

NucGame: um jogo didático sobre Tecnologia Nuclear

Luana Linda da Silva¹

André Augusto Vidal Soares²

Marta Maximo-Pereira³

Resumo: O objetivo deste trabalho é apresentar o jogo didático *NucGame*, que versa sobre Tecnologia Nuclear. Ele foi elaborado no âmbito de um projeto de extensão e fundamentado na literatura sobre jogos didáticos e na abordagem Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) no Ensino de Ciências. O *NucGame* é um jogo de tabuleiro com partes físicas e virtuais. Nele, cada jogador representa um país fictício, que está interessado em construir uma usina nuclear, a fim de diminuir a emissão de gases de efeito estufa. Seu objetivo pedagógico é apresentar conhecimentos relativos ao uso da energia nuclear para geração de energia elétrica. As etapas do ciclo de combustível nuclear e o funcionamento de uma usina são apresentados no jogo, que não necessita de conhecimentos prévios para ser jogado. Espera-se que o *NucGame* contribua para desmistificar o tema da energia nuclear junto aos estudantes e ao público em geral.

Palavras-chave: Jogo Didático. CTS. Energia Nuclear. Tecnologia Nuclear.

NucGame: a didactic game about Nuclear Technology

Abstract: The main of this paper is to present the didactic game *NucGame*, which is about Nuclear Technology. It was developed within the scope of an extension project and is based on the literature on didactic games and on the Science, Technology and Society (STS) approach in Science Education. *NucGame* is a board game with physical and virtual parts. In it, each player represents a fictional country, which is interested in building a nuclear power plant to reduce the emission of greenhouse gases. Its pedagogical objective is to present knowledge related to the use of nuclear energy for the generation of electric energy. The stages of the nuclear fuel cycle and the operation of a power plant are presented in the game, which does not require previous knowledge to be played. It is hoped that *NucGame* will contribute to demystifying the issue of nuclear energy with students and the public.

Keywords: Didactic Game. STS. Nuclear Energy. Nuclear Technology.

NucGame: un juego didáctico sobre Tecnología Nuclear

Resumen: El objetivo de este trabajo es presentar el juego didáctico *NucGame*, cuyo tema es la Tecnología Nuclear. Se elaboró el juego en un proyecto de extensión y su marco teórico está en la literatura sobre juegos didácticos y sobre el enfoque Ciencia, Tecnología y Sociedad (CTS) en la Didáctica de las Ciencias. *NucGame* es un juego de tablero con partes físicas y virtuales. Para jugarlo, cada jugador representa un país ficticio, que quiere construir una usina nuclear para disminuir la emisión de gases de efecto invernadero. Su objetivo pedagógico es presentar conocimientos relativos al uso de la energía nuclear para generar energía eléctrica. Las etapas del ciclo del

¹ Técnica em Automação Industrial pelo Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca (CEFET/RJ) campus Nova Iguaçu. Rio de Janeiro, Brasil. ✉ estudante.luana@gmail.com  <https://orcid.org/0000-0001-7507-9188>.

² Doutorando em Engenharia Nuclear pela Universidade Estadual da Pensilvânia. Pensilvânia, Estados Unidos ✉ andrenuclear@psu.edu  <https://orcid.org/0000-0002-3556-0054>.

³ Doutora em Ciências. Professora do Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca (CEFET/RJ) campus Nova Iguaçu. Rio de Janeiro, Brasil. ✉ martamaximo@yahoo.com  <https://orcid.org/0000-0001-9037-8004>.

combustible nuclear y el funcionamiento de una usina se presentan en el juego, que no necesita conocimientos previos para jugarse. Se espera que *NucGame* contribuya con desmitificar el tema de la energía nuclear junto a estudiantes y al público en general.

Palabras clave: Juego Didáctico. CTS. Energía Nuclear. Tecnología Nuclear.

1 Introdução

O jogo é uma atividade voluntária, desenvolvida entre seres humanos, na qual os indivíduos são inseridos em um mundo fictício, criado para determinada finalidade, que é alinhada com seus objetivos. No ambiente do jogo, são estabelecidas regras de atuação que devem ser seguidas por seus participantes, o que poderá ter resultados quantificáveis como vitórias, derrotas ou pontuações acumuladas.

Segundo Huizinga (2005), o jogo não é exclusivo das práticas humanas, estando presente também no cotidiano animal. Assim, encontramos o jogo na cultura, que pressupõe a relação entre humanos, mas pode-se dizer que ele já existia antes mesmo dela, acompanhando-a e marcando-a desde as mais distantes origens até a fase da civilização em que agora nos encontramos.

O conceito de jogo permanece presente em nossa sociedade, mesmo nos dias atuais, com os avanços científicos e tecnológicos advindos da 3ª e 4ª Revoluções Industriais (COSTA; PAGANI, 2019). Seja nas brincadeiras infantis (com interações presenciais entre as crianças), as quais ainda resistem diante dos dispositivos eletrônicos; seja nos próprios aplicativos, vídeos e jogos eletrônicos (que envolvem interações entre as pessoas mediadas por ambientes virtuais ou somente a interação homem-máquina), a ludicidade parece cada vez mais atrair as crianças, os adolescentes e os adultos.

Soares (2004) aponta que o jogo do adulto se diferencia do da criança pela consciência tomada diante do ato de jogar. Apesar de ser uma atividade lúdica para ambos, o adulto tem consciência de que determinada realidade existe somente no contexto da brincadeira ou do jogo, já a criança, não. Também para Soares (2004), a brincadeira infantil existe como uma espécie de “simulação” vivenciada pelas crianças, que pode contribuir para enfrentar determinadas situações da realidade futuramente.

Os jogos têm sido apontados como possibilidade de ensinar de maneira lúdica, com experiências que emergem nessa realidade que só existe no jogo (KISHIMOTO, 1996). Conforme Cunha (2012, p. 5), “os jogos didáticos, quando levados à sala de

aula, proporcionam aos estudantes modos diferenciados para aprendizagem de conceitos e desenvolvimento de valores. É nesse sentido que reside a maior importância destes como recurso didático”.

Assim, o jogo didático pode potencializar o processo de aprendizagem, não sendo um fim em si mesmo ou uma solução única para o professor, mas sim um recurso que pode combinar ludicidade e circulação de conhecimento em espaços formais e não formais de educação (MESSEDER-NETO, 2019).

No contexto do Ensino de Ciências, concordamos com Santos e Mortimer (2000) quando indicam ser necessário formar cidadãos que tenham conhecimentos inter-relacionados sobre Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS), o que pode contribuir para um melhor entendimento do mundo pelos estudantes e para tomadas de decisão sobre a realidade na qual o sujeito se encontra (PINHEIRO; SILVEIRA; BAZZO, 2007). Entendemos ser possível desenvolver estratégias didáticas, como os jogos e outras atividades lúdicas, que estejam alinhadas com os pressupostos teóricos da abordagem CTS, envolvendo temáticas que explicitem as relações mútuas existentes entre conhecimento científico, artefatos tecnológicos e os impactos e influências sociais manifestados em ambos.

Neste trabalho, apresentamos o jogo didático *NucGame*⁴, que aborda o tema da Tecnologia Nuclear. A elaboração do *NucGame* teve como premissa básica a importância de se difundir o uso consciente da energia nuclear para fins pacíficos, em especial, para a geração de energia elétrica. A matriz energética nuclear, com base na Resenha Brasileira Energética, ocupa 2,6% na porcentagem de oferta interna de energia elétrica no Brasil (BRASIL, 2020). No entanto, a ciência reconhece que existem potencialidades no uso da energia nuclear para a geração de energia elétrica, de forma a causar, por exemplo, menos impacto em relação ao aumento da temperatura terrestre (TEIXEIRA; SILVA, 2008).

A Tecnologia Nuclear é ainda pouco explorada no ensino de Ciências (PAGANOTTI; SANTOS; VOELZKE, 2017). Geralmente ela é associada a algo danoso e de risco para a sociedade, o jogo apresenta uma visão mais ampla sobre essa temática. Pretende-se que ele ajude a romper com alguns mitos acerca da energia nuclear, no que tange à sua geração e ao funcionamento de uma usina e,

⁴ O jogo pode ser obtido em <https://drive.google.com/drive/folders/1u-fTdoix-ulmnoojtdFdkUUhvof6nsQ4>

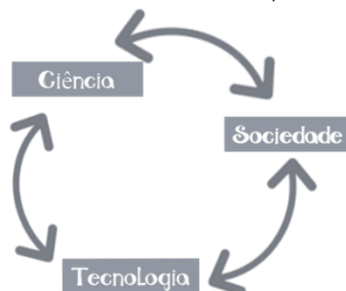
também, esclarecer sobre aspectos positivos e negativos relacionados a ela.

O *NucGame* apresenta aos jogadores características da energia nuclear e como ocorre todo o processo de transformação de energia nuclear em energia elétrica, até a chegada à casa de cada indivíduo, assim como possibilita comparar a energia nuclear com outras fontes de energia utilizadas para a geração de energia elétrica. O jogo pretende ser mais uma contribuição para a inserção da temática da Energia Nuclear na educação científica e se alinha às propostas didáticas que tratam desse tema com a abordagem CTS (BORSATO; FERNANDES, 2017; PIRES; SILVA; BEMFEITO, 2017). Sua elaboração foi feita com o embasamento teórico disponível na literatura da área de Ensino de Ciências, em especial, articulando a abordagem CTS aos jogos didáticos.

2 Fundamentação teórica

O movimento CTS visa trazer à luz articulações entre os três principais e inseparáveis eixos que alicerçam os tempos atuais: a Ciência, a Tecnologia e a Sociedade. As transformações técnico-científicas sempre trarão consequências sociais e políticas, assim como a sociedade pode e deve se manifestar com relação aos possíveis impactos que o conhecimento científico e o desenvolvimento tecnológico podem gerar. Por isso, esses três âmbitos se influenciam mutuamente, de modo que um sempre gera consequências no outro e vice-versa, conforme esquema apresentado na Figura 1.

Figura 1: Relações mútuas entre Ciência, Tecnologia e Sociedade



Fonte: Autoria Própria

Pensar a abordagem CTS no contexto do Ensino de Ciências pressupõe a articulação entre saberes das áreas de ciências naturais, tecnologia, sociologia, economia, filosofia, entre outras, para o entendimento mais completo de situações e fenômenos por parte dos estudantes (PINHEIRO; SILVEIRA; BAZZO, 2007). Por exemplo, considerando-se a produção de determinada tecnologia, o cidadão comum escolarizado deveria conseguir distinguir em que ela consiste, quem a produz, como

ela é produzida, o porquê dessa tecnologia estar sendo consumida, seus impactos na vida das pessoas, entre muitas outras questões. Explicitar as relações CTS permite evidenciar aspectos problemáticos e que podem ser questionados pelas pessoas, promovendo melhor entendimento e podendo gerar uma participação mais qualificada em questões relativas à produção e aos usos e implicações da ciência e da tecnologia.

A abordagem CTS pode ser utilizada no Ensino de Ciências em contexto escolar de diferentes formas e com diferentes objetivos, como explicitado no Quadro 1, adaptado de Santos e Mortimer (2002, p. 124-125).

Quadro 1: Categorias de ensino de CTS

Categorias de ensino de CTS	Descrição
1. Conteúdo de CTS como elemento de motivação.	Ensino tradicional de ciências com a menção ao conteúdo de CTS como um detalhe para tornar a aula mais cativante.
2. Incorporação eventual do conteúdo de CTS ao conteúdo programático.	Ensino tradicional de ciências com estudos de conteúdo CTS integrados como apêndices aos tópicos de ciências.
3. Incorporação sistemática do conteúdo de CTS ao conteúdo programático.	Ensino tradicional de ciências com estudos de conteúdo CTS integrados aos tópicos de ciências.
4. Disciplina científica (Química, Física e Biologia) por meio de conteúdo de CTS	CTS organiza o conteúdo e a sequência, e a seleção do conteúdo científico é feita a partir de uma única disciplina.
5. Ciências por meio do conteúdo de CTS	CTS organiza o conteúdo e a sequência, assim como orienta o que será ensinado de ciências com abordagem multidisciplinar.
6. Ciências com conteúdo de CTS	CTS como foco do ensino e o conteúdo relevante de ciências sendo usado para enriquecer a aprendizagem.
7. Incorporação das Ciências ao conteúdo de CTS	CTS como foco do currículo e o conteúdo relevante de ciências sendo apenas mencionado, mas não ensinado formalmente.
8. Conteúdo de CTS	Estudo de uma questão tecnológica ou social importante, com o conteúdo de ciências servindo apenas para indicar uma vinculação à ciência.

Fonte: Adaptado de Santos e Mortimer (2002, p. 124-125)

O quadro apresenta as categorias de ensino CTS, numeradas de 1 a 8, as quais representam a proporção da incorporação do CTS ao Ensino de Ciências. O nível 8 se refere a uma situação de foco exclusivo em conteúdo de caráter CTS e, no nível 1, o conteúdo de CTS é utilizado apenas de forma pontual, como motivação para tornar a aula mais interessante. Esse espectro de formas de inserção da abordagem CTS tem sido usado como referência básica em inúmeros trabalhos no ensino de Ciências, incluindo propostas didáticas, artigos teóricos, artigos empíricos e artigos de revisão (CARDOSO; VIANNA; CARDOSO, 2016; PINHEIRO; SILVEIRA; BAZZO, 2007;

SANTOS, 2012; CARLETTO; PINHEIRO, 2010; SEPINI; MACIEL, 2018; PEZARINI; MACIEL, 2018; PINTO; VERMELHO, 2017)

Considerando as diversas formas de inserção da abordagem CTS no Ensino de Ciências, defendemos que uma possibilidade de sua materialização, servindo como uma forma de trabalhá-la e contemplá-la, são os jogos didáticos.

O jogo didático pressupõe a combinação dos aspectos lúdicos com os relativos à função educativa dos espaços escolares (KISHIMOTO, 1996; MESSEDER NETO; MORADILLO, 2016). Ele tem sido referido na literatura como potencial para colaborar nos processos de ensino e aprendizagem, ao possibilitar uma nova forma de interação entre o objeto de estudo e o aprendiz, que pode envolver simulações de contextos reais, experimentações, realidade aumentada, entre outras situações.

No entanto, o caráter inovador dos jogos didáticos no contexto educativo, por si só, não garante que seu potencial para a aprendizagem seja plenamente explorado. A esse respeito, a pesquisa em Ensino de Ciências aponta que é necessária uma abordagem mais sistemática acerca da elaboração de jogos didáticos e demais atividades lúdicas (MESSEDER-NETO; MORADILLO, 2016). A fim de auxiliar nesse processo, os autores indagam:

Qual lugar o conteúdo científico ocupa nesse jogo? A diversão do jogo orbita em torno desse conteúdo? Os estudantes têm consciência de onde essa atividade quer chegar e o que ele deve aprender? O jogo mobiliza os conceitos que o estudante deve aprender? Em que momento o professor faz a síntese dos aspectos que foram discutidos no jogo? (MESSEDER-NETO; MORADILLO, 2016, p. 367)

Entendendo que essas perguntas, propostas inicialmente no contexto do Ensino de Química, podem ser estendidas ao Ensino de Ciências de forma geral, o jogo *NucGame* foi elaborado tendo como orientação a resposta a esses questionamentos. Ademais, com base em Afonso e Maximo-Pereira (2020), os seguintes aspectos foram considerados na elaboração do *NucGame*: o contexto de elaboração do jogo; seu objetivo pedagógico; suas características; a dinâmica de interação dos participantes entre si e com os elementos do jogo; as possibilidades de utilização do jogo em contexto escolar e de educação não-formal.

A justificativa para a escolha da Tecnologia Nuclear como temática para o jogo elaborado será comentada na próxima seção, mas, dentre as potenciais temáticas a serem abordadas na perspectiva CTS, Santos e Mortimer (2002, p. 11) indicam

também “as fontes energéticas no Brasil, seus efeitos ambientais e seus aspectos políticos”.

3 Metodologia de elaboração do *NucGame*

A elaboração do jogo *NucGame* teve início em janeiro de 2020, com o convite aos alunos do Ensino Médio Integrado (EMI) de uma instituição federal de ensino para participar de uma competição internacional de estudantes, da Agência Internacional de Energia Atômica (IAEA, na sigla em inglês). Tal convite foi divulgado por um ex-aluno do curso técnico de nível médio da instituição (o qual cursava o Mestrado em Engenharia Nuclear na Universidade da Pensilvânia) a uma professora de Física do campus, que realizou a chamada entre os estudantes.

Para poder participar da competição, deveria haver uma equipe de no mínimo 3 estudantes, com nível intermediário de inglês, a ser coordenada por um professor. A competição envolvia a construção de algum projeto que contemplasse a educação na área nuclear. Ele deveria ser desenvolvido com o uso de tecnologias digitais e abordando pelo menos um aspecto relacionado às mudanças climáticas.

Participaram da equipe para a competição 4 alunos de EMI, coordenados pela professora de Física, que orientava não só as tarefas no geral, como também fazia o esclarecimento de conceitos físicos e indicava possibilidades didáticas para uma melhor elaboração do jogo. Também colaboraram com o projeto uma professora de Inglês do *campus*, para auxílio na versão e tradução de textos, e o engenheiro nuclear egresso de Ensino Médio e Técnico da instituição, que contribuiu para a compreensão da energia nuclear e dos processos envolvidos na geração de energia elétrica por fonte nuclear, assim como para a realização do projeto como um todo.

O projeto desenvolvido para abordar energia nuclear e mudanças climáticas poderia não ser um jogo, no entanto, dentro da instituição, já existia a cultura de jogos didáticos no ensino de Ciências. Então, os alunos, a professora de Física e o ex-aluno decidiram pela elaboração do jogo didático, que seria algo não apenas informativo, mas também contemplaria maior interação das pessoas com os assuntos tratados.

Reuniões virtuais foram realizadas inicialmente com a participação do engenheiro nuclear colaborador do projeto. Posteriormente, reuniões semanais presenciais foram realizadas com a professora de Física e os estudantes, para organizar a construção do jogo e/ou realizar a elucidação de algum conteúdo de

energia nuclear. Trocas de e-mail e compartilhamento coletivo de arquivos e materiais também eram realizados frequentemente com a professora e o engenheiro nuclear colaboradores do projeto.

A competição era composta de três etapas: a construção da proposta de projeto, na primeira fase; na segunda, uma demonstração em vídeo de até 3 minutos, com legenda em inglês, caso o projeto fosse aprovado na primeira fase; na terceira, que ocorreria apenas para os 5 melhores vídeos selecionados, as equipes seriam financiadas para apresentarem presencialmente seus respectivos projetos na *International Conference on Nuclear Knowledge Management and Human Resources Development* (Conferência Internacional sobre Gestão do Conhecimento Nuclear e Desenvolvimento de Recursos Humanos), congresso que ocorreria em Moscou, Rússia, em junho de 2020, no qual seria escolhida a equipe vencedora.

O *NucGame* foi aprovado na primeira e segunda fases, mas, devido à COVID-19, a realização presencial do congresso foi adiada para 2022 e a competição foi interrompida. O *NucGame* recebeu uma premiação especial da IAEA mencionando que a equipe ficou entre os 25% melhores projetos dos que foram para a 2ª fase.

No âmbito da instituição, a elaboração do *NucGame* continuou mesmo após o fim da competição e foi realizada por intermédio de um projeto de extensão, envolvendo os alunos, professores e colaboradores anteriormente descritos. A finalização do jogo, incluindo a disponibilização de todos os conteúdos em site próprio, elaboração de *QR codes*, revisão e padronização de cartas e os testes iniciais do jogo, foram feitos, entre agosto e dezembro de 2021, em reuniões virtuais do projeto, que foi adaptado para ser realizado remotamente, por conta da pandemia de COVID-19. Apesar de o *NucGame* ser um jogo com partes físicas e virtuais, para ser utilizado de modo presencial, foram feitas algumas partidas virtualmente para analisar a sua jogabilidade, ou seja, para que fosse possível verificar se ele seria fácil ou difícil de jogar, se suas regras eram compreensíveis aos participantes e se os jogadores conseguiriam se familiarizar com sua dinâmica de cartas, movimentos no tabuleiro, decisões de caminho a seguir etc. Nessas partidas-teste também foi avaliado o desempenho dos recursos tecnológicos presentes no jogo. Melhorias foram adicionadas e novas ideias foram implementadas, alguns testes foram feitos buscando maior jogabilidade e tendo atenção aos aspectos relativos ao aprendizado, tanto sobre energia nuclear quanto sobre a questão ambiental e climática relativa a ela.

4 O jogo NucGame

O jogo *NucGame* (Figura 2) foi elaborado a fim de desmistificar a Tecnologia Nuclear, que é frequentemente associada apenas à geração de efeitos destrutivos aos seres humanos. Assim, o objetivo pedagógico do *NucGame* é apresentar conhecimentos relativos ao uso da energia nuclear para geração de energia elétrica, em especial, no que se refere aos benefícios da implementação da energia nuclear em relação a outras fontes, renováveis ou não, às etapas do ciclo de combustível nuclear e ao funcionamento de uma usina nuclear. O número de participantes pode variar entre 2 e 4 jogadores.

Figura 2: Logo do Jogo *NucGame*



Fonte: Autoria Própria

O contexto e o objetivo do jogo são apresentados aos participantes em uma Carta Inicial (Figura 3), que informa que, em 2016, quase 200 países assinaram o Acordo de Paris, que visa manter o aumento da temperatura terrestre abaixo de 2 °C. A geração de energia por meio de combustíveis fósseis e os processos industriais são os principais fatores de aumento da temperatura global, por conta da emissão de gases de efeito estufa (GEE). Como a geração de energia elétrica em uma usina nuclear não envolve emissão de GEE, essa fonte pode ser pensada para contribuir para que não haja aumento na temperatura do planeta.

Figura 3: Carta Inicial – frente e verso



Fonte: Autoria Própria

No *NucGame*, cada jogador representa um país fictício, que está interessado em construir uma usina nuclear em suas terras, a fim de diminuir a emissão de GEE. O nome do país é inventado por cada jogador. Ganha o jogo e recebe a Carta de Ouro (Figura 4) quem chegar primeiro ao final do tabuleiro, pois terá conseguido construir uma usina nuclear em seu país e terá contribuído para o cumprimento do Acordo de Paris.

Figura 4: Carta de Ouro – frente e verso



Fonte: Autoria Própria

O *NucGame* apresenta uma parte física e uma parte virtual. Ele é composto por 1 tabuleiro (Figura 5) com 6 casas de efeito (avanço ou retrocesso); 4 pinos (que representam, cada um, o país fictício de cada jogador); 45 cartas (1 Carta Inicial, 6 cartas da 1ª fase, 35 cartas da 2ª fase (5 cartas de cada um dos 7 tipos de cartas), 2 cartas de decisão de caminho, 1 Carta de Ouro (Carta Final)) e 1 roleta. Sobre a parte virtual do *NucGame*, existem *QR codes* que levam a páginas da internet, tanto nas cartas da 1ª fase como nas casas de efeito presentes no tabuleiro. A roleta também é virtual e serve para o sorteio do tipo de carta a ser tirada por cada jogador, a cada rodada, na 2ª fase. Assim, é preciso que os jogadores tenham celulares com leitor *QR code* e acesso à internet para poderem jogar.

A 1ª fase do jogo vai do Início até a casa 8 do tabuleiro. A 2ª fase inicia-se na casa 9 e vai até a Chegada, com duas possibilidades de caminho a partir da casa 22. Em todo o tabuleiro, há 6 casas de efeito com *QR codes*, que levam a páginas com informações que relacionam a energia nuclear a temas ambientais. Essa página contém a seguinte estrutura: título, imagem, explicação sobre o assunto, uma situação

que relaciona o assunto ao contexto do jogo e uma a ação a ser realizada pelo jogador no tabuleiro. Essas casas dão dinâmica ao jogo, pois fazem o jogador retroceder, avançar e/ou indicar uma ação para outro jogador, dependendo do conteúdo do QR code. Um exemplo de casa de efeito aparece na Figura 6.

Figura 5: Tabuleiro do jogo NucGame



Fonte: Autoria Própria

Figura 6: Exemplo de Casa de efeito, acessada por QR code.

Equivalência da pastilha de urânio

Fonte: <http://www.redebim.dphdm.mar.mil.br/vinculos/000006/0000069c.pdf>

O urânio, principal elemento usado na produção de combustível nuclear, possui um grande potencial energético. Uma pastilha de urânio tem massa de cerca de apenas 3,0 g e é capaz de produzir a mesma energia que 3 barras de petróleo, 1 tonelada de carvão, 25 toneladas de lenha e 570 m³ (metros cúbicos) de gás natural. Muitos recursos naturais são poupados com o uso da energia nuclear.

Ter esse conhecimento pode ajudar a pensar em se investir em geração de energia elétrica de base nuclear em seu país.

Avance 2 casas e escolha um jogador para retornar 2 casas.

Fonte: Autoria Própria

Na 1ª fase os jogadores terão seus conhecimentos testados sobre energia nuclear e outras fontes de energia renováveis e não renováveis. As 6 cartas da 1ª fase abordam, cada uma, um aspecto da geração de energia elétrica, comparando a fonte nuclear a outras fontes. As cartas denominam-se *Custo*, *Fator de capacidade*, *Matriz elétrica*, *Emissão de GGE*, *Efeitos nocivos* e *Mineração necessária*. Além do título, cada carta possui uma imagem referente a ele e um pequeno texto, que explica, de maneira geral, o assunto da carta. Ao final do texto, há a indicação de acesso a um *QR code*, que está no verso da carta. Um exemplo de carta da 1ª fase aparece na Figura 7.

Figura 7: Matriz Elétrica (carta da primeira fase — frente e verso)

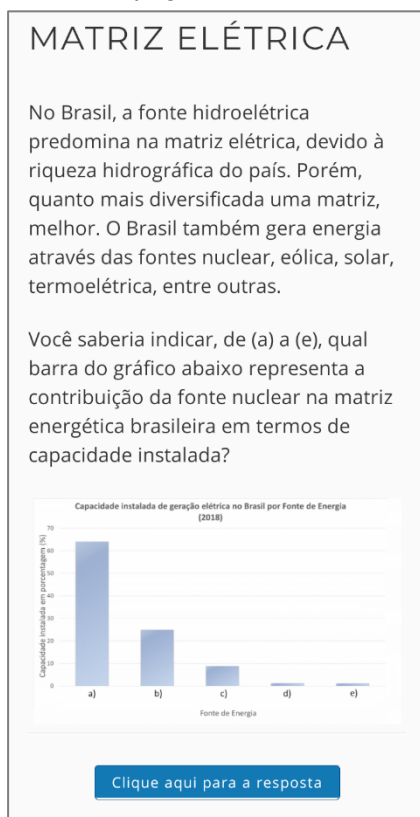


Fonte: Autoria Própria

O *QR code* permite acessar, com o celular, uma página da internet em que o conteúdo inicial escrito na carta é especificado e/ou aprofundado com um gráfico, para o qual é feita uma pergunta, com opções de resposta aos jogadores. No caso da carta *Matriz Elétrica*, o conteúdo do *QR code* é apresentado na Figura 8. A utilização do celular e da internet é apenas para o fim de responder às perguntas das cartas, não sendo possíveis consultas a outras fontes de informação ao longo do jogo.

A resposta correta à pergunta (indicada também pelo gráfico) e o número de casas a serem andadas no tabuleiro por cada jogador, dependendo da resposta escolhida, estão disponíveis em outra página, acessada dentro do próprio site em que está a pergunta, por intermédio do botão *Clique aqui para a resposta*. A Figura 9 apresenta a resposta à pergunta sobre *Matriz Elétrica* (Figura 8).

Figura 8: Pergunta sobre Matriz Elétrica na página do site



Fonte: Autoria Própria

Figura 9: Resposta à pergunta sobre Matriz Elétrica na página do site



Fonte: Autoria Própria

Como se pode observar pelo exemplo, o número de casas a serem andadas pelo jogador na 1ª fase depende da proximidade de sua resposta em relação à resposta correta da carta. Se o jogador acertar, anda 3 casas. Se escolher alguma alternativa próxima à correta, avança 2 casas. Se passar longe, anda apenas 1 casa.

Como dinâmica para a 1ª fase, todos leem coletivamente a frente de uma das 6 cartas, escolhida aleatoriamente. Todos acessam com o celular o QR code que há no verso da carta, leem as informações e a pergunta que estão na página na internet e respondem individualmente, em voz alta, a opção escolhida para representar a energia nuclear no gráfico. Todos acessam a resposta, leem e andam no tabuleiro o número de casas correspondente. Para passar para a 2ª fase, o jogador precisa chegar até a casa 8 do tabuleiro, através da pontuação obtida nas perguntas a que respondeu. Quando isso acontece, ele começa a acessar as cartas da 2ª fase. Caso haja jogadores ainda na 1ª fase, segue-se para eles esse sistema descrito, até o fim da última carta das 6 da 1ª fase.

Na 2ª fase, os jogadores são apresentados às etapas que existem para a geração de energia elétrica pela fonte nuclear. Para tanto, a cada jogada da 2ª fase, o participante terá que girar a roleta virtual (Figura 10), acessada em um site por intermédio do celular. Ela indicará qual tipo de carta o jogador deverá pegar, dentre as 7 temáticas relativas ao uso da energia nuclear para geração de energia elétrica: *Mineração do Urânio*; *Conversão do Urânio*; *Enriquecimento do Urânio*; *Fabricação do Combustível*; *Armazenamento do Combustível*; *Construção e Operação da Usina*.

Figura 10: Roleta virtual usada para o sorteio do tipo de carta da 2ª fase



Fonte: Autoria Própria

Os tipos das cartas estão expressos em seus versos (Figura 11). São 5 cartas de cada um dos 7 tipos, retiradas aleatoriamente pelo jogador mediante a temática sorteada pela roleta. Caso todas as 5 cartas de um mesmo tipo tenham sido utilizadas, passa-se ao sorteio de um novo tipo de carta pela roleta virtual.

Figura 11: Versos dos 7 tipos de cartas da segunda fase do NucGame



Autoria Própria

A frente de cada carta da 2ª fase apresenta um título relativo à temática referida, uma imagem ilustrativa e um texto. Nesse texto, há uma explicação sobre o assunto da carta, uma situação que relaciona o assunto ao contexto do jogo e uma ação a ser realizada pelo jogador no tabuleiro (avançar, permanecer na casa, retroceder, ficar uma rodada sem jogar e/ou escolher outro jogador para fazer uma ação no jogo). Um exemplo de carta da 2ª fase pode ser visto na Figura 12.

Figura 12: Fabricação do Combustível, carta da 2ª fase – frente e verso



Fonte: Autoria Própria

Quando o jogador atinge a casa 22, há uma decisão sobre o caminho a seguir: o caminho Geração II ou o Geração IV. Tais caminhos se referem a dois tipos diferentes de reatores, que podem ser utilizados na usina nuclear a ser construída no país fictício do jogador. Para ajudar em sua decisão, são lidas duas cartas informativas sobre os dois tipos de reatores. Os reatores de Geração II são os mais utilizados pelos países, com tecnologia conhecida desde a década de 1950, mas envolvem um ciclo de combustível aberto, ou seja, não é possível reutilizar o combustível. Já os reatores de Geração IV utilizam um ciclo fechado do combustível, que é reaproveitado ao final do processo. No entanto, ainda há muita demanda de pesquisa e desenvolvimento sobre esse tema, pois há diversos desafios tecnológicos para a operação desse tipo de reator, utilizado em pouquíssimos países. A carta relativa ao Reator de Geração IV pode ser vista na Figura 13.

Figura 13: Carta de decisão de caminho (Reator de Geração IV) — frente e verso



Fonte: Autoria Própria

O caminho do Reator — Geração II é mais curto e apresenta casas de efeito de retrocesso, pois essa tecnologia já é bem conhecida e gera mais impacto ambiental. Já o caminho do Reator — Geração IV é mais longo e apresenta uma casa de efeito de avanço, pois essa tecnologia, ainda que demande mais estudos e pesquisas, gera menos impacto ambiental, devido ao reprocessamento do combustível nuclear. Assim, essa escolha de caminho visa estimular, por parte dos países fictícios, o desenvolvimento de tecnologias que colaborem com a preservação ambiental.

5 Análise do jogo elaborado

No que se refere aos graus de abordagem CTS segundo Santos e Mortimer (2002) (Quadro 1), é possível categorizar o *NucGame* considerando a sua elaboração e suas possíveis aplicações em contextos formais ou não-formais de educação. O *NucGame* envolve a geração de energia elétrica através de fonte nuclear como possibilidade para minimizar o aumento da temperatura terrestre. Essa temática se refere a um conteúdo CTS, pois ela envolve, de forma integrada, aspectos da ciência (geração de energia por fonte nuclear), da tecnologia (construção de usinas, ciclos de combustível nuclear, entre outros) e da sociedade (questões ambientais, sociais e políticas). Assim, entendemos que o *NucGame* pode ser classificado com grau 6 de abordagem CTS (conteúdo CTS como foco do ensino), segundo Santos e Mortimer (2002), pois a ciência é apresentada no jogo para embasar e explicar situações, mas

as aprendizagens proporcionadas vão muito além dos conteúdos científicos. Pensamos que o *NucGame* é bem categorizado pelo grau 6 porque, no grau 5, a ênfase seria ao Ensino de Ciências com abordagem multidisciplinar pela via CTS. Já no grau 7, o CTS orientaria o currículo, sendo que nossa proposta é de caráter mais pontual, ainda que possa integrar projetos mais amplos, dependendo do contexto em que o *NucGame* for utilizado.

Sobre o lugar que o conteúdo científico ocupa no *NucGame*, as cartas da primeira fase do jogo apresentam conhecimentos sobre características da energia nuclear em comparação com outras fontes de energia elétrica por intermédio de gráficos. Os jogadores tentam responder com base em seus conhecimentos prévios e tanto a resposta correta como respostas próximas a ela são valorizadas com movimentos no tabuleiro. Nas casas de efeito e nas cartas da segunda fase, não há perguntas, mas sim pequenos textos com novos conhecimentos sobre questões ambientais relativas à energia nuclear e sobre a utilização da energia nuclear para geração de energia elétrica. Os movimentos dos jogadores no tabuleiro são determinados pelos comandos presentes nas cartas e no *QR code* ao final das explicações. Assim, o *NucGame* não necessita de conhecimentos prévios para ser jogado, tendo como finalidade a apresentação de novos conhecimentos e a tomada de decisão por parte dos jogadores, no último trecho da segunda fase (escolha de caminho associada à geração do reator a ser utilizado na usina nuclear).

Entendemos que a diversão do jogo orbita em torno da Tecnologia Nuclear, ou seja, de seu assunto principal, pois o objetivo do *NucGame* é construir uma usina nuclear em um país fictício, escolhido por cada jogador. O jogo fornece os conhecimentos e oportunidades para isso, mobilizando o que o participante deve aprender. Desde o início, deve ficar claro o objetivo do jogo em si e seu objetivo pedagógico para os jogadores.

Sobre contextos educativos possíveis para a utilização do *NucGame*, pensamos que ele pode ser aplicado na educação formal, durante aulas regulares de disciplinas relativas às Ciências da Natureza no Ensino Médio, ou como atividade extracurricular. Também é possível utilizá-lo com o público em geral, em atividades de divulgação científica, como em museus interativos, feiras de ciências, exposições e demais espaços de ciência. Essa escolha depende da finalidade traçada para o uso do jogo pelo professor ou de qual o objetivo da atividade de divulgação que norteará

o mediador para utilizar o *NucGame*.

Por exemplo, o professor pode inserir o jogo como uma ampliação de um dado conteúdo que está sendo trabalhado com os alunos (formas de energia, radioatividade, questão ambiental, entre outros), para contemplar aspectos da relação CTS para além do conhecimento científico escolar. Ele também pode inserir o jogo a partir de uma problematização de caráter CTS sobre alguns dos aspectos presentes no *NucGame*, tais como: a desmistificação de que a energia nuclear é sempre prejudicial aos seres humanos; o uso da energia nuclear para fins pacíficos; a composição da matriz elétrica brasileira no cenário atual, de alto consumo energético; uso de formas de geração de energia que não contribuam para o aumento da temperatura terrestre. Após o jogo, ele também pode fazer uma síntese do que considerou mais importante em termos de conceitos, processos e características da energia nuclear.

No que se refere aos espaços não formais, essas problemáticas CTS apontadas podem também orientar a atividade de divulgação com o uso do jogo, com possibilidades também de aprofundamento em questões políticas, econômicas e sociais mais amplas por parte do mediador, que podem ser do interesse do público em geral. Além disso, museus específicos sobre a questão nuclear ou exposições temáticas sobre o assunto em espaços de ciências ou feiras podem também incorporar o *NucGame* como mais uma atividade de divulgação científica sobre a questão nuclear.

Por conta de suas regras e de sua dinâmica, é possível que os participantes joguem o *NucGame* presencialmente e de forma individual, com uso de um celular, tablet ou computador, sem nenhuma orientação adicional, a não ser o conhecimento das regras do jogo. Todavia, nos dois contextos propostos para a sua utilização, a presença, respectivamente, do professor e do mediador do espaço de divulgação científica para orientar a aplicação do jogo é essencial para que as potencialidades educativas do *NucGame* sejam exploradas, conforme apontam Messeder-Neto e Moradillo (2016). Os professores podem detalhar, aprofundar ou esclarecer dúvidas sobre os conhecimentos presentes no jogo, diretamente ou por intermédio de consultas a materiais de apoio e de pesquisas na internet.

6 Considerações finais

Neste trabalho, apresentamos uma proposta de jogo didático elaborada com base na articulação entre os pressupostos CTS e o uso de jogos didáticos no Ensino de Ciências. O *NucGame* pode ser utilizado em contextos de educação formal e não-formal e visa apresentar conhecimentos relativos ao uso da energia nuclear para geração de energia elétrica. Ele possui partes físicas e virtuais e não necessita de conhecimentos prévios para ser jogado. Assim, espera-se que contribua para desmistificar o tema da energia nuclear junto a estudantes e ao público em geral.

Procuramos evidenciar também que é possível elaborar um jogo didático com base no conhecimento construído pela pesquisa em Ensino de Ciências e que tal fundamento não só é coerente com a literatura, mas também amplia as possibilidades de que o jogo elaborado contribua para os processos de ensino e aprendizagem em diferentes contextos.

Agradecimentos

Agradecemos aos alunos integrantes do Projeto *MÁFIA* (Muitas Atividades de Física Interativa e Aplicada), do CEFET/RJ campus Nova Iguaçu, pela colaboração na elaboração do jogo *NucGame*, assim como ao CEFET/RJ, pelas bolsas de extensão e pesquisa concedidas aos estudantes.

Referências

- BORSATO, N. G.; FERNANDES, J. P. A construção de uma sequência sobre Física Nuclear baseada na perspectiva CTS e no uso do RPG. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, 22, 2017, São Carlos. **Anais do XXII Simpósio Nacional de Ensino de Física**. São Paulo: Sociedade Brasileira de Física, 2017, 1-8.
- BRASIL. Ministério de Minas e Energia. Resenha Energética Brasileira. Edição 2020.
- CARDOSO, S. C.; VIANNA, D. M.; CARDOSO, S. P. Aplicações Industriais da Física das Radiações: um enfoque CTS. **Latin American Journal of Physics Education**, v. 10, p. 4319-1-4319-5, 2016.
- CARLETTO, M. R.; PINHEIRO, N. A. M. Subsídios para uma prática pedagógica transformadora: contribuições do enfoque CTS. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 15, n. 3, p. 507-5025, 2010.
- COSTA, M. N. A. PAGANI, M. Quarta revolução industrial e o futuro do trabalho. **Revista do Tribunal Superior do Trabalho**, São Paulo, v. 85, n. 4, p. 80-99, out./dez. 2019.

CUNHA, M. B. Jogos no ensino de química: considerações teóricas para sua utilização em sala de aula. **Química Nova na Escola**, v. 34, n. 2, p. 92-98, 2012.

HUIZINGA, J. **Homo Ludens**. São Paulo: Perspectiva, 1980, p. 4.

KISHIMOTO, T.M. O jogo e a educação infantil. In: KISHIMOTO, T. M. (Org.). Jogo, brinquedo, brincadeira e a educação. 4. ed. São Paulo: Cortez Editora, 1996, p. 13-43.

MESSEDER-NETO, H. S. O jogo é a excalibur para o ensino de ciências? Apontamentos para pensar o lúdico no ensino de conceitos e na formação do professor. **ACTIO**, Curitiba, v. 4, n. 3, p. 77-91, set./dez. 2019.

MESSEDER-NETO, H. S.; MORADILLO, E. F. O Lúdico no Ensino de Química: Considerações a partir da Psicologia Histórico-Cultural. **Química Nova na Escola**, São Paulo, v. 38, n. 4, p. 360-368, 2016.

PAGANOTTI, A.; SANTOS, L. E. G. D.; VOELZKE, M. R. Concepções dos alunos do terceiro ano do Ensino Médio de escolas públicas da rede estadual mineira sobre energia nuclear. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, 22, 2017, São Carlos. **Anais do XXII Simpósio Nacional de Ensino de Física**. São Paulo: Sociedade Brasileira de Física, 2017, 1-8.

PEZARINI, A.; MACIEL, M. O Ensino de Ciências pautado nos vieses CTS e das questões sociocientíficas para a construção da argumentação: um olhar para as pesquisas no contexto brasileiro. **Revista de Ensino de Ciências e Matemática**, São Paulo, v. 9, n. 5, p. 169-188, 2018.

PINHEIRO, N. A. M.; SILVEIRA, R. M. C. F.; BAZZO, W. A. Ciência, Tecnologia e Sociedade: a relevância do enfoque CTS para o contexto do Ensino Médio. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 13, n. 1, p. 71-84, 2007.

PINTO, S. L.; VERMELHO, S. C. S. D. Um panorama do enfoque CTS no ensino de ciências na educação básica no Brasil. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 11, 2017, Florianópolis. **Anais do XI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**. Florianópolis: Associação Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências, 2017, 1-10.

PIRES, S. M.; SILVA, L.; BEMFEITO, A. P. D. Energia nuclear no Ensino Médio com ênfase CTS. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, 22, 2017, São Carlos. **Anais do XXII Simpósio Nacional de Ensino de Física**. São Paulo: Sociedade Brasileira de Física, 2017, 1-8.

SANTOS, W. L. P. Educação CTS e cidadania: confluências e diferenças. **Amazônia: Revista de Educação em Ciências e Matemáticas**, Belém, v. 9, n. 17, p. 49-62, dez. 2012.

SANTOS, W. P.; MORTIMER, E. F. 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, v. 2, n. 2, p. 110-132, dez. 2002.

SEPINI, R. P.; MACIEL, M. D. Mudanças nas concepções de atitudes relacionadas

com Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS), identificadas a partir de uma atividade de ensino com emprego de Sequência Didática (SD) com enfoque na Natureza da Ciência e da Tecnologia (NDC&T). **Revista de Ensino de Ciências e Matemática**, São Paulo, v. 9, n. 6, p. 58, 19 dez. 2018.

SOARES, M. H. F. B. **O lúdico em Química**: jogos e atividades aplicados ao ensino de Química. 2004. 218 f. Tese (Doutorado em Ciências Exatas e da Terra) — Departamento de Química. Universidade Federal de São Carlos. São Carlos.

TEIXEIRA E SILVA, A. O futuro da energia nuclear. **Revista USP**, São Paulo, n. 76, p. 34-43, 2008.