida em que este pressupõe apenas um aspecto de maior liberdade, de forma lúdica, quanto ao contexto em que está inserido (FARDO, 2013).



Figura 14- Contextualização da *gamificação*
Fonte : (DETERDING et al., 2011).

Logo essa vertente cria espaços de aprendizagem mediados pelo desafio, pelo prazer e entretenimento. Compreendemos espaços de aprendizagem como distintos cenários escolares e não escolares que potencializam o desenvolvimento de habilidades cognitivas (planejamento, memória, atenção, entre outros), habilidades sociais (comunicação assertividade, resolução de conflitos interpessoais, entre outros) e habilidade motoras (ALVES et al, 2013).

Nesse contexto, a *gamificação* pode ser aplicada nos segmentos onde é preciso estimular o comportamento do indivíduo e, conseqüentemente, para o desenvolvimento cognitivo do profissional, sua utilização proporciona um ambiente satisfatório para aprendizagem, com a eficácia na retenção da tarefa. Enquanto o jogador está inserido na realidade do jogo, ele consegue responder melhor ao fracasso, o que não ocorre sempre nos problemas reais, onde o fracasso está diretamente associado ao pessimismo, à depressão e a tristeza. A partir das situações citadas, percebemos que o comportamento é mais bem aceito no ambiente do jogo do que no ambiente real,

o que nos leva a percepção de como é importante à inserção das características de jogos em atividades de não jogos, para auxiliarem as pessoas a executarem seus objetivos com uma entrega maior e com mais qualidade nas tarefas executadas (MCGONIGAL, 2010).

Com o objetivo identificar e visualizar um determinado problema ou contexto e pensar soluções a partir do ponto de vista de um game (jogo) em uma abordagem digital ou analógica. Entretanto, sua utilização não implica em criar um game que aborde o problema, recriando a situação dentro de um mundo virtual, mas sim em usar as mesmas estratégias, métodos e pensamentos utilizados para resolver aqueles problemas nos mundos virtuais em situações do mundo real.

Desta forma, conclui-se que a *gamificação* tem a finalidade de envolver emocionalmente o indivíduo dentro de uma gama de tarefas realizadas, utilizando mecanismos provenientes de jogos que são aceitos pelos sujeitos como elementos prazerosos e desafiadores, favorecendo a criação de um ambiente propício ao engajamento do indivíduo. Esse engajamento, por sua vez, pode ser medido e visto como os níveis de relação entre o sujeito e o ambiente e é um dos principais fatores a serem explorados dentro dos recursos da *gamificação*.

4.2 OS JOGOS E A LUDICIDADE

Os jogos são tão antigos quanto à humanidade, entretanto essa atividade só passa a fazer parte da educação a partir das ideias proposta por Friedrich Froebel, educador alemão (1782- 1852) e fundador dos jardins de infância. De acordo com Froebel o modelo básico de sua proposta educacional baseava-se em atividades de cooperação e jogos. Froebel se destaca por ser o primeiro educador a introduzir os jogos, nas atividades lúdicas, pois conseguia ver o recurso como uma ferramenta para uma melhor aprendizagem, não apenas para diversão.

Segundo Lopes (2001) o jogo é uma atividade rica e de grande efeito que responde às necessidades lúdicas, intelectuais e afetivas, o qual estimula a vida social ocasionando importante contribuição na aprendizagem. O jogo tem uma característica importante que o separa da vida cotidiana, constituindo-se em um espaço fechado com regras próprias definidas, e uma aplicação subjetiva na qual os participantes atuam de forma descompromissada em uma espécie de “bolha lúdica” que, durante o jogo, não tem consequências no mundo exterior (PEREIRA et al, 2009).

A importância dos jogos na educação ocorre quando a diversão se torna aprendizagem e experiências cotidianas, conforme Lopes (2001):

É muito mais eficiente aprender por meio de jogos e, isso é válido para todas as idades, desde o maternal até a fase adulta. O jogo em si, possui componentes do cotidiano e o envolvimento desperta o interesse do aprendiz, que se torna sujeito ativo do processo, e a confecção dos próprios jogos é ainda muito mais emocionante do que apenas jogar. (LOPES, 2001, p. 23).

Os jogos se caracterizam pelo extenso poder de transmissão de ideias, porém, muitas vezes, esses objetos são vistos (e mesmo projetados) como apenas um passatempo lúdico, ignorando esse grande potencial (PEREIRA, 2016). Ao fazer parte de um enredo, o jogador é exposto a uma série de temáticas de forma interativa, o que possibilita não apenas uma experiência divertida, mas também de aprendizado.

Os jogos podem ser usados de forma a dar uma maior exposição a temas pouco discutidos, tornando-se também uma ferramenta informativa ou expressiva (SEABRA; SANTOS, 2015). De forma semelhante, os jogos podem também ser usados como meios incentivadores do desenvolvimento de senso crítico, devido à sua capacidade de simulação (PEREIRA, 2016). Em um jogo, a carga informativa pode ser significativamente maior, os apelos sensoriais podem ser multiplicados e isso faz com que a atenção e o interesse do indivíduo seja mantido, promovendo a retenção da informação e facilitando a aprendizagem. Portanto, toda a atividade que incorporar a ludicidade pode se tornar um recurso facilitador do processo de ensino e aprendizagem.

Amorim (2014) estabelece que o lúdico deriva da palavra *Ludus* e significa jogos, do qual possibilita o estudo da relação da pessoa com o mundo externo, integrando estudos específicos sobre a importância do lúdico na formação da personalidade. As situações lúdicas mobilizam esquemas mentais e são consideradas uma atividade física e mental, logo podemos considerar o lúdico como uma atividade pautada em prazer e esforço que aciona e ativa as funções psiconeurológicas e as operações mentais, estimulando o pensamento (AMORIM, 2014).

Já Huizinga (1980) conceitua o lúdico como um elemento da cultura, inserido em todas as formas de organização social, das mais simples às mais complexas. Disponibiliza uma função significativa, ou seja, afirma que a essência do lúdico não é material, uma vez que ultrapassa os limites da realidade física, encerra um determinado sentido, transcendendo as necessidades imediatas da vida. O lúdico traz em seu enredo a representação da realidade, trata-se da realização de uma aparência. Pressupõe uma mudança de perspectiva para a esfera teatral ou representativa, em que as coisas são aceitas pelo que são vivenciadas.

Friedman (2003) conceitua que atividades lúdicas cuja motivação é intrínseca ao sujeito, ou seja, está na própria ação do sujeito e os motivos e os benefícios não estão nos seus feitos utilitários ou resultados externos, mas nas variadas vivências dos diversos aspectos da realidade, que dão significado para quem age ludicamente.

As atividades lúdicas estimulam a curiosidade, a autonomia, à participação, à cooperação, à autoconfiança, o respeito, a aprendizagem e desenvolvem a linguagem do pensamento. Elas não são simplesmente formas de alívio ou passatempo, mas são os meios que contribuem para desenvolver e enriquecer o repertório de conhecimentos inerentes de cada ser humano (LIMA, 2016).

Ainda no escopo dos benefícios em que as atividades lúdicas proporcionam, RIZZO (2001) elenca os objetivos alcançados nas atividades lúdicas dos quais foram observadas:

- Desenvolvimento da criatividade, a sociabilidade e as inteligências múltiplas;
- Reforço dos conteúdos já aprendidos;
- Aceitar regras;
- Respeitar essas regras;
- Aumentar a interação e integração entre os participantes;

Os recursos lúdicos influenciam naturalmente o ser humano, que apresentam uma tendência à ludicidade, desde criança até a idade adulta. Este fator é influenciado pelo fato destas atividades envolverem as esferas motoras, cognitivas e afetivas dos indivíduos e assim, o ser que brinca e joga é também um ser que age, sente, pensa, aprende e se desenvolve intelectual e socialmente (Cabrera et al, 2005).

4.3 JOGOS DIGITAIS E JOGOS ANALÓGICOS

Os jogos fazem parte da nossa rotina desde sempre. Relatos datam que os egípcios jogavam um tipo de jogo de tabuleiro, em certos aspectos muito similares aos nossos jogos de hoje em dia, chamado Senet há mais de 5000 anos atrás (PICCIONE, 1980).

A palavra jogos tem diversas definições, pois é empregada em diversas atividades, entretanto sua definição no dicionário Houaiss, nos diz que:

Jo.go \ô\ [pl.: jogos \ó\] s.m. 1. nome comum a certas atividades cuja natureza ou finalidadeé \; diversão, entretenimento 2. competição física ou mental sujeita a uma regra 3. atuação de um jogador 4. Instrumento ou equipamento us. para jogar (HOUAISS, 1999).

Mas o conceito de jogos vai além do que está estabelecido no dicionário, pois a palavra é usada em diferentes atividades que envolvem valores e propósitos diversos. Pescuite (2009) considera que jogos podem ser comparados a qualquer tipo de competição onde existam regras e objetivos bem determinados circunscritos em um ambiente.

Salen e Zimmerman (2012) estabelecem que os jogos são uma rede onde os jogadores interagem entre si, baseado em regras e conflitos artificiais com resultados quantificáveis. Norman

(2008) conceitua jogos como sendo resultado de produtos ou atividades que tem a finalidade de interagir com os usuários ocasionando interações e prazeres. Huizinga em seu livro *Homo Ludens - vom Unprung der Kultur im Spiel* (2000) estabelece as características formais do jogo como:

O jogo não é vida "corrente" nem vida "real". Pelo contrário, trata-se de uma evasão da vida "real" para uma esfera temporária de atividade com orientação própria. Uma atividade livre, conscientemente tomada como "não-séria" e exterior vida habitual, mas ao mesmo tempo capaz de absorver o jogador de maneira intensa e total (HUIZINGA, 2000).

Crawford (1984) classifica as modalidades de jogos como jogos de cartas, jogos de tabuleiros, jogos atléticos e jogos digitais.

Os jogos digitais possuem um enorme poder de transmissão e estão entre as principais formas de expressão e entretenimento da contemporaneidade. A sua grande popularidade deve-se pela vocação de promover a inovação tecnológica, que chega aos mais diferentes setores da economia.

De acordo com Schuyttema (2008), um jogo digital é uma atividade lúdica formada por ações e decisões que resultam numa condição final. Essas ações e decisões são limitadas por um conjunto de regras e por um universo.

O universo ou o enredo expõe as ações e decisões do jogador, fornecendo a ambientação adequada à narrativa do jogo, enquanto as regras definem o que pode e o que não pode ser realizado.

Atualmente, os jogos digitais conseguem absorver uma boa parcela dos mais variados tipo de público, entre os quais temos os jovens do sexo masculino, temos também crianças, mulheres e idosos, e desses grupos podemos citar que chegam a milhões de jogadores ao redor do mundo. Estatísticas mostram que existem cerca de 180 milhões de jogadores ativos só nos Estados Unidos, 200 milhões na China, 100 milhões na Europa e 13 milhões na América Central e na América do Sul (RIBEIRO, 2013).

O gráfico, a seguir, demonstra estimativas da participação das regiões nas vendas globais de jogos digitais e indicam a Ásia como o maior mercado, seguido pela Europa e pelos EUA. A América Latina tem participação modesta no mercado, de apenas 2%.

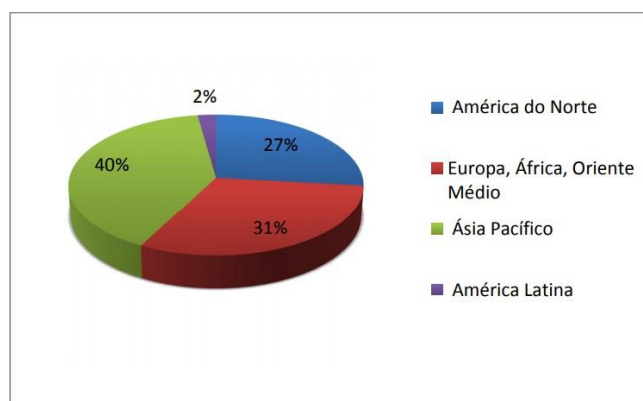


Figura 15 - Participação das regiões do mundo no mercado de games em 2010
Fonte: (PWC, 2012).

No Brasil, a interação com os games no cenário brasileiro tem como marco a chegada do Atari 2600 na década de 1980. Apesar do custo alto dos consoles, eles foram ocupando cada vez mais o universo de pessoas que descobriam nos jogos um espaço de prazer e entretenimento. Essa geração Atari, hoje com mais de 30 anos, interage cada vez mais com as distintas narrativas, que saltam nas telas dos novos consoles, dos computadores e, mais recentemente, dos dispositivos móveis com smartphones e tablets (FADEL et al, 2014).

Entretanto, não é apenas o mercado de jogos digitais que tem crescido de maneira exponencial. De acordo com pesquisas como a do Ludopedia que reúne conteúdo de jogos de tabuleiro na Internet e que atua como uma rede social criada para quem gosta de jogos de tabuleiro onde é possível trocar informações, cadastrar jogos, comprar e vender e interagir com outros usuários por meio de uma plataforma gratuita, indica que o ano de 2014 representou o sexto ano consecutivo de crescimento da indústria de jogos analógicos nos Estados Unidos e Canadá (INTERNAL CORRESPONDENCE, n. 87), com um salto de 20% em relação a 2013.

E, por consequência, de toda essa evolução estima-se que este mercado tenha atingido a cifra de 880 milhões de dólares em vendas diretas em 2014, duas vezes maior do que era em 2008 (PEREIRA, 2016). Pesquisas ainda nesse escopo demonstram que na categoria “Jogos/Quebra-cabeças” apresentou, em 2014, um crescimento de 10% em relação ao ano anterior. Evidenciamos esse aumento tanto em grandes empresas multinacionais, quanto em pequenas empresas especializadas no mercado indie (GILSDORF, 2014).

Motivados por esse aumento exponencial dos jogos analógicos, alguns autores chegam a concluir que estamos vivendo em uma época de gradual afastamento dos jogos digitais em direção aos jogos analógicos, caso de autores como Milton Griep (apud GILSDORF, 2014).

Os jogos de tabuleiro são considerados atividades que fazem parte da nossa cultura passando por uma evolução gráfica ao longo da sua existência. O ato de jogar é intrínseco à condição humana e, apesar de não se relacionar com a sobrevivência da espécie, tornou-se importante e necessário para o bem-estar dos indivíduos.

Um jogo de tabuleiro partilha bastante dos aspetos com a própria definição de jogar e ainda com as variáveis dos estilos de jogos. Verificamos que o aparecimento das regras e a estrutura do próprio jogo foram condicionados pela aceitação prévia de participação por parte dos jogadores (LOPES, 2013).

Os Jogos de tabuleiro são circunscritos a uma área pré-estabelecida, onde decorre a ação principal do jogo. Este espaço é o tabuleiro, pois contém imagens e signos representados, normalmente impressos, onde o jogador interage com o respectivo equipamento do jogo.

Já Lucchese (2014) estabelece que um jogo de tabuleiro compreende um plano jogável e delimitado, dividido em setores, e um conjunto de peças que podem ser movidas no decorrer do jogo. As peças devem estar associadas aos jogadores, sejam elas em forma ou cores.

Os objetivos de cada jogo de tabuleiro, assim como as estratégias vencedoras, podem variar significativamente: conquistar as peças de outros jogadores, conquistar um ou mais territórios, pontos ou valores agregados, ou uma corrida pelas casas, ganhando quem primeiro conquistar o objetivo estabelecido.

Segundo Neyfakh (2012), os designers que projetam jogos de tabuleiros são promovidos pela crença de que é possível realizar jogos que removam o tédio, o stress e aleatoriedade.

De forma indireta, fomos levados a acreditar que com a chegada de novas tecnologias como os jogos digitais transmitindo e proporcionando divertimento e prazer ao jogador, consequentemente a tendência seria o desaparecimento dos jogos de mesa. Mas o mercado dos jogos digitais e os analógicos não são concorrentes, podendo até ser um aliado. Um exemplo disso foi quando o jogo de tabuleiro Ticket to Ride, lançado pela Days of Wonder recebeu uma versão digital. As vendas desta nova versão alavancaram as dos jogos físicos, segundo matéria publicada pela Forbes (CORTEZ, 2015).

Fatos como este mostram que os jogos de tabuleiro têm seu público de entusiastas dedicado e que gosta de aproveitar algumas sensações que os videogames não trazem, como a interação social, que é um dos principais motivos para que os jogos de mesa tenham tantos entusiastas nos dias atuais. As disputas em torno de uma mesa com os amigos ainda são algo que os jogos digitais não conseguiram reproduzir. Além das interações sociais, outros fatores chamam atenção dentro de um jogo de tabuleiro, quais são as qualidades impecáveis de suas ilustrações associada a uma fácil jogabilidade e dinâmica fluente de um jogo de tabuleiro chamado *The Pillar of the Earth*,

considerado um jogo com um dos mais belos tabuleiros como demonstra a figura abaixo.

O jogo é baseado no romance do autor Ken Follett e se passa no início do século 13, no qual começa a construção da maior e mais bela catedral na Inglaterra. Os jogadores são construtores que tentam contribuir para a construção desta catedral e, ao fazê-lo, marcam mais pontos ocasionando a vitória.

O jogo consiste na utilização de trabalhadores na produção de matérias-primas e uso de artesãos para converter os materiais em pontos de vitória. Os trabalhadores podem também ser usados para produzir ouro, a moeda do jogo. Os jogadores também possuem três mestres construtores, cada um dos quais pode fazer uma variedade de tarefas, incluindo o recrutamento de mais trabalhadores, comprar ou vender bens, ou apenas obter mais pontos de vitória. Os jogadores devem encontrar um equilíbrio entre ganhar o ouro para financiar suas compras e ganhar pontos de vitória.



Figura 16- Tabuleiro do jogo *the pillar of the earth*.
Fonte : (LUDOPEDIA, 2014).



Figura 17 - Interfaces do jogo *The Pillar of the Earth*.

Fonte: (LUDOPEDIA, 2014).

4.4 OS SERIOUS GAMES

Uma importante categoria de jogos que merece uma atenção especial é a denominada de jogos sérios ou *serious games*. Esta modalidade de jogos, quando utilizados em um contexto não apenas de diversão/entretenimento, mas possuindo um cunho educacional, empresarial ou até mesmo organizacional, são denominados de jogos sérios.

Os jogos sérios têm como principal abordagem a aprendizagem e treinamento e não somente a diversão. Eles podem se relacionar a uma categoria especial de jogos, voltados a conteúdos e finalidades específicos, nos quais o jogador utiliza seus conhecimentos para resolver problemas, conhecer novas problemáticas e treinar tarefas. Já Michael e Chen (2006) definem *serious games* como sendo atividades que não possuem entretenimento, prazer e diversão como finalidade inicial, fator que segundo os autores pode ser a razão determinante por não seduzir tantos potenciais jogadores para este tipo de jogos. Uma abordagem mais flexível diz que jogos sérios são jogos que não têm o entretenimento e a diversão como objetivos primários. Porém, isso não significa que eles não possam entreter ou divertir, eles apenas têm outro propósito. O principal objetivo de um jogo sério é fazer com que os jogadores aprendam algo e, se possível, se divirtam fazendo isso (MICHAEL e CHEN, 2006).

Já Freitas e Liarokapis (2011) estabelecem que os jogos sérios conseguem potencializar, e o mais importante, complementar a educação tradicional, sendo que podem oferecer um novo paradigma para complementar a educação de forma lúdica e divertida, possibilitando que o aprendiz possa ser mais suscetível a aprender quando a aprendizagem não é forçada.

Mecanismos inseridos nos jogos sérios facilitam o treinamento e a aprendizagem estimulando suas funções cognitivas, pois transmitem conceitos teóricos adicionando prática ao objeto de treinamento, o que reforça a sua inter-relação com as técnicas de mercado e educação, como marketing, design de produtos, vendas, aprendizagem de conteúdos educacionais entre outros, bem como proporcionam uma ligação dos jogos sérios com diversas áreas do conhecimento, dentre as quais os jogos são voltados a simular e preparar os usuários.

Por exemplo, os jogos voltados à área militar têm como objetivo proporcionar um ambiente de guerra e aplicar estratégias para sobreviver e modos de atacar. Existem também jogos voltados para a indústria que são muitas vezes simulações de equipamentos - jogos voltados para a saúde como simulação de cuidados médicos, simulação de cirurgia, treinamentos, diagnósticos e tratamentos (SCHIMITT, 2016). Dessa forma, os jogos sérios são voltados a assumir os problemas do mundo real, visando principalmente à simulação de situações práticas do dia-a-dia, com o objetivo de proporcionar o treinamento de profissionais.

Uma vertente dos jogos sérios que tem se beneficiado de forma gradual é a área da saúde. Estes podem auxiliar no processo de cura das doenças, lesões e reabilitando através de fisioterapia e melhorando a capacitação dos profissionais da saúde com jogos sérios para melhorar a qualidade de suas práticas diárias.

Por fim, é importante ressaltar que, apesar do foco ser na educação e não no entretenimento, a diversão ainda é considerada um fator importante para os jogos sérios, pois auxilia na motivação dos jogadores e conseqüentemente traz melhores resultados (MICHAEL e CHEN, 2006).

4.5 SERIOUS GAMES NA SAÚDE

Jogos ativos no qual envolvem movimentação corporal, têm se mostrado eficiente na prática de atividades físicas e alguns casos na reabilitação de pacientes de perderam parte desses movimentos, através do console nintendo wii com o jogo wiifit, da fabricante Nintendo que se tornou referência no que envolve movimentação corporal deixando os tratamentos mais prazerosos e divertidos, utilizando o console como referência.

Estudos demonstraram que crianças que utilizaram essa modalidade de jogos durante 45 minutos tiveram melhoras significativas no seu metabolismo e queima de calorias. Jogos nessa linha demonstram potencial de auxiliar no treinamento motor e no condicionamento do indivíduo, melhorando também o equilíbrio. Entretanto, as pesquisas enfatizam que esses jogos não devem substituir as atividades físicas tradicionais, porém é uma ótima opção de complementação. A figura a seguir demonstra as atividades sendo executadas pelo serious game acima citado.



Figura 18 - Exercício sendo executado através do Nintendo wii
Fonte: (TORNQUIST, 2011).

A utilização de *serious games* na área da saúde proporciona os meios para engajar os indivíduos, pacientes, e os trabalhadores dessa área. Muitas soluções destinam-se a promover o bem-estar e, conseqüentemente, reduzir os resultados negativos associados a comportamentos insalubres e ou arriscados.

Em revisão sistemática, (Graafland, Schraagen) identificaram um total de 25 artigos que descrevem uma variedade de 30 jogos sérios que são usados para treinar profissionais médicos (por exemplo, treinamento de habilidades cirúrgicas) e agrupá-los para fins educacionais. Como, por exemplo, o jogo no qual você adentra em um ambiente cirúrgico, participa de uma cirurgia com procedimentos e protocolos a serem seguidos em tempo real. O mesmo está disponível a partir do sítio <http://www.abc.net.au/science/lcs/heart.htm> (MORAIS et al, 2010).

Outro que chama nossa atenção é o jogo Open Heart no qual tudo se passa dentro de um hospital, também em tempo real, e o usuário precisa se deslocar, comunicar com funcionários e realizar procedimentos médicos em um hospital para conseguir operar um paciente e pontuar no jogo. Apesar de limitar os movimentos do usuário, este jogo permite interação e apresenta um cenário real com pessoas reais, o que torna mais intuitiva a aplicação (MORAIS et al, 2010).



Figura 19 - Jogo *Open Heart*
Fonte: (MACHADO, 2011).

Percebemos que jogos digitais contemplam satisfatoriamente bem essa modalidade de jogos serious na área da saúde, porém em sua maioria são jogos feitos fora do Brasil.

Neste ponto, é preciso dizer que o mercado brasileiro ainda é defasado em relação ao europeu e ao americano, no que se diz respeito à oferta de jogos. Porém, em nosso país, o público geral ainda tem a ideia equivocada de jogos, e por muitas vezes ser associado como brinquedos e brincadeiras feito para crianças, gera uma concepção errada da verdadeira essência dos jogos serious.

Não obstante, os jogos analógicos como os jogos de tabuleiro específicos como serious games voltados à área da saúde são muito escasso na literatura. É importante fazer uma análise que se torna indispensável em considerar as disparidades e limitações sociais e econômicas que fazem do Brasil um país ímpar com relação aos avanços tecnológicos.

Realidade essa que faz emergir uma preocupação constante para que a produção e disseminação do conhecimento desenvolvam-se com compromisso social e político, além do científico. Só após essa análise e que podemos compreender a situação brasileira com relação ao desenvolvimento e validação de serious games para a área da saúde (MARTINI, 2009).

Após muitos esforços em encontrar jogos analógicos na área da saúde, encontramos o jogo Brasileiro trilha da saúde que foi lançado pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa) em 2008 em Florianópolis o qual atribui o uso racional de medicamentos que enfatiza em trabalhar conceitos relacionados à saúde, medicamentos, automedicação, alimentação adequada, assim como hábitos e atitudes para uma vida mais saudável, porém o público alvo são crianças de séries iniciais do ensino fundamental, sem a característica de treinamento e sim de aprendizagem, a imagem a

seguir traz o layout do tabuleiro do jogo trilha da saúde.



Figura 20- Tabuleiro do jogo trilha da saúde
Fonte: (ANVISA, 2008).

O material que acompanha o jogo são 1 tabuleiro, 80 cartões com perguntas e 18 cartões com atitudes, ambos em tamanho 7,5 x 9,0 cm, 2 dados comuns (01 a 06) e 6 peões. A dinâmica do jogo está em percorrer uma trilha. As equipes sorteiam entre si a ordem de jogada (maior número no lançamento do dado).

A primeira equipe deve jogar os dois dados ao mesmo tempo. Após percorrer o número de casas, de acordo com a soma dos valores resultantes nos dados, temos as seguintes possibilidades para as casas onde o peão irá parar:

- Casa que contém um número nesse caso a equipe apenas passa a vez e aguarda a próxima rodada.
- Casa com um ponto de interrogação um jogador da equipe retira uma carta do bloco

das perguntas, lê em voz alta a questão e um integrante da equipe responde.

O professor é o mediador que fará o julgamento entre o certo e errado da pergunta respondida pelo integrante da equipe. Com a resposta correta, a equipe jogará mais uma vez os dados. Caso a resposta esteja incorreta, o aluno passa a vez e fica uma rodada sem jogar.

Casa com a letra At e o número correspondente àquela casa específica: um jogador da equipe retira a carta com o número correspondente ao que está na casa e lê em voz alta a atitude, que poderá ser positiva ou negativa.

É considerado vencedor, o jogador (equipe) que chegar primeiro ao final da trilha.

Já Sant'Anna (2015), apresenta um trabalho que teve como objetivo elaborar e aplicar um Jogo de Tabuleiro, intitulado "Na trilha dos RSS" para os alunos do último ano do curso técnico em análises clínicas, de uma escola privada no Município de Volta Redonda-RJ, visando contribuir com o ensino-aprendizagem, discutindo e refletindo sobre os resíduos de Serviços de Saúde (RSS), levando-os a identificar os resíduos gerados em Laboratórios de Análises Clínicas, e a conhecer as etapas do manuseio e descarte correto.

Para tanto, construiu-se um Jogo de Tabuleiro simulando os setores de um Laboratório de Análises Clínicas e cartas com perguntas e respostas de múltipla escolha referente a resíduos gerados em cada setor. Elaborou-se questionário com 20 (vinte) perguntas para avaliação do conhecimento dos participantes antes do jogo, "pré-teste" e após o jogo. Os resultados foram tratados estatisticamente pelo teste de Mc Nemar (SANT'ANNA, 2015).



Figura 21 - Jogo trilha do RSS
Fonte: (SANT'ANNA, 2015).

4.6 SERIOUS GAMES NA FORMAÇÃO CONTINUADA

Almeida (2009) estabelece que a formação continuada possa ser definida de acordo como sendo:

Conjunto de atividades desenvolvidas em exercício com objetivo formativo, realizadas individualmente ou em grupo, visando tanto o desenvolvimento pessoal como ao profissional, na direção de prepará-los para a realização de suas atuais tarefas ou outras novas que se coloquem (ALMEIDA, 2009).

Nesta perspectiva, a formação continuada pode ser agregada junto à gamificação no intuito de que os profissionais utilizem uma ferramenta que se mostra cada vez mais eficiente no processo educativo. E as atividades lúdicas surgem como uma extraordinária ferramenta de recurso pedagógico para à prática educativa.

Pelas as mudanças que o mundo passa atualmente, a formação continuada aparece como uma exigência para os tempos atuais no qual busca por aperfeiçoamento e novos conhecimentos para enriquecer a prática, sejam a partir de cursos, oficinas, seminários, palestras ou jogos que são instrumentos que irão contribuir não só no trabalho do profissional, mas também trará resultados positivos na qualidade da execução das suas atribuições (RIBEIRO, 2016). Nesse escopo, Torres et al. (2003), diz que o uso dos jogos no processo educativo em saúde é uma estratégia didática bastante significativa para trabalhar a sensibilidade e emoções dos envolvidos, bem como possibilitar o autoconhecimento de indivíduos e grupos.

Sendo a área da saúde um segmento extremamente fundamental, pois lida com vidas, a formação profissional é muito importante e sua formação continuada tem papel crucial no desenvolvendo de suas atividades diárias. Assim, ao adentrar no ambiente de trabalho, o profissional deve ter desenvoltura para exercer seu papel dentro de uma equipe multiprofissional, com conhecimentos específicos e responsabilidades adquiridas ao longo da graduação ou curso técnico (SANTOS et al, 2016).

Para que esses profissionais possam executar suas atribuições com excelência, devem ter a capacidade de fazer frente a uma realidade muito exigente e rigorosa, na qual a responsabilidade por seus atos e por uma vida humana é essencial.

Esta preocupação nos levou a criar um jogo de tabuleiro com uma abordagem educacional voltada ao segmento de radiodiagnóstico. Este jogo surgiu a fim de preencher uma lacuna na qual constatamos a falta de materiais lúdicos que fornecessem subsídios na modalidade de ensino em física médica para a formação continuada dos técnicos e tecnólogo em radiologia. Com o ensejo de suprir essa carência o *Gama-Game* foi idealizado.

O jogo está inserido na categoria de serious games, com uma abordagem educacional/treinamento. O nome *Gama-Game* surgiu primeiramente da radiação eletromagnética gama (γ) e, conseqüentemente, da cidade-satélite na qual o curso de Engenharia biomédica da FGA se encontra que fica numa das regiões administrativas do Distrito Federal chamada Gama. Logo como um gesto de agradecimento e gratidão surgiu uma maneira de homenagear essa cidade batizando o nosso jogo como *Gama- Game*.

5 METODOLOGIA

5.1 DAS ETAPAS PARA CONFECÇÃO DO JOGO

Quando se trata da construção de jogos serious com cunho educacional/treinamento, há certa dificuldade em sua elaboração, pois estes não possuem o mesmo dinamismo, interatividade e estímulo de um jogo de outra modalidade. Isso tem reflexo negativo e errôneo com relação aos jogos serious.

Por sua necessidade intrínseca de unir aprendizado e treinamento, os jogos serious constituem um desafio no que diz respeito à aceitação final do usuário, decorrentes de obstáculos de fazer com que o jogo de aprendizagem seja assimilado com sucesso pelo jogador, despertando o interesse pelo conteúdo. Entretanto, um bom enredo que traga uma assimilação bem sucedida do conteúdo educacional pode ir de encontro a requisitos básicos de jogos, como diversão, jogabilidade e designs. A essência do jogo é encontrar o equilíbrio entre a aprendizagem e a diversão.

Desta forma, para a realização deste trabalho de cunho pedagógico e treinamento acerca da construção do conhecimento e aprimoramento de suas práticas que, de acordo com Lima (2004), tem por objetivo explicar os aspectos da realidade para, se possível, agir sobre ela, identificando problemas, formulando, avaliando e aperfeiçoando alternativas de solução com a intenção de contribuir para o aperfeiçoamento dessa realidade como objeto de investigação; e identificar a importância do lúdico no processo de ensino e aprendizagem.

Uma preocupação central do design de interação é desenvolver produtos interativos que sejam utilizáveis, o que genericamente significa produtos fáceis de aprender, eficazes no uso, que proporcionem ao usuário uma experiência agradável.

Nesse escopo, Rollings e Adams (2005) destacam que o design estabeleça no jogo os três tópicos: a mecânica (expressar o funcionamento), a interatividade (relativa à interação do jogo) e o enredo sobre a história do jogo.

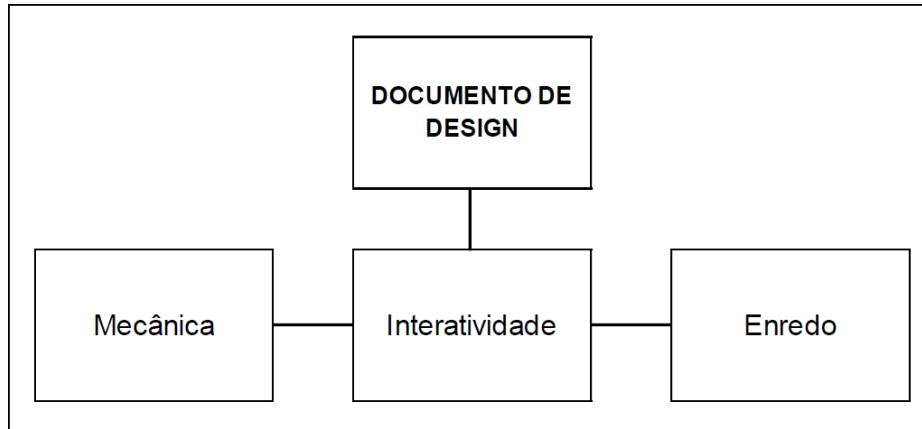


Figura 22– Tópicos de design.
Fonte : (ROLLING e ADAMS, 2005).

Seguindo esses critérios, criamos o jogo de tabuleiro *Gama-Game* utilizando a metodologia de elaborar um instrumento didático de apoio para o suporte para um grupo de profissionais de radiodiagnóstico.

Também será apresentado todo o percurso metodológico que conduziu ao formato final do jogo. Por fim, este capítulo traz um tutorial sobre o jogo construído, todas as etapas desde as suas regras até sua utilização. Para realizar essa tarefa, o jogo foi dividido nas seguintes etapas:

Na primeira etapa, se iniciou com a análise do problema, uma busca para resolver o problema de pesquisa buscando coletar dados e informações relevantes que auxiliassem na construção do projeto. Realizamos uma revisão bibliográfica sistemática sobre os seguintes temas: gamificação, normas de segurança, portaria 453, e toda problemática que acomete os profissionais de radiodiagnóstico utilizando a busca por livros, teses, dissertações, monografias e artigos nas seguintes fontes especializadas: PubMed (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed>), SciELO (<http://www.scielo.org>), Google acadêmico (<http://scholar.google.com>), UNB (Universidade de Brasília), USP (Universidade de São Paulo), UFSM (Universidade de Santa Maria), UFSC (Universidade Federal de Santa Catarina), UFRN (Universidade Federal do Rio grande do Norte, UFB (Universidade Federal da Bahia), UFRJ (Universidade Federal do Rio de Janeiro), UFRGS (Universidade Federal do Rio Grande do Sul). Dando ênfase maior aos textos na língua Portuguesa por se tratar de um estudo em uma realidade Brasileira, mas não deixando de abordar estudos na língua Inglesa como podem perceber no decorrer do texto. Também houve a busca por jogos que se assemelhassem ao que foi construído. No entanto, não identificamos nenhum jogo com tema similar, e aqueles encontrados na área da saúde e educação tinham um contexto e uma intencionalidade distintos do proposto por este projeto. Fatos que, por um lado não auxilia o processo de construção do game, por outro torna o game ainda mais desafiador e inovador no

contexto do radiodiagnóstico.

O estudo sobre esses temas foi de extrema relevância para o êxito nas outras etapas, pois tais temas serviram como referências para que construíssemos e desenvolvêssemos o jogo. Esta etapa teve duração de aproximadamente dois meses.

A segunda etapa foi destinada ao planejamento, elaboração e confecção do jogo. Assim, com o auxílio de estudantes que conhecem técnicas de designer gráfico, construímos o tabuleiro e o layout das cartas. Além disso, elaboramos as regras do jogo, bem como selecionamos as questões que preencheriam as cartas.

As questões contemplam conteúdos de Física das Radiações, dosagem, exposição, bem como as legislações que regulamentam a segurança do trabalhador em radiologia, ou seja, a Portaria 453/98 e a Norma da Comissão Nacional de Energia Nuclear. Foram todas questões validadas de concursos públicos passados, e provas do Enade, por serem questões com bancos de dados com fácil acesso e por já serem validadas. Esta etapa teve a duração de cerca de três meses.

Na etapa seguinte após aplicação do teste-piloto foi aplicado um questionário pós-teste (Apêndice A) contendo cinco perguntas sobre o jogo e a metodologia utilizada no mesmo, a qual será descrita no tópico abaixo.

5.2 Teste Piloto e a forma da atividade lúdica

O teste piloto informal foi realizado com um grupo de 8 técnicos de radiologia reunidos em uma clínica em Brasília-Df, em dois encontros composto por 3 etapas tendo em média 60 minutos cada encontro.

As três etapas foram dividida da seguinte forma:

- Na primeira, o jogo, suas regras e seus objetivos eram apresentados aos participantes e eles jogavam até o fim do jogo.
- Na segunda etapa, que ocorria paralelamente à primeira, o pesquisador acompanhava os participantes observando detalhes sobre os efeitos que o jogo causava nos participantes (relação entre os participantes, interação dos jogadores com o próprio jogo, o nível de dificuldade das questões, o tempo de duração e o equilíbrio entre a parte pedagógica e lúdica do jogo);
- Na terceira e última etapa, em um novo encontro todos os participantes foram convidados a relatar sobre a forma de um questionário pós-teste sem identificação as suas experiências com o jogo “*Gama-Game: Uma Proposta lúdica para a formação continuada dos profissionais de radiodiagnóstico.*” fornecendo críticas, sugestões e principalmente, as suas respectivas opiniões

sobre a utilização de jogos no processo de ensino-aprendizagem em suas respectivas atividades e na sua prática diária. Na sua totalidade, os relatos dos participantes foram entregues por escrito de maneira voluntária e anônima, o questionário aplicado se encontra anexado no (Apêndice A).

De acordo com as respostas dos participantes os resultados prévios do pós-teste demonstraram que:

Quadro 3: Resultado do questionário pós- teste piloto.

Fonte: Os autores.

PERGUNTAS	RESPOSTAS
A experiência que o jogo proporcionou contribuiu para sua formação continua?	87,5% (7 pessoas) afirmaram que contribuiu de forma muito significativa. 12,5% (1 pessoa) justificou que o jogo não contribuiu em nada em sua formação.
Comparando o modelo tradicional de ensino-aprendizagem e a forma lúdica do jogo, Quais são suas considerações?	75% (6 pessoas) afirmaram que o jogo conseguiu prender sua atenção de forma divertida e potencializar a aprendizagem de algo relativamente não prazeroso. 12,5% (1 pessoa) não opinou. 12,5% (1 pessoa) indiferente a aprendizagem do jogo (não acrescentou nada).
Consideram que algum outro assunto deveria ser tratado em uma nova versão do jogo?	50% (4 pessoas) consideraram que deveriam ser abordados outros assuntos como ressonância magnética, medicina nuclear e radiologia industrial. 25% (1 pessoa) afirmou não ser necessário nenhum novo assunto. 25% (1 pessoa) considerou diminuir o assunto sobre legislação (excessivo).
Quais reações tiveram no decorrer do jogo?	87,5% (7 pessoas) citaram reações como prazer, surpresa, divertimento, prazeroso, desafiador, entretenimento, dinâmico. 12,5% (1 pessoa) não opinou.

De acordo com as respostas dos participantes percebemos que o processo de *gamificação* tem por finalidade o envolvimento emocional do indivíduo dentro de uma gama de tarefas realizadas, utilizando mecanismos provenientes de jogos que são aceitos pelos sujeitos como elementos prazerosos e desafiadores, favorecendo a criação de um ambiente propício ao engajamento do indivíduo.

Os jogos são relevantes no sentido de que se constituem como investimentos alternativos que apontam para mudanças nos métodos de ensino baseados na transmissão e recepção de conteúdos. Porém, devem ser construídos e utilizados por meio de um diálogo com teorias que se mostram relevantes aos comportamentos humanos, pois dessa forma podem desenvolver uma potencialidade para discutir desde questões históricas até questões que se aproximam do âmbito educacional. Ao contrário, a falta desse diálogo não permite que se estabeleça comunicação entre as distintas faces do problema da formação do indivíduo, impossibilitando análises objetivas a fim de melhorar as intervenções didático-pedagógicas (YAMAZAKI, 2014).

Após aplicação do teste piloto tiramos boas impressões do jogo, verificando assim a sua jogabilidade e o tempo de duração e ajustes que apareceram como, por exemplo, para que a duração do jogo estivesse em torno de 40 minutos \pm 5 minutos tivemos que substituir dados de 6 faces por dados de 10 faces.

Realizamos adaptações em relação ao nível das questões, mas tomando cuidado para que não ficassem muito superficiais. Estas foram às primeiras adaptações que fizemos no jogo.

5.3 CONSTRUÇÃO DO JOGO/ PRODUTO FINAL

Tabuleiro: Por não existir uma padronização quanto às dimensões de um tabuleiro, levamos em consideração a mais utilizada no mercado que tem as seguintes dimensões: Tabuleiro fechado, 21x19,8 cm e com o tabuleiro aberto 42x59,5 cm.

Seria utilizado o papel offset 120g/m² para impressão e papel Paraná para o suporte. Entretanto no momento da impressão em uma gráfica localizada em Planaltina-Df, acabei optando em utilizar uma folha de PVC na qual montei o tabuleiro com as mesmas dimensões, com o layout impresso e plastificado, o único inconveniente é que não dobra, mas sua vida útil será bem maior. .



Figura 23 – Design do tabuleiro do jogo.
Fonte: Os autores.

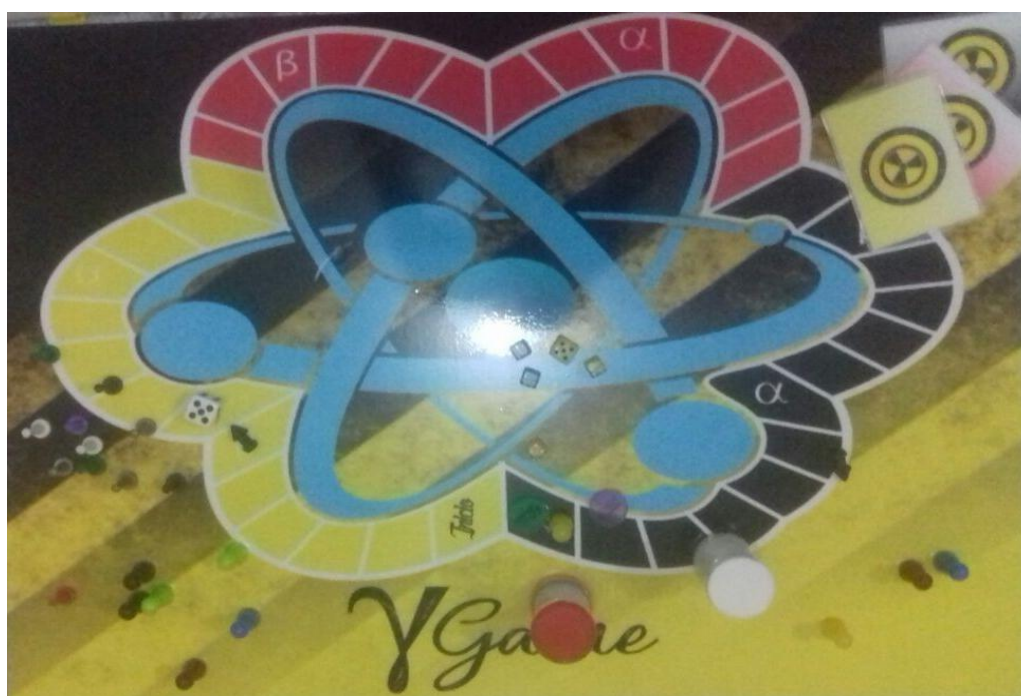


Figura 24 – Tabuleiro real do jogo *Gama-Game*.
Fonte: Os autores.

Cartas: o jogo é composto por três tipos de cartas: as cartas amarelas, as cartas vermelhas e as cartas pretas. Elas possuem a mesma finalidade dentro do jogo, apresenta o mesmo formato, tipo de papel e acabamento, diferenciando uma da outra apenas nas cores e, conseqüentemente, as

perguntas. Para a sua confecção foram utilizados papel Couchè fosco com gramatura de 240g/m² e laminação BOPP fosca. Foi utilizado também plastificação para uma maior durabilidade das cartas.



Figura 25- Os três tipos de cartas (Versos)
Fonte: Os autores.

Peões: são cinco peões confeccionados em plástico, em diferentes cores e com formato cônico e fino com dimensões de 15x26mm.



Figura 26- Peões utilizados no jogo.
Fonte: (LUDEKA, 2016).

Marcador de tempo: no jogo utilizamos as ampuhetas de plástico de 1, 2 e 3 minutos como

marcador de tempo, para as respostas das respectivas cartas amarela, vermelha e preta. A ampulheta de 1 minuto (50 a 70 segundos) tem as seguintes dimensões 3,5x6,7 cm; a ampulheta da tampa vermelha tem as mesmas dimensões porém marca 2 minutos (110 a 130 segundos). E para marcar 3 minutos utilizaremos as duas ampulhetas juntas.



Figura 27- Ampulheta utilizada no jogo
Fonte: (LUDEKA, 2016).

Dados: os dados que serão utilizados no jogo serão os dados de 6 lados branco, amarelo e azul com dimensões de 26x26 mm. Serão utilizadas essas três cores apenas para abrilhantar mais a estética do jogo e serão misturados dentro de um copo com as seguintes dimensões: Comprimento: 7cm x Largura: 7cm x Altura: 8cm



Figura 28 – Copo e dados utilizados no jogo
Fonte: (LUDEKA, 2016).

5.4 O JOGO *GAMA-GAME*

O jogo poderá ser disputado por competidores individuais (equipes unitárias) ou por equipes. Caso se escolha jogar com equipes, cada equipe poderá ter até 6 integrantes. O jogo possui 6 peões, motivo pelo qual deve-se possuir uma quantidade de até 6 equipes. Cada equipe deverá escolher o seu peão com uma cor diferente.

Podemos observar no tabuleiro ainda que na trajetória situada na parte interna há casas que contém elétrons na eletrosfera, ou seja, esses círculos na parte interna da trajetória indicam que haverá cartas de sorte ou azar inseridas no jogo, as quais poderão fazer o jogador avançar ou retroceder 3 casas dentro do percurso.

As cartas deverão ser embaralhadas e colocadas com o verso virado para cima. As cartas deverão ser divididas segundo o seu tipo: amarelas, vermelhas, pretas e junto a elas haverá ainda as cartas desafio. Embaralhadas nesse meio deverão vir às cartas de sorte ou azar. Portanto, haverá três montes de cartas dividido em 20 amarelas, 20 vermelhas e 20 pretas.

As cores de fundo do tabuleiro em preto e amarelo foram escolhidas devido ao fato de que os símbolos de material radioativo são nessas cores. O jogo tem um nível crescente de dificuldade, iniciando com um grau fácil nas casas amarelas, médio nas vermelhas e um nível elevado nas casas pretas. Pois de acordo com teóricos da gamificação, começamos com um nível menos elevado, porém não tão simples para que o participante possa engajar e prender a atenção, afinal estimular o participante é essencial para obter sucesso no início da trajetória, fator que diminui a possibilidade de haver desinteresse por parte dos participantes (PRENSKY, 2012).

Para decidir quem iniciará o jogo, cada equipe lançará o dado uma vez. Aquela que obtiver a face do dado com maior numeração iniciará o jogo. A ordem da jogada das demais equipes deverá seguir a ordem decrescente da numeração do dado.

Caso haja algum empate, as equipes que empataram jogarão novamente o dado para resolver essa situação. Persistindo o empate, as equipes lançarão o dado até obterem uma numeração diferente e começará a jogada quem obtiver o número maior.

Em cada jogada de uma dada equipe, o dado deverá ser lançado e a numeração do dado deve ser observada. E então, a equipe percorrerá uma quantidade de casas correspondente à pontuação do dado e colocará o seu peão ou marcador nesta casa.

Quando percorrer o número de casas, a equipe deverá observar a coloração ou o tipo da casa em que caiu e então retirar uma carta do monte correspondente. A equipe deverá mostrar a pergunta constante na carta a todos os participantes. E em seguida virar uma ampulheta que é dividida em 3 modalidades de tempo: a de 1 minuto para as cartas amarelas, a de 2 minutos para as

cartas vermelhas e a de 3 minutos para as cartas pretas, que se refere em cada caso ao tempo máximo para responder a pergunta. No caso de exceder o tempo estipulado, perde a vez e retorna à casa anterior a jogada.



A equipe deverá responder a pergunta, detalhando sua resposta, de forma que todos os participantes do jogo vejam. Caso acerte a questão, o peão permanecerá nesta casa. Caso não responda ou erre a questão, o peão retorna para a casa que ocupava antes do lançamento do dado.

O jogo persiste até que alguma equipe alcance a casa denominada “chegada” (fim).

A equipe não poderá ultrapassar a casa de chegada. Caso isso ocorra, deverá retornar no sentido contrário do caminho o número de casas que ultrapassou. Por exemplo, suponhamos que falem 3 casas para a casa “chegada” e a equipe tire 4 no dado. Neste caso, deverá contar as uma casa até a chegada e retornar 1 casa no sentido contrário de forma a completar 4.

Ganha o jogo a equipe que primeiro atingir a casa “chegada”. Casos omissos neste regulamento deverão ser decididos pelos participantes.

A figura a seguir demonstra as cartas de frente. Conforme estabelecido nas regras, as mesmas possuem três cores, sendo cada cor relacionada ao nível de dificuldade. As cartas sorte ou azar aparecem na figura 30.

 <p>Qual dos fenômenos citados a seguir é resultado da interação da radiação com a matéria viva e são responsáveis pela formação da imagem radiológica.</p> <p>a) Efeito Compton b) Efeito Ruthford; c) Efeito Roentgen d) Efeito Curie; e) Todas as alternativas estão corretas.</p>	 <p>1) Qual dos itens a seguir contém formas adequadas para proteção das pessoas e seres vivos em geral a exposição a fótons de alta energia:</p> <p>a) Distância; b) Blindagem; c) Nutrição; d) Itens A e B e) Todas as alternativas estão corretas.</p>
--	--



A interação dos raios X ou γ com a matéria se manifestam primariamente através de três mecanismos quais são eles?

Figura 29- Face das cartas com perguntas
Fonte: os autores.



Hoje é seu dia
de sorte!
Avance Três
casa...



Que azar! Volte três casas...



Figura 30 - Face das cartas sorte- azar
Fonte: (Os autores).

6 DISCUSSÃO E CONCLUSÃO

Levando em consideração as respostas dos participantes em relação à questão 3, há evidências que o jogo “*Gama-Game*” é um material potencialmente significativo, visto que quase 90% dos participantes consideraram que essa metodologia de ensino é uma forma lúdica e dinâmica de interação dos participantes, através de um jogo analógico de tabuleiro, com disputas entre os grupos e troca de conhecimento de certos assunto. Distinta de uma abordagem tradicional, verticalizada entre professor-aluno, onde o professor é detentor do saber e transmissor dos conteúdos e o aluno é visto como um receptor passivo.

Na questão 1 evidenciamos um nível alto de satisfação em relação a experiência vivenciada pelos participantes, uma certa conscientização em relação as radiações ionizantes e a portaria 453/98. Como o relato do participante A:

“ Sim! O jogo consegue conscientizar sobre os perigos da radiação ionizante de forma lúdica, divertida, nostálgico me fez voltar 20 anos atrás no tempo em que jogávamos banco imobiliário reunidos na sala da casa dos meus pais. Show!”

Brenelli (2001), estabelece que jogos serious/educativos são elaborados com uma finalidade específica de treinamento podendo divertir os participantes e potencializar a aprendizagem de conceitos, conteúdos e habilidades embutidas no jogo. Um jogo educativo pode propiciar ao individuo um ambiente de aprendizagem rico e complexo sendo propicio a um *feedback* prazeroso vinculado a um passado vivido pelo jogador .

Entretanto, no decorrer do jogo ficou evidente certo desconforto e até mesmo desconhecimento em relação a tópicos como, Por exemplo, a física das radiações e processos físicos inseridos na pratica radiológica como formação de imagens.

Na questão 2 as respostas dos participantes nos motivaram muito em relação a proposta de uma atividade lúdica aplicada com profissionais da área de radiodiagnóstico. Pois, em sua grande maioria estabeleceram que o jogo foi algo inédito em suas atividades diárias, conseguiram aprender de forma divertida e potencializar a aprendizagem de conceitos, conteúdos e habilidades embutidas no jogo. Resposta do participante B:

“ Se algo desse tipo fosse apresentado antes, durante e após nosso curso em técnico de radiologia posso garantir com 100% de certeza que seria um profissional melhor capacitado para as minhas atribuições diárias.

De acordo com a portaria SVS/MS n° 453, de 1 de junho de 1998, Aprova o Regulamento Técnico que estabelece as diretrizes básicas de proteção radiológica em radiodiagnóstico médico e odontológico, em seu 3° capitulo item 3.38 estabelece treinamentos periódicos aos quais os

titulares devem implementar um programa de treinamento anual, integrante do programa de proteção radiológica (BRASIL, 1998).

Na questão 4 as respostas dos participantes nos levam a uma reflexão em relação ao nível de dificuldade das questões. Pois, em sua grande maioria consideraram a proposta de um material lúdico, de extrema importância para o processo de ensino-aprendizagem em sua área de atuação. Entretanto concluíram que as questões tiveram um nível de conhecimento acima das praticas exigidas diariamente, logo, procurou-se analisar antes a área de estudo para posteriormente formular as questões a serem aplicadas no jogo. Resposta do participante B:

“ Não deveriam acrescentar mais nenhuma questão, pois o jogo se tornará exaustivo e complexo sua finalização, gerando um jogo muito cansativo ”.

A ativação da motivação intrínseca, de acordo com Zimmermann (2011) acaba contribuindo para o engajamento do jogador para os mais diferentes ambientes e atividades.

Contudo, apesar dos benefícios apontados pela gamificação, alguns questionamentos têm sido levantados, como, por exemplo, em relação à prática constante de recompensas. Premiações sem planejamento podem ocasionar modelos condicionados nos quais as pessoas só participam para serem premiadas. Além disso, pode gerar competitividade excessiva, alienação de membros da equipe e conflitos entre jogadores (SMITH, 2015). Na questão 5 alguns relatos foram em relação ao tempo de resposta das questões, que deveriam ser aumentada, pois algumas questões sobre física das radiações, que exigiam um raciocínio maior, por ser tratar de um assunto complexo. Resposta do participante C:

“ Os conteúdos de física apesar de estarem intimamente relacionado ao nosso cotidiano é difícil identifica-los e mais difícil ainda, é entender seu significado e suas aplicações ”.

Na realização do teste piloto, os resultados foram de acordo com a resposta dos participantes. Apontando conteúdos relacionados à física das radiações, conteúdos esses que são pouco abordados e explorados no ensino médio e precisam ter um enfoque maior.

O estudo das radiações segue previsto nos currículos como um dos conteúdos de Física Moderna que deveria ser abordado, já que, se trata de um assunto com diferentes aplicações práticas, podendo ser ministrado no contexto de uma abordagem interdisciplinar. Analisando o conteúdo dos Parâmetros Curriculares Nacionais - PCN (BRASIL, 2000) é possível constatar que os conhecimentos de Física são fundamentais para a formação científica do cidadão contemporâneo. Os conteúdos devem ser contextualizados e seu ensino deve interagir com outras disciplinas, proporcionando assim, sentido em relação ao dia a dia dos estudantes. Sobretudo, a Física das Radiações que faz parte da base da Física Moderna e tem relação indissolúvel para alcançar os conhecimentos físicos necessários para o entendimento das tecnologias mais recentes

(LUZ, 2013).

De acordo com a grade curricular nos cursos de formação técnica em Radiologia, com cursos ministrados no Distrito Federal, que englobam tópicos de Física Radiológica, com carga horária de 80h são ministrados uma vez apenas no decorrer de todo curso, enquanto nesses mesmos cursos ministrados em São Paulo, o conteúdo de física em sua grade curricular são dividido em 3 blocos com - Física Aplicada I, Física Aplicada II e Física Aplicada III, todas com carga horária de 80h. O que demonstra um aprofundamento maior no conteúdo, enquanto nos cursos do Distrito Federal foi constatado esse déficit.

Reforçando a importância de um ensino contextualizado, no qual permita que o educando tome consciência dos princípios, conceitos e leis da Física que regem determinado sistema. Segundo Angotti e Bastos (2001), é importante que o aprendizado do ensino de Física esteja relacionado as temáticas de situações e fenômenos do nosso cotidiano, permitindo a reflexão de seus significados.

Há a necessidade de uma serie de aplicações mais abrangentes do jogo, partindo de uma análise mais consistente, pois existe a necessidade de mais estudos longitudinais para que seja possível medir as variações de uso e a necessidade de aprimoramento em relação as questões e o nível das perguntas.

Outro fato importante que marcou a única aplicação do jogo foi o caráter de aprendizado que o jogo possui. Não somente o grupo que tem a vez na jogada aprende, pois a questão sorteada por um determinado grupo deverá ser resolvida/discutida por seus componentes, abrindo um leque de discussões sendo intermediada pelo aplicador do jogo munido pelo gabarito das questões. Dessa forma, favorece uma aprendizagem significativa.

As respostas devem ser debatidas dentro do grupo que tem a vez e o professor deve estabelecer a mediação para que todos, de fato, participem da resolução e que alternem entre eles o componente do grupo que apresentará a solução aos demais grupos. Essa mediação estabelecida pelo professor constitui uma atividade fácil, sobretudo porque a participação dos jogadores no projeto foi voluntária.

Em nossa breve revisão bibliográfica, constatamos a falta de fiscalização, a formação ineficiente e a falta de conhecimento em utilizar os protocolos de segurança em serviços de radiologia. Sendo que um dos principais problemas encontrados é o pouco conhecimento ou até o desconhecimento total sobre o que é radiação ionizante, tanto do profissional quanto do usuário do serviço (OLIVEIRA, 2011).

Possíveis soluções que os gestores podem usar são: capacitação para desenvolvimento de pessoas, no qual se faz necessário observar as normas brasileiras vigentes, entre elas à norma

brasileira de proteção radiológica da Comissão Nacional de Energia Nuclear (BRASIL, 1998). Além de definir parâmetros sobre a produção, o armazenamento de materiais e a prática que envolve as radiações ionizantes, no seu item 3.38 da Portaria 453/98, estabelece a implementação de um programa de treinamento anual e aperfeiçoamento aos profissionais de radiodiagnóstico.

A lei é clara, porém a falta de fiscalização gera grandes problemas, principalmente os relacionados com a formação continuada dos profissionais que estão diretamente expostos às radiações ionizantes, pois se a fiscalização não é atuante a lei não é cumprida e o treinamento anual não é executado, o que gera profissionais menos qualificados.

Além de toda problemática exposta nos parágrafos anteriores Luz (2013), identifica outro aspecto que pode estar relacionado a uma formação ineficiente de futuros técnicos de radiologia, o fato de que a capacitação dos docentes que lecionam as disciplinas de Física nesses cursos técnicos. Concluindo que, nas dezesseis instituições pesquisadas, apenas 22% dos profissionais possuem formação em Licenciatura em Física, e 17% em Física Médica. O grupo restante, que atinge 61% do total dos professores, abrange profissionais com formação em Fisioterapia, Engenharia, Enfermagem, Medicina e Tecnólogo em Radiologia. Aspecto que, pode estar diretamente relacionado a fragilidade do conhecimento de certos ramos da Física das Radiações da maioria dos profissionais.

Na busca em apresentar um material que envolva a sua rotina com o fator lúdico e que possa potencializar o processo de ensino aprendizagem, apresentamos como resultado final deste trabalho o jogo de tabuleiro “*Gama-Game*”. Nosso jogo não foi colocado toda sua capacidade em um teste real formal, com coleta e análise de dados para verificar, o como e quanto, o mesmo interfere positivamente ou negativamente no processo de ensino aprendizagem. Entretanto, pelo fato de ser inédito, um jogo analógico na área de radiodiagnóstico, como uma ferramenta que visa auxiliar em uma melhor prática de um público-alvo, o jogo já demonstra todo seu valor e abre possibilidades para novos estudos na área.

Tendo em vista a progressiva sofisticação tecnológica que atua na área com suas máquinas, a medicina diagnóstica por meio de seus colaboradores pode ser potencializada pelo processo de educação permanente, que é um excelente caminho a ser implementado no setor, pois o aprender e o ensinar se agregam ao cotidiano do trabalho nas organizações (FLOR, 2013).

A princípio, a ideia era chegar ao final deste projeto lançando o jogo e aplicando em uma escola de curso técnico, porém após a etapa de qualificação deste trabalho e seguindo as orientações dos professores que aprovaram essa pesquisa em sua qualificação e por ter tido problemas para a aprovação junto ao comitê de ética, focamos nossos esforços na elaboração do jogo. O que não foi atingido, mas como dito anteriormente, continua como um passo futuro no

desenvolvimento deste projeto. No início de todo processo acabei subestimando o jogo por ser analógico de tabuleiro, mas quando adentrei a fundo em toda dinâmica que envolve a elaboração do jogo positivamente me surpreendi, pois acabou sendo uma satisfação pessoal chegar até aqui e não me vejo sem prosseguir no ramo da *gamificação* e na criação de jogos serious voltado a educação das disciplinas de exatas.

Pretendo também ampliar uma versão digital do *Gama-Game* assim que conseguir colaboradores da área de programação. Há também a perspectiva de aplicar o jogo no processo de formação continuada dos profissionais de radiodiagnóstico, no qual a portaria 453/98 em seu capítulo 3 item 3.38 estabelece que os titulares devam implementar um programa de treinamento anual, integrante do programa de proteção radiológica, contemplando, pelo menos, os seguintes tópicos: Procedimentos de operação dos equipamentos, incluindo uso das tabelas de exposição e procedimentos em caso de acidentes, Procedimento para minimizar as exposições médicas e ocupacionais uso de vestimenta de proteção individual para pacientes, equipe e eventuais acompanhantes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

A descoberta dos raios X: **o primeiro comunicado de Röntgen**. Revista Brasileira de Ensino de Física, São Paulo, v. 20, n. 4, p. 373-391,1998.

ABCMED, **Tomografia computadorizada. Como é o exame?** Abcmed.com 10/04/2017 disponível em Exames e Procedimentos: < <http://www.abc.med.br/p/exames-e-procedimentos/344744/tomografia+computadorizada+como+e+o+exame.htm> > Acesso em: 02 jan de 2018.

ABFM, XXIII Congresso Brasileiro de Física médica, IV Simpósio Sul Brasileiro de Física Médica, 2017. Disponível em: <http://www.abfm.org.br/index.php?site=sobre_fisica_medica.php&m=1>. Acesso em: 04 abr 2017.

ABOTT P. Are dental radiographs. Aust Dent. J.; 45(3): 208-213, 2000. Acesso em 20/04/2017.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. ANVISA. 2016. Disponível em: <http://www.anvisa.gov.br/institucional/anvisa/apresentacao.htm> >. Acesso em: 12 fev de 2017.

ALMEIDA, M. E. **Educação a distância na formação continuada de gestores para incorporação de tecnologias na escola**, Campinas, V.10, N.2, P.186-202, jun 2009.
ALVARES, L. C., TAVANO O. Curso de Radiologia em Odontologia, 3 ed. São Paulo, Editora Santos, 1993.

ALVES, Lynn Rosalina et al. Gamificação: **diálogos com a educação**. In: FADEL, Luciane Maria et al (Org.). Gamificação na educação. São Paulo: Pimenta Cultural, 2014 [e-book].

AMORIM, R. G., TOGNETTI. C., EVANGELISTA T., **Math Game**: uma estratégia lúdica para o ensino de cálculo diferencial e integral em cursos de engenharia [Projeto de extensão] Brasília-DF, 2015. Universidade de Brasília.

ÂNGELO, M. F.; SCHIABEL, H. **Uma Ferramenta para treinamento na avaliação de imagens mamografias via internet**, V.35, N.5, P.259-265, 17 Maio.2002.

ANGOTTI, J. A.; BASTOS, F.P. **Educação em Física**: Discutindo Ciência, Tecnologia e Sociedade.V.7, N.2, P.183-197, 2001.

AZEVEDO, Ana Cecília Pedrosa de. 2012. Radioproteção em serviços de saúde. Rio de Janeiro: Fundação Oswaldo Cruz; Secretaria de Estado de Saúde do Rio de Janeiro. Available at: Acesso: < <http://www.fiocruz.br> > Acesso 10 nov 2017.

BERNARDO W.M, Nobre MRC, Janete FB. **A prática clínica baseada em evidências** em fontes de informação. Rev Assoc Bras. 2004; 50(1):1-9.

BORGES, L.C.ASB e TSB - Formação e Prática da Equipe Auxiliar 2015. Disponível em:

BRAND, CTIC, FONTANA RT, & SANTOS, AVD. A saúde do trabalhador em radiologia: algumas considerações. *Texto and Contexto Enfermagem*. 2011; 20(1), 68-75. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/tce/v20n1/08.pdf> . Acesso em: 10 de abr 2017.

BRASIL. Conselho Nacional de Técnicos em Radiologia. CONTER - Diretrizes Básicas de normatiza habilita e fiscaliza o exercício das técnicas radiológicas no Brasil. *Diário Oficial [da] União da República Federativa do Brasil*, Brasília, 04 junho 1987.

BRASIL. Ministério da Ciência e Tecnologia. Comissão Nacional de Energia Nuclear. Resolução CNEN nº. 27/2005. Norma CNEN NN-3.01 - Diretrizes Básicas de Proteção Radiológica. *Diário Oficial [da] União da República Federativa do Brasil*, Brasília, 06 jan. 2005.

BRASIL. Ministério da Saúde, Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Portaria n. 453 de 01 de junho de 1998 – Diretrizes de Proteção Radiológica em Radiodiagnóstico Médico e Odontológico. *Diário Oficial, República Federativa do Brasil*, ano CXXXVI, n. 103-E, Brasília DF, jun 1998. Disponível em: http://www.anvisa.gov.br/legis/portarias/453_98.htm Acessado em 2 fev 2018.

BRASIL. Secretaria de Vigilância Sanitária do Ministério da Saúde. Diretrizes de proteção radiológica em radiodiagnóstico médico e odontológico. Portaria nº. 453, de 1º de junho de 1998. *Diário Oficial da União da República Federativa do Brasil*, Brasília, 1998.
BRAZIL, A. L.; ALBAGLI, S. Usos da gamificação na produção colaborativa de informação e conhecimento. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM CIÊNCIA DA INFORMAÇÃO - ENANCIB, 17, 2016.

BRENELLI, R. P. Espaço lúdico e diagnóstico em dificuldades de aprendizagem: contribuição do jogo de regras. SISTO, F. F. (org.) et al . *Dificuldades de aprendizagem no contexto psicopedagógico*. Petrópolis, Rio de Janeiro: Vozes, 2001, p.167-189.

BRENNER DJ, HALL EJ. **Computed tomography--an increasing source of radiation exposure.** *N Engl J Med*. 2007; 357:2277-84. 8. Einstein AJ, Henzlova MJ, Rajagopalan S. Estimating risk of cancer associated with radiation exposure from 64-slice computed tomography coronary angiography. *JAMA*. 2007; 298:317-23.

BRODY, J. E. Medical radiation soars, with risks often overlooked. The New York edition. Disponível: <<http://well.blogs.nytimes.com/2012/08/20/medical-radiation-soars-with-risks-often-overlooked/>> . Acesso em: 06 jun 2017.

CABRERA, W. B. (2007). A ludicidade para o ensino médio na disciplina de biologia: Contribuições ao processo de aprendizagem em conformidade com os pressupostos teóricos da Aprendizagem Significativa. 158 f. Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual de Censo Ludopedia 2015: Resultado. <<<http://www.ludopedia.com.br/topico/5305/censo-ludopedia-2015-resultado>> Acesso em: 31 maio de 2016.

CESAR, M. **Espectro eletromagnético e os diversos tipos de ondas eletromagnéticas.** Marcoscesarja.com. 28/11/2015. Disponível em : <<http://marcoscesarja.blogspot.com.br/2015/11/espectro-eletromagnetico-com-otima.html>>

Acesso em : 03 fev 2017.

CNEN - COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR. NE – 3.01 de 01 de janeiro. Estabelece os requisitos básicos de proteção radiológica das pessoas em relação à exposição à radiação ionizante. Diário Oficial [da] União, Brasília, DF, 2005.

Conceituação de Jogos Digitais Fabiano Lucchese e Bruno Ribeiro FEEC / Universidade Estadual de Campinas Cidade Universitária Zeferino Vaz, Campinas, SP, Brasil
CORTEZ, L.H.O **Papel do Artista no Mercado de Jogos e o Processo de criação de cardgame**”*LADIES SOCIETY*” [graduação], Universidade Federal do Rio Grande do Norte; 2015.

COSTA, R. F. Avaliação do conhecimento e da prática dos profissionais em radiologia, na proteção do paciente, nos exames com raios-x em ambientes coletivos ea melhoria da qualidade do serviço através do treinamento. In: INTERNATIONAL JOINT CONFERENCE RADIO; 2014. August 26-27; Gramado, Brasil.

CRAWFORD, C. (1984). The Art of Computer Game Design (p. 113).

DETERDING, Sebastian. Gamification: Designing for Motivation. Interations magazine. Volume 19 p. 14-15 (2011).

DIMENSTEIN, R.; HORNOS, Y.M.M. Manual de Proteção Radiológica Aplicada ao Radiodiagnóstico. 2.ed. São Paulo: Senac, 2011.
disponível em : <<http://rle.dainf.ct.utfpr.edu.br/hipermidia/index.php/radioterapia/radiacao-e-sua-interacao-com-a-materia> > Acesso em 05/02/ 2017.

DUARTE, A. F., Figueirôa J., Carneiro P. F. P. Conhecimento e atitudes dos odontólogos sobre proteção radiológica em relação à portaria 453 do Ministério da Saúde. Caderno de Graduação Ciências Biológicas e da Saúde FACIPE. 2014; 1(3): 75-84.

EISBERG, R., RESNICK, R., Física Quântica – átomos, moléculas. Sólidos, núcleos e partículas. Rio de Janeiro: Campus, 1994.

ESPÍNDOLA, K. K. L., RAMOS, I. C., LEITÃO, I. M. T. A. Medidas de prevenção e controle de infecção: percepção e conhecimento dos técnicos em radiologia. CiencCuid Saude 2008 Jul-Set; 7(3):311-18

ETSUS, S. com .. **Radiacao e sua interacao com a materia**.Rle.edu.com03/04/2012.

FARDO, M. L. Resenha do livro The Gamification of Learning and Instruction. Conjectura: Filos. Educ., Caxias do Sul, v. 18, n. 1, p. 201-206, jan./abr. 2013.

FELIX, J.E. **Tomografia Computadorizada (TC) Abordagem, Dados Técnicos e Posicionamento do Usuário**. Disponível em :

<http://rle.dainf.ct.utfpr.edu.br/hipermidia/images/documentos/Tomografia_computadorizada_abordagem_dados_tecnicos_posicionamento_do_usuario.pdf >. Acesso: 19 Set.2017

FENELON, S. et al. Os pioneiros da radiologia no Brasil. In: 21º CONGRESSO INTERNACIONAL DE RADIOLOGIA - Painel. Buenos Aires, set. 2000. Disponível em:<<https://www.arca.fiocruz.br/bitstream/icict/13873/2/Trabalhadores%20T%C3%A9cnicos%20>

[em%20Sa%C3%BAde_Qualificacao%20dos%20Técnicos%20em%20Radiologia.pdf](#) >

Acesso em: 01 de Maio de 2017.

FERRARA, J. Games for persuasion argumentation, procedurality, and the lie of gamification. *Games and Culture*, v. 8, n. 4, p. 289-304, 2013.

FILOMENO, L. T. B. Sobre o risco de câncer em radiologistas. **Revista Brasileira de Medicina do Trabalho**, v 7. p. 26, dez. 2009. Disponível em:

<http://www.anamt.org.br/site/upload_arquivos/revista_brasileira_de_medicina_do_trabalho_volume_7_dez_2009_201220131336362895625>. Acesso em: 14 março 2017.

FLÔR R. C., GELBCKE, F. L. Tecnologias emissoras de radiação ionizante e a necessidade de educação permanente para uma práxis segura da enfermagem radiológica. *Revista Brasileira de Enfermagem*. 2013 Oct; 62(5):766-70.

FLÔR, R. C.; KIRCHHOF, A. L.C. Uma prática educativa de sensibilização quanto à exposição à radiação ionizante com profissionais de saúde. *Rev. Brasileira de Enfermagem*, v. 59, n.3, p.274-278, jun 2006.

FRIEDLAND, G; FRIEDMAN, M.W. As dez maiores descobertas da medicina. São Paulo: Schwarcz; 2000.

GADELHA F.P., Rosa D.A., GARIB D.G. & COTRIM-FERREIRA F.A. 2007. **A aplicabilidade da tomografia computadorizada em ortodontia**. *Ortodontia* 40:143-148.

GILSDORF, E. Board games are back, and Boston's a player. *The Boston Globe*, 26 nov. 2014. Disponível em: <<http://www.bostonglobe.com/magazine/2014/11/26/board-games-are-back-and-boston-player/tMzvNNO1B1Go8J598Q3PZI/story.html>> .Acesso em: 02 set. 2017.

GLASSER, O. *Wilhelm Conrad Röntgen*. San Francisco: Norman Publishing, 1993.

GRONCHI C. C. Exposição Ocupacional às radiações ionizantes nos serviços de hemodinâmica. [dissertação]. São Paulo. 2004. Universidade de São Paulo; 2004.

HAMARI, Juho HUOTARI, Kai e. **Defining Gamification - A Service Marketing Perspective**. MindTrek. October de 2012, pp. 17-22.

<https://books.google.com.br/books?isbn=8535282564>>Acesso em: 20 de março 2017.

HUIZINGA, Johan. *Homo ludens: o jogo como elemento da cultura*. 5edição. São Paulo: Perspectiva, 2007.

HUNH, A. Programa de Proteção Radiológica em um serviço Hospitalar de Radiologia [dissertação]. Santa Catarina. 2014. Universidade de Santa Catarina; 2014.

JALES, R.M. (2015) **Bases Físicas da Mamografia**. Dr Pixel

01/12/2015. Disponível em:

<<https://www.fcm.unicamp.br/dapixel/pt-br/metodos-de-imagem/bases-f%C3%ADsicas-da-mamografia>> Acesso em: 15 fev 2018.

LIMA, M. **Jogos de empresas e operações logísticas**, Fev. 2004. Acesso em 16 nov. 2017. Disponível em: <<http://www.ilos.com.br/web/jogos-de-empresa-e-operacoes-logisticas/>>.

LIMA,R,C. **Jogos e Brincadeiras: Benefícios do lúdico no desenvolvimento cognitivo das crianças da educação infantil [especialização]**.Bahia 2016. Universidade Federal da Bahia; 2016.

Londrina, Brasil. Disponível em:

<<http://rle.dainf.ct.utfpr.edu.br/hipermidia/index.php/radioterapia/radiacao-e-sua-interacao-com-a-materia>> Acesso em: 03 jan. 2018.

LOPES, M. da G. **Jogos na Educação: criar, fazer e jogar**. 4º Edição revista, São Paulo:Cortez, 2001.

LUDEKA, L. **JOGOS DE TABULEIRO**.Itensjogos.com 30/09/2016. Disponível em ludeka: <<http://www.ludeka.com.br/Sobre-a-Ludeka>> Acesso em 01 de jan de 2017.

LUDOPEDIA, L. **The Pillars of the Earth**. Ludopediajogos.com 10/03/2014. Disponível em: <https://www.ludopedia.com.br/jogo/the-pillars-of-the-earth/imagens/5094> Acesso em 02/01/2018.

LUIZ L. C., OLIVEIRA, L. F., BATISTA, R. T. O uso de ilustrações no ensino e no setor de radiologia como uma proposta para construção dos conceitos de física radiológica e radioproteção. Rev Bras Fís Méd. 2011;5:245–52.

Luz, Renata Matos da. O ensino de física das radiações em ambientes hospitalares: avaliação das concepções sobre raios x com enfoque na prevenção e tecnologia. / Renata Matos da Luz. – Porto Alegre, 2013.

MACEDO, H. A. L. S., Rodrigues V. M. C. P. Programa de controle de qualidade: a visão do técnico de radiologia. Radiol Bras [online]. 2009, acesso 18 dez 2010; 42(1):37-41.

Disponível em:

<http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S010039842009000100009&script=sci_arttext> .

MACHADO, L. **Revista Brasileira de Educação Médica** (2011). Serious Games Baseados em Realidade Virtual para Educação Médica., 6.

Martini JG. O papel social da pesquisa em Enfermagem. Rev Bras Enferm; 2009;62(3):340.

MARTINS, D. R. Um processo de gamificação baseado na teoria da autodeterminação. [dissertação]. Rio de Janeiro 2013. Universidade Federal do Rio de Janeiro; 2013.

MARTINS, J.B. **A historia do átomo de Demócrito aos Quarks**. Rio de Janeiro: Ciência Moderna, 2001.

MCGONIGAL, J. (2010). Gaming Can Make a Better World. TED. Retrieved from.

Disponível em: http://www.ted.com/talks/jane_mcgonigal_gaming. Acesso em: 11 dez 2016.

MEIJON, L. **Radioatividade**. . em pt.slideshare.net slideshare.net 14/08/2011. Disponível em: <<https://pt.slideshare.net/Proclaudialuciane/radioatividade-1-s>> Acesso em 15 fev 2017.

MENDES, L.C.G. Proposta de método de inspeção de radioproteção aplicada em instalações

de medicina nuclear. [Tese]. Rio de Janeiro 2003. Universidade Federal do Rio de Janeiro; 2003.

Ministério da Ciência e da Tecnologia (BR). Comissão Nacional de Energia Nuclear. Diretrizes básicas de proteção radiológica: Norma CNEN NN-3.01. Brasília (DF); 2005 [acesso 18 Março 17]. Disponível em: < www.cnen.gov.br/seguranca/normas/pdf/Nrm301.pdf >

Ministério da Saúde (BR). Organização Pan-Americana da Saúde no Brasil: doenças relacionadas ao trabalho: manual de procedimentos para os serviços de saúde. Brasília (DF); 2001 [acesso 20 Março 2017]. Disponível em: <http://www.opas.org.br/>

Ministério da Saúde (BR). Portaria 453. Diretrizes de proteção radiológica e radiodiagnóstico médico e odontológico. Brasília: Secretaria de Vigilância Sanitária, Ministério da Saúde; 1998.

MORAIS, A. et al. Tomada de Decisão aplicada à Inteligência Artificial em Serious Games voltados para Saúde. 2010.

NANDI, D.M. **Estudo de funcionalidade e segurança para aceleradores lineares utilizados em radioterapia**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) - Pós-Graduação em Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Santa Catarina. Santa Catarina, 2004.

NAVARRO, M. V. T. Risco, radiodiagnóstico e vigilância sanitária. 1ª.Ed. Salvador (BA): UFB; 2009.

NAVARRO, MVT. Sistemas de proteção radiológica. In: Risco, radiodiagnóstico e vigilância sanitária. Salvador: EDUFBA, 2009, pp. 77-84. ISBN 978-85-232-0924-7. Available from SciELO Books .

NORMAN, D. A. Emotional Design: Why We Love or Hate Everyday Things. Basic Books. Nova York -2004.

OGURI, V. **A Radioatividade e a origem do não determinismo na ciência**. Revista VestibularUFRJ.com 05/ 08/2014.
<http://www.revista.vestibular.uerj.br/artigo/artigo.php?seq_artigo=33> Acesso em 05/02/2017.

OKUNO, E. Efeitos biológicos das radiações ionizantes. Acidente radiológico de Goiânia. Estud. av. São Paulo, v. 27, n. 77, 2013. Disponível em:
<http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-40142013000100014&script=sci_arttext>. Acesso em: 20 Março 2017.

OKUNO, E. Radiação: efeitos, riscos e benefícios. São Paulo: Harbara, 1988.

OKUNO, E.& YOSHIMURA,E.M., Física das Radiações. Oficina de textos, São Paulo, SP, 2010.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DE SAÚDE (OMS). Technical Report Series n. 154. Post - graduate training in the public health aspects of nuclear energy. Geneva, 1958.

ORGAN A OPANAMER CANA DE SA DE (OPAS). Organización, desarrollo, garantía de calidad y radioprotección en los servicios de radiología imaginología y radioterapia. Washington DC, 1997.

PANEGALLI, F,S. Rede Super Mario Logic: Um Jogo sério para lógica de Programação [dissertação]. Universidade Federal de Santa Maria; 2013.PEREIRA, R.L; FUSINATO, P.A. **Desenvolvendo um Jogo de tabuleiro para o ensino de física**. Encontro Nacional de Pesquisa e Educação em Ciências.nov 2009.

PERRIN, F. A. C. (1921). Physical Attractiveness and Repulsiveness. *Journal of Experimental Psychology*, 4(3), 203-217.<<http://dx.doi.org/10.1037/h0071949>>.Acesso em: 02 Dez 2017.

PESCUITE, Júlio; MARCELO, Antonio. Design de jogos- Fundamentos. Editora Brasport. Rio de Janeiro - 2009.

PICCIONE, P. A. In Search of the Meaning of Senet, *Archaeology*, ago. 1980, p. 55-58. Disponível em: <<http://www.gamesmuseum.uwaterloo.ca/Archives/Piccione/index.html>>. Acesso em: 20 de ago 2017.

PRENSKY, Marc. Aprendizagem Baseada em Jogos Digitais. SENAC São Paulo. São Paulo - 2012.

PRO-RAD. **Consultores em Radioproteção S/S**. Disponível em: <http://www.prorad.com.br/index.php?data=memorial_descritivo.php> Acesso em: 5 Nov.2016.

QUOIRIN, N. **Raios X**. oocities.org 20/02/2004. Disponível em: <<http://www.oocities.org/tomografiademadeira/index.html>> Acesso em 11 de Agosto de 2017.

REZENDE JM. O uso da tecnologia no diagnóstico médico e suas consequências. *Ética Rev.* 2006; 4: 18-21

RIZZO, G. **Alfabetização Natural**. Rio de Janeiro: Editora Bertrand Brasil Ltda, 3a edição, 1999.

Rollings, A., Adams, E.: Andrew Rollings and Ernest Adams on **Game Design**. New Riders.pages 122, 135.(2005) 122–135.

SALEN, Katie. ZIMMERMAN, Eric. Regras do jogo: fundamentos do design de jogos: volume 1 – fundamentos do design de jogos. São Paulo: Blucher, 2012.

SANT’ANNA, F.C.’’ **Utilização do jogo “na trilha dos resíduos de serviços de saúde”**: uma ferramenta para o ensino em Cursos Técnicos de Análises Clínicas. / Fatima de Castro Sant’Anna. - Volta Redonda: Unifoa, 2015. 69 p. Il. [Dissertação], Unifoa Rio de Janeiro, 2015).

SANTOS, C. L.; VALE, F. S. Os Jogos eletrônicos na educação. Um Estudo da Proposta

dos Jogos Estratégicos. São Cristóvão, SE, 2006.

SANTOS, Marinei do Rocio Pacheco dos. Comparações entre doses pediátricas periféricas provenientes de radioterapia conformal e de intensidade modulada. 2010. 77 f. Dissertação – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2010.

SANTOS, VLS, Camelo SHH, Soares MI, Resck ZMR, Chaves LDP, Santos FC, et al.

Práticas de liderança em enfermagem hospitalar: uma self de enfermeiros gestores. Rev Esc Enferm USP. 207;51:e03206. DOI: <<http://dx.doi.org/10.1590/S1980-220X2016024403206>>.

SCHUYTEMA, P. Design de games: uma abordagem prática. São Paulo: Cengage Learning, 2008. 447 p.

SEABRA, G. A.; SANTOS, L. A. NewsGames - Applied General Theory of Games Based News. Italy-Brasil: NewsGames, 2015.

SEVCENKO, N. O prelúdio republicano, astúcias da ordem e ilusões do progresso. In:

SEVCENKO, N. (Org.). História da Vida Privada no Brasil. São Paulo: Companhia das Letras, 1998. v.3.

SEVERO, E. (2014) **Manual de Técnicas em Tomografia**

Computadorizada. Radioiamama.com 23/07/2014. Disponível em:

<<http://www.radioinmama.com.br/historiadatomografiastema/arquivos/Saudedotrabalhador.pdfhtml>> Acesso em: 15 fev 2017.

SMITH, E. Playing politics in video games. theguardian, mai. 2015. Disponível em:

SOARES F. A. P.; PEREIRA, A. G. P.; FLÔR R. C. Utilização de vestimentas de proteção radiológica para redução de dose absorvida: uma revisão integrativa da literatura. **Radiologia Brasileira**, São Paulo, v. 44, n. 2, mar./apr. 2011. Disponível em:

<http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-39842011000200009>. Acesso em: 20 março 2017.

SOARES, F. A. P. **redução de raios em ampolas radiográficas** estudo do tomógrafo computadorizado do Hospital Regional de São José/SC. Tese (Doutorado em Física Experimental) – Programa de Pós- Graduação em Física, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.

Spencer Lima, L. (2014), Revista de Ciência Elementar, 2(04):0110 Revista de Ciência Elementar Volume 2 | Número 4.

TIPLER, Paul A.; MOSCA, Gene. Física: Vol.2 Eletricidade e Magnetismo, Ótica. Rio de Janeiro: LTC, 2006.

TORNQUIST, S. **FISIOGAMES E WII REABILITAÇÃO.** fisioreabilitacao.com 25 /07/ 2011). Disponível em: <<http://fisioreabilitacao.blogspot.com.br/2011/07/fisiogames-e-wii-reabilitacao-curso.html>>. Acesso: 25 de agosto 2017.

TORRES, H.C.; HORTALE, V.A.; SCHALL, V. A experiência de jogos em grupos operativos na educação em saúde para diabéticos. **Cad. Saúde Pública** , v.19, n.4, p.1039-47,

2003.

VIANNA, Y.; VIANNA, M.; MEDINA, B.; TANAKA, S. Gamification, Inc. Como reinventar empresas a partir de jogos. Ed. MJV Press. Rio de Janeiro -2013.

WATANABE, P.C.A PARDINI, L.C.; ARITA, L.C **Discussão das diretrizes de proteção radiológica em radiodiagnóstico médico e odontológico**. Rev. Assoc. Paul. Cir. Dent V.54 N.1,P. 64-72, 2000.

WERBACH, Kevin; HUNTER, Dan. For The Win: How Game Thinking Can Revolutionize Your Business. Filadélfia, Pensilvânia: Wharton Digital Press, 2012.

SEVERO, E. (2014) **Manual de Técnicas em Tomografia**

Computadorizada. Radioiamama.com 23/07/2014. Disponível em:

<<http://www.radioinmama.com.br/historiadatomografiastema/arquivos/Sausedotrabalhador.pdfhtml>> Acesso em: 15 fev 2017.

XAVIER, A. M. et al. Princípios Básicos de Segurança e Proteção Radiológica. 3. ed. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Abril de 2010. Disponível em:

<<https://www.yumpu.com/pt/document/view/21873944/princa-pios-de-seguranaa-e-proteaaoradiologica-terceira-cnen/61>>. Acesso em: 24 Dez. 2017.

YACOVENCO, A. A. Desenvolvimento e Implantação de um Sistema de Garantia da Qualidade em radiologia odontológica. [dissertação]. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro; 1999.

YANIKIAN, D.N. **Princípios Físicos em Radiologia**. São Paulo: Associação Brasileira de Física Médica, 142 p.

ZICHERMANN, Gabe; CUNNINGHAM, Christopher. Gamification by Design. Implementing Game Mechanics in Web and Mobile Apps. Canada O'Reilly Media, 2011.

APÊNDICE A - Questionário Pós ao desenvolvimento da Atividade Lúdica objetivando coletar os dados referentes ao nível de satisfação que o jogo proporcionou.



Questionário de Pesquisa

Prezado (a) participante,

Este questionário é parte integrante de uma pesquisa de mestrado em Engenharia Biomédica que se desenvolve na UnB-Gama (FGA). Nosso objetivo é analisar a eficácia da aplicação de um material lúdico-didático complementar para a formação continuada dos profissionais de radiodiagnóstico. É importante salientar que a sua participação será mantida anônima em toda a pesquisa e em qualquer circunstância pública em que os resultados da investigação vierem a ser apresentados. Nesse sentido, conto com sua colaboração respondendo as questões abaixo, com ética, responsabilidade e autenticidade de modo a auxiliar de forma significativa a pesquisa em questão.

Questão 1: A experiência lúdica vivenciada com o jogo “Gama-Game” contribuiu para sua formação continua agregando conhecimento e conscientização quanto os perigos das radiações ionizante e ao Regulamento Técnico que estabelece as diretrizes básicas de proteção radiológica em radiodiagnóstico médico e odontológico?

- Sim
 Não

Questão 2: Descreva algumas reações que você teve no decorrer do jogo?

Questão 3: Comparando a metodologia de ensino-aprendizagem utilizada no jogo com uma abordagem tradicional abordada nos cursos técnicos, quais são suas considerações?

Questão 4: Você considera que algum outro conteúdo deveria ser tratado em uma nova versão do jogo?

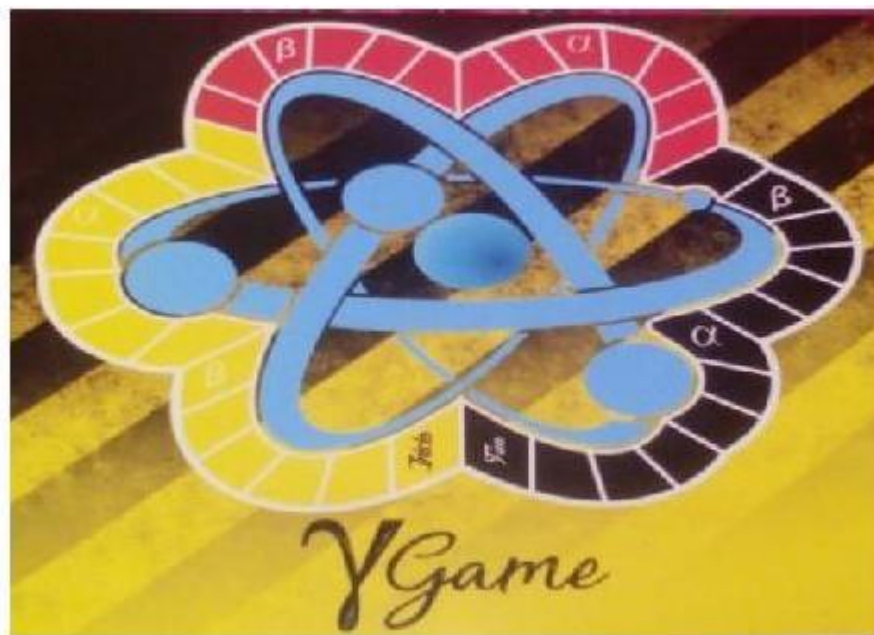
Sim

Não

Se sim, quais são os assuntos?

Questão 5: Caso você tenha respondido que os recursos utilizados não o agradaram, informe os fatores que influenciaram em sua avaliação e em seguida apresente algumas sugestões de aprimoramento.

APÊNDICE B – Tabuleiro do jogo.



APÊNDICE C – As cartas utilizadas no jogo.

	 <p>1) (FAUREL-2016) Segundo a Portaria 453/06, compete ao Supervisor de Proteção Radiológica assegurar o titular do serviço de radiologia nos assuntos relativos a proteção radiológica, devendo realizar algumas atividades, EXCETO:</p> <p>a) realizar apenas exposições médicas autorizadas por um médico do serviço, em sala de diagnóstico, e em salas de diagnóstico e de radiologia. b) elaborar e manter atualizados o manual de procedimentos e a proteção radiológica. c) certificar a segurança das instalações durante o planejamento, construção e sua manutenção. d) coordenar o programa de treinamento periódico da equipe sobre os aspectos de proteção radiológica e garantir a qualidade.</p>
	 <p>2) (UPPR-2017) Segundo a Portaria nº 453 da Secretaria de Vigilância em Saúde do Ministério da Saúde, o equipamento radiológico deve apresentar:</p> <p>a) documentação e teste, com as especificações de desempenho, regimes de operação, de manutenção e de proteção radiológica do equipamento, assinada por todos os profissionais técnicos que o mantêm. b) certificação de funcionamento do cabo de do equipamento, quanto à radiação de fuga. c) Haver como o gerador, o tubo, o cabeçote, a mesa e o sistema de colimação devem ser alinhados, e o diâmetro efetivo fixado em lugar visível para o paciente. d) os regimes de trabalho e parâmetros de operação do equipamento radiológico devem estar exibidos em língua portuguesa e em local visível para o paciente. Preferencialmente, a sala de espera do exame radiológico. e) a emissão de raios X é silenciosa. Porém, caso apresente algum problema durante a exposição radiográfica, deve ser indicada por um sinal sonoro e a máquina localizada no painel de controle do operador.</p>
	 <p>3) (RESOLUÇÃO-2017) Com relação à identificação individual nesta tabela pela Portaria nº 453, julgue os itens: identifique como verdadeiro (V) ou falso (F) as assertivas a seguir:</p> <p>() Indivíduos que trabalham em sala de um serviço devem tomar medidas de modo a garantir que a dose de exposição, o tempo de exposição e o nível de dose sejam os mínimos possíveis para a realização do exame. () O documento individual é de uso exclusivo do seu titular e deve ser usado diferentemente em todos os serviços para os quais o profissional tenha sido designado. () Se houver qualquer exposição acidental, o documento individual deve ser usado para avaliar o nível de exposição. () Durante a utilização de avental plumbífero, o documento individual deve ser colocado no bolso avesso à aplicação em um tempo de duração de 10 para evitar a dose efetiva.</p>
	 <p>4) (UPPR-2017) Com base na produção de raios X, assinale a alternativa correta.</p> <p>a) O filamento do tubo catódico localizado no ânodo é aquecido e ionizado eletricamente por um transformador de alta tensão, formando o feixe de elétrons. b) A aceleração dos elétrons livres é ocasionada pela diferença de potencial aplicada à anoda do raio X. c) No cátodo, o ponto focal do tubo catódico fica sobre a superfície do ânodo e o filamento do ânodo e o cátodo são aquecidos, e o feixe de elétrons ionizados é produzido. d) Na formação dos raios X ocorre a produção de, aproximadamente, 99% de raios X e 1% de calor. e) O primeiro e segundo parâmetros de produção de raios X é o tempo de exposição.</p>