

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
Faculdade de Educação – FaE
Centro De Ensino de Ciências e Matemática de Minas Gerais - CECIMIG
Especialização em Educação em Ciências

Ludilan Tavares Marzano

**APLICAÇÃO DE JURI SIMULADO COM INTERPRETAÇÃO DE PAPÉIS:
Um novo olhar sobre a Energia Nuclear com enfoque CTS**

Belo Horizonte

2023

Ludilan Tavares Marzano

**APLICAÇÃO DE JURI SIMULADO COM INTERPRETAÇÃO DE PAPEIS:
Um novo olhar sobre a Energia Nuclear com enfoque CTS**

Monografia de especialização apresentada à Faculdade de Educação da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do título de Especialista em Educação em Ciências.

Orientador: Luis Gustavo D'Carlos
Barbosa

Coorientador(a): Luiza Gabriela de
Oliveira

Belo Horizonte

2023

M393a
TCC

Marzano, Ludilan Tavares, 1988-

Aplicação de júri simulado com interpretação de papéis [manuscrito] : um novo olhar sobre a energia nuclear com enfoque CTS / Ludilan Tavares Marzano. -- Belo Horizonte, 2023.

23 f. : enc, il., color.

Monografia -- (Especialização) - Universidade Federal de Minas Gerais, Faculdade de Educação.

Monografia de especialização apresentada à Faculdade de Educação da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do título de Especialista em Educação em Ciências..

Orientador: Luis Gustavo D' Carlos Barbosa.

Coorientadora: Luiza Gabriela de Oliveira.

Bibliografia: f. 19.

Apêndices: f. 20-21.

Anexos: f. 22-23.

1. Educação. 2. Energia nuclear -- Estudo e ensino (Ensino médio). 3. Física -- Estudo e ensino (Ensino médio). 4. Física -- Estudo e ensino (Ensino médio) -- Métodos de ensino. 5. Física -- Estudo e ensino (Ensino médio) -- Meios auxiliares. 6. Recursos energeticos -- Conscientização -- Estudo e ensino. 7. Ciências (Ensino médio) -- Estudo e ensino -- Aspectos sociais. 8. Aprendizagem por atividades. 9. Atividades criativas na sala de aula.

I. Título. II. Barbosa, Luis Gustavo D' Carlos, 1982-. III. Oliveira, Luiza Gabriela de, 1987-. IV. Universidade Federal de Minas Gerais, Faculdade de Educação.

CDD- 530.07

Catálogo da fonte: Biblioteca da FaE/UFMG (Setor de referência)

Bibliotecário: Ivanir Fernandes Leandro CRB: MG-002576/O



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
Faculdade de Educação
Centro de Ensino de Ciências e Matemática de Minas Gerais - CECIMIG
COLEGIADO DO CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS - CECI

FOLHA DE APROVAÇÃO

TÍTULO: APLICAÇÃO DE JURI SIMULADO COM INTERPRETAÇÃO DE PAPÉIS: Um novo olhar sobre a Energia Nuclear com enfoque CTS.

Nome do Aluno: Ludilan Tavares Marzano.

Trabalho de Conclusão de Curso submetido à Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências - CECI, como requisito para obtenção do grau de Especialista em Educação em Ciências.

Aprovada em 25 de março de 2023, pela banca constituída pelo membros:

Prof. Luis Gustavo D`Carlos Barbosa - Orientador / UFMG

Prof. Rafael Parreira Silva - Leitor Critico / UFMG

Belo Horizonte, 25 de março de 2023.

Prof^ª. Dr^ª. Nilma Soares da Silva
Coordenadora do Programa de Pós-Graduação CECI / FAE / UFMG



Documento assinado eletronicamente por **Nilma Soares da Silva, Coordenador(a) de curso de pós-graduação**, em 26/04/2023, às 18:16, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).

À minha mãe, por todo apoio, carinho e amor dedicados a mim em todo o tempo; e aos meus alunos (atuais e futuros).

Agradecimentos

Estudar nunca foi para mim uma tarefa fácil; apesar de curioso e inconformado em diversas áreas do saber, precisei desenvolver disciplina para me formar na graduação e novamente para realizar este curso de especialização.

A humanidade passa por muitas crises das quais não vê saída, porém quase todas elas são geradas por uma única crise: a de percepção da Vida. O homem se afastou da Natureza ao sentir-se superior; estudar nos traz para o lugar que sempre devemos ter em vista: o da humildade.

Agradeço a meu estagiário Gabriel Lacerda que esteve comigo em sala nos últimos cinco meses do ano de 2022, sem o qual eu não conseguiria realizar este trabalho com tamanha qualidade, ao meu melhor amigo Bruno Zaidan pelo incentivo e apoio nos momentos difíceis, do início ao fim da escrita deste trabalho e a minha namorada Brunah Schall que ilumina meus passos cotidianamente, pela carinhosa revisão deste texto após sua finalização.

Agradeço também a todos os colegas, professores e funcionários do Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências oferecido pelo CECIMIG e a todos que, direta ou indiretamente, contribuíram com a escrita desta página da minha história.

“Ninguém educa ninguém, ninguém educa a si mesmo, os homens educam-se entre si,
mediatizados pelo mundo.”
P. Freire

“Se a educação sozinha não transforma a sociedade, sem ela tampouco a sociedade muda”.
P. Freire

Resumo

Este texto aborda a importância da formação científica para o desenvolvimento de cidadãos críticos e conscientes de questões sociocientíficas. A Ciência é vista como uma linguagem construída para compreender o mundo que nos rodeia, e seu domínio é essencial para a alfabetização científica e educação. O ensino de Ciências deve se concentrar na utilidade do conhecimento e sua aplicação na resolução de problemas, em vez de apenas se preocupar com o que se sabe. Uma questão sociocientífica controversa abordada neste trabalho é a produção de energia elétrica a partir de reatores de fissão e fusão nucleares. O objetivo central é o desenvolvimento do raciocínio científico, com base na problematização do conteúdo de radioatividade no ensino médio. Isso é feito por meio de uma sequência didática inspirada no ensino de CTSA (Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente), centrada na questão sociocientífica controversa “Compensa construir Usinas Nucleares no Brasil?”. Essa abordagem é recomendada por vários autores para desenvolver nos estudantes a capacidade de argumentação sobre seu ponto de vista, com base em evidências e reflexão crítica. A educação CTS no ensino médio visa desenvolver a alfabetização científica e tecnológica dos cidadãos, auxiliando o aluno a construir conhecimentos, habilidades e valores necessários para tomar decisões responsáveis sobre questões de ciência e tecnologia na sociedade. Este trabalho engajou os alunos possibilitando melhorarem seu aprendizado, habilidades sociais e reflexão político-social; sendo um exemplo de como diferentes disciplinas podem ser interligadas e aplicadas em conjunto para abordar um tópico atual e desafiador, enquanto incentiva os alunos a refletir criticamente e argumentar sobre a viabilidade de construir uma nova usina de fissão nuclear no Brasil.

Palavras-chave: Questões sociocientíficas. CTSA. Energia Nuclear. Matriz energética brasileira.

Abstract

This text addresses the importance of scientific training for the development of critical citizens who are aware of socio-scientific issues. Science is seen as a language constructed to understand the world around us, and its mastery is essential for scientific literacy and education. Science teaching should focus on the usefulness of knowledge and its application in solving problems, rather than being concerned only with what is known. A controversial socio-scientific issue addressed in this work is the production of electricity from nuclear fission and fusion reactors. The central objective is the development of scientific thinking, based on the questioning of radioactivity content in high school. This is done through a didactic sequence inspired by the teaching of STSE (Science, Technology, Society and Environment), centered on the controversial socio-scientific question "Is it worth building Nuclear Power Plants in Brazil?". This approach is recommended by several authors to develop students' ability to argue about their point of view, based on evidences and critical reflection. STS education in high school aims to develop citizens' scientific and technological literacy, helping students to build the knowledge, skills and values needed to make responsible decisions about science and technology issues in society. This work engaged students by enabling them to improve their learning, social skills and political-social reflection; being an example of how different disciplines can be interconnected and applied together to address a current and challenging topic, while encouraging students to critically reflect and argue about the feasibility of building a new nuclear fission plant in Brazil.

Keywords: Socioscientific issues. CTSA. Nuclear energy. Brazilian energy matrix.

SUMÁRIO

| | | |
|---|-----------------------------|----|
| 1 | INTRODUÇÃO..... | 11 |
| 2 | REFERENCIAIS TEÓRICOS..... | 14 |
| 3 | METODOLOGIA..... | 18 |
| 4 | RESULTADOS E DISCUSSÃO..... | 21 |
| 5 | CONCLUSÃO..... | 26 |
| | REFERÊNCIAS..... | 29 |
| | APÊNDICES..... | 30 |
| | ANEXOS..... | 32 |

1 INTRODUÇÃO

Os conhecimentos científicos podem ser encarados como uma linguagem, assim como o português, o inglês e o espanhol. Considerando a Ciência, em especial os métodos científicos, como uma linguagem construída para que entendamos o mundo que nos rodeia, um indivíduo que domina esta linguagem é considerado alfabetizado ou educado cientificamente. Os processos de ensino e aprendizagem devem centrar-se mais na utilidade do conhecimento e na capacidade de mobilização de conhecimentos e ferramentas na resolução de problemas do que na preocupação com o que sabemos de forma descontextualizada. Um cidadão com amplo entendimento sobre o funcionamento da ciência e suas potencialidades práticas, que inclua não apenas os conceitos científicos, mas uma compreensão sobre como estes são construídos, possuiu um maior repertório para análises e tomadas de decisões mais críticas. Assim, a formação científica deve ter um papel fundamental no desenvolvimento de cidadãos comprometidos com questões sociocientíficas. O primeiro contato da maioria das pessoas com a radioatividade ocorre com a visualização do símbolo que a caracteriza (trifólio), representado na figura 1:



Figura 1: Símbolo de Radioatividade – Trifólio

Nós tendemos a ter medo do desconhecido, mas a ciência pode nos ajudar a compreender melhor esses fenômenos e, com isso, nos proteger e até mesmo aproveitá-los em benefício próprio. Com base na Física, podemos explicar que o símbolo de radioatividade não precisa ser necessariamente temido, mas sim respeitado, uma vez que a radioatividade é um fenômeno natural no planeta. De fato, a radioatividade tem uma ampla gama de aplicações na medicina, na geração de energia elétrica e em outras áreas, e pode ser controlada e utilizada de forma segura

quando se segue as precauções adequadas e se utiliza a tecnologia correta. Portanto, em vez de temer o símbolo de radioatividade, devemos respeitá-lo e buscar entender como ele pode ser utilizado de forma segura e benéfica para a humanidade. A partir desse entendimento é possível romper o medo, uma barreira que pode ser paralisante, transformando-o em curiosidade, que possibilita a ampliação do conhecimento.

A abordagem de questões sociocientíficas no Ensino de Ciências constitui um tema de pesquisa recente e em desenvolvimento. O tema deste trabalho, que visa a conclusão do Curso de Especialização em Educação em Ciências (CECi), é a controvérsia envolvendo a produção de energia elétrica proveniente da liberação de calor em reatores de fissão e fusão nucleares. Trata-se de uma questão sociocientífica controversa que está diretamente relacionada a aspectos da Ciência e da Tecnologia e envolvem diferentes pontos de vista que têm implicações em uma ou mais áreas do conhecimento; além de favorecer a formação cidadã do educando, questões sociocientíficas podem contribuir para a compreensão da natureza da ciência, com a articulação de diferentes áreas do conhecimento, com o desenvolvimento do pensamento crítico etc. (da Silva Barbosa e Tavares Santos Batinga, 2021)

1.1. PROBLEMA E JUSTIFICATIVA DA PESQUISA

O tema radioatividade configura-se como um dos muitos conteúdos presentes nos currículos das escolas do Ensino Médio. Porém, devido ao pouco tempo de preparação e realização das atividades relacionadas a este conteúdo, ele é, em alguns casos, abordado de maneira superficial, deixando de lado aspectos do seu contexto histórico, social e científico, de extrema relevância para a compreensão mais ampla e crítica do conteúdo pelos estudantes.

Para uma compreensão mais completa das mudanças nucleares e dos fenômenos associados à radiação é necessário abordar o tema da radioatividade de forma mais abrangente, de modo a ajudar o estudante a perceber a presença e o uso constante da radiação em várias áreas, como na geração de energia em usinas nucleares e em setores importantes da economia, incluindo agricultura, indústria, medicina e tecnologia em geral.

A mediação de um professor de Física sobre uma questão sociocientífica controversa em sala de aula deve ser orientada pela reflexão crítica, o uso de recursos diversificados, a aplicação de metodologias ativas, a precisão científica e o diálogo. Dado esse contexto da radioatividade e energia nuclear, pergunta-se: De que modos o tema radioatividade e energia nuclear pode ser trabalhado de forma significativa e participativa no ensino médio?

1.2. OBJETIVOS

A procura de responder tal questão, tem-se como objetivo educacional central deste trabalho o desenvolvimento do raciocínio científico, tendo como base a problematização do conteúdo de Radioatividade no Ensino Médio por meio da aplicação de uma sequência didática sobre a construção da Usina Nuclear Angra 3. A sequência é inspirada no ensino de Ciências (CTSA) centrada na questão sociocientífica controversa “*Compensa construir Usinas Nucleares no Brasil?*” e que pretende capacitar os alunos para lidar com as questões ambientais, sociais e tecnológicas relacionadas à construção da usina no estado do Rio de Janeiro, de forma ética e articulada, reconhecendo que o conhecimento científico tecnológico está inserido em um contexto social e histórico e que é necessário diálogo entre os saberes.

Espera-se que os estudantes adquiram uma postura reflexiva e mais elaborada em relação a compreensão do conteúdo, adquirindo um entendimento maior sobre assuntos relacionados à radioatividade e compreendam a relação entre o tema e a prática social.

Aliado ao objetivo de ensino da intervenção, o objetivo geral da pesquisa versa sobre conhecer os modos de participação e aprendizagem dos estudantes frente a uma abordagem CTS que se materializa na estratégia do júri simulado com interpretação de papéis.

1.2.1 Objetivos específicos:

- Desmistificação do tema Radioatividade;
- Examinar a questão a partir de múltiplas perspectivas;

- Trabalhar o senso crítico quando a questão se apresenta com informações potencialmente tendenciosas;
- Fazer a identificação dos benefícios e malefícios das Usinas Nucleares para a sociedade brasileira;
- Orientar quanto aos riscos do seu mau uso, os danos à saúde e ao meio ambiente que podem ser provenientes da radioatividade.

2 REFERENCIAIS TEÓRICOS

Diante da contínua expansão da industrialização, inflação do sistema capitalista e a busca por sustentabilidade dos atos humanos, cresce a necessidade de diversificação da matriz energética e a busca de fontes de energia menos poluentes. A energia nuclear é cada vez mais considerada como opção para conter a emissão de gases do efeito estufa e diminuir a dependência de combustíveis fósseis, de acordo com o Relatório Geral sobre a Atividade da União Europeia de 2022, emitido pela União Europeia (União Europeia, 2022). Nesse contexto, apesar de não ser uma fonte de energia renovável, Angra III¹ irá contribuir para a expansão da matriz energética brasileira, sendo a única fonte térmica capaz de garantir o fornecimento constante de energia elétrica sem emitir gases de efeito estufa. Além disso, o Brasil domina a tecnologia do ciclo do combustível nuclear de fissão e possui reservas de Urânio da ordem de 244.788 toneladas (INB, 2023).

Contudo, este tipo de usina gera insegurança e muitos questionamentos do público sobre seus riscos e vantagens. Por este motivo, torna-se importante o desenvolvimento deste trabalho, tanto para um melhor entendimento do público leigo sobre o tema, contribuindo para uma melhor compreensão de seus aspectos ambientais e econômicos, quanto para aceitação do uso desta forma de geração de energia elétrica, que ainda sofre resistência da população.

¹ Previsão que entre em operação em novembro de 2025 de acordo com nota técnica da Firjan (2019)

A Abordagem CTS

A Ciência assumiu historicamente um papel social dinâmico e estratégico, transitando pelas esferas econômicas, políticas e sociais. Desde a década de sessenta, currículos de ensino de ciências com ênfase nas relações entre Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) vêm sendo desenvolvidos no mundo inteiro. Tais currículos caracterizam-se por uma abordagem dos conteúdos científicos no seu contexto social, ou seja, aquela que trata das interrelações entre desenvolvimento tecnológico e temas práticos de importância social. O objetivo central da educação de CTS no ensino médio é desenvolver a alfabetização científica e tecnológica dos cidadãos, auxiliando o aluno a construir conhecimentos, habilidades e valores necessários para tomar decisões responsáveis sobre questões de ciência e tecnologia na sociedade e atuar na solução de tais questões.

Para Mendes (2012), a abordagem CTS se insere em um contexto mais amplo, de reflexão em torno do papel da ciência e da tecnologia na sociedade, propondo currículos e materiais de ensino. Santos e Mortimer (2000), ao discutirem a estruturação de currículos pautados em CTS, enfatizam, entre seus objetivos, o desenvolvimento de valores relacionados às necessidades humanas, visto que processos de tomada de decisão, por vezes, envolvem não apenas aspectos relacionados ao conhecimento científico, mas também questões éticas envolvidas na situação em análise. Nas propostas com ênfase em CTS busca-se a formação de um cidadão capaz de tomar decisões frente a assuntos controversos, compreendendo as tecnologias e seus impactos na sociedade.

A tecnologia pode ser compreendida como domínio do conhecimento que nos permite controlar e modificar o mundo. Está associada diretamente ao conhecimento científico, de forma que hoje tecnologia e ciência são termos indissociáveis. Nesse contexto, o professor deve criar um ambiente em sala de aula em que são possíveis interações entre os alunos e construção coletiva de conhecimentos. Além disso, o professor deve apresentar a ciência como atividade humana intimamente relacionada à tecnologia e às questões sociais e entender o aluno como alguém que deseja estar preparado para tomar decisões inteligentes, baseadas na compreensão sobre as bases científicas da

tecnologia e as interrelações entre ciência, tecnologia e decisões.

Vários autores (Grace e Ratcliffe, 2003; Zeidler *et al.*, 2005) propõem que questões sociocientíficas sejam introduzidas no currículo na forma de perguntas sobre questões controversas, que possam suscitar debates, em um processo argumentativo. Essa abordagem tem sido recomendada para desenvolver nos estudantes a capacidade de argumentação e de compreensão da natureza do conhecimento científico. Considerando que a perspectiva da educação humanística implica em um processo dialógico, alfabetizar os cidadãos em ciência e tecnologia é hoje uma necessidade do mundo contemporâneo. Além disso, a ciência e a tecnologia têm interferido no ambiente e suas aplicações têm sido objeto de muitos debates éticos, o que torna inconcebível a ideia de uma ciência pela ciência, sem consideração de seus efeitos e aplicações. É nesse contexto que estudos sobre ciência, tecnologia e sociedade têm recebido uma grande atenção pois permitem ao cidadão compreender o que está diretamente associado à sua vida e agir criticamente. O comprometimento do estudante com o processo de construção do conhecimento no âmbito CTS, cria a possibilidade de questionar, inferir, testar hipóteses, confrontar suas ideias e interagir com os colegas e professor, sendo agente do pensamento e de sua aprendizagem.

Em resumo, a proposta curricular de CTS corresponde a uma integração entre educação científica, tecnológica e social, em que os conteúdos científicos e tecnológicos são estudados juntamente com a discussão de seus aspectos históricos, éticos, políticos e socioeconômicos. Considerando a importância do envolvimento do sujeito com a cultura científica, no processo de enculturação a articulação entre os saberes científicos e valores éticos contribui para a formação de cidadãos críticos, de acordo com Carvalho (2005, p. 33), que situa a cultura científica como:

“aquilo que está implicado nas ciências, aquilo que as faz existir, que as mantêm vivas através de gerações, que as renova. Cientistas, técnicos, pessoas, processos, técnicas, métodos, contextos, produtos, trocas, regras, crenças, autoridade, terminologias, critérios, valorização, reconhecimento, criatividade, rupturas, história, egoísmo, falta de ética, política, submissão,

interesse, ética, autonomia, liberdade, visões de mundo, restrições, desinteresse, comunicação, linguagem, entre outros tantos, são aspectos dessa cultura. Se estes aspectos são representativos da cultura científica, ao observar-se o ensino tradicional de ciências, no nível fundamental e médio, verifica-se que ali é quase inexistente a atenção à perspectiva cultural das ciências.”

Tendo em vista a perspectiva proposta por Carvalho (2005), o júri simulado foi pensado como uma forma de trazer parte da cultura científica para dentro da sala de aula ao trabalhar conceitos físicos em um contexto de controvérsia, envolvendo diversos atores sociais com interesses distintos a respeito da construção de uma usina nuclear.

O ROLE PLAYING GAME

Jogar é uma atividade livre desligada de todo e qualquer interesse material, com a qual não se pode obter lucro, praticada dentro de limites espaciais e temporais próprios, segundo certa ordem e certas regras e que se feita por obrigação, afasta-se de sua essência, deixando de ser jogo. Em contrapartida, a sala de aula ainda hoje é um ambiente com processos, conteúdos, dinâmicas e atividades totalmente impostas.

O RPG é um jogo não convencional, uma vez que o objetivo não é “ganhar” e sim contar uma história. A tradução para role-playing game (RPG) seria algo como jogo de interpretação de papéis em um mundo fictício descrito por um dos jogadores, denominado Narrador. A estrutura do jogo é versátil; o professor, como narrador, pode levar os alunos e seus personagens a todo tipo de situação. Essas situações podem ser pensadas como problemas que terão que ser resolvidos para que o jogo tenha continuidade. O professor então pode utilizar essas situações para abordar os conteúdos que deseja. A história narrada não é completamente livre, muito menos as ações possíveis dos jogadores. Como todo jogo, o RPG também possui regras, que determinam sua própria essência; elas explicam como as ações podem ser realizadas e como os personagens dos jogadores podem ser criados, incluindo suas

características e habilidades. Ou seja, na forma de se jogar RPG existe uma constante atividade investigativa de puro pensamento, um problema sem solução devido ao qual os jogadores trabalham em equipe fazendo considerações, levantando hipóteses, identificando variáveis.

Os jogadores devem interpretar seus personagens de maneira semelhante ao que fazem no júri simulado, mas a brincadeira tem uma diferença fundamental: nos júris simulados os alunos devem lidar com uma vasta gama de fatores em suas considerações para que cheguem a um veredicto. O Role Playing Game é basicamente narrativo, mas também argumentativo, pois os jogadores improvisam as falas e decisões de seus personagens, enquanto o narrador descreve o desenrolar dos eventos e ainda interpreta todos os personagens que não são dos jogadores (os chamados NPCs – non player character). Dessa maneira, existe uma maior interação entre conhecimentos pré-existentes e novos. Não basta recordar aquilo que já sabem; é preciso um esforço mais ativo para atingir os objetivos da prática. Como contar a história é o objetivo principal, um bom narrador tem em mente um roteiro do que ele deseja narrar e, para isso, pode usar mapas, esquemas e ilustrações para auxiliar a narrativa. Mesmo que os jogadores estejam improvisando suas falas e decisões, é sempre possível convencê-los a buscar um determinado objetivo. Assim, mesmo que se tenha um objetivo em mente, existem inúmeras formas de como os jogadores podem atingi-lo, e isso é parte fundamental da diversão desse tipo de jogo. No entanto, essa atividade investigativa pode estar correlacionada ou não com algum conteúdo científico.

3 METODOLOGIA

A sequência de ensino de Física foi estruturada em 18 aulas, sendo as duas últimas, aulas geminadas, com duração total de 1 hora e 40 minutos. A intervenção aconteceu no dia 24/11/2022; duas semanas antes do término dos dias escolares, em uma quinta-feira, nos 4º e 5º horários na quadra esportiva da escola Dr. Simão Tamm Bias Fortes, situada no bairro Havaí na cidade de Belo Horizonte - MG. Participaram do Role Play as turmas 2A, 2B, 3A, 3B e 3C, envolvendo um total aproximado de 100

estudantes do Ensino Médio. O quadro 1 apresenta os temas trabalhados em aula com os alunos, como preparação para o Juri Simulado.

Quadro 1: Sequência de Ensino

| | |
|---|--|
| AULA 1: O QUE É ENERGIA | Apresentação de PowerPoint – Energia.pptx |
| AULA 2: RADIOATIVIDADE | Quadro. |
| AULA 3: RADIOATIVIDADE 2 | Apresentação de PowerPoint – Energia2.pptx |
| AULA 4: TEMPO DE MEIA VIDA - aula 1 | Quadro. |
| AULA 5: Vídeo do YouTube Documentário | Chernobyl: A História Completa |
| AULA 6: ENERGIA NUCLEAR: RISCO OU OPORTUNIDADE? | Questionário simples (CTS) de 7 perguntas. |
| AULA 7: TEMPO DE MEIA VIDA - aula 2 | Quadro – Exercícios de tempo de meia vida. |
| AULA 8: Radiações Alfa, Beta e Gama | Quadro. |
| AULA 9: EQUIVALÊNCIA ENTRE MASSA E ENERGIA | Quadro – conservação da massa. |
| AULA 10: USINA NUCLEAR - PARTE 1 | Apresentação de PowerPoint – Energia3.ppt |
| AULA 11: USINA NUCLEAR - PARTE 2 | Apresentação de PowerPoint – Energia3.ppt |
| AULA 12: USINA NUCLEAR - PARTE 3 | Apresentação de PowerPoint – Energia3.ppt |
| AULA 13: Trabalho em grupo. | Questões de cálculo e maior complexidade. |
| AULA 14: SALA DE INFORMÁTICA | Realização de pesquisa. |
| AULA 15: SALA DE INFORMÁTICA | Realização de pesquisa. |
| AULA 16: SALA DE INFORMÁTICA | Realização de pesquisa. |
| AULA 17: SALA DE INFORMÁTICA | Realização de pesquisa. |
| AULAS 18 e 19: Culminância (24/11/2022) | Role Play. |

Na primeira aula foi abordado um tópico introdutório sobre as fontes e os tipos de energia (já dando enfoque na Energia Nuclear), sua origem, energia das estrelas e uma possível definição para o que é energia. Nas três aulas seguintes foram abordadas as características das radiações ionizantes, corpusculares (constituídas de matéria) e eletromagnéticas (constituídas apenas de energia), suas possíveis utilizações, átomos com a mesma quantidade de prótons e diferente número de nêutrons (isótopos) e o decaimento radioativo seguido do período de semidesintegração (tempo de meia vida). Para não ficar muito denso, intercalou-se o

esse conteúdo com um documentário sobre a Usina de Chernobyl na antiga União Soviética. Na sexta aula foi desenvolvido um questionário em grupo na perspectiva CTS (apêndice I). Na sétima aula os alunos resolveram exercícios de fixação sobre tempo de meia vida. O tema da Energia do tipo Nuclear pode finalmente ser aprofundado com a apresentação da equação de Einstein $E = m.c^2$ na aula 9. Nas aulas 10 e 11 foram apresentados os conteúdos de Fissão Nuclear e os mecanismos de controle da reação em cadeia em uma central térmica (usina) que utiliza esse processo para aquecimento da água em reatores e os principais problemas do uso da Energia Nuclear por fissão. Posteriormente foi apresentado a Fusão Nuclear e o processo de produção de energia no Sol (fusão de núcleos de Hidrogênio) que possibilita a vida no planeta Terra, suas vantagens em relação à fissão e os avanços tecnológicos na área no último ano (2022). Na aula número 13 foi realizada uma comparação entre a quantidade de energia gerada na queima do Gás Natural, na Fissão Nuclear e na Fusão Nuclear. Na última aula expositiva os estudantes realizaram um trabalho com questões mais elaboradas sobre o conteúdo estudado (apêndice II).

Os alunos foram previamente divididos em grupos de interesse antes da aula de número 13 para realizarem pesquisas sobre seus respectivos temas. No momento da culminância da Sequência de Ensino os alunos se apresentaram na seguinte ordem:

- 1) GRUPO 4: Políticos: meio de produção (privado ou estatal), preço da energia, geração de impostos, retorno de popularidade (voto).
- 2) GRUPO 3: Empresários: preço da energia, oportunidade de investimento, lucro.
- 3) GRUPO 2: Ativistas Sociais: impactos sociais positivos e negativos, depredação do meio ambiente, valor moral internacional.
- 4) GRUPO 1: Acadêmicos: estratégia geopolítica (soberania), geração de riqueza (emprego, renda e valor).
- 5) GRUPO 5: Diplomatas: valor moral internacional, moeda de troca diplomática, soberania, reação internacional.
- 6) GRUPO 8: Cientistas: alternativas de geração de energia.
- 7) GRUPO 9: Historiadores: história da energia, corrente alternada, reação do povo a novas formas de geração de energia na história, etc.

- 8) GRUPO 6: Povo: preço da energia, impacto ambiental, fama internacional, bomba atômica.
- 9) GRUPO 7: Parlamento (júri): dar a palavra final sobre a implementação ou não da usina.

Os instrumentos de coleta de dados foram atividades desenvolvidas pelos estudantes ao longo do bimestre: questionários e trabalhos em grupo. Além disso, no dia da apresentação foram realizados debates entre os alunos e professor, tendo um trecho dos diálogos anotados pelos auxiliares do discente.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados indicam que boa parte dos alunos revelou uma compreensão sistêmica dos fenômenos físicos envolvidos na produção de energia do tipo elétrica oriunda de fontes nucleares (essência do controle das reações nucleares para gerar calor / relação massa-energia), assim como quais são as principais vantagens de extração de energia elétrica por fissão e fusão nuclear, o nível de segurança atual desse tipo de usina, a relação de eficiência comparada com outros tipos de usinas de produção energia elétrica e os riscos associados à contaminação por resíduos radioativos.

Um grupo menor foi capaz de desenvolver e avaliar tarefas pertinentes à Abordagem CTS, diferenciando-as de mera aplicabilidade ou contextualização de conceitos científicos de forma a estabelecer discussões sobre a natureza da ciência, especialmente em suas dimensões sociais, levando em consideração a tecnologia como campo complexo de conhecimento, valores e práticas sociais, para além da visão de ciência aplicada.

Contudo, outros alunos apresentaram dificuldades em identificar informações relevantes e em mobilizar conhecimento científico para explicitar relações entre dados e enunciados, recorrendo, com frequência, ao caderno ou a ideias do senso comum; o que de certa forma impossibilita o posicionamento pessoal e a participação em tomadas de decisões coletivas devido ao baixo letramento científico alcançado.

O quantitativo de alunos que participaram da apresentação do trabalho foi menor do que esperado. Isso ocorreu por diversos fatores, dentre eles a baixa necessidade de

obtenção de pontos já que a maior parte se encontrava aprovada na disciplina na etapa final do 4º bimestre. Faltou engajamento também nas pesquisas ocorridas na sala de informática, na qual muitos estudantes não levaram a atividade à sério e/ou aproveitavam para utilizar os computadores com fim de diversão, priorizando games, por exemplo. Para além disso, no dia da apresentação, o equipamento de áudio disponibilizado pela escola não funcionou, ocasionando dispersão nos estudantes pela quadra esportiva, local de realização da assembleia.

Segue abaixo uma breve transcrição da atividade que foi realizada pelos auxiliares do professor:

Políticos:

Representando o grupo dos políticos, temos a dizer que a criação da Angra no Brasil com um grande consumo, grande situação do crescimento econômico. Precisamos investir na formação de energia nuclear. A Constituição Federal diz que o Estado se responsabiliza por todo risco que a energia nuclear pode criar.

Demanda na construção de degradante porque eles ajudam a produzir o processo mais rápido da construção.

Acreditamos que seja importante a construção da usina de Angra dos Reis, a energia no Brasil não é 100 por cento boa e também elas têm um custo muito alto, por exemplo, a energia nuclear tem grande custo na produção, mas um baixo custo de utilidade, já a hidrelétrica tem um baixo custo produção, porém é mais cara para manter. Além disso, temos grande estoque de urânio, então não dependíamos das águas e ventos e não haveria preocupação com a falta de energia.

Empresários:

Absteve.

Ativistas sociais:

Falando sobre o meio ambiente, sabemos que nessa questão a construção de Angra 3 é um problema, afinal é um lixo que durará anos. Ademais, como os outros países irão ver essa questão? Como ficará a relação com os demais países? Até que ponto teremos essas relações intactas? Vai surgir algum problema quanto a isto?

Acadêmicos:

A usina nuclear tem baixo custo na produção desse tipo de energia e não utiliza combustíveis fósseis, o que significa que não há emissão de gases poluentes, baixo custo de produção pelo Brasil, muito urânio para ser explorado, não oferecem grande risco e há um sistema de controle de radiação, caso ocorra vazamento aciona um alerta, tem fácil transporte de matéria prima e não ocupa grandes áreas.

Diplomatas:

A usina de hidrelétrica soa uma boa forma de resolver esse problema, pois não produz lixo atômico e não tem vazamentos.

Na usina nuclear, se acontecer vazamentos podem causar doenças como leucemia e câncer. Outro problema da usina é a poluição termal, ao utilizar a água para resfriar o reator ela volta para o meio ambiente quente, causando grande impacto ambiental.

Eu queria saber as ideias sobre o lixo nuclear, o que será feito com o lixo atômico, ou seja, o resíduo da usina de Angra 3?

Políticos:

O lixo pode ser guardado de 30 à 300 anos, além do risco de acidente ser baixo, o lixo é armazenado para não prejudicar o meio ambiente.

A usina nuclear ocupar pouco espaço é favorável, pois não tem tanto impacto.

A doença é um problema, mas a usina feita de forma correta pode ser muito favorável a uma nação.

Estamos discutindo sobre a usina nuclear não disse sobre a energia hidroelétrica, citei exemplo de energias que podem ser favoráveis.

Mas essas usinas são mais baratas para construir e com tantas pessoas passando fome não tem necessidade de construir agora e resolver problemas que são mais importantes agora.

Historiadores:

Defendendo a história por trás de usinas, tirando casos de negligência ou falha humana, não houve casos de usinas criarem problemas futuros, além dos problemas de falha humana, houve casos de tsunamis que destruíram usinas, mas em falha humana tivemos apenas o caso de Chernobyl.

Povo:

Representando o povo, analisamos todos os seus argumentos e trouxemos perguntas.

Analisamos e vimos que de fato há baixo impacto na produção, mas é um preço muito alto? De onde vai vir o dinheiro para a construção da usina? Aumentaram os impostos? Qual será o meio?

Mais uma pergunta: e o risco das contaminações dos rios? Os resíduos podem afetar as questões ambientais e os aquecimentos das águas, dos mares próximos a usinas, como resolveram isso?

Mais uma pergunta também a partir de análises vemos diversas vantagens e desvantagens vocês acham que as vantagens superam as desvantagens, ou as desvantagens superam as vantagens?

Última pergunta, em questão da construção, qual será a área de construção? Estará perto de ambientes urbanos, pois caso ocorra explosão isso afeta essas áreas.

(Sem anotações sobre qual grupo que se pronunciou):

Primeiro, respondendo aos historiadores, houve sim um equívoco, houve falha humana, ainda sim é um erro que matou muitas pessoas, respondendo a extração transporte e processamento do urânio gera emissões. A prolongada e complexa construção das usinas nucleares, o lixo nuclear deve ser transportado e armazenado em devidas condições, um processo que emite CO2.

Historiadores:

Em relação ao erro, disse que não foi mencionado o erro de falha humana, mas foi mencionado que, excluindo as falhas humanas, não houve acidentes.

Diplomatas:

As desvantagens superam. A energia nuclear será mais cara que a energia solar, gastaram milhões para segurar a área e uma terceira só irá acelerar.

Ativistas:

Falando sobre Chernobyl, um dos maiores acidentes ambientais, até hoje a radiação permanece no lugar, sabe o impacto por causa de uma falha humana, somos humanos, podemos errar, um acidente pode matar milhares de pessoas, as mortes de

Chernobyl não aconteceram? Eram técnicos, pessoas formadas e mesmo assim aconteceu aqueles desastres, foi uma área enorme, imagina se acontece no rio de janeiro?

Diplomatas:

Os presentes eram estagiários sem supervisores, Chernobyl aconteceu há muito tempo e a tecnologia evoluiu de forma abrangente.

Júri:

De acordo com os pontos negativos e positivos, somos a favor da construção de Angra 3.

É necessário que a linguagem da Física seja mais simples, didática, ampla, utilizando-se das múltiplas inteligências dos indivíduos para que possa ser entendida e aplicada. Acredito que esta sequência de ensino pode ensinar aos alunos sobre a origem, os tipos, os benefícios e os riscos da energia nuclear; além de promover compreensão sobre as implicações sociais e ambientais da energia nuclear, incentivar o pensamento crítico e a participação cidadã em debates públicos sobre questões energéticas.

Em perspectiva com as tradicionais aulas de quadro e giz, a sequência de ensino proposta tornou as aulas de Física mais alegres ao utilizar uma abordagem didática fora do padrão. Ir para o Laboratório de Informática realizar pesquisas, descer para as mesas no pátio para resolver exercícios em grupo e debater com alunos de outra série e turma trilhou caminhos para que os alunos fossem capazes de entender as nuances do tema, analisar as implicações e formar opiniões bem fundamentadas. Essa abordagem também pode incentivar o interesse dos estudantes pela ciência e suas aplicações no mundo real. Como professor, fiquei muito satisfeito em ver meus alunos tão alegres e motivados. Acredito que o ambiente desafiador e competitivo tenha contribuído para aumentar o entusiasmo deles, já que se empenharam para se destacar em relação aos colegas de outros grupos. Além disso, a mudança de cenário no dia do RPG proporcionou um ambiente estimulante e descontraído para o aprendizado. Isso abre um novo olhar para que os estudantes comecem a perceber a Física no mundo ao seu redor e como a ciência pode ser aplicada para entender e solucionar os desafios do cotidiano. Como educador é gratificante ver que é possível envolver os alunos de forma mais significativa, promovendo uma educação mais

estimulante e motivadora, tornando o ensino de Física mais acessível e eficaz. Espero continuar a explorar novas abordagens didáticas e incentivar meus alunos a buscar o conhecimento de forma mais ativa e criativa.

5 CONCLUSÃO

A produção de energia elétrica por fontes nucleares é uma questão sociocientífica controversa que envolve muitos aspectos técnicos, ambientais, políticos, econômicos e sociais. Ao longo deste trabalho procurou-se analisar as diversas perspectivas envolvidas na produção de energia elétrica por fontes nucleares, considerando seus benefícios e riscos.

Foi possível transformar a classe em um ambiente de ensino aprendizagem diferenciado, com a aprendizagem de múltiplos conceitos científicos e aplicação de diferentes modos de pensamentos sem perder o necessário rigor científico e valorizando o pensamento do estudante, orientando-os sobre qual caminho percorrer para encontrar a solução do problema proposto. Um ambiente no qual todos os alunos se sentiram à vontade para participar, ao mesmo tempo em que buscavam se apropriar da linguagem e da terminologia adequada para progressivamente compartilhar seus pontos de vista da ciência e sua forma de ver o mundo.

Acredito que os alunos puderam observar que a energia nuclear apresenta muitos benefícios, como a produção de energia limpa, a alta eficiência energética e a redução das emissões de gases de efeito estufa. Também é possível inferir que aprenderam que produção de energia elétrica por fontes nucleares envolve muitas questões éticas e políticas, incluindo a transparência, a participação pública e a governança na tomada de decisões sobre energia nuclear. Além disso, os estudantes tomaram conhecimento dos riscos associados a esse tipo de produção de energia elétrica, como a possibilidade de acidentes nucleares e a dificuldade da gestão de resíduos radioativos para a não proliferação nuclear. Acredito também que a presente pesquisa pode contribuir para novos trabalhos sobre o tema, indicando caminhos teóricos e metodológicos.

A culminância deste trabalho poderia ter sido mais proveitosa se não fossem pelos problemas técnicos ocorridos com o áudio e o pouco tempo realmente livre para as apresentações. Não existiam recursos financeiros para aluguel de estandes e montagem geral de estruturas no local da apresentação, o que também foi um fator limitador por dificultar o engajamento de alguns alunos. Em geral, os estudantes se posicionaram de forma mais envolvida e ativa, comparado com outras atividades em sala de aula. A interpretação de papéis foi uma ferramenta interessante para criar um ambiente descontraído, semelhante a um jogo, o que propiciou essa participação mais ativa. Foi necessário pensar criticamente, avaliar evidências e tomar decisões, o que pode promover o desenvolvimento de habilidades importantes, como o pensamento crítico, a argumentação e a negociação. Além disso, pode ajudar os alunos a compreender melhor a importância da “ciência como cultura”, bem como a proposta de se realizar uma alfabetização e letramento científico-tecnológico. Ao se posicionarem dentro de diferentes grupos, os alunos puderam compreender melhor como a cultura científica é atravessada por interesses políticos, econômicos, sociais e ambientais e está longe de ser algo neutro, produzido por cientistas isolados em laboratórios.

Foi fundamental engajar os alunos de forma mais significativa com a temática abordada, o que pode ser alcançado por meio de atividades que estimularam a imaginação e a criatividade dos estudantes. O trabalho realizado gerou resultados positivos em termos de aprendizado e desenvolvimento de habilidades sociais, como o debate e a representação. A reflexão político-social pode ser aprimorada por meio de trabalhos interdisciplinares que integrem outras áreas do conhecimento. A disciplina de História pode ser utilizada para analisar as experiências de outros países que já possuem usinas nucleares e como essas experiências podem ser aplicadas no Brasil. Já a Geografia pode ser utilizada para analisar a localização geográfica ideal para a construção da usina nuclear e as implicações ambientais e sociais dessa localização. A disciplina de Biologia pode ser utilizada para analisar os riscos à saúde pública e ao meio ambiente, além de discutir as possibilidades de armazenamento e disposição final dos resíduos radioativos produzidos pela usina. A disciplina de Química pode ser utilizada para discutir os processos químicos envolvidos na

produção de energia nuclear e os riscos de acidentes e vazamentos. A disciplina de Português pode ser utilizada para aprimorar a comunicação e argumentação dos alunos, por meio de debates, produção de textos e apresentações orais. Por fim, a disciplina de Matemática pode ser utilizada para analisar os custos e benefícios da construção da usina nuclear e para aprimorar a análise de dados e estatísticas. Dessa forma, o trabalho sobre a viabilidade ou não de uma nova usina de fissão nuclear no Brasil pode ser um exemplo de como diferentes disciplinas podem ser relacionadas e utilizadas em conjunto para discutir um tema complexo e atual, além de estimular a reflexão crítica e a argumentação dos alunos.

REFERÊNCIAS.

da Silva Barbosa, T.V. e Tavares Santos Batinga, V. (2021) 'Questão sociocientífica: uma estratégia para o desenvolvimento da argumentação em aulas de química', *Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias: Góndola, Ens Aprend Cienc*, 16(1), pp. 158–174.

de Carvalho, W.L.P. (2005) *Cultura científica e cultura humanística: espaços, necessidades e expressões*. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira. Departamento de Física e Química da Universidade Estadual Paulista.

Firjan (2019) *Impacto da Conclusão de Angra 3 para a segurança energética e o desenvolvimento do Rio de Janeiro e do Brasil*. Disponível em: <https://firjan.com.br/lumis/portal/file/fileDownload.jsp?fileId=2C908A8A7CA01DCC017CA40CF61E7DEB>. Acesso em: 02 de março de 2023.

Grace, M. e Ratcliffe, M. (2003) *Science Education For Citizenship: Teaching Socio-Scientific Issues*. 1st ed. Open University Press.

Indústrias Nucleares do Brasil (INB) (2023). *Recursos*. Disponível em: <http://www.inb.gov.br/Nossas-Atividades/Ur%C3%A2nio/Recursos>. Acesso em: 02 de março de 2023.

Mendes, M.R.M. (2012) *A argumentação em discussões sociocientíficas: o contexto e o discurso*. Dissertação (Mestrado). Faculdade de Educação da Universidade de Brasília.

Santos, W.L.P. dos e 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, pp. 110–132.

União Europeia (2022) *A UE em 2022: Relatório Geral sobre a Atividade da União Europeia*. Disponível em: <https://op.europa.eu/webpub/com/general-report-2022/pt/>. Acesso em: 02 de março de 2023.

Zeidler, D.L. *et al.* (2005) 'Beyond STS: A research-based framework for socioscientific issues education', *Science Education*, 89(3), pp. 357–377.

APÊNDICES

QUESTIONÁRIO 1

1. Sabemos que a fumaça branca que sai das chaminés das usinas de Fissão Nuclear é vapor de água. Esse tipo de usina emite ou não poluentes atmosféricos? Explique.
2. Considerando uma usina desse tipo, funcionando normalmente e sem acidentes, qual ou quais desequilíbrios ambientais ainda podem acontecer no decorrer do seu funcionamento ao longo dos anos?
3. Na sua opinião, o que deveria ser feito com os dejetos radioativos produzidos pelas usinas de Fissão? Use sua criatividade.
4. Pesquise e relate o que é feito atualmente com esses dejetos nas usinas modernas.
5. Vivemos em uma época de ouro da Tecnologia. Qual ou quais fatores ainda limitam ou impedem a produção de energia do tipo elétrica por Fusão Nuclear?

Saindo do individual e pensando na sociedade como um todo, responda as questões que se seguem:

6. Explique se existe ou não receio da população quanto ao uso de usinas nucleares, independentemente de seu funcionamento por Fissão ou Fusão. Você pode fazer uma pequena pesquisa com seus familiares.
7. Levando em consideração a construção de uma nova usina nuclear por fissão no Brasil (Angra III), quais seriam outras alternativas energéticas disponíveis para suprir a demanda crescente de energia elétrica no país sem a utilização de fontes nucleares?

QUESTIONÁRIO 2

- Qual a massa, em quilogramas, de duas libras de Urânio?
Dado: 1 libra = 453,59 gramas
- Transforme 179,4 MeV (energia liberada em uma reação de fissão de Urânio), em Joules.
Dado: 1 eV = $1,6 \times 10^{-19}$ J
- No Sol ocorrem aproximadamente 10^{38} fusões por segundo. Sabendo que a cada reação são liberados aproximadamente 17,6 MeV, qual o total de energia produzida por dia pela estrela?
Dado: 1h = 3600 segundos
- Sabendo que apenas 0,7% da massa do Sol é transformada em energia durante o processo de fusão nuclear, utilize a equação abaixo para estimar a vida da estrela. Dê sua resposta na unidade de medida Anos.

Dados:

Massa do Sol: $1,99 \times 10^{29}$ Kg

Luminosidade do Sol: $3,9 \times 10^{26}$ J/s.

$E = m \cdot c^2$

$c = 3 \times 10^8$ m/s

$$\text{Tempo de vida} = \frac{\text{Energia disponível}}{\text{Luminosidade emitida}}$$

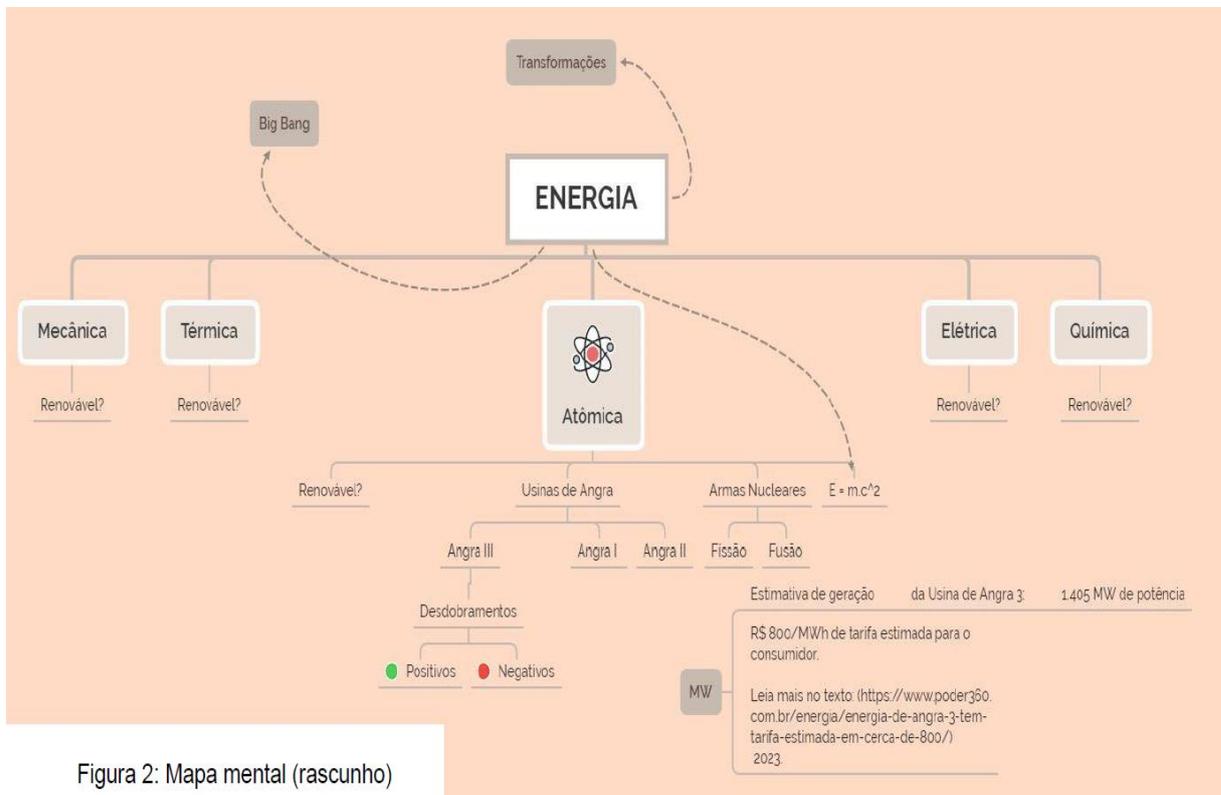


Figura 2: Mapa mental (rascunho)

ANEXOS



