



**ANDRE LUIZ LOPES PEREIRA GOMES**

**NUKLEAR**

**LAVRAS – MG**

**2021**

**ANDRE LUIZ LOPES PEREIRA GOMES**

**NUKLEAR**

Monografia apresentada à  
Universidade Federal de Lavras,  
como parte das exigências do  
curso de Licenciatura em Física,  
para obtenção do título de  
Licenciado.

Prof. Dr. Alexandre Bagdonas  
Orientador

**LAVRAS – MG**

**2021**

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca  
Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

Gomes, André Luiz Lopes Pereira.

Nuklear / André Luiz Lopes Pereira Gomes. - 2021.

65 p.

Orientador(a): Alexandre Bagdonas.

Monografia (graduação) - Universidade Federal de Lavras,  
2021.

Bibliografia.

1. História da Física. 2. CTSA. 3. RPG Pedagógico. I.  
Bagdonas, Alexandre. II. Título.

**ANDRE LUIZ LOPES PEREIRA GOMES**

**NUKLEAR**

Monografia apresentada à  
Universidade Federal de Lavras,  
como parte das exigências do  
curso de Licenciatura em Física,  
para obtenção do título de  
Licenciado.

APROVADA em 30 de junho de 2021

Prof. Dr. Alexandre Bagdonas UFLA

Prof. Dr. Antônio Marcelo Martins Maciel UFLA

Prof. Dr. Jefferson Adriano Neves UFLA

Prof. Dr. Alexandre Bagdonas  
Orientador

**LAVRAS – MG**

**2021**

*A minha esposa, Luisa e ao meu gato Frollo pelo apoio constante..*

## **AGRADECIMENTOS**

À Universidade Federal de Lavras. Ao orientador Prof. Alexandre Bagdonas pelo acompanhamento e demais discussões. Ao grupo de pesquisa de aplicações de história da física no ensino (Alexandre Dantas, Samantha Lemos, Johnnie Pereira e Vanderson Santos )

Aos demais professores do curso de Licenciatura Plena em Física, e principalmente aos meus amigos Bruno (Bruninho), Mateus (Canudo), Eduardo (Duzão), Hiorran (PlayStation) e Mateus Visa (Lenninsk) que me ajudaram ao longo dessa trajetória.

*“Aqueles que não podem lembrar o passado  
estão condenados a repeti-lo ”*

*(George Santayana)*

## RESUMO

Este trabalho de conclusão de curso propõe um jogo de tabuleiro educacional com elementos dos tradicionais RPGs, para ensinar sobre a História da Física Nuclear, tendo um enfoque na discussão da influência da sociedade dentro da ciência. O Nuklear (jogo desenvolvido neste trabalho) coloca seus jogadores no papel de investigadores da ONG GAERMA, que suspeitam das intenções das atividades de uma empresa de energia nuclear do século 21, e para auxiliá-los nessa empreitada os jogadores pesquisam sobre o passado (entre 1918 até 1945). Com as informações do passado, os jogadores deverão relacioná-las com os acontecimentos do presente e ajudar a ONG a resolver impasses (problemas de cunho moral), desde a revelação das verdadeiras intenções da empresa para o mundo ou até mesmo boicotá-la das sombras.

O Nuklear surgiu como uma opção para se introduzir o conteúdo de Física Nuclear dentro do Ensino Médio. O processo de criação deste jogo me proporcionou um crescimento profissional por causa da oportunidade de estudar com mais profundidade, História da Física, CTSA e Jogos no Ensino.

**Palavras-chave:** CTSA, História da Física, RPG pedagógico, Física Nuclear.

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b>	<b>10</b>
<b>2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b>	<b>12</b>
2.1 RPG NO ENSINO	12
2.2 HISTÓRIA DA FÍSICA, CTSA E O RPG	14
2.2.1 ESTUDOS DE HISTÓRIA DA FÍSICA NO RPG	14
2.2.1 CTSA e o RPG.	15
<b>3 DESENVOLVIMENTO DO NUKLEAR</b>	<b>17</b>
3.1 ENREDO DO JOGO	19
3.2 FASES DO JOGO	20
3.2.1 PRIMEIRA FASE	20
3.2.2 SEGUNDA FASE	24
3.3 PERÍODO HISTÓRICO DO JOGO	25
3.3.1 O ENTRE GUERRAS	25
3.3.2 SEGUNDA GUERRA MUNDIAL	27
3.4 A SEQUÊNCIA DIDÁTICA	27
<b>4 CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	<b>30</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>31</b>
<b>APÊNDICE A - MANUAL DO JOGO</b>	<b>34</b>
<b>APÊNDICE B - PROBLEMA 1: A CARTA</b>	<b>38</b>
<b>APÊNDICE C - PROBLEMA 2: A ENTREVISTA</b>	<b>40</b>
<b>APÊNDICE D - PROBLEMA 3: A CONTA</b>	<b>42</b>
<b>APÊNDICE E - FICHAS DO NUKLEAR PROBLEMA 1</b>	<b>43</b>
<b>APÊNDICE F - FICHAS DO NUKLEAR PROBLEMA 2</b>	<b>46</b>
<b>APÊNDICE G - FICHAS DO NUKLEAR PROBLEMA 3</b>	<b>48</b>
<b>APÊNDICE H - PLANO DE AULA</b>	<b>51</b>
<b>ANEXO A - TEXTO 1</b>	<b>59</b>
<b>ANEXO B - TEXTO 2</b>	<b>62</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Este trabalho teve como objetivo criar um jogo sobre física nuclear utilizando elementos de história e filosofia da ciência (HFC) e ciência, tecnologia, sociedade e ambiente (CTSA) com o intuito de no futuro poder ser aplicado no ensino. O jogo possui duas fases, sendo a primeira um jogo de tabuleiro e a segunda um debate com elementos dos jogos de RPG de mesa.

RPG significa "Role-Playing Game", normalmente traduzido como Jogo de Interpretação de Papéis, que em sua maioria é para ser jogado em grupo. É formado por um narrador que descreve os acontecimentos a um grupo de jogadores que, a partir das informações, interpretam suas decisões ditando os rumos da narrativa. Por ser um jogo de interpretação de papéis o RPG possibilita a interação social, algo que é muito importante para a aprendizagem, e essa utilização do jogo para o ensino foi nomeada de RPG Pedagógico (Amaral, 2008).

Meu primeiro contato com o RPG foi aos 14 anos, quando um amigo da escola (Luis Fillipy) me convidou para jogar com o grupo de meninos da rua da casa dele. Esse contato me ajudou a desenvolver minhas relações sociais com outras pessoas, pois nessa época eu possuía dificuldades de me relacionar com outras pessoas. Essa adversidade foi causada por um problema respiratório (adenoide) que comprometeu minha audição durante os meus quatro primeiros anos de vida sendo resolvido apenas com cirurgia.

Ao longo do tempo eu e esse grupo de pessoas viramos amigos à medida que jogamos vários sistemas próprios, criados em consenso entre os participantes. Dessa forma comecei a me empenhar mais na escola para poder aprender os conteúdos dados dentro de sala com o objetivo de usá-los para a criação de regras e manipulação dos mundos criados. Me empenhei a estudar literatura e história tanto para basear as histórias dentro do cenário quanto para contar histórias como Bardo (Músico)<sup>1</sup>. Ao longo desse período desenvolvi minhas várias deficiências relacionadas ao meu contato social, além de melhorar meu rendimento dentro de sala de aula. Com base acima, acredito que minha experiência com o RPG foi positiva, pois transformou minhas relações sociais e me ajudou na escola.

O desenvolvimento do jogo me proporcionou a oportunidade de estudar sobre jogos no ensino, História da Física e CTSA, que não conhecia, e se tornaram base de construção

---

<sup>1</sup> Bardo ou Menestrel é uma classe de jogos de RPG com temática medieval para representar personagens com afinidades mágicas relacionadas à música e outras artes.

para meus planejamentos (meus colegas da Residência Pedagógica que o diga) . Além disso, esse jogo me incentivou a encarar uma de minhas maiores fraquezas, que é a de falar em público, pois graças a ele tive a oportunidade de me apresentar em um congresso sobre história da física, além de conhecer várias pessoas da área e conhecer seus trabalhos. Desenvolver o Nuklear com o grupo de estudos, fez com que construísse amizades com pessoas que eu nunca poderia pensar em conversar normalmente.

Para alcançar os objetivos desse trabalho de construir um jogo de tabuleiro e propor uma sequência didática utilizou-se os trabalhos de Alexandre Bagdonas, Diego Sabka e Ricardo Amaral.

Alexandre Bagdonas, com auxílio de Vitor Machado, Felipe Velasquez, André Noronha, Ivã Gurgel e outros membros do grupo TeHCo, da Universidade de São Paulo, criou Cosmic, um jogo que foi investigado na tese de doutorado "Controvérsias envolvendo natureza da ciência em sequências didáticas sobre cosmologia" Bagdonas (2015). Esta foi a principal referência que utilizamos para estudar história da física na primeira metade do século XX.

Diego Sabka desenvolveu a dissertação, “Uma Abordagem CTS Das Máquinas Térmicas na Revolução Industrial Utilizando o RPG Como Recurso Didático”(Sabka 2011), defendida na UFSC, desenvolvendo assim meu interesse de empregar esta estratégia didática no desenvolvimento de um novo jogo sobre física nuclear, o Nuklear.

Por fim, a dissertação de mestrado de Ricardo Amaral (2008), pela UFRPE, que desenvolveu um sistema de RPG (Role-Playing Game) para ensinar conteúdos de ciências, o “RPG na Escola”. O autor mantém um site, com o mesmo nome do sistema, que auxilia os professores, com o fornecimento de materiais de estudo para o desenvolvimento dos conteúdos de física por meio do RPG. Além de fornecer 5 aventuras/aulas prontas que são multidisciplinares para serem utilizadas dentro de sala de aula

Este trabalho está dividido em quatro capítulos além da introdução. O primeiro capítulo abordará o que é RPG, como aplicá-lo no ensino e como ele se relaciona com CTSA e História da Física. No segundo capítulo será abordado como foi o processo de construção do jogo. O terceiro capítulo é sobre o jogo Nuklear e a sequência didática sugerida a ele. No capítulo final se encontram as considerações finais sobre o trabalho.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo será apresentado de forma breve um estudo sobre História e Filosofia da Ciência, Natureza da Ciência e História da Cosmologia. Todas essas três áreas têm uma íntima ligação, principalmente quando é feito um aprofundamento em história da cosmologia, percebendo o potencial da área para discutir a Natureza da Ciência e História e Filosofia da Ciência. O estudo sobre os temas busca responder algumas questões orientadoras que podem ajudar muito o professor e estudante a entender os conceitos e períodos históricos, dessa forma compreender o porque utilizar História da Ciência para ensinar Física.

### 2.1 RPG NO ENSINO

O RPG é um jogo de interpretação de papéis divididos em duas classes de jogadores, a primeira é o narrador que seria o responsável por mediar os acontecimentos e os desafios ao grupo de personagens que são segunda classe, os aventureiros. Um dos primeiros jogos de RPG criado foi *Dungeon and Dragons*<sup>2</sup> no ano de 1973, pelos americanos Gary Gygax e Dave Arneson, que tinha como intuito adaptar o wargame de 1971 *Chainmail* para ser jogado com apenas um único personagem Amaral (2008), Sabka (2011) Vasques (2008). A ambientação do *Dungeon and Dragons* foi fortemente inspirada na mitologia da trilogia do Senhor dos anéis: *A sociedade do anel* (TOLKIEN, 2000a), *Duas Torres* (TOLKIEN, 2000b), e *O Retorno do Rei* (TOLKIEN, 2000c) que originalmente foram lançados entre os anos de 1954 e 1955.

Hoje em dia existem muitos cenários diferentes dentro desse universo dos RPGs com temáticas variadas, desde o tradicional cenário medieval, cenários futuristas que se utilizam de ficção científica para se desenvolver o enredo até cenários modernos que se baseiam nos contos do escritor H. P. Lovecraft (*Call of Cthulhu*). No geral, o jogo segue um sistema de regras que se adequam ao estilo de cenário no qual o narrador cria sua campanha, mas em sua maioria todos os sistemas utilizam dados como meio de definir o sucesso dos jogadores.

A versatilidade na criação de histórias, faz com que o RPG possa ser utilizado como um mecanismo de abstração e aprendizagem dos conteúdos a serem discutidos em sala de aula.

---

<sup>2</sup> Disponível em <[https://pt.wikipedia.org/wiki/Dungeons\\_%26\\_Dragons](https://pt.wikipedia.org/wiki/Dungeons_%26_Dragons)> Acesso em 02/08/2021

O jogo pode proporcionar desenvolvimento dos conceitos e formação ética e moral do estudante através de discussões morais inseridas dentro da narrativa.

Ao mesmo tempo em que podem ser empregados como técnica de otimização e dinamização do ensino tradicional (na revisão e avaliação de conteúdos, na organização de conhecimentos prévios), alguns jogos educacionais estão marcadamente imbuídos do propósito de promover o pensamento crítico sobre questões sócio-científicas, dando realização à ideia mais radical que se pode fazer do Ensino de Física para a formação de cidadãos.” (SABKA 2011 p.21)

Podemos citar ainda outras vantagens de se levar o RPG dentro de sala de aula tais como:

- Desenvolver o trabalho em equipe;
- Colocar o aluno como agente na construção do conhecimento;
- Despertar o interesse do aluno no conteúdo (mesmo que com o “objetivo” de possuir vantagem em relação aos outros);
- Simular eventos históricos com os alunos;
- Construir empatia para com os outros, por meio das vivências dentro do jogo.

Dito isso, o RPG de mesa dentro da sala de aula também tem seus problemas, que em sua maioria varia em proporção à complexidade do sistema usado:

- Criar/adaptar um sistema de regras simplificado e abrangente o suficiente para a aplicação dentro de sala;
- Número de alunos dentro de sala de aula;
- Quantidade de aulas necessárias para se desenvolver um personagem;
- O tempo gasto para desenvolver a ficha de personagem e explicar as regras;
- O professor precisa conhecer sobre RPG

Pelas razões citadas, decidimos que ao invés de utilizar um RPG de mesa, que um professor teria dificuldades em aplicá-lo dentro de sala, optamos pelo RPG de tabuleiro, uma vez que as fichas de personagens já estariam prontas e mecânica simplificada facilitam a aplicação e a mediação do professor, pois o próprio tabuleiro, ou seja, os estudantes jogando sem a presença de um mestre, faz a mediação de uma parte do jogo. Com isso, é possível que mesmos divididos em pequenos grupos todos conseguiriam acompanhar e interagir com a

história sem a presença do professor a todo momento. Isto seria impossível em um RPG de mesa já que o narrador precisa estar presente e contando a história.

O tabuleiro além de auxiliar na mediação do professor-aluno e aluno-aluno também proporciona os benefícios do RPG tradicional.

Seus principais objetivos são: despertar o interesse dos alunos pelos conteúdos e criar um ambiente propício para a aprendizagem, ou ainda analisar os conhecimentos previamente adquiridos. Além disso, podem ser uma excelente opção para modernizar o ensino de Física. (Souza, 2017; pág 3)

Por essa razão, na construção do Nuklear optamos por fazer um RPG de tabuleiro que torna o jogo mais acessível aos professores e mantém qualidades interpretativas que o RPG pode proporcionar para o ensino. Outro fator importante para a confecção do jogo foram os estudos de História da física e educação CTSA que serão detalhados na seção a seguir.

## **2.2 HISTÓRIA DA FÍSICA, CTSA E O RPG**

Ao apresentar questões históricas aos alunos também é possível discutir sobre as influências da sociedade, política e da economia sobre o desenvolvimento da ciência.

Além dessas características é possível relacionar o conteúdo abordado dentro de sala com os conteúdos de outras disciplinas, principalmente história, geografia, filosofia e sociologia, trazendo assim uma multidisciplinaridade para o ensino.

### **2.2.1 ESTUDOS DE HISTÓRIA DA FÍSICA NO RPG**

História e filosofia da ciência são importantes para a educação básica, pois contribuem com desenvolvimento cultural do estudante. Essa área do estudo mostra que a ciência é uma parte fundamental no desenvolvimento da cultura humana, logo existe uma influência social, econômica e política dentro do desenvolvimento científico.

O estudo detalhado de alguns episódios da história da ciência é insubstituível, na formação de uma concepção adequada sobre a natureza das ciências, suas limitações, suas relações com outros domínios. Esses episódios podem mostrar grandes sucessos e também grandes fracassos do esforço humano para compreender a natureza. (Martins, 2006, p. XXIV)

Como o RPG tem como característica fundamental contar histórias, sejam elas fantasiosas ou mais realistas, o jogo tem como base a reação de um grupo de jogadores a história que está sendo contada pelo narrador.

O jogo possui como objetivo relacionar discussões sobre a ciência e o desenvolvimento da ciência num contexto de sua história. Nossa escolha foi propor o jogo durante a primeira metade do século XX, tendo como foco o período do entreguerras (1919 – 1939), identificando um período de muitas tensões, com influências políticas e sociais no desenvolvimento da ciência.

Neste período tivemos vários exemplos em que questões influenciaram no desenvolvimento da ciência tais como:

- O boicote realizado pelos cientistas dos países que venceram a guerra aos alemães.
- A resistência que Arthur Eddington encontrou da comunidade científica inglesa para realizar as expedições para testar a relatividade em 1919.
- A relação entre os cientistas Niels Bohr e Werner Heisenberg.

### **2.2.1 CTSA e o RPG.**

CTSA é importante para a educação básica ao relacionar o ensino de física às discussões do cotidiano e da atualidade, como os impactos ambientais, sociais, políticos e econômicos do desenvolvimento da ciência e tecnologia, sejam eles positivos ou negativos.

tem-se desenvolvido em um contexto de aplicação, com características mais transdisciplinares do que disciplinares e dando lugar a uma interação entre diferentes atores sociais, como cientistas, representantes dos governos, do setor produtivo, de organizações não-governamentais e da imprensa. Esse novo modo de produção tem acarretado um aumento da responsabilidade social dos produtores de conhecimento científico e tecnológico. Nele os diferentes profissionais se unem no interesse comum de resolver grandes problemas, como a cura da AIDS, a escassez ou má distribuição de alimentos, etc. Isso passa a exigir do novo cientista uma maior reflexão e, sobretudo, a capacidade de dialogar com outras áreas para participar da análise de tais problemas em uma perspectiva multidisciplinar. (Santos, 2000, p 5)

Desenvolver CTSA dentro do RPG tem como objetivo promover discussões sobre pautas sociais, ambientais, científicas e tecnológicas, por que dentro da narrativa é possível ver de forma mais concreta as consequências das ações tomadas pelos jogadores, afinal eles

são os protagonistas desse mundo. Esse protagonismo do aluno dentro da narrativa traz para os jogadores a reflexão sobre as ações que eles fazem tanto dentro quanto fora do jogo.

Será por meio da discussão desses valores que contribuiremos na formação de cidadãos críticos comprometidos com a sociedade. As pessoas, por exemplo, lidam diariamente com dezenas de produtos químicos e têm que decidir qual devem consumir e como fazê-lo. Essa decisão poderia ser tomada levando-se em conta não só a eficiência dos produtos para os fins que se desejam, mas também os seus efeitos sobre a saúde, os seus efeitos ambientais, o seu valor econômico, as questões éticas relacionadas a sua produção e comercialização. (Santos, 2000, p.5)

Ainda dentro dessas discussões podemos citar alguns exemplos nos quais podemos relacionar CTSA no desenvolvimento do jogo e na formação do aluno como cidadão.

- O desenvolvimento científico que foi fomentado pela guerra.
- As implicações sociais que o lançamento da bomba nuclear em 1945 possui nos dias de hoje
- A discussão sobre outras fontes de energia e seus impactos.

Abordada essas questões partiu-se para a construção do jogo Nuklear, que é um RPG de tabuleiro dividido em 2 fases sendo a primeira a exploração do tabuleiro em si atrás de informações e a segunda fase a discussão entre os jogadores para a tomada de decisões.

No próximo capítulo, apresentaremos todo o árduo processo de criação e desenvolvimento do jogo.

### 3 DESENVOLVIMENTO DO NUKLEAR

Para a construção do jogo foram realizadas reuniões semanais com o orientador e um grupo de estudos em que discutimos aspectos da história da física nuclear, cada aluno estudou um personagem específico, sua biografia e principais obras científicas, além de debater o aspecto lúdico, criando coletivamente enredos e mecânicas do jogo.

Inicialmente o Nuklear estava sendo desenvolvido como uma digitalização do jogo desenvolvido pelo TeHCo, o Cosmic. Este trabalho seria feito em parceria entre alunos da Licenciatura em Física, do MNPEF (Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física) e Núcleo de Interação de Novos Jogos Acadêmicos (NINJA), da UFLA. Nessa fase do desenvolvimento, ampliamos a ideia de transformar o COSMIC em um game de celular aos moldes de Fallout Shelter<sup>3</sup> em que o jogador seria responsável pela construção de um laboratório de várias áreas da física. Porém, após alguns anos de trabalho e produção de personagens, o projeto foi substituído devido a problemas com mão de obra qualificada para realizar as artes que envolveriam o projeto.

Com a impossibilidade de desenvolvimento de jogos digitais, o grupo de estudos de História da Física da Ufla voltou a desenvolver inovações didáticas para o ensino de HFC e CTSA na educação básica presencial. Adaptamos o projeto para se encaixar no estilo de RPG de mesa algo mais parecido com o RPG sobre Máquinas Térmicas na Revolução Industrial (Sabka, 2011). Nesse desenvolvimento pensamos em utilizar o sistema de classes<sup>4</sup> para diferenciar os jogadores que agora iriam fazer o papel de “viajantes no tempo”, inspirados na série da Netflix, Ministério do Tempo. Essa abordagem foi desenvolvida no trabalho "A A.G.Ê.N.C.I.A do tempo" do Vanderson Santos (2021), que criou narrativas didáticas para o ensino de física nuclear com base nesse tipo de abordagem. Em nosso trabalho, utilizamos o sistema de classes de jogadores que criamos para o RPG e refizemos o jogo seguindo esses passos:

Primeiro foram realizadas pesquisas em fontes indireta<sup>5</sup>, que são textos históricos escritos por historiadores e cientistas, sobre os principais colaboradores e o contexto social da época em que a física nuclear foi construída. Nessa etapa do processo, o principal período

---

<sup>3</sup> Disponível em <[https://store.steampowered.com/app/588430/Fallout\\_Shelter](https://store.steampowered.com/app/588430/Fallout_Shelter)> Acesso em 14/06/2021.

<sup>4</sup> Sistema utilizado em RPGs para definir as habilidades básicas do personagem.

<sup>5</sup> Uma fonte classificada como direta era um escrito ou um relato de alguma testemunha presencial de um fato, de um protagonista, de uma documentação que emanava, às vezes, diretamente do ato em estudo. Uma fonte indireta era uma fonte mediada ou mediatizada, uma informação baseada, por sua vez, em outras informações, não testemunhais. (ARÓSTEGUI, 2006, p.495).

histórico do jogo foi definido entre 1918 até o ano de 1945 quando foram explodidas as bombas de Hiroshima e Nagasaki.

Os cientistas Albert Einstein, Niels Bohr, Werner Heisenberg e Robert Oppenheimer foram escolhidos como personalidades centrais a serem estudadas no jogo devido à relevância histórica. Baseado nessa pesquisa, que foi realizada por alguns integrantes do grupo de estudos, como Johnnie Pereira, Vanderson Santos, Samantha Lemos e Alexandre Dantas, elaboramos problemas envolvendo ética em que os alunos iriam debater entre si e com o professor para chegar em uma solução aceitável para o grupo. Para auxiliar os alunos na resolução desses problemas, desenvolvemos fichas de informações que explicam a história da física nuclear e a história do período em que o jogo se passa.

Para tornar a experiência de recolher informações e resolver problemas uma ideia jogável, decidimos dividir o jogo em 2 fases, sendo a primeira estruturada nos moldes de um jogo de tabuleiro em que os jogadores teriam que buscar as fichas de informações relacionadas a história da física nuclear e na segunda etapa usamos a estrutura de RPG para aplicar os problemas elaborados. O problema escolhido seria baseado nas fichas que os jogadores recolheram ao longo da primeira fase.

Nessa última etapa, a construção dos problemas foi dividida entre os membros do grupo e cada membro escolheu um cientista e pesquisou sobre sua bibliografia.

Johnnie pesquisou sobre o Físico americano, conhecido como “Pai da bomba nuclear”, Oppenheimer e seu trabalho foi fundamental para a construção do Problema 2 do jogo, abordando a dualidade de Oppenheimer antes e depois do desenvolvimento da bomba, trazendo ao jogador argumentos para auxiliar um funcionário da Nuklear na escolha de continuar a trabalhar no projeto ou então abandona-lo.

Na mesma linha, Vanderson (Santos, 2017) estudou sobre Heisenberg e o projeto nuclear alemão, o Clube do Urânio, e a partir desse estudo formulamos um problema baseado em sua biografia e na peça teatral Copenhague (SILVEIRA et al., 2011; CARDOSO, 2015). Neste problema abordamos uma situação parecida com a que a peça quer passar, um cientista trabalhando em um projeto perigoso tem que escolher entre salvar os seus entes queridos (e sua nação) e criar uma arma de destruição em massa ou errar as contas de forma proposital não criando essa arma sabendo essa escolha colocará seus entes em perigo.

Tivemos ainda mais duas pessoas que também participaram do desenvolvimento deste jogo: Samantha Lemos, que auxiliou nas discussões sobre o período entre guerras e da peça Copenhague, peça usada em sua discussão do mestrado "Contribuições de um texto teatral histórico para o estudo da Física NUCLEAR no Ensino Médio" (Souza, 2019). Desse período

de discussões ela adicionou a bibliografia de Lise Meitner e Otto Hahn ao nosso jogo para discutir a importância das mulheres na ciência. Finalmente, Alexandre Dantas, que junto a mim (André) criou, organizou e discutiu as regras do Nuklear, e esteve presente em todas as etapas da construção desse jogo, mesmo quando ainda era para ser um jogo de celular.

Durante esse período de desenvolvimento, várias áreas do conhecimento, um pouco com programação para discutir o game digital e como este seria desenvolvido e aplicado, estudei sobre jogos no ensino, com o intuito de desenvolver as regras do jogo de forma que o Nuklear ficasse jogável a todos os públicos, além de passar o conhecimento de forma verossímil, aprofundei meu conhecimento sobre História da Física, com o objetivo do embasamento histórico fosse o mais fiel possível e de estudar CTSA com o intuito de trazer para o game discussões relevantes a nossa sociedade.

Agora com a explicação do processo que resultou no Nuklear podemos enfim partir para o enredo do jogo e sua mecânica e para um exemplo de plano de aula para levá-lo dentro de sala de aula.

### **3.1 ENREDO DO JOGO**

Esta seção tem como objetivo explicar o enredo do Nuklear suas aplicações educacionais e mostrar um exemplo de plano de aula em que o jogo pode ser aplicado. Em suma o enredo do jogo pode ser descrito como:

No início do século XXI, um grupo neonazista estava incomodado com o excesso de imigrantes chegando à Europa e Estados Unidos. Para isso, criaram a Nuklear, uma empresa multinacional humanitária, de origem alemã, que supostamente ajudaria refugiados de guerra e imigrantes criando empregos para eles, na construção de usinas nucleares. Essas usinas serão criadas em vários lugares do mundo, e a ideia da organização é ter mão de obra barata, que depois de alocada trabalhará sob condições adversas e não poderá solicitar ajuda, pois estarão em locais isolados, como na Amazônia, nos desertos da fronteira do México com EUA, e no norte da África.

O último projeto em desenvolvimento pela Nuklear prevê a construção de uma usina nuclear em território brasileiro, mais especificamente no Amazonas, para abastecer e desenvolver mais indústrias na Zona Franca de Manaus. O professor atuará como vilão, que faz parte do comando da Nuklear. Os jogadores, que são alunos do ensino médio ou da licenciatura em Física, atuarão em grupos de até sete integrantes. No enredo, eles são integrantes de uma célula brasileira da GAERMA (Grupo de Apoio à Energias Renováveis e

do Meio Ambiente), uma organização internacional ambientalista, que não sabe das reais intenções da Nuklear, mas que suspeita de suas intenções. No passado, a GAERMA tem se destacado pela defesa de fontes alternativas de energia, como a eólica e a solar, e por ter atuando contra a produção de usinas nucleares no mundo todo, principalmente pela questão do que fazer com os rejeitos radioativos.

Os alunos são divididos em grupos com profissionais diferentes (as classes), que devem investigar o passado da Nuklear, que remonta às origens das pesquisas sobre energia nuclear na Alemanha, na primeira metade do século XX. Para isso eles entenderam que precisam investigar a história da física nuclear durante o entreguerras e no período da segunda guerra mundial, para entender o comportamento dos nazistas no passado. Perceberam que com estes estudos poderão desenvolver habilidades e coletar informações que possam ser úteis para tomar decisões contemporâneas, em problemas semelhantes aos problemas históricos, para combater esta organização neonazista.

### **3.2 FASES DO JOGO**

O Nuklear é um jogo para 2 a 10 jogadores de no mínimo 8 anos. O jogo é dividido em duas partes sendo a primeira um jogo de tabuleiro, que os jogadores partem em busca de fichas de informações no tabuleiro (Apêndice E), com um mecanismo que será detalhado na seção 3.2.1 (Primeira fase). As informações que os jogadores buscam no tabuleiro são acontecimentos históricos relacionados à física nuclear.

Com as informações da primeira fase os jogadores deverão realizar discussões sobre os Problemas 1, 2 e 3 (Apêndices B, C, D). Já os problemas são uma releitura de acontecimentos do passado para os dias de hoje onde os jogadores terão acesso às informações da história para que com seu o seu aprendizado possa intervir no presente. Esses problemas serão detalhados na seção 3.2.2 (Segunda Fase).

#### **3.2.1 PRIMEIRA FASE**

A primeira fase do jogo<sup>6</sup> se inicia montando o tabuleiro e posicionado às peças dos jogadores no país inicial que é o Brasil. O Representante ou o Professor deve dividir todas as fichas em alguns montes. As fichas informativas serão divididas pelas suas cores, sendo Verde as fichas científicas, as azuis às fichas sociais e as fichas Vermelhas são as fichas militares. Às fichas de transição e às fichas de rodada são posicionadas em seus respectivos quadros.

---

<sup>6</sup> O Manual completo do jogo se encontra no Apêndice A

Figura 3.1 - O tabuleiro do Nuklear



Fonte: Do autor (2021).

Após a organização do tabuleiro os jogadores escolherão entre quatro cores de peça sendo cada cor uma classe diferente:

- **Cientista (Verde):** Estudioso que se juntou à ONG com o objetivo de estudar formas sustentáveis de desenvolvimento. Possui um grande acesso às Universidades do mundo, facilitando assim o acesso a informações científicas.
- **Jornalista (Azul):** Nosso repórter possui um grande carisma, ele tem o preparo de conseguir várias informações com os mais diversos tipos de pessoas, e por essa razão ele é capaz de obter acesso a várias informações sociais.
- **Espião (Vermelho):** Esse tipo de jornalista ao contrário do anterior se especializou em buscar informações confidenciais de empresas e governos, possuindo assim vários contatos no submundo. Por essa razão o espião é capaz de conseguir informações militares com facilidade.
- **Representante (Amarelo):** Ele é o líder do grupo, e com seu grande espírito de liderança é capaz de tirar os outros personagens de várias situações de risco além de ser o responsável de organizar toda a informação obtida por seus colegas, além de observar as ações da empresa Nuklear aqui no Brasil.

O jogo se inicia com o Representante sacando a ficha que definirá o problema a ser resolvido. Com a ficha em mãos, o participante à esquerda do representante, partindo do Brasil, escolhe uma localidade do mapa e começa a se deslocar em direção a ela. Ao chegar em um dos três países, EUA, Dinamarca e Alemanha tentam obter uma ficha de informação.

Para se obter uma ficha o participante deve jogar um dado num sistema de **Sucesso e Falhas**. O Sucesso ou a falha é determinado através da rolagem de dados de seis faces (D6). Para obter um sucesso, o jogador deve obter na rolagem o valor de três ou superior em pelo menos metade dos dados rolados. Com o sucesso confirmado o jogador obtém a informação.

Figura 3.2 - Sucessos e Falhas



Legenda: A imagem acima exemplifica o sistema de falhas e sucesso. O primeiro e o segundo conjunto de dados exemplifica um sucesso na rolagem e o terceiro mostra uma falha.

Fonte: Do autor (2021).

As fichas do Nuklear<sup>7</sup> tiveram origem em duas fontes: o projeto de pesquisa do Johnnie (Pereira, 2016), que serviu como material base para a criação das fichas de informações relacionadas ao problema 2.

A segunda origem das fichas do novo jogo foram os já existentes cartões de informações do jogo COSMIC (Bagdonas, 2015)<sup>8</sup>, que solidificaram a construção dos problemas 1 e 3, dando o contexto da situação política da Europa durante o Entre Guerras.

As fichas do Nuklear são divididas em três categorias, fichas sociais, fichas científicas e fichas militares. Essa divisão é feita para auxiliar os jogadores na busca de informações dentro do jogo.

Abaixo segue um exemplo de cada tipo de ficha do jogo Nuklear.

<sup>7</sup> As fichas do jogo se encontram no Apêndice E e estão no formato para impressão.

<sup>8</sup> Disponível em <<http://lite.dex.ufla.br/pibidfisica/index.php/cosmic/>> Acesso em: 21/06/2021

Figura 3.2 - Ficha social

**A Ascensão do nazismo**

*A Alemanha enfrentava dificuldades econômicas causadas pela derrota na Primeira Guerra Mundial, mas a situação piorou com a crise financeira de 1929 que atingiu praticamente o mundo todo. Nesse ambiente, ganharam força dois regimes políticos que se opunham ao liberalismo, o socialismo e o fascismo. Na Alemanha, o Partido Nacional Socialista cresceu sob liderança de Adolf Hitler, que em 1925 publicou o livro Mein Kampf, em que criticava o tratamento dado pelos vencedores da Guerra à Alemanha e defendia o rearmamento do exército alemão.*



Na Dinamarca e na Alemanha pode ter mais informações

FICHA 1

Fonte: Do autor (2021).

Figura 3.3 - Ficha Científica

**Energia gerada pela fusão nuclear**

*Muitos cientistas judeus fugiram da Europa para os EUA a partir de 1933. Dentre eles estava Hans Bethe, físico judeu alemão que em 1939, estudando a física nuclear, explicou o mecanismo pelo qual energia poderia ser produzida no Sol, a partir da fusão nuclear. Nos anos seguintes, passou a pesquisar aplicações militares da física nuclear para os EUA, participando do Projeto Manhattan.*

Nos Estados Unidos pode ter mais informações

FICHA 4

Fonte: Do autor (2021)

Figura 3.4 - Ficha militar

**Reação ao Manifesto dos 93**

*Em Outubro de 1914, noventa e três professores e trinta cientistas importantes da Alemanha, como o físico Max Planck e o químico Fritz Haber, assinaram o "Manifesto dos 93" negando as acusações de que o exército alemão cometeu atrocidades na invasão da Bélgica. Einstein se recusou a assinar. Como resposta ao manifesto e ao uso de armas químicas pelos alemães na Guerra, os acadêmicos ingleses decidiram expulsar pelos alemães e os austríacos que faziam parte da Royal Academic Society de Londres. Iniciou-se uma tentativa dos ingleses, franceses e estadunidenses de criar um boicote contra a ciência alemã.*

Na Dinamarca pode ter mais informações

FICHA 2

Fonte: Do autor (2021)

As fichas do primeiro problema, "A carta"<sup>9</sup>, foram selecionadas com o intuito de mostrar a cronologia da ascensão do nazismo e as influências desse movimento na sociedade, na ciência praticada na Europa durante o Entre Guerras, e na física nuclear.

Já no problema dois "A entrevista"<sup>10</sup>, as informações têm o intuito de mostrar a trajetória de Oppenheimer e do projeto que ele liderou "O Projeto Manhattan" até pouco tempo depois da explosão das bombas de Hiroshima e Nagasaki.

No último problema, "A Conta"<sup>11</sup>, selecionamos as fichas em complemento às do Problema 1 porém focando na reação da Europa após a Primeira Guerra e na relação do cientista dinamarquês Niels Bohr e do alemão Werner Heisenberg.

Após todos os jogadores realizarem suas tentativas de obter os cartões informativos a rodada é passada e o processo se repete até o término da décima rodada. Em todas as rodadas pares o Mestre da mesa, que no caso é aquele que controla o tabuleiro, saca uma ficha especial que interfere na movimentação dos jogadores e coloca situações para eles resolverem. Ao chegar na Décima rodada o jogo acaba e os jogadores deverão reunir as informações obtidas e partir para a segunda etapa.

### 3.2.2 SEGUNDA FASE

Nessa fase os jogadores reúnem as informações obtidas na primeira fase e caso os jogadores não tenham obtido a ficha principal relacionada ao problema ela é entregue ao representante junto ao problema relacionado. Os jogadores debatem sobre a resolução do problema entre si, tomam sua decisão e a comunicam ao Mestre da mesa, baseado na argumentação dos jogadores dá o desfecho da história.

O primeiro problema é chamado "A Carta", que tem como objetivo trabalhar sobre a divulgação de informações para a população em geral ou se a informação deve ser guardada. Nesse problema os jogadores se utilizarão das fichas relacionadas ao posicionamento político dos alemães no período entre guerras até a ascensão de Hitler, e o programa nuclear alemão que fez o Einstein se posicionar ao escrever uma carta ao então presidente dos Estados Unidos da América.

---

<sup>9</sup> O Problema A carta se encontra no Apêndice B. As fichas relativas ao problema estão no Apêndice E.

<sup>10</sup> O Problema A entrevista se encontra no Apêndice C. As fichas relativas ao problema estão no Apêndice F.

<sup>11</sup> O Problema A conta se encontra no Apêndice D. As fichas relativas ao problema estão no Apêndice G.

Os jogadores deverão decidir entre expor o problema para a sociedade colocando a ONG em perigo ou passar as informações para os respectivos governos afetados pela empresa para que assim as nações possam tomar as decisões.

O Segundo Problema é pautado na entrevista de Oppenheimer após a utilização das bombas em 1945. O problema em trata sobre um funcionário da empresa Nuklear que ao assistir essa entrevista fica em dúvida se continua participando do projeto que pode levar energia para vários países em desenvolvimento e fazer com que vários trabalhadores sofram com péssimas condições trabalhistas.

O Terceiro problema se inspira em uma das discussões levantadas pela a peça Copenhage (SILVEIRA et al., 2011; CARDOSO, 2015), que teoriza se Heisenberg errou propositalmente as contas para evitar o avanço das pesquisas da bomba nuclear pelos nazistas. No nosso problema os jogadores recebem uma carta de um amigo de longa data do cientista (jogador). Na carta o amigo pede ajuda aos jogadores para solucionar uma conta relacionada ao projeto da Nuklear. O mensageiro informa também aos jogadores que a família do cientista corre perigo caso as contas deem errado.

### **3.3 PERÍODO HISTÓRICO DO JOGO**

As informações que os jogadores buscam na Primeira fase estão relacionadas a dois períodos históricos próximos, sendo o primeiro do final de 1918 a 1939 caracterizado pela breve paz mundial antes da eclosão da Segunda Guerra Mundial, ficando conhecido como O Entre Guerras. O segundo momento do jogo é no intervalo entre 1939 até 1945 marcado pela 2ª Guerra Mundial, época de caos mundial, que novamente surgiram várias discussões sobre a relações entre a ciência e seu contexto político, histórico e social, citando como exemplo a relação entre Niels Bohr e Heisenberg a carta do Einstein ao presidente dos Estados Unidos e o projeto Manhattan.

Para realizar o estudo para esse jogo foram consultadas algumas fontes secundárias sobre história da física tais como (Bagdonas, 2015; Pereira, 2016; Santos, 2017; Souza, 2019; Góis, 2019) e a seguir é elaborada uma síntese dos momentos mais relevantes dos períodos trabalhados dentro do jogo.

#### **3.3.1 O ENTRE GUERRAS**

O Entre Guerras foi um período de paz momentânea entre os países europeus, que sofreram as consequências da Primeira Guerra, desde uma grande recessão econômica, até o

desespero e as mazelas de uma pandemia (Gripe de 1918). Tivemos a reconstrução dos países afetados, que fizeram os EUA se desenvolver desenfreadamente o que anos mais tarde causaria a Grande Depressão (Crise de 1929).

Com o fim da guerra, a comunidade científica começou a questionar a influência da ciência dentro dos conflitos mundiais, principalmente quando Fritz Haber, cientista alemão que desenvolveu armas químicas para a Alemanha durante a Primeira Guerra, ganhou o Nobel de 1918. Em resposta ao Nobel de 1918 e ao Manifesto dos 93, vários cientistas franceses, ingleses e estadunidenses começaram a boicotar os cientistas e a ciência alemã.

“Um episódio dramático da guerra ocorreu no final de 1914, quando cientistas e acadêmicos alemães, dentre os quais estavam Fritz Haber e Max Planck, assinaram um manifesto, negando as acusações de que o exército alemão cometeu atrocidades na invasão da Bélgica. Albert Einstein, um pacifista e crítico ao nacionalismo alemão, se recusou a assinar. Como resposta ao manifesto e ao uso de armas químicas pelo exército alemão na Guerra, acadêmicos ingleses decidiram expulsar os alemães e os austríacos que faziam parte da Royal Academic Society de Londres.” (Bagdonas, 2019, p. 207)

Na Alemanha, a implementação de um novo sistema democrático que ficou conhecido como a República de Weimar (1919 – 1933) trouxe um período de instabilidade política. Havia grandes problemas, tais como a redução de suas fronteiras, a dívida de guerra para com os países vencedores, a reconstrução da nação que assim como restante da Europa estava destruída, a gripe de 1918, a crise de 1929, e boicote aos cientistas alemães organizado por cientistas dos EUA, França e Inglaterra. A insatisfação de parte da sociedade com a rendição da Alemanha na guerra fizeram com que o Nazismo, uma ideologia fascista que perseguia outros povos, principalmente judeus, ascendesse ao poder sob a liderança de Adolf Hitler em 1933.

Como a Dinamarca estava neutra na guerra, não participou do boicote. Nesta época, Niels Bohr, um cientista dinamarquês, realizou na década de 1920, encontros entre jovens físicos em Copenhague, com cientistas de várias partes do mundo. Foi a partir das discussões realizadas nessas escolas que vários cientistas contribuíram para a construção de Física Nuclear e Física Quântica.

“Como a Dinamarca se manteve neutra durante a guerra, sem participar do boicote a ciência alemã, Niels Bohr pode receber ao longo da década de 1920 uma série de jovens talentosos, alemães como Werner Heisenberg, e também vindos de países aliados, como Geroge Gamow e Lev Landau (URSS), J. R. Oppenheimer (EUA) e Paul Dirac (Inglaterra). Durante

discussões com clima informal em Copenhague, todos contribuíram para o desenvolvimento da Física Quântica e Física Nuclear. ( Bagdonas, 2019)”

### 3.3.2 SEGUNDA GUERRA MUNDIAL

A Segunda Guerra foi um conflito entre vários países que ocorreu principalmente na Europa entre 1939 a 1945. O conflito se iniciou no ano de 1939 quando a Alemanha, liderada por Adolf Hitler, invadiu a Polônia. Com a invasão, França e Inglaterra declararam guerra.

Com o avanço dos estudos da Alemanha nasita sobre o uso da física nuclear, o físico Albert Einstein escreveu em agosto de 1939 uma carta<sup>12</sup> ao presidente dos EUA expressando sua preocupação sobre a utilização desses estudos para o desenvolvimento de armas. Em resposta a essa carta o então Presidente F. Roosevelt dá início ao Projeto Manhattan, liderado por Oppenheimer, que realmente desenvolveu as duas bombas que foram lançadas no Japão em 1945.

“Sob essa perspectiva, eram de se esperar resultados contumazes diretamente colhidos do chamado "Projeto Manhattan", um aparato científico de proporções sem precedentes na história que mobilizou, direta e indiretamente, algumas dezenas de milhares de cientistas, engenheiros e técnicos que, em parte, não faziam ideia do produto final do trabalho que desenvolviam. Implementado pelo governo norte-americano entre 1942 e 1945, o projeto Manhattan tinha o objetivo de construir, antes dos nazistas, uma arma de destruição em massa cujo princípio de funcionamento concentrava-se no aproveitamento da energia contida no núcleo do átomo.” (Schmiedecke, 2016, p. 140)

### 3.4 A SEQUÊNCIA DIDÁTICA

Ao finalizar o jogo pensamos em uma sequência didática (Apêndice F) para levar o jogo Nuklear para dentro de sala de aula. Tendo em mente que o jogo demore três aulas para ser jogado, cada fase do game ocupe o período de 1 aula e uma aula adicional a organização e explicação das regras. Dessa forma montei uma sequência de 6 aulas para introduzir a física nuclear na vida do estudante do terceiro ano.

Tabela 1 -Sequência Didática

Aula	Descrição
1	O que é física Nuclear?

<sup>12</sup> Disponível em <[https://pt.wikipedia.org/wiki/Carta\\\_\\_Einstein-Szilárd](https://pt.wikipedia.org/wiki/Carta\__Einstein-Szilárd)> Acesso em 21/06/2021

2	Explicando como funciona o Nuklear
3	Jogando o Nuklear Fase 1
4	Jogando o Nuklear Fase 2
5	Estudo de casos relacionados a energia nuclear ao longo da história
6	Atividade Avaliativa: Devemos usar a física nuclear em nossas vidas.

Fonte: Do autor (2021).

A primeira aula consiste na apresentação do conteúdo a ser estudado e além de um debate para saber as concepções prévias dos alunos sobre física nuclear. No fim dessa aula serão passados 2 textos localizados nos Anexos<sup>13</sup> 1 e 2, sendo o primeiro a introdução do artigo científico "Um centro de Ciências no Centro-Oeste? Memórias do acidente com Césio-137 em Goiânia"<sup>14</sup> (Grassi, 2015) e o segundo é um pequeno trecho da tese de doutorado "A história da ciência nacional na formação e na prática de professores de Física"<sup>15</sup> (Schmiedecke, 2016), que os alunos deverão realizar resumos da notícia para a aula 5.

A segunda aula é a aula introdutória do Nuklear, o professor pode apresentar o jogo e realizar a explicação das regras (Apêndice A), além de separar os alunos em grupos de 4 jogadores para agilizar o processo da próxima aula.

Na terceira aula ocorre a Primeira fase do jogo. É recomendado aos alunos que após o término da fase que todos os alunos compartilhem entre seu grupo as informações obtidas. Na quarta aula ocorre a Segunda fase e finalização do Jogo Nuklear.

Na quinta é realizada a discussão dos resumos feitos pelos alunos, a discussão sobre os aspectos positivos e negativos da energia nuclear dentro da nossa sociedade. Ainda dentro dessa aula são abordados os acidentes que ocorreram ao longo da história envolvendo a física nuclear e que a energia nuclear é uma fonte segura de energia sendo manuseada com o devido cuidado.

Na última aula será passado uma redação (artigo de opinião) com a temática "Devemos usar a Física Nuclear em nossas vidas?". Nesta aula pretende-se investigar a

<sup>13</sup> "São documentos ou textos utilizados para complementar e/ou comprovar a argumentação do trabalho. Não são incluídos no texto para não prejudicar a sequência lógica da leitura. Diferem apenas quanto à autoria: o apêndice é elaborado pelo autor, enquanto o anexo é de autoria diferente. (UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS, 2016. p. 41)

<sup>14</sup> Anexo 1

<sup>15</sup> Anexo 2

evolução argumentativa dos alunos após o trabalho realizado nas aulas anteriores. Nessa redação os alunos podem consultar o material estudado das aulas anteriores.

#### 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Infelizmente não foi possível a aplicação do jogo e da sequência proposta dentro de sala de aula para a análise do desenvolvimento dos alunos com o conteúdo proposto, porém com o término da construção desse jogo, todo o conhecimento relacionado a História da Física, Jogos no Ensino e CTSA foram de vital importância para a minha formação pessoal e profissional.

A construção desse jogo de forma pessoal influenciou na minha visão de mundo, tanto no meu pensamento político, quanto na minha relação com aqueles que estão à minha volta. Graças a esse estudo pude melhorar minhas fraquezas, como a vergonha de falar em público, quando tive a oportunidade de apresentar o Nuklear no Primeiro Encontro de História da Física no ano de 2019 na USP.

O conhecimento adquirido com o término do trabalho irá atuar em minha carreira, ao empregar jogos no ensino dentro de sala de aula, e através da oportunidade de explorar conteúdos relacionados a CTSA e História da Física, dentro de sala de aula, mostrando ao meu aluno que a ciência influencia e é influenciada pela sociedade, economia e política, escancarando assim que o desenvolvimento científico faz parte da nossa cultura.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMARAL, Ricardo. **Uso do RPG pedagógico para o ensino de Física**. Dissertação (Mestrado em Ensino das Ciências). Universidade Federal Rural de Pernambuco. Recife: UFRPE, 2008.

ARÓSTEGUI, Júlio. **A Pesquisa Histórica: teoria e método**. Bauru: EDUSC, 2006 [original: 1995].

BAGDONAS, A. **Controvérsias envolvendo a natureza da ciência em sequências didáticas sobre cosmologia**. 2015. Tese (Doutorado em Ensino de Física) - Ensino de Ciências (Física, Química e Biologia), Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015.

BAGDONAS, Alexandre. **História da Física para o Ensino de Física como Cultura: Debates sobre a Neutralidade da Ciência no Período Entreguerras**. In: MARTINS, André Ferrer Pinto (org.). *Física, Cultura e Ensino de Ciências*. São Paulo: Livraria da Física, 2019. Cap. 8. p. 195-214.

BAGDONAS, Alexandre. **Propostas para a educação científica com base em estudos de história da física na primeira metade do século XX em uma abordagem transnacional**. Em construção, 2020

BARROS, José D. Assunção. **Fontes históricas: introdução aos seus usos historiográficos**. Editora Vozes, 2019.

CARDOSO, L. F. M. **Versão brasileira da peça de teatro Copenhagen (de Michael Frayn) para fins didáticos**, Revista Hipótese, Itapetinga, v. 1, n.1, p. 109-174, 2015.

GRASSI, G.; QUEIROZ, G. P. C.; FERRARI, P. C. **Um Centro de Ciências no Centro-Oeste? Memórias do acidente com o Césio-137 em Goiânia**. Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências, [S. l.], v. 15, n. 2, p. 407-425, 2015. Disponível em: <https://periodicos.ufmg.br/index.php/rbpec/article/view/4320>. Acesso em: 21 jun. 2021. Acesso 21/06/2021

GÓIS, Phelipe. **Dilemas éticos envolvendo a produção de armas nucleares em um jogo didático**. 2019. 95 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Licenciatura em Física, Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2019.

MARTINS, Roberto de Andrade. Introdução. **A história das ciências e seus usos na educação**. Pp. xxi-xxxiv, in: SILVA, Cibelle Celestino (ed.). *Estudos de história e filosofia das ciências: subsídios para aplicação no ensino*. São Paulo: Livraria da Física, 2006.

MATTHEWS, Michael S. **História, filosofia e ensino de ciências: a tendência atual de reaproximação**. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 12, n. 3, p. 164-214, 1995.

MOREIRA, Ana Claudia. **Uma Visão Vygotskyana das Atividades experimentais de Física** Publicadas em Revistas de ensino de Ciências / Ana Claudia Souza Moreira –

Salvador: UFBA, 2011. 101 f. Disponível em <<http://repositorio.ufba.br/ri/handle/ri/15855>>  
Acesso em: 22/07/2021.

PEREIRA, Johnnie Richard. **J. R. Oppenheimer e o Projeto Manhattan: Dilemas éticos sobre a relação entre física e sociedade em um jogo digital**. Relatório do Programa de Iniciação Científica Voluntária (PIVIC), Edital PRP No 05/2017, PVDCC97-2016, UFLA. Orientação: Alexandre Bagdonas, 2016.

RIBEIRO, M. V. ; ZUPA, Caio C. ; DOMINGOS, Fernando L. L. ; BAGDONAS, Alexandre ; FABRÍCIO, Vitor . **Um jogo para debater cosmologia em seu contexto social: experiências em um curso para professores de Física**. In: XXII Simpósio Nacional de Ensino de Física, 2017, São Carlos. Atas do XXII Simpósio Nacional de Ensino de Física, 2017.

SABKA, D. R. **Uma abordagem CTS das máquinas térmicas na revolução industrial utilizando o RPG como recurso didático**. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) – Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física (MNPEF), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre - RS, 2016.

SANTOS, W. L. P., & MORTIMER, E. F. (2000). **Uma análise de pressupostos teóricos da abordagem C-T-S (Ciência - Tecnologia - Sociedade) no contexto da educação brasileira**. Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte), 2(2), 110-132.

SANTOS, Vanderson de Sousa. **Werner Heisenberg e o projeto nuclear nazista: Dilemas éticos sobre a relação entre física e sociedade em um jogo digital**. Relatório de Iniciação Científica FAPEMIG, Edital PRP No 06/2017 - PIBIC/FAPEMIG. PVDEX126-2017, UFLA. Orientação: Alexandre Bagdonas, 2017.

SANTOS, Vanderson de Sousa. **A A.G.E.N.C.I.A do Tempo: Narrativa para trabalhar a história da física nuclear na sala de aula**. 2021. 38p. Trabalho de Conclusão de curso (Licenciatura em Física). Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

SCHMIEDECKE, Winston Gomes. **A história da ciência nacional na formação e na prática de professores de Física**. São Paulo, 2016. Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo. Faculdade de Educação, Instituto de Física, Instituto de Química e Instituto de Biociências.

SCHMIT, Wagner Luiz. **RPG e Educação: alguns apontamentos teóricos**. 2008. 278p. Dissertação (Mestrado em Educação). Universidade Estadual de Londrina, Londrina, PR.

SILVEIRA, Alessandro Frederico; RIBEIRO FILHO, Aurino; SILVA, Ana Paula Bispo. **Os princípios de complementaridade e de incerteza na obra Copenhague de Michael Frayn: a arte e a teoria quântica**. In: FREIRE JR, O., PESSOA JR, O., and BROMBERG, JL., orgs. Teoria Quântica: estudos históricos e implicações culturais [online]. Campina Grande: EDUEPB; São Paulo: Livraria da Física, 2011. 456 p. ISBN 978-85-7879-060-8.

SOUZA, S. de L. **Contribuições De Um Texto Teatral Histórico Para O Estudo Da Física Nuclear No Ensino Médio**. 2019. 119 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ensino de em Física, Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2019.

SOUZA, S. de L. **Desenvolvimento de um jogo de tabuleiro para o ensino dos conceitos e da história da Física no Ensino Médio** . XXII Simpósio Nacional de Ensino de Física – SNEF 2017

SOUZA, S. de L. **O Jogo Como Ferramenta de Aprendizagem e Avaliação no Ensino de Física**. Santo Antônio de Pádua, RJ, 2016

TESKE, V. ; BAGDONAS, Alexandre ; ZUPA, Caio . **História e filosofia de ciência num jogo digital**. In: I Congresso de Formação de Professores da UFLA, 2017, Lavras. Atas do I Congresso de Formação de Professores da UFLA, 2017.

TOLKIEN, J. **O Senhor dos Anéis: A sociedade do anel** . São Paulo: Martins Fontes. 2000a. 434 p.

TOLKIEN, J. **O Senhor dos Anéis: Duas Torres** . São Paulo: Martins Fontes. 2000b. 364 p.

TOLKIEN, J. **O Senhor dos Anéis: O Retorno do Rei**. São Paulo: Martins Fontes. 2001. 431 p.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS. Biblioteca Universitária. **Manual de normalização e estrutura de trabalhos acadêmicos: TCCs, monografias, dissertações e teses**. 2. ed. rev., atual. e ampl. Lavras, 2016. Disponível em: <<http://repositorio.ufla.br/jspui/handle/1/11017>>. Acesso em: 14/06/2021

VASQUES, Rafael Carneiro. **As potencialidades do RPG (Role Playing game) na educação escolar**. 2008. 169 f. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Letras de Araraquara, 2008. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/90316>> . Acesso em: 14/06/2021

ZANETIC, João. **Física Também é Cultura**. Tese de Doutorado. Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, 1989.

## REFERÊNCIAS DAS FICHAS DO NUKLEAR

A maioria das fichas do jogo Nuklear foram aproveitadas do jogo COSMIC.

O jogo COSMIC. PIBID FÍSICA UFLA c2021. Disponível em <<http://lite.dex.ufla.br/pibidfisica/index.php/cosmic/>> Acesso em: 14/06/2021

Além do Cosmic as fichas foram baseadas também nesse trabalho

PEREIRA, Johnnie Richard. **J. R. Oppenheimer e o Projeto Manhattan: Dilemas éticos sobre a relação entre física e sociedade em um jogo digital**. Relatório do Programa de Iniciação Científica Voluntária (PIVIC), Edital PRP No 05/2017, PVDC97-2016, UFLA. Orientação: Alexandre Bagdonas, 2016.

## APÊNDICE A - MANUAL DO JOGO

### Componentes do jogo:

- 1 tabuleiro
- 10 peças de personagem ( 3 verde, 3 azul, 3 vermelho, 1 amarela)
- 40 fichas de transição
- 24 fichas de informação
- 4 dados de 6 faces (d6)

### O jogo:

No início do século XXI, um grupo empresarial estava incomodado com o excesso de imigrantes chegando à Europa e Estados Unidos devido às guerras e a desigualdade social. Para isso, criaram a Nuklear, uma empresa multinacional humanitária, de origem alemã, que ajudaria refugiados de guerra e imigrantes criando empregos para eles, na construção de usinas nucleares. Essas usinas serão criadas em vários lugares do mundo, e a ideia da organização é ter mão de obra que receberá treinamento e depois de alocada no trabalho não terão contato com o mundo exterior, pois estarão em locais isolados, como na Amazônia, nos desertos da fronteira do México com EUA, e no norte da África. O último projeto em desenvolvimento pela Nuklear prevê a construção de uma usina nuclear em território brasileiro, mais especificamente no Amazonas, para abastecer e desenvolver mais indústrias na Zona Franca de Manaus.

Os jogadores são profissionais de áreas diferentes que são subsidiados pela ONG ambientalista GAERMA que no passado, se destacou pela defesa de fontes alternativas de energia, como a eólica e a solar, e por ter atuando contra 44 a produção de usinas nucleares no mundo todo, principalmente pela questão do que fazer com os rejeitos radioativos. Por meio do patrocínio da GAERMA os jogadores devem investigar o passado da Nuklear, que remonta às origens das pesquisas sobre energia nuclear na Alemanha, na época da Segunda Guerra Mundial. Para isso eles entenderam que precisam investigar a história da física nuclear durante a segunda guerra mundial, para entender o comportamento dos nazistas no passado.

### Primeira fase

### Distribuição no Tabuleiro:

O tabuleiro é um mapa mundi, por onde os jogadores podem viajar em busca de informações. Há três países com informações mais relevantes para entender a história das bombas nucleares neste período: EUA, Dinamarca e Alemanha.

Na lateral do mapa há um local para guardar as fichas de informação de cada tipo. Na vertical se separa as fichas por país, e na horizontal pelo tipo (Militar, Social, Científica).

**Classes:** Dentro da Ong GAERMA existem 4 tipos de ambientalistas busque exercem funções dentro da organização são elas:

**Cientista (Verde):** Estudioso que se juntou a ONG com o objetivo de estudar formas sustentáveis de desenvolvimento, possui um grande acesso às Universidades do mundo, facilitando assim o acesso a informações científicas.

**Jornalista (Azul):** Nosso repórter possui um grande carisma ele tem o preparo de conseguir várias informações com o mais diversos tipos de pessoas, e por essa razão ele é capaz de obter acesso a várias informações sociais.

**Espião (Vermelho):** Esse tipo de jornalista ao contrário do anterior se especializou em buscar informações confidenciais de empresas e governos, possuindo assim vários contatos no submundo. Por essa razão o espião é capaz de conseguir informações militares com facilidade.

**Representante:** Ele é o líder do grupo, e com seu grande espírito de liderança é capaz de tirar os outros personagens de várias situações de risco além de ser o responsável de organizar toda a informação obtida por seus colegas, além de observar as ações da empresa Nuklear aqui no Brasil.

### **Organização das Fichas:**

Existem 2 tipos de fichas que os jogadores podem obter ao se mover pelo tabuleiro. Essas fichas são separadas em fichas de informações e fichas de transição.

Fichas de Informação: As fichas de informação descrevem eventos que ocorreram entre 1914 e 1945, em um determinado país, e podem ser de três tipos:

- **MILITAR:** Envolve acontecimentos históricos da Segunda Mundial.(Essas fichas deverão ter uma coloração avermelhada)
- **CIENTÍFICA:** Desenvolvimento científico, com ênfase em Física Nuclear. (Essas fichas deverão ter uma coloração azulada)
- **SOCIAL:** Aspectos da história política do período, envolvendo cultura, economia e sociedade. (Essas fichas deverão ter uma coloração esverdeada)

- **Fichas de Transição:** São fichas que se obtêm ao viajar por outros países, além dos 3 citados acima que contém fichas de informação. Esse tipo de ficha traz acontecimentos positivos ou negativos (algo como Sorte ou Revés).

### **O que eu posso fazer em 1 turno:**

No primeiro turno cada jogador deve rolar 1 dado aquele que tirar o maior número começa o jogo em seguida o jogador a sua esquerda deverá fazer a sua jogada. Cada jogador poderá realizar as seguintes ações:

- **Ação:** Quando um jogador estiver num país principal (Brasil, EUA, Dinamarca, Alemanha) o jogador pode jogar os dados se obtiver sucesso o jogador retira a ficha. Essa ação pode ser usada apenas 1 vez por turno.
- **Ação Passiva:** Ação que é ativa em todos os momentos do jogo.
- **Ação de movimento:**
  - Cientista: Pode andar 2 casas;
  - Espião: Pode andar 3 casas;
  - Jornalista: Pode andar 4 casas;
  - Representante: Pode andar 1 casa

**SUCESSOS E FALHAS:** O jogo funciona com um sistema de sucessos e falhas. Cada ação do jogador tem a chance de falhar. Essa falha depende do número rolando nos dados. Será utilizado um dado de seis lados. Dados rolados com números iguais ou maiores que três são considerados sucessos, um e dois são considerados falhas. Se o jogador conseguir um número de sucessos igual ou maior à metade da quantidade de dados rolados, ele obtém a informação.

**Passagem de Turno:** Após o último jogador terminar a sua jogada o jogador representante deverá marcar o ponto na ficha de turno e iniciar o próximo turno.

**Término da Primeira Fase do Jogo:** O jogo termina quando a quinta carta de evento é comprada ou quando os jogadores obtêm a última ficha do problema relacionado a primeira ficha comprada em jogo.

### **Segunda fase**

Após o término da Primeira fase, o grupo de jogadores lerá um dos 3 textos (Apêndice C, D e E) que foi escolhido baseado na primeira ficha comprada 48 no início da fase 1. Vale ressaltar que caso o Representante conheça bem o grupo, ele pode dar problemas que ele julga que encaixa melhor ao perfil dos jogadores. Ou fazer o contrário, caso deseje tirar os jogadores da zona de conforto. Após a leitura, o grupo de jogadores deverão discutir qual atitude eles tomarão com relação ao problema apresentado e argumentar com o representante do tabuleiro (no caso um professor ou o jogador que assumiu o papel de representante). Esses problemas em abertos devem ser discutidos entre os jogadores e defendidos/resolvidos como se fosse um “júri-simulado”.

Cabe ao Representante julgar se a defesa/solução foi boa e declarar sucesso ou não. Os jogadores ganham o jogo se eles conseguirem argumentar de maneira satisfatória seguindo a visão do aplicador. Após essa argumentação os jogadores deverão ler o final escolhido pelo integrante que ouviu os argumentos dos outros jogadores.

## APÊNDICE B - PROBLEMA 1: A CARTA

Tereza estava apreensiva. A sala de reuniões parecia muito maior agora que estava vazia. Seus pensamentos pareciam ecoar por toda a sala e retornavam de volta à sua cabeça. Para ela, era a melhor coisa a se fazer, o mundo deveria saber sobre essa terrível ameaça.

Vocês (jogadores) são os primeiros a chegar e se sentam em silêncio. Aos poucos os demais membros do conselho começam a chegar, tomando cada um o seu lugar na mesa no centro da sala. Seus olhares mostram uma certa confusão, como quem diz "Do que deve se tratar essa reunião?". Alguns pequenos grupos começam a conversar entre si e suas palavras confirmam aquilo que seus olhares mostravam.

Tereza, ao fundo da sala, começa a caminhar em direção ao púlpito localizado a frente da mesa, um silêncio preenche toda a sala, sendo quebrado em seguida por uma voz serena porém firme..

- Boa tarde a todos. Eu convoquei esta reunião, pois algo anda me preocupando. Como todos sabem, já há algum tempo que estamos investigando a “Nuklear” e sabemos o quão perigosos eles parecem ser. Não creio que esta seja uma informação que deve pertencer apenas ao nosso grupo, já que eles oferecem um risco global. Acho que deveríamos repassar o que sabemos até agora para algum país que possa nos ajudar a combater essa ameaça.

Um burburinho se inicia, e os olhares começam a se entrelaçar. Alguns membros balançam a cabeça em desaprovação, já outros parecem concordar com a fala de Tereza. Um dos membros do conselho se levanta. Ele é claramente a pessoa mais velha ali presente, sua cabeça grisalha e sua coluna encurvada pelo tempo lhes faz ter essa sensação. Sua voz é forte e todos se calam ao que ele começa a falar.

- Eu acho válida a sua preocupação Tereza, mas acho que temos total capacidade de lidar com a “Nuklear” por nós mesmos. Repassar essa informação colocaria em risco a identidade do nosso grupo. Há anos realizamos esse tipo de trabalho secretamente, não podemos pôr tudo a perder.

- Olhe Fernando - retruca Tereza - Nunca enfrentamos uma ameaça contra a vida de tantas pessoas como nesse caso. Se sua preocupação é apenas manter nossa organização secreta, podemos repassar as informações anonimamente.

- E quem acreditaria que uma organização nazista está disfarçada de uma empresa de desenvolvimento tecnológico? E ainda mais, que estaria desenvolvendo secretamente um plano para evitar a imigração usando campos de trabalho forçado em regiões remotas de

países em desenvolvimento. . . Se eu não estivesse aqui, sinceramente não acreditaria. - rebate Fernando.

- Não temos certeza do que esse país faria. Poderia causar um problema muito maior do que o que já temos. E se a população ficar sabendo? Como lidaremos com uma histeria coletiva? - completa alguém que vocês não conseguem reconhecer. Tereza suspira, parece contrariada mas prestes a ceder, mas uma ideia vem à sua cabeça.

- Acho que devemos fazer uma votação!

Cabe agora a vocês jogadores decidirem se a informação deve ser compartilhada com outras nações. Ou se deve permanecer secreta, sendo conhecida apenas pela sua organização.

## APÊNDICE C - PROBLEMA 2: A ENTREVISTA

Em um momento de descanso após uma longa jornada de trabalho, Steve caminha até a sala de visitas onde encontra um notebook aberto. Ele olha para ver se havia alguém ali, mas não viu ninguém. Senta-se no sofá e, enquanto toma seu café, percebe que o notebook está ligado a um datashow. Intrigado com aquilo, Steve se aproxima do notebook e, ao mexer no mouse, liga o aparelho em uma entrevista de Oppenheimer que aconteceu após o fim da segunda guerra mundial, em um hotel de New York. A transcrição do que Steve ouviu foi feita abaixo.

**Entrevistador:** *Olá senhor J. Robert Oppenheimer, o The New York Times agradece pela oportunidade de conversar com você e poder entender um pouco mais sobre o projeto Manhattan.*

**Oppenheimer:** *Eu que agradeço por ter essa oportunidade de conceder algumas explicações sobre esse projeto.*

**Entrevistador:** *De início, você poderia esclarecer um pouco sobre a origem do projeto Manhattan?*

**Oppenheimer:** *Veja bem, creio que a essa altura todos possuem conhecimento – ao menos gerais -- sobre a segunda guerra mundial.*

**Entrevistador:** *Claro!*

**Entrevistador:** *O senhor pode nos contar quando esse avanço científico se tornou algo tão destrutivo.*

**Oppenheimer:** *Claro. O primeiro passo nessa direção, ao que parece, foi dado pelos alemães.*

**Entrevistador:** *Os alemães sabiam disso?*

**Oppenheimer:** *Segundo as informações que chegaram até nós, sim. Em 1939 fomos informados que os cientistas que apoiavam o partido nazista estavam investigando esse assunto. Por esse motivo, Szilard foi tão incisivo para que Einstein assinasse a carta destinada ao presidente Roosevelt.*

**Entrevistador:** *Essa carta explicava as consequências de uma possível arma criada através da teoria de Einstein e pedia a criação do projeto Manhattan?*

**Oppenheimer:** *Não, apenas informava sobre a pesquisa dos alemães. A criação do projeto foi ideia do próprio presidente Roosevelt. Afinal, neste ponto as possibilidades começaram a ser consideradas. Se os alemães estavam um passo à frente de criar uma arma potente e que*

*poderia dar a eles uma boa vantagem na guerra, os Estados Unidos não poderia negligenciar este tipo de informação.*

**Entrevistador:** *Foi neste momento que, secretamente, o governo começou a selecionar os possíveis candidatos para participar do projeto?*

**Oppenheimer:** *Exato.*

**Entrevistador:** *Como foi coordenar esse projeto?*

**Oppenheimer:** *Considero um desafio assustador, pois convivemos com a constante pressão dos cientistas alemães que descobriram primeiro como utilizar esse processo nuclear e ganhar a guerra. Afinal, Heisenberg é um cientista brilhante. Por esse motivo, procurava manter todos focados e motivados, para colher de cada um o melhor que podiam render.*

**Entrevistador:** *Quando você percebeu o poder daquilo que estavam criando?*

**Oppenheimer:** *No dia da experiência “Trinity”. Ali foi quando notei que havíamos conseguido recriar algo que acontece no interior das estrelas. Um poder tão assustador que me fez pensar que “me tornei a morte, o destruidor de mundos”.*

Após a leitura da transcrição da entrevista que Steve viu, ajude ele a decidir se deve ou não permanecer no projeto.

### APÊNDICE D - PROBLEMA 3: A CONTA

Robertson é um amigo de infância do cientista do seu grupo que simplesmente desapareceu há alguns anos. Você acabou de receber uma carta dele com a seguinte mensagem:

*“Meu caro amigo. Quanto tempo. Como você está? Nos últimos anos venho trabalhando com um novo tipo de material radioativo a fim de produzir energia nuclear para toda a população do planeta de forma barata, segura e limpa. Porém nos últimos meses tenho me deparado com um problema matemático que não consigo resolver. Como você sempre foi o mais matemático do grupo, mando para você o problema e gostaria que você tentasse resolvê-lo o mais rápido possível. Segue o problema: Para que eu consiga energia o suficiente para manter o reator funcionando, preciso de uma potência de 3400 MW. Quanto de massa de Seabórgio ( $^{106}\text{Sg}$ ) elemento precisa ser utilizada para que eu possua essa quantidade de energia. Abraço.  
Robert.”*

Você recebe a carta através de um membro da inteligência da organização. E ele te informa que essas contas na verdade são para a confecção dos reatores das usinas da Nuklear, também lhe informa que caso Robert não consiga resolver o problema, ele e toda sua família serão alocados para um dos campos de trabalho isolados da empresa. Caso vocês optem por resolver o problema, isso ajudará na confecção dos reatores, mas salvará a vida de seu amigo e familiares. Caso vocês optem por errar propositalmente a conta, vocês ajudarão no impedimento da criação da bomba. O que vocês escolhem fazer?

## **APÊNDICE E - FICHAS DO NUKLEAR PROBLEMA 1**

### **A ascensão do Nazismo (BRASIL) [Dinamarca, Alemanha] - Ficha Social**

A Alemanha enfrentava dificuldades econômicas causadas pela derrota na Primeira Guerra Mundial, mas a situação piorou com a crise financeira de 1929 que atingiu praticamente o mundo todo. Nesse ambiente, ganharam força dois regimes políticos que se opunham ao liberalismo, o socialismo e o facismo. Na Alemanha, o Partido Nacional Socialista cresceu sob liderança de Adolf Hitler, que em 1925 publicou o livro *Mein Kampf*, em que criticava o tratamento dado pelos vencedores da Guerra à Alemanha e defendia o rearmamento do exército alemão.

### **Cientistas judeus perseguidos (DINAMARCA) [EUA, Alemanha] - Ficha Científica**

No fim da I Guerra a Alemanha estava esgotada pelo confronto com a França e a Inglaterra, quando em 1917 os EUA entraram no conflito desequilibrando a situação a favor dos aliados. Nesse contexto, os cientistas alemães se dividiram sobre o rumo da guerra. Alguns queriam a paz somente "pela vitória", outros achavam melhor negociar um acordo. A maioria dos intelectuais de Berlim, muito dos quais eram judeus, escolheram a paz, e foram acusados de trair a nação quando pesadas indenizações de guerra foram impostas pelos aliados. Depois disso, os intelectuais judeus de Berlim, teóricos ou não, passaram a ser perseguidos por seus inimigos políticos conservadores. Os físicos Johannes Stark e Philipp Lenard lideraram um movimento anti semita contra essa "física teórica".

### **Contra a física judia (ALEMANHA) [EUA, Dinamarca] - Ficha Científica**

Johannes Stark e Philip Lenard, que desde 1920 lideraram um movimento anti-semita contra a "física judia", tornaram-se mais influentes no meio científico com a ascensão de Hitler ao poder. Passaram a atacar também os defensores da relatividade de Einstein (judeu) na Alemanha que não eram judeus, como Max Plank (vencedor do Nobel em 1918) e Wener Heisenberg (vencedor do Nobel de 1932).

### **Hitler ascende ao poder (EUA) [Dinamarca, Alemanha] - Ficha Social**

Em 1933 Adolf Hitler é eleito chanceler na Alemanha, tornando-se líder dos alemães. Intensifica-se a perseguição aos judeus. Neste ano Einstein torna que não pretende voltar dos EUA para Alemanha. Segundo ele, não havia mais liberdade civil, tolerância e nem igualdade

perante. Muitos outros cientistas também fugiram da Europa, como Hermann Weyl. Em 1939, junto com Einstein, os cientistas húngaros Edward Teller e Eugene Wigner tentaram convencer o presidente dos EUA a iniciar pesquisas em armas nucleares para evitar a dominação nazista

### **Hesitação francesa diante do nazismo (DINAMARCA) [EUA, Alemanha] - Ficha Social**

A crise de 1929 afetou o mundo todo, gerando dificuldades financeiras na França. Os franceses, preocupados com a chegada de Hitler ao poder, se preparavam para uma nova guerra. Contudo, a evitaram ao máximo, ignorando as primeiras violações dos alemães ao tratado de Versalhes.

### **Começa a Segunda Guerra mundial (ALEMANHA)[EUA, Dinamarca] - Ficha Militar**

No dia 1º de setembro de 1939 o exército alemão invadiu a Polônia, que era aliada da França e da Inglaterra. Quando estes dois países declararam guerra à Alemanha começa a Segunda guerra Mundial

### **Gamow foge para os Eua e vai para o Brasil (EUA) [EUA] - Ficha Científica**

O físico russo George Gamow viajou diversas vezes pela Europa até 1933 quando as autoridades soviéticas proibiram as viagens de cientistas para o exterior, devido ao nazismo na Alemanha. Após participar do congresso Solvay (Bruxelas, 1933), fugiu para os EUA, onde tornou-se professor da Universidade de Washington. A partir de 1935 passou a investigar (junto ao húngaro E. Teller) a formação dos elementos químicos nas estrelas usando a física nuclear. Em 1939 vem ao Brasil onde conhece o físico brasileiro Mário Schenberg, e juntos criam o "efeito Urca", que explica o processo de perda de energia em estrelas. Segundo eles, a energia desaparece no núcleo de uma supernova tão rapidamente quanto o dinheiro desaparecido na mesa da roleta no cassino da Urca, no Rio de Janeiro.

### **O governo dos EUA deve se preparar para a guerra contra o Nazismo? (EUA) [Brasil] - Ficha Militar**

Em 1939 os húngaros Edward Teller e Eugene Wigner se uniram a Einstein para tentar convencer o presidente dos EUA a iniciar pesquisas com as armas nucleares com a finalidade de evitar a dominação nazista. Nesse ano iniciou-se o chamado "Projeto Manhattan", responsável pela pesquisa e desenvolvimento das primeiras armas nucleares. Os EUA e a URSS se mantiveram neutros na II Guerra Mundial até 1939

**Uma carta de Einstein ao presidente (BRASIL) - Ficha Militar**

*"Senhor: Alguns trabalhos recentes levam-me a crer que o elemento urânio possa ser utilizado como uma nova fonte de energia em um futuro próximo e é possível, embora não tão certamente, a construção de bombas extremamente potentes, com potencial destruidor nunca antes presenciado. A Alemanha interrompeu a venda de urânio de suas minas, e visto que seus pesquisadores têm acesso aos trabalhos publicados sobre urânio, este fenômeno pode exigir atenção e rápida ação por parte da administração. Assim, recomendo o financiamento de trabalhos experimentais(que têm sido realizados nos limites do orçamento em universidades) e buscar a cooperação de laboratórios industriais que possuem equipamentos e condições mais apropriadas".* **Carta de Einstein ao presidente dos EUA, F. Roosevelt, em 2 de agosto de 1939**

## **APÊNDICE F - FICHAS DO NUKLEAR PROBLEMA 2**

### **Oppenheimer - Áreas de destaques (BRASIL) [Dinamarca, EUA] - Ficha Social**

Apesar de seu amplo campo de destaque, Oppenheimer escolheu o campo da ciência como sendo seu principal foco de trabalho. Percy Bridgman teve grande influência nessa escolha de Oppenheimer, pois, foi através de Brigman, que Oppenheimer percebeu que ambos os aspectos da vida – o cultural e o científico - andavam conectados. A partir desse ponto, Oppenheimer segue para a Europa e vai estudar no Cavendish Laboratory, sem se esquecer das “questões filosóficas suscitadas por Brigman e suas implicações na prática da ciência.”

### **Oppenheimer - Uma mente em evolução (DINAMARCA) [EUA, Alemanha] -Ficha Científica**

Apesar de estar ao lado de um dos grandes cientistas de todos os tempos, Ernest Rutherford, Oppenheimer não viu grandes possibilidades de avanços nas pesquisas que desenvolvia sobre a orientação de Rutherford. Logo, assim que uma oportunidade para respirar novos ares apareceu, Oppenheimer não hesitou em aceitar. O convite foi feito por Max Born e a oportunidade era de ingressar na Universidade de Göttingen, onde se doutorou em 1927. Ali trabalhou com físicos eminentes, como Niels Bohr e Paul Dirac. Por fim, regressou aos Estados Unidos para dar aulas de física na Universidade de Berkeley e no Instituto de Tecnologia da Califórnia.

### **O convite para dirigir o projeto Manhattan, qualidades e defeitos (EUA) [EUA, Alemanha] - Ficha Militar**

Quando foi convidado para dirigir o projeto Manhattan um dos fatores que impulsionaram sua escolha foi à capacidade que Oppenheimer tinha de gerir grupos e extrair de mentes extraordinárias o que elas podiam render de melhor. Entretanto, pesava por outro lado o fato de Oppenheimer ser considerado um intelectual de fôlego curto e não ter muito destaque na área da física experimental.

### **Energia gerada pela fusão nuclear (ALEMANHA) [EUA] -Ficha Científica**

Muitos cientistas judeus fugiram da Europa para os EUA a partir de 1933. Dentre eles estava Hans Bethe, físico judeu alemão que em 1939, estudando a física nuclear, explicou o mecanismo pelo qual energia poderia ser produzida no Sol, a partir da fusão nuclear. Nos anos

seguintes, passou a pesquisar aplicações militares da física nuclear para os EUA, participando do Projeto Manhattan.

### ***A dualidade de Oppenheimer (EUA) [Brasil] - Ficha Social***

Após o ataque nuclear, Oppenheimer conviveu com uma forte crise interna que o acompanhou até os seus últimos dias, a saber: ele era reconhecido mundialmente como o pai da bomba atômica – e esse prestígio era algo que Oppenheimer gostava -, mas, por outro lado, a frase “transformei-me na morte, a destruidora de mundos” extraída do Bhagavad-Gita - e dita por Oppenheimer após o primeiro teste bem sucedido da bomba atômica – evidencia sua preocupação com a arma que ajudará a desenvolver. Os últimos anos de sua vida foram dedicados às reflexões sobre os problemas surgidos da relação entre a ciência e a sociedade.

### ***A caça as Bruxas de Oppenheimer (BRASIL) -Ficha Científica***

O “pai da bomba atômica” precisou conviver com este tipo de fama até os seus últimos dias, sendo ora favorável aos benefícios que este status lhe trazia e, por vezes, pesando sobre ele o fardo de carregar a responsabilidade de ter dado início à era nuclear. No que diz respeito a suas credenciais científicas, Oppenheimer passou a ser uma referência no campo da física nuclear, atraindo diversos estudantes para o instituto onde trabalhava. Por outro lado, sua vida pessoal e sua proximidade com as políticas comunistas fizeram com que Oppenheimer chamava atenção ‘negativamente’ para si. Uma vez que a “caça aos comunistas” estava aberta nos Estados Unidos e a tensão mundial se acirrava com soviéticos, Oppenheimer passou de “pai da bomba atômica” a um problema político grave, a saber: poderia Oppenheimer vender informações a URSS sobre a construção da bomba? “Embora Oppenheimer negasse a acusação, alguns políticos o consideravam um comunista. Talvez até um espião da União Soviética. ”.

## APÊNDICE G - FICHAS DO NUKLEAR PROBLEMA 3

### *Nobel para pesquisador de armas químicas (BRASIL) [Dinamarca, Alemanha]- Ficha Científica*

O prêmio Nobel de 1918 foi atribuído ao alemão Fritz Haber, famoso por seu trabalho envolvendo armas químicas, utilizadas pelos alemães na primeira guerra mundial. O comitê que tomou essa decisão foi muito mal visto por franceses não queriam manter contato científico nem com os alemães, nem com suecos, responsáveis pela concessão do prêmio.

### *Reação ao Manifesto dos 93 (ALEMANHA) [Dinamarca] - Ficha Social*

Em Outubro de 1914, noventa e três professores e trinta cientistas importantes da Alemanha, como o físico Max Planck e o químico Fritz Haber, assinaram o "Manifesto dos 93" negando as acusações de que o exército alemão cometeu atrocidades na invasão da Bélgica. Einstein se recusou a assinar. Como resposta ao manifesto e ao uso de armas químicas pelos alemães na Guerra, os acadêmicos ingleses decidiram expulsar os alemães e os austríacos que faziam parte da Royal Academic Society de Londres. Iniciou-se uma tentativa dos ingleses, franceses e estadunidenses de criar um boicote contra a ciência alemã.

### *Posição dos Países Neutros sobre o boicote da ciência alemã (DINAMARCA) [Alemanha, EUA] - Ficha Militar*

Ao fim da guerra, franceses, ingleses e estadunidenses, como Charles Picard, James Jeans e George Hale, queriam iniciar um boicote à ciência alemã, mas temiam que os cientistas dos países neutros continuassem em contato com eles. Caso isso acontecesse, seriam eles próprios, e não os alemães, que ficariam isolados. Finalmente os 13 países neutros integraram o IRC (Conselho Internacional de Pesquisas), mas puderam manter contato também com os alemães.

### *Niels Bohr recebe jovens para estudar a teoria quântica (EUA) [Dinamarca, Alemanha] - Ficha Científica*

Após estudar com E. Rutherford na Inglaterra, o físico dinamarques Niels Bohr percebeu em 1913 que utilizando uma teoria quântica seria possível criar um novo modelo atômico, capaz de explicar a forma como os elétrons absorvem e emitem energia radiante. Em 1914 publicou seus resultados descrevendo os espectros dos átomos de Hidrogênio e Hélio.

Em 1922 ganhou o prêmio Nobel por seus estudos envolvendo a estrutura do átomo e a radiação emitida por ele.

**Colaboração entre os cientistas alemães e dos países neutros (DINAMARCA)[Alemanha] -**

**Ficha Social**

Aos poucos o boicote dos países aliados à ciência alemã foi perdendo força. Em 1926 a Alemanha foi convidada para se unir ao IRC (Conselho Internacional de Pesquisa). Mas os alemães recusaram o convite. Eles já vinham mantendo boas colaborações com cientistas dos países neutros, como o dinamarquês Niels Bohr, que recebeu vários jovens, tanto alemães quanto estadunidenses, para estudarem sob sua orientação.

**O princípio da Incerteza de Heisenberg (ALEMANHA) [Dinamarca] - Ficha Científica**

Em 1924 Werner Heisenberg conseguiu uma bolsa da Fundação Rockefeller para ir estudar na Dinamarca, sendo orientado pelo físico Niels Bohr, famoso por seus estudos sobre a estrutura dos átomos. Nos anos seguintes eles mantiveram diálogos sobre a nova teoria quântica. Em 1927 Heisenberg publicou um importante artigo defendendo o chamado Princípio da Incerteza: " Para uma mesma medida, quanto mais precisão no valor de impulso, menos precisão no valor da posição, e vice versa".

**Uma misteriosa visita em Copenhage (DINAMARCA) [Brasil] - Ficha Militar**

Em 1941, Heisenberg visitou Niels Bohr em Copenhague, então ocupada pelos nazistas. Não se sabe ao certo por que a visita ocorreu, mas é possível que tenham conversado sobre a possibilidade de se fabricar armas atômicas.

## **Fichas de Transição**

Abaixo segue os textos das fichas de transição:

- Foi parado na Alfândega. Perca 1 turno.
- Você encontrou um amigo do passado e ele resolveu te ajudar. Ganhe 1 informação extra na sua próxima rolagem.
- Você foi descoberto por um extremista durante sua pesquisa, Perca 1 informação na próxima rolagem.
- Ganhou uma carona em um avião da GAERMA, Avance uma casa extra.
- Esqueceu sua bagagem no país anterior. Volte 1 casa.
- Foi preso num protesto. Perca 1 turno.
- Uma pessoa importante da corporação foi presa por corrupção. Ganhe 1 turno extra.
- Fez uma amizade com um político importante. Ganhe 1 turno extra
- Foi roubado durante sua viagem. Perca 1 informação na próxima rolagem.
- Conheceu um ex-funcionário da Nuklear que lhe contou alguns podres da empresa. Ganhe uma informação extra na próxima rolagem.

## APÊNDICE H - PLANO DE AULA

### ESTRUTURA GERAL

**Docente:** André Luiz Lopes Pereira Gomes

**Série:** Ensino Médio e Fundamental.

**Disciplina:** Física.

**Número de aulas:** 6.

**Conteúdo:** Física Nuclear

**Objetivo Geral:**

- Introduzir para os alunos o que é a física nuclear.
- Debater sobre o uso da Física Nuclear no cotidiano.
- Discutir sobre as influências da sociedade, política e da economia sobre o desenvolvimento da ciência.
- 

**Metodologia:** Aulas expositivas e demonstrativas, buscando sempre relacionar a Física com o cotidiano e a cultura.

**Recursos didáticos:** Quadro e Giz, Jogo de Tabuleiro (tanto em formato físico como digital);

## Aula 1 - Introdução à Sequência

**Objetivo:** Introduzir o tema aos alunos

**Tempo de duração:** 50 minutos.

**Recursos de ensino:** Quadro, giz

**Dinâmica da Aula:**

**Tabela 2- Aula 1**

Momento	Tempo	Descrição
1	5 minutos	Introdução da Sequência
2	35 minutos	Energia Nuclear
3	10 minutos	Passando as diretrizes das próximas aulas

Fonte: Do autor (2021).

**Momento 1:** Nesse momento o professor deve introduzir a sequência e pedir para os alunos se dividirem em grupos de 4 pessoas. Esses grupos permanecerão os mesmos ao longo de toda a sequência.

**Momento 2:** Com os grupos divididos, o professor irá discutir com os alunos o que eles acham do uso de Energia Nuclear. Nesse ponto é esperado que os alunos citem ela como uma fonte energética ruim devido ao acidente de Fukushima e Chernobyl, além de citarem a bomba atômica como algo prejudicial.

**Momento 3:** O Professor pedirá para os alunos lerem e resumir os 2 textos para as aulas, 5 e 6 os textos, os textos são: a introdução do artigo científico "Um centro de Ciências no Centro-Oeste? Memórias do acidente com Césio-137 em Goiânia" (Grassi, 2015) e um pequeno trecho da tese de doutorado "A história da ciência nacional na formação e na prática de professores de Física" (Schmiedecke, 2016) o trecho em questão é sessão " a fissão do núcleo atômico e a formação dos blocos mundiais" que vai do fim da página 137 até a página 140.

## Aula 2 - Nuklear

**Objetivo:** Explicar às regras do jogo de tabuleiro sobre a história da física nuclear

**Tempo de duração:** 50 minutos.

**Recursos de ensino:** Quadro, giz e manual de instruções

**Dinâmica da Aula:**

**Tabela 3 - Aula 2**

Momento	Tempo	Descrição
1	5 minutos	Introdução da Atividade
2	25 minutos	Explicando o jogo Nuklear
3	10 minutos	Explicando o sistema de fichas
4	5 minutos	Encerramento da aula.

Fonte: Do autor (2021).

**Momento 1:** Nesse momento o professor irá explicar como será realizada a atividade das próximas 3 aulas, que é o jogo de tabuleiro Nuklear.

**Momento 2:** Nesta etapa utilizando o manual de instruções o professor deve ler as regras do jogo, explicar detalhadamente como cada classe funciona.

**Momento 3:** Nesse momento o professor deve explicar como funciona o sistema de sucessos e falhas na rolagem dos dados para se sacar as fichas.

**Momento 4:** Neste momento o professor irá relembrar às atividades pedidas na última aula, por fim o professor e os alunos reorganização da sala.

### Aula 3 - Nuklear Fase 1

**Objetivo:** Estudar a história da física nuclear por meio de um jogo de tabuleiro

**Tempo de duração:** 50 minutos.

**Recursos de ensino:** Jogo de Tabuleiro, Fichas Informativas

**Dinâmica da Aula:**

**Tabela 4 - Aula 3**

Momento	Tempo	Descrição
1	5 minutos	Organização para o jogo
2	15 minutos	Início da primeira fase
3	20 minutos	Avanços finais.
4	10 minutos	Entrega da última ficha.

Fonte: Do autor (2021).

**Momento 1:** Nesse momento a sala será organizada para que os alunos possam realizar a atividade.

**Momento 2:** Os alunos começam a jogar. Na primeira rodada os alunos sacam uma ficha que irá guiá-los ao longo de uma trilha (dentre três possíveis). À medida que os jogadores andam pelo tabuleiro eles devem pegar o máximo de informações possíveis relacionadas a sua ficha inicial.

**Momento 3:** Ao longo desse momento o professor deverá andar entre os grupos e narrar as consequências da passagem de rodadas para os alunos. No desenvolver do jogo além de imergir no desenvolvimento ficcional do enredo do jogo os grupos devem descobrir as informações históricas das personalidades da Física Nuclear.

**Momento 4:** Nesse momento o professor deve iniciar o encerramento do jogo. Para tal, o professor deve ver qual das três rotas os jogadores pegaram e garantir que eles recebam a ficha de conclusão. Cada ficha final contém informações necessárias para a resolução dos problemas de cunho moral.

Essas fichas são:

- A carta de Einstein ao Presidente dos EUA em 1939
- A Dualidade de Oppenheimer (Antes e pós guerra)

- Uma misteriosa Visita a Copenhague

Por fim, o professor irá relembrar as atividades pedidas na última aula, reorganização da sala.

## Aula 4 - Nuklear Fase 2

**Objetivo:** Introduzir o tema aos alunos

**Tempo de duração:** 50 minutos.

**Recursos de ensino:** Jogo de Tabuleiro, Fichas Informativas, Debates

**Dinâmica da Aula:**

**Tabela 5 - Aula 4**

Momento	Tempo	Descrição
1	10 minutos	Escolha dos problemas
2	20 minutos	Debates entre os alunos
3	20 minutos	Apresentação dos problemas

Fonte: Do autor (2021).

**Momento 1:** Tempo de preparação para a segunda fase, o professor deve observar quais fichas os alunos pegaram e dessa forma escolher os problemas relacionados às fichas.

**Momento 2:** Nesse momento os alunos deverão debater quais fatores levaram a tomar a decisão deles e argumentar se utilizando de informações históricas.

**Momento 3:** O professor irá discutir com cada um dos grupos as soluções propostas aos problemas fictícios que foram criados baseados nos eventos da História real. Após essa discussão os alunos devem arrumar a sala e encerrar a atividade. Neste momento também será lembrado acerca dos textos para a próxima aula

## Aula 5 - Energia Nuclear e o estudante

**Objetivo:** Relacionar a física nuclear com o cotidiano do aluno.

**Tempo de duração:** 50 minutos.

**Recursos de ensino:** Quadro, giz e data-show

**Dinâmica da Aula:**

**Tabela 6 - Aula 5**

Momento	Tempo	Descrição
1	10 minutos	Revisitando os Textos da Aula 1
2	20 minutos	A física nuclear e a sociedade
3	20 minutos	Os cuidados acerca da física nuclear

Fonte: Do autor (2021).

**Momento 1:** Nesse momento irei perguntar o que os alunos tiraram de conclusão dos 2 textos lidos para aquela aula.

**Momento 2:** Exposição sobre história da física nuclear. Além disso, nessa etapa pretendo trazer os aspectos positivos da física nuclear.

**Momento 3:** Usando os textos e as informações anotadas durante o jogo, o professor e os alunos debaterão sobre o uso da energia nuclear na sociedade. Tanto em seus aspectos positivos quanto negativos.

## Aula 6 - Devemos usar a Física Nuclear na nossa vida?

**Objetivo:** Avaliar por meio de uma dissertação o desenvolvimento dos alunos com o conteúdo.

**Tempo de duração:** 50 minutos.

**Recursos de ensino:** Quadro, giz

**Dinâmica da Aula:**

**Tabela 7 - Aula 6**

Momento	Tempo	Descrição
1	5 minutos	Explicação da Atividade
2	20 minutos	Artigo de opinião
3	20 minutos	Término da Aula e da Sequência

Fonte: Do autor (2021).

**Momento 1:** Os alunos deverão escrever um artigo de opinião com o tema: “Devemos usar a Física Nuclear na nossa vida ?”

**Momento 2:** Nesse momento os alunos deverão escrever um artigo de opinião sobre o tema discutido nas aulas com os argumentos desenvolvidos no momento anterior e as atividades pedidas em sala.

**Momento 3:** O Professor deve recolher a atividade e realizar o encerramento da sequência. Se caso os alunos não conseguirem terminar eles irão fazer a atividade em casa e entregar na próxima aula

## ANEXO A - TEXTO 1

### **Texto 1 - Introdução do artigo - Um Centro de Ciências no Centro-Oeste? Memórias do acidente com o Césio-137 em Goiânia. (Grassi, 2015)**

No ano de 1987 um equipamento que fora utilizado para o tratamento contra o câncer foi encontrado no Instituto Goiano de Radioterapia (IGR), em Goiânia-GO. Este equipamento continha uma fonte de Césio-137 revestida de chumbo, entrou em funcionamento em 1971 e foi desativado em 1985, quando o IGR mudou de endereço, abandonando-o no local. Na época do acidente o equipamento foi encontrado nas ruínas do edifício, já sob a responsabilidade do Instituto de Previdência e Assistência Social do Estado de Goiás (IPASGO) e confundido com sucata (INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, 1988). A fonte era de cloreto de césio, considerado o mais tóxico dos cloretos alcalinos (GHOSH et al., 1991). No dia 13 setembro daquele ano duas pessoas romperam o invólucro de chumbo, expondo o material radioativo ao meio ambiente. Essas pessoas não sabiam que se tratava de um material radioativo, ficaram maravilhados com a beleza do pó azul brilhante e venderam a fonte a um ferro-velho. O proprietário desse ferro-velho distribuiu fragmentos do Césio-137 para várias pessoas e repassou a fonte para outros dois depósitos. Assim, vários locais e pessoas que foram expostos ao Césio-137 foram irradiados e/ou contaminados (ANJOS et al., 2000; SOUZA CRUZ, 1987). As vítimas eram diagnosticadas como intoxicação alimentar, porém, a esposa do proprietário do ferro-velho, desconfiada de que todos esses sintomas eram referentes à cápsula, levou o material até a Vigilância Sanitária, onde o material foi identificado como radioativo, em 29 de setembro de 1987.

Nessa data a Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN) foi comunicada e por sua vez notificou a International Atomic Energy Agency (IAEA). A partir daí foi traçado um plano de emergência. Participaram deste plano a CNEN, Furnas Centrais Elétricas S/A (FURNAS), Empresas Nucleares Brasileiras S/A (NUCLEBRÁS), Defesa Civil, ala de emergência nuclear do Hospital Naval Marcílio Dias (HNMD), Secretaria Estadual de Saúde de Goiás (SES/GO), Hospital Geral de Goiânia (HGG) e várias outras instituições locais, nacionais e internacionais. As áreas tidas como focos foram isoladas e iniciou-se a triagem da população no Estádio Olímpico. Foram monitoradas 112.800 pessoas e 249 apresentaram alto grau de contaminação externa e/ou interna. Das 249 tidas como contaminadas, 120 estavam apenas com suas vestimentas contaminadas e foram liberadas logo após a descontaminação. Já as 129 restantes estavam realmente contaminadas e por isso foram acompanhadas por um

longo tratamento médico, algumas delas até os dias de hoje. Dos 129 contaminados, 14 estavam em estado grave e foram transferidos ao HNMD, porém, 4 foram a óbito entre 4 a 5 semanas depois da exposição.

Respaldados pelas iniciativas do Comitê de Defesa de Goiânia, um movimento de intelectuais, professores universitários, artistas, jornalistas, profissionais liberais e estudantes, assessorados por Fernando Gabeira (WIDERHECKER; CHAVES, 1989), os próprios vitimados, reunidos em assembleia, em 13 de dezembro de 1987, fundaram a Associação das Vítimas do Césio (AVCésio), até hoje a principal articuladora dos direitos dos acidentados.

Aos 9 de dezembro de 1987 foi criada pela Lei nº 10 . 339 e em fevereiro de 1988 instituída pelo Decreto nº 2 . 897 do Governo do Estado de Goiás, a Fundação Leide das Neves –com o nome homenageando uma vítima fatal de seis anos de idade –, extinta em novembro de 1999, pela Lei nº 13.550, transformada em Superintendência Leide das Neves Ferreira (SULEIDE) e assumida pela Secretaria Estadual da Saúde. A SULEIDE é responsável pelo acompanhamento médico das vítimas do acidente. Atualmente o prédio da SULEIDE abriga consultórios médicos, biblioteca e salas de funcionários, além de um ambiente de recepção.

Durante o processo de descontaminação, toneladas de rejeitos foram geradas, armazenados em contêineres e tambores e levados até as proximidades da cidade de Abadia de Goiás-GO. Os estudos referentes à construção de um depósito definitivo iniciaram-se em 1991. Além do depósito, alguns prédios (laboratórios) também foram construídos no local. O lixo atômico foi concretado e é monitorado pela CNEN por meio do Centro Regional de Ciências Nucleares do Centro-Oeste desde 1997(CRCN-CO, 2006). Embora a justiça tenha responsabilizado o CRCN-CO pelo monitoramento nos próximos 50 anos, o depósito é considerado local definitivo para o lixo.

Mediante ação pública movida pelo Ministério Público Federal (MPF) em julho de 1995 foram considerados responsáveis pelo acidente a União Federal, a CNEN, o Estado de Goiás, o IPASGO, os sócios proprietários do IGR e os físicos responsáveis pelo equipamento no IGR. Em março de 2000 a sentença final condenou os físicos responsáveis pelo equipamento e o IPASGO a multas individuais de R\$ 100.000,00 (cem mil reais) revertidas ao Fundo de Defesa de Direitos Difusos e a CNEN a multa de R\$ 1.000.000,00 (um milhão de reais), também revertida ao Fundo de Defesa de Direitos Difusos, bem como a assegurar amplo tratamento às vítimas, monitoramento epidemiológico contínuo das populações afetadas ou que possam vir a ser atingidas e manter, em Goiânia, um centro de atendimento

para as vítimas do Césio 137, com a assistência permanente de físicos e médicos especializados, em cobertura aos serviços de saúde do IPASGO e do Estado de Goiás (BERNARDES, 2001).

O CRCN-CO foi criado no dia 1º de junho de 1989 e inaugurado em 5 de junho de 1997, com a missão de representar a CNEN na região Centro-Oeste do país no que diz respeito às atividades decorrentes do acidente radioativo de Goiânia, bem como prestar esclarecimentos à população sobre o acidente e os usos benéficos da radiação nuclear, por meio do seu Centro de Informações (CI-CRCN-CO), que mantém um acervo histórico sobre o acidente aberto à visitação pública com objetivos bem definidos: desmitificar o acidente revelando suas circunstâncias e consequências; mostrar a importância da utilização da energia nuclear; divulgar pesquisas sobre o uso benéfico da radiação por meio de irradiação de alimentos, diagnóstico e cura de doenças, por exemplo. A previsão é se tornar um centro de pesquisas e desenvolvimento em ciências nucleares integrado aos valores e crenças do Centro-Oeste brasileiro, incondicionalmente presente para viabilizar soluções de desenvolvimento tecnológico em nível regional.

Ao longo dos anos após o acidente a AVCésio, a SULEIDE e o CRCN-CO mantiveram-se em atividade, oferecendo suporte judicial e assistência médica aos vitimados, bem como monitorando os resíduos radioativos e prestando esclarecimentos à população. No entanto, estariam essas entidades comprometidas com princípios críticos e educativos?

Preocupa-nos investigar como as futuras gerações tomarão conhecimento do ocorrido, quem irá se responsabilizar pela manutenção da memória do acidente, que conhecimento seria esse: passivo ou crítico? O ideal seria que esta tarefa fosse exercida por um Centro de Ciências comprometido com princípios de popularização. Interessa-nos, como objeto de pesquisa, as atividades de popularização do CRCN-CO, que recebe sistematicamente, em seu Centro de Informações, um grande número de estudantes acompanhados por seus professores. Até que ponto este órgão, comprometido com a CNEN, pode realizar um trabalho de popularização e exercer um papel equivalente a um Centro de Ciências?

## ANEXO B - TEXTO 2

### **Texto 2 - Trecho da Dissertação - A história da ciência na formação e na prática de professores de física. (Páginas 137 - 140) (Schmiedecke, 2016)**

#### **A fissão do núcleo atômico e a formação dos blocos mundiais**

Em dezembro de 1938, os alemães Otto Hahn (1879 – 1968) e Fritz Strassmann (1902 – 1980), trabalhando para o governo nazista no Instituto de Química Kaiser Wilhelm, em Berlim, obtiveram experimentalmente um método para seccionar núcleos de átomos de urânio.

Originalmente, as experiências realizadas com núcleos de urânio bombardeados por nêutrons visavam à produção de átomos ainda mais pesados. Contudo, muito além da descoberta da possibilidade de cindir o “indivisível”, o grande diferencial da técnica empregada por esses cientistas estava nos subprodutos gerados: elementos mais leves e liberação de energia.

A técnica, denominada fissão nuclear, surpreendeu o meio científico à época pela imensa quantidade de energia liberada na “quebra” dos núcleos de urânio, deixando no ar as efetivas possibilidades tecnológicas desse novo fenômeno, até mesmo entre os seus descobridores. E aqui reside uma das mais fascinantes nuances da história da ciência: nem sempre o autor de uma ideia ou o descobridor de um fenômeno tem de antemão a exata dimensão do alcance de suas “criações”.

No caso específico da fissão nuclear, ao menos dois outros físicos austríacos deveriam ter seus nomes incluídos nesse histórico: Lise Meitner (1878 – 1968) e Otto Frisch (1904 – 1979), que ofereceram importantes contribuições teóricas para a elucidação do fenômeno da fissão nuclear. Todavia, em dezembro de 1944, apenas Hahn foi agraciado com o Prêmio Nobel de Química pela descoberta da fissão nuclear. E, passados mais oito meses, o mundo – e, mais especificamente, os habitantes das cidades japonesas de Hiroshima e Nagasaki – colhia os resultados da aplicação tecnológica mais cruel dessa conquista de Hahn: as bombas atômicas detonadas, em agosto de 1945, no Japão.

Estava dada, assim, a largada para a corrida nuclear, quando as potências surgidas do pós-Segunda Guerra visualizaram no uso da energia do núcleo do átomo possibilidades diversas e, aparentemente, ilimitadas. Em concomitância, eram suscitados debates em nível mundial a respeito da ética científica.

Por se tratar de uma forma de conhecimento geradora de resultados que transcendem ao seu campo original de atuação, a ciência carrega consigo o ônus de ser supostamente a responsável final pela resolução inequívoca de equações compostas por muitas variáveis. Ainda que por vezes seja apresentada como mais elucidativa, enriquecedora, empreendedora e “triumfante” que outras formas de conhecimento, a ciência deixa transparecer com frequência problemas graves associados exatamente a esse conhecimento que produz, às ações que determina e às sociedades que transforma.

Mesmo sendo capazes de satisfazer às necessidades sociais e, assim, proporcionar importantes conquistas à civilização, as descobertas em ciência trazem simultaneamente em seu bojo possibilidades nefastas de subjugação e, no caso específico da utilização da energia nuclear, a ameaça de aniquilamento da humanidade.

Tomando como exemplo os Estados Unidos da América (EUA), observa-se como esse quadro apresenta muitas facetas que exemplificam a complexidade das interações entre a ciência e a sociedade. Por exemplo, uma das principais vantagens competitivas da economia estadunidense sempre foi sua capacidade de transferir rapidamente a tecnologia desenvolvida para fins militares em direção à produção civil.

Em tempos mais recentes, outros exemplos do rápido processo de desenvolvimento tecnológico que caracteriza a chamada 3ª Revolução Industrial (que tem como elementos centrais os desenvolvimentos em robótica, semicondutores e engenharia genética) tornaram-se ainda mais evidentes. A internet, por exemplo, difundida em nível mundial na década de 1990, nasceu como uma rede de intercomunicação para tempos de guerra.

Sob essa perspectiva, eram de se esperar resultados contumazes diretamente colhidos do chamado “Projeto Manhattan”, um aparato científico de proporções sem precedentes na história que mobilizou, direta e indiretamente, algumas dezenas de milhares de cientistas, engenheiros e técnicos que, em parte, não faziam ideia do produto final do trabalho que desenvolviam. Implementado pelo governo norteamericano entre 1942 e 1945, o Projeto Manhattan tinha o objetivo de construir, antes dos nazistas, uma arma de destruição em massa cujo princípio de funcionamento concentrava-se no aproveitamento da energia contida no núcleo do átomo.

Contando com personalidades de renome no meio científico, muitas delas foragidas de países europeus devido à ascensão do Nazismo (Alemanha) e do Fascismo (Itália), o Projeto Manhattan atingiu seu objetivo ao lograr êxito na construção de três bombas atômicas. Além

das duas bombas lançadas sobre o Japão, três semanas antes foi realizado um teste no deserto de Los Alamos (Novo México, EUA), com a detonação de um artefato baseado na fissão do elemento químico plutônio.

Portanto, ao final da 2ª. Grande Guerra Mundial, os EUA eram a única nação em nível mundial detentora do conhecimento necessário para a construção de bombas atômicas, e com a vantagem de dominar a tecnologia capaz de produzir esses artefatos a partir do uso de dois elementos químicos distintos (urânio e plutônio) como “combustíveis” da fissão nuclear.

Conscientes do quanto essa realidade tornava os EUA privilegiados em termos políticos e econômicos, outras nações empreenderam esforços visando ao domínio da tecnologia nuclear, principalmente aquelas que também se saíram vitoriosas da guerra recém-terminada. Nesse grupo, cabe destaque à União das Repúblicas Socialistas Soviéticas (URSS), que, após a Revolução Russa (1917), adotou um regime político de essência e prática muito diferentes do capitalismo defendido pelos EUA e pelo bloco de países diretamente influenciados pelos norte-americanos. Um dos resultados mais notáveis desses esforços foi a detonação de um artefato nuclear pela URSS em agosto de 1949, quatro anos após os EUA bombardearem o Japão e darem fim à 2ª. Grande Guerra Mundial.

A forma pela qual a URSS logrou êxito nessa empreitada vai além dos esforços de cunho unicamente científico, dando margem a acusações de espionagem por parte dos norte-americanos, que internamente empreenderam diversas investigações com o objetivo de identificar os culpados pela venda dos segredos e detalhes cercado a tecnologia nuclear desenvolvida pelos EUA no contexto do Projeto Manhattan.

Esse fato, de natureza originalmente científica, é um marco decisivo para a consolidação de um período de tensões e rupturas – ora declaradas, ora veladas – entre os EUA e a URSS, que ficou conhecido como “Guerra Fria”. Estendendo-se oficialmente até o final do anos 1980, momento em que a URSS sofreu um colapso definitivo e se fragmentou nos diversos países que a constituíram em seu surgimento (Rússia, Ucrânia, Bielorrússia, Lituânia, Cazaquistão, entre outros), a Guerra Fria foi um período caracterizado, na prática, pela divisão das nações em dois grandes blocos: de um lado posicionaram-se aquelas que apoiavam os EUA e praticavam o sistema capitalista e, do outro lado, o conjunto de nações submetidas a uma variação do sistema socialista – denominada comunismo –, estabelecido e regulamentado pelos governantes da URSS.

Detentores de arsenais nucleares que cresceram em escala exponencial, principalmente ao longo das duas primeiras décadas de vigência da Guerra Fria, resultado do investimento maciço em pesquisas nas ciências nucleares, EUA e URSS foram protagonistas de uma série de episódios que levaram o mundo à convivência com a constante possibilidade de sucumbir em função de um iminente bombardeio promovido por esses dois países.