



UNIVERSIDADE
ESTADUAL DE LONDRINA

FELIPE PATRON CÂNDIDO

**UMA ABORDAGEM HISTÓRICO-SOCIOLÓGICA A
RESPEITO DE USINAS NUCLEARES PARA A
COMPREENSÃO DE RELAÇÕES CTS NO ENSINO MÉDIO**

Londrina
2021

FELIPE PATRON CÂNDIDO

**UMA ABORDAGEM HISTÓRICO-SOCIOLÓGICA A
RESPEITO DE USINAS NUCLEARES PARA A
COMPREENSÃO DE RELAÇÕES CTS NO ENSINO MÉDIO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências e Educação Matemática da Universidade Estadual de Londrina - UEL, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre.

Orientador: Profa. Dra. Irinéa de Lourdes Batista

Londrina
2021

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UEL

Cândido, Felipe Patron .

Uma Abordagem Histórico-Sociológica a respeito de Usinas Nucleares para a Compreensão de Relações CTS no Ensino Médio / Felipe Patron Cândido. - Londrina, 2021.
144 f. : il.

Orientador: Irinéa de Lourdes Batista.

Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Educação Matemática) - Universidade Estadual de Londrina, Centro de Ciências Exatas, Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Educação Matemática, 2021.
Inclui bibliografia.

1. Alfabetização Científica e Tecnológica - Tese. 2. História e Sociologia da Ciência - Tese. 3. Ciência Tecnologia e Sociedade - Tese. 4. Usinas Nucleares - Tese. I. Batista, Irinéa de Lourdes. II. Universidade Estadual de Londrina. Centro de Ciências Exatas. Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Educação Matemática. III. Título.

CDU 37

FELIPE PATRON CÂNDIDO

**UMA ABORDAGEM HISTÓRICA-SOCIOLÓGICA A
RESPEITO DE USINAS NUCLEARES PARA A
COMPREENSÃO DE RELAÇÕES CTSA NO ENSINO MÉDIO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciência e Educação Matemática da Universidade Estadual de Londrina - UEL, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre.

BANCA EXAMINADORA

Orientadora: Profa. Dra. Irinéa de Lourdes
Batista
Universidade Estadual de Londrina - UEL

Profa. Dra. Marcia da Costa
Universidade Federal do Espírito Santo - UFES

Profa. Dra. Fabiele Cristiane Dias Broietti
Universidade Estadual de Londrina - UEL

Londrina, 25 de março de 2021.

Dedico este trabalho ao meu neguinho e a minha
dinossaura.

AGRADECIMENTOS

A realização deste trabalho foi realmente uma batalha, algumas delas com questões externas e a maioria internamente. Não considero este trabalho como sendo meu, mas nosso, pois cada um que encontrei nesse período teve sua importância, direta e indiretamente, foram (e ainda são) importantes para eu seguir e ter condições de finalizar esse ciclo.

Com isso, gostaria de agradecer primeiramente a meus pais, Genival e Wilma, que sempre estiveram comigo e me deram tudo. Meu tio Fer e minha tia Sandra que... o que eles não fizeram? Meus amigos de infância que mesmo sem saberem me tiravam do olho do furacão em diversos momentos. Meus amigos do grupo IFHIECEM, que compartilhavam comigo angústias, pressões, textos e revisões! Com eles cresci em diversos aspectos. Aos meus amigos do Valorant, que passavam as madrugadas comigo. A Dani, uma grata surpresa, que me fez lembrar o porquê eu estudo. E por fim a minha orientadora Irinéa, que muito além do conhecimento científico, me passou a tranquilidade e me deu o apoio que precisava, nossas conversas evidenciavam isso, 10 minutos de dissertação e 40 de cachorro. Carrego todos no meu coração, muito obrigado por me arrastarem!

Às pessoas que ficaram pelo caminho, muito obrigado.

Não há nada em que tropeçar
A duras penas se erguer
Prontos pra um novo começo
Re-aprender a andar
Sentir perder
Reconstruir
E caminhar pro que virá
Nos desejo força
Já que o pior já passou
Ter coragem para dar
As mãos
Sentir viver e destruir
E aceitar que nos fazia mal
E implodiram tudo que
Os oprimia
Precisavam refazer os seus
Conceitos
Sentir vencer
Reconstruir
E caminhar pro que virá
Apesar de quase duvidar...
Apesar de quase não
Aceitar...

Re-Aprender a Andar – Dead Fish

CÂNDIDO, Felipe Patron. **Uma abordagem histórico-sociológica a respeito de usinas nucleares para a compreensão de relações CTS no ensino médio.** 2021. 144 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciência e Educação Matemática) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2021.

RESUMO

A presente pesquisa investigou potencialidades de uma abordagem histórico-sociológica a respeito de Usinas Nucleares no Ensino Médio objetivando proporcionar a Alfabetização Científica e Tecnológica (ACT) e o entendimento das relações complexas entre Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS). Diversas pesquisas evidenciam que a utilização da História e Sociologia da Ciência (HSC) são fatores positivos na aprendizagem científica, principalmente quando busca-se uma compreensão da Ciência e Tecnologia de uma maneira mais crítica em relação a sociedade, como observado na definição de ACT feita por Fourez (1997). A partir de tais bases foi construída e aplicada uma unidade didática de maneira online, devido ao fechamento das escolas por conta da pandemia, levando em consideração princípios da Aprendizagem Significativa e da Teoria da Complexidade. Para a coleta de dados da unidade didática utilizou-se questionários (prévio e posterior) e mapas conceituais. Na análise dos questionários optou-se pela utilização da Análise de Conteúdo, já a análise dos mapas conceituais foi feita seguindo os agrupamentos propostos por Bernardelli (2014). Pode-se caracterizar esta pesquisa como qualitativa de cunho interpretativa, seguindo as seguintes etapas, investigação teórico metodológica para a construção da unidade didática, elaboração do questionário bem como as unidades de contexto e registro, aplicação da unidade didática, tomada e análise dos dados. A partir da análise dos resultados foi possível observar que a unidade teve influências positivas nas noções dos estudantes em relação à complexidade das relações CTS no que se refere as usinas nucleares. Além disso, foi possível inferir indícios de aprendizagem significativa e ACT, uma vez que os estudantes apresentaram diversos elementos que caracterizam tais conceitos.

Palavras-Chave: usinas nucleares; ciência, tecnologia e sociedade; alfabetização científica e tecnológica; teoria da complexidade; história e sociologia da ciência.

CÂNDIDO, Felipe Patron. **A historical-sociological approach with regard to nuclear plants for understanding STS relationships in high school.** 2021 144 p. Dissertation (Master's degree in Science Teaching and Mathematics Education) – State University of Londrina, Londrina, 2021).

ABSTRACT

This research investigated the potential of a historical-sociological approach regarding Nuclear Power Plants in High School, aiming to provide Scientific and Technological Literacy (STL) and the understanding of the complex relationships between Science, Technology and Society (STS). Several researches show that the use of History and Sociology of Science (HSS) are positive factors in scientific learning, especially when an understanding of Science and Technology is sought in a more critical way in relation to society, as observed in the definition of STL made by Fourez (1997). Based on these bases, a didactic unit was built and applied online, due to the closing of schools due to the pandemic, taking into account the principles of Meaningful Learning and Complexity Theory. To collect data from the didactic unit, questionnaires (prior and later) and conceptual maps were used. In the analysis of the questionnaires, we chose to use Content Analysis, whereas the analysis of the concept maps was carried out following the groupings proposed by Bernardelli (2014). This research can be characterized as qualitative with an interpretative nature, following the following steps, theoretical and methodological investigation for the construction of the didactic unit, elaboration of the questionnaire as well as the context and record units, application of the didactic unit, data collection and analysis. From the analysis of the results, it was possible to observe that the unit had positive influences on the students' notions regarding the complexity of the STS relationships with regard to nuclear power plants. In addition, it was possible to infer evidence of significant learning and STL, since students presented several elements that characterize such concepts.

Key-words: nuclear power plants; science, technology and society; scientific and technological literacy; complexity theory; history and sociology of science.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Um modelo para mapeamento conceitual segundo a teoria de Ausubel	32
Figura 2 – Mapa Conceitual expondo as características dos Mapas Conceituais.....	34
Figura 3 – Móbile de Calder	42
Figura 4 – Representação Esquemática de um BWR	50
Figura 5 – Representação Esquemática de um PWR	51
Figura 6 – Exemplar de mapa conceitual do Grupo 1	121
Figura 7 – Exemplar de mapa conceitual do Grupo 2	123
Figura 8 – Exemplar de mapa conceitual do Grupo 3	125

LISTA DE QUADROS

Quadro 1	–	Resumo da Unidade Didática.....	55
Quadro 2	–	Unidades de Registro para a UC1	70
Quadro 3	–	Unidades de Registro para a UC2	71
Quadro 4	–	Unidades de Registro (A) para a UC3.....	72
Quadro 5	–	Unidades de Registro (B) para a UC3.....	73
Quadro 6	–	Unidades de Registro para a UC4	74
Quadro 7	–	Unidades de Registro (A) para a UC5.....	74
Quadro 8	–	Unidades de Registro (B) para a UC5.....	75
Quadro 9	–	Unidades de Registro (A) para a UC6.....	76
Quadro 10	–	Unidades de Registro (B) para a UC6.....	77
Quadro 11	–	Unidades de Registro para a UC7	77
Quadro 12	–	Unidades de Registro para a UC8	78
Quadro 13	–	Unidades de Registro para a UC9	79
Quadro 14	–	Unidades de Registro para a UC10	80
Quadro 15	–	Unitarização dos dados referentes à UC1	83
Quadro 16	–	Unitarização dos dados referentes à UC2	87
Quadro 17	–	Unitarização dos dados referentes à UC3 (A).....	90
Quadro 18	–	Unitarização dos dados referentes à UC3 (B).....	91
Quadro 19	–	Unitarização dos dados referentes à UC4	95
Quadro 20	–	Unitarização dos dados referentes à UC5 (A).....	97
Quadro 21	–	Unitarização dos dados referentes à UC5 (B).....	99
Quadro 22	–	Unitarização dos dados referentes à UC6 (A).....	100
Quadro 23	–	Unitarização dos dados referentes à UC6 (B).....	102
Quadro 24	–	Unitarização dos dados referentes à UC7	105
Quadro 25	–	Unitarização dos dados referentes à UC8	109
Quadro 26	–	Unitarização dos dados referentes à UC9	112
Quadro 27	–	Unitarização dos dados referentes à UC10	116
Quadro 28	–	Grupos de mapas conceituais.....	120

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
2	A COMPLEXIDADE DA ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA	15
3	INVESTIGAÇÃO TEÓRICO METODOLÓGICO DA UNIDADE DIDÁTICA	25
3.1	APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA.....	25
3.1.1	Estratégias Pedagógicas para Proporcionar a Aprendizagem Significativa	28
3.1.2	Mapas Conceituais	30
3.2	HISTÓRIA E SOCIOLOGIA DA CIÊNCIA NO ENSINO DE CIÊNCIAS.....	37
3.3	ENSINO DE FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA NO ENSINO MÉDIO.....	43
3.3.1	“Pré-História” e História da Física Nuclear	44
3.3.2	Usinas Nucleares.....	49
4	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	53
4.1	CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA	53
4.2	DESCRIÇÃO DA UNIDADE DIDÁTICA	54
4.3	ANÁLISE DE CONTEÚDO	69
4.4	PROCEDIMENTOS ANALÍTICOS DOS MAPAS CONCEITUAIS PRODUZIDOS PELOS ESTUDANTES	81
5	ANÁLISE DOS RESULTADOS	83
5.1	ANÁLISE DAS RESPOSTAS AOS QUESTIONÁRIOS PRÉVIO E POSTERIOR	83
5.2	ANÁLISE DOS MAPAS CONCEITUAIS.....	120
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	126
	REFERÊNCIAS	139
	APÊNDICE A – Questionário Respeito de Usinas Nucleares	135
	ANEXO A – Mapas Conceituais dos Estudantes	139

1 INTRODUÇÃO

Ao longo da história a escola se consolidou como a entidade social responsável por formar academicamente os indivíduos de seu tempo. Assim pode-se dizer que a função escolar está diretamente atrelada com seu contexto histórico-social, evidenciando seu caráter dúbio que expõe um lado conservador que reproduz e conserva as estruturas sociais vigentes, e ao mesmo tempo, como um espaço de fomento e criatividade intelectual que pode elucidar novas maneiras de encarar o mundo e suas relações sociais. A escola com o passar do tempo tem acumulado funções sociais que influenciam diretamente em sua organização e, conseqüentemente, em seu currículo. Tais influências e funções podem ser vistas quando analisados os textos oficiais que norteiam a educação. A Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional cita que a educação “tem por finalidade o pleno desenvolvimento do educando, seu preparo para o exercício da cidadania e sua qualificação para o trabalho” (BRASIL, 1996, p.1). Este trecho evidencia a escola como uma entidade social pertencente a um contexto histórico.

Para exercer tal cidadania, o educando necessita se apropriar de diversos conhecimentos e, além disso, desenvolver uma visão global e complexa dos fenômenos que o cercam. Assim, para que uma pessoa possa atuar em seu meio social e ter uma visão crítica dos processos a qual está inserida, é necessário, dentre outros saberes, que esta seja alfabetizada científica e tecnologicamente. Alguns autores discutem a respeito de qual terminologia seria a mais adequada, Alfabetização Científica e Tecnológica ou Letramento Científico e Tecnológico (CUNHA, 2017). Discute-se também em relação a sua definição (LAUGKSCH, 2000; SASSERON; DE CARVALHO, 2016).

No presente trabalho foi adotada a definição de acordo com Fourez (1997). O autor cita três pontos essenciais para que um sujeito seja considerado alfabetizado científica e tecnologicamente: seus conhecimentos devem permitir que se tenha uma liberdade para enxergar as pressões sociais ou naturais que lhe são apresentadas, e então refletir criticamente para tomar suas decisões; o segundo ponto é em relação a capacidade de comunicação, que é basicamente traduzir seus pensamentos de uma maneira com que outros

os entendam; e por último, uma vez alfabetizado cientificamente, o indivíduo adquire uma espécie de domínio e ao mesmo tempo responsabilidade quando se depara com situações problemáticas. Para que tais pontos sejam evidenciados na sociedade, deve-se proporcionar nos espaços educativos, principalmente escolar, um Ensino de Ciências que dê condições para que tais atributos sejam desenvolvidos nos estudantes.

Com isso, faz-se necessário investigar formas de ensino que facilitem o processo de Alfabetização Científica e Tecnológica e que prepare os estudantes para compreender e participar ativamente do meio no qual está inserido. Assim, o objetivo do presente trabalho foi analisar as potencialidades de uma unidade didática a respeito de Usinas Nucleares principalmente no que se refere à compreensão da interação entre Ciência, Tecnologia e Sociedade.

Para alcançar tal objetivo, elencamos como objetivos específicos: elaborar uma abordagem histórico-sociológica a respeito de Usinas Nucleares; identificar noções prévias dos estudantes a respeito das Usinas Nucleares; identificar indícios de aprendizagem significativa dos estudantes em relação à temática, alcançada por meio da Unidade Didática.

O presente trabalho está dividido em 4 capítulos. No primeiro, foi exposto o contexto da pesquisa bem como as premissas que foram utilizadas para a investigação e elaboração da Unidade Didática, sendo elas a Alfabetização Científica e Tecnológica (FOUREZ, 1997) e Teoria da Complexidade (MORIN, 2007).

No segundo capítulo, são discutidos os aspectos teórico-metodológicos que envolveram a construção da Unidade Didática. No primeiro tópico são discutidos alguns fundamentos da teoria da Aprendizagem Significativa, que serviu de base para a elaboração da Unidade Didática. Seguindo, foi feita uma reflexão a respeito da História e Sociologia da Ciências (HSC) e possibilidades de sua utilização no Ensino de Ciências e por fim são apresentados alguns conceitos a respeito das Usinas Nucleares, tema escolhido para a elaboração da Unidade Didática.

No terceiro capítulo são apresentados os procedimentos metodológicos adotados na investigação. Trata-se de uma pesquisa qualitativa inspirada em Bogdan e Biklen (1994). São descritas a estrutura, a aplicação da Unidade Didática e as unidades de análise dos dados, de acordo com a Análise

de Conteúdo (BARDIN, 2011).

O quarto capítulo foi destinado à apresentação dos dados obtidos por meio da aplicação da Unidade Didática e das respostas dos estudantes aos questionários e mapas conceituais propostos. São apresentadas, também, neste capítulo, as inferências realizadas a partir da análise dos dados com relação à fundamentação teórica.

Por fim são apresentadas as considerações finais, perspectivas para outras investigações, as referências utilizadas bem como apêndices e anexos.

2 A COMPLEXIDADE DA ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA

Como citado anteriormente, a educação acompanha a humanidade há muito tempo, sendo uma das principais formas da perpetuação da cultura e dos conhecimentos de gerações passadas. Inicialmente concedida em espaços quaisquer, passou pelo momento em que a formalização desses espaços se tornou mais comum, e chegou, por fim, ao nosso modelo educacional, que se pode dizer que teve suas bases instituídas no período do Iluminismo.

O processo de organização escolar foi – e ainda é – um ato repleto de intencionalidades, ou seja, em seu currículo sempre houve interesses políticos, econômicos e sociais envolvidos. Podem-se observar tais influências desde as disciplinas que fazem parte da grade curricular até a organização em sala de aula. Outro ponto é a própria denominação das disciplinas, por exemplo, a Ciência no âmbito escolar diz respeito às Ciências Naturais, algo que, intencionalmente ou não, gera uma confusão para muitos, uma vez que "acreditam" que Ciência é aquele campo que se estuda na escola, não enxergando ciência em outras áreas, como por exemplo as Ciências Humanas (ZABALA, 2016).

Tais intencionalidades muito têm a ver com o desenvolvimento humano, porém, cabe questionar: desenvolvimento de quê e para quê? Em muitos casos, a essência da resposta de tais questionamentos têm a ver com uma maneira utilitarista, visando um "ganho" em relação a outros povos/civilizações, seja na produção de armamentos, em vantagens de rotas, ou em um domínio "cultural". Fourez (1997) cita um dado momento histórico quando se levantou a questão de se seria ou não importante alfabetizar os operários das fábricas, para que soubessem ler e escrever. Entre os operários, a opinião geral era de que seria importante e que também seria uma forma de fortalecimento em relação a todo o contexto no qual estavam inseridos. Justamente por isso, donos de fábrica tiveram certo receio a respeito, uma vez que tal empoderamento poderia significar revoltas e protestos.

Porém, em última análise, viu-se que também era interessante, uma vez que assim as fábricas ganhariam mão de obra "qualificada" e, além disso, uma vez letrados, os operários estariam aptos a consumir produtos que

antes seriam inviáveis. Com isso, o ensino populariza-se, ou seja, observa-se a importância econômica que é ter uma população alfabetizada. Porém, como o próprio relato mostra, os interesses por trás de tal universalização eram obscuros, visavam primeiramente questões econômicas e financeiras, algo que, em uma recém-nascida sociedade industrial, poderia vir a ser extremamente vantajoso para os donos das fábricas. O próprio processo de mecanização e de desenvolvimento tecnológico acaba por tornar funcionários extremamente substituíveis, pois, uma vez que é necessário apenas operar uma máquina com conhecimentos mínimos, qualquer um pode exercer tal função. Com isso, chega-se ao seguinte questionamento: Qual é o papel da escola em meio a todas estas questões?

Talvez a resposta mais recorrente atualmente seja a de desenvolver habilidades nos estudantes para a vida em sociedade e o pleno exercício de sua cidadania. Porém, analisando o exemplo dos operários – que tiveram certo empoderamento – em essência, todo esse processo não passou de um ajuste de interesses, onde detentores do poder orientaram o caminho que a educação deveria seguir. Em outras palavras, definiram sua finalidade, dentro de uma visão de sociedade e de desenvolvimento, e com isso definiram seu currículo.

Podem-se observar tais questões quando analisamos a Base Nacional Curricular Comum (BRASIL, 2018), que tem como princípio a reformulação do ensino básico. Olhando especificamente para as questões que envolvem o Ensino Médio, ou como propagado, o Novo Ensino Médio. É interessante observar que o documento, a princípio, tem preocupação com uma educação integral, inspirados nos princípios da Escola Nova, ou seja, o objetivo é que a escola seja um espaço onde se desenvolvam diversas competências que servirão de base para que o estudante possa atuar ativamente como um cidadão para a melhoria da sociedade (BRASIL, 2018).

Para alcançar tais objetivos, propõe-se um currículo flexível, composto por uma formação básica comum e outra dividida em eixos temáticos, onde o estudante escolherá qual eixo (Linguagens e suas Tecnologias, Matemática e suas Tecnologias, Ciências da Natureza e suas Tecnologias e Ciências Humanas e Sociais Aplicadas) seguirá. Assim o ensino médio torna-se, aparentemente, mais dinâmico, flexível e dando mais autonomia ao estudante

em seu projeto de vida (BRASIL, 2018).

Ao analisar tal proposta, é possível observar diversas limitações e intencionalidades. Uma das limitações mais aparente é a falta de infraestrutura e professores para que a oferta dos quatro eixos seja viável, ou seja, o estudante não escolherá o que quiser, mas sim o que estiver disponível. Quando observada a essência da proposta, é possível notar que o desenvolvimento de competências e habilidades e a própria escolha de uma área específica já no ensino básico estão atrelados principalmente ao mercado de trabalho inserido em uma sociedade capitalista – algo que deve ser considerado, porém não priorizado. A partir disso, com um olhar direcionado para o mercado de trabalho, é que se encontra um dos principais problemas de tal proposta, que é o fato da carga horária das disciplinas básicas ter diminuído. Isso é um fato contraditório, uma vez que se trata da educação básica.

Assim, pode-se observar que, apesar de deixar claro uma preocupação com a formação integral, na verdade a proposta prejudica justamente essa ideia, quando fragmenta o ensino em áreas e faz com que o estudante já tenha de escolher a linha a seguir. Isso priva o estudante de vivenciar com maior profundidade outras áreas do conhecimento, pensando em uma formação integral que realmente forme cidadãos críticos.

É importante que se tenha em mente tais questões, antes de qualquer pesquisa e intervenção no âmbito educacional e escolar, pois, uma vez que se pesquise em ensino, faz-se necessário compreender as fronteiras dentro das quais estamos inseridos a fim de compreender as relações de poder que circundam a escola, e pensar sobre ela enquanto instituição de um determinado contexto social de um determinado tempo. Somente com tais reflexões pode-se aprofundar tais processos e ter um avanço significativo na área. Assim, é necessário compreender nosso contexto histórico antes de tudo.

O desenvolvimento humano e, conseqüentemente, das sociedades, está diretamente ligado ao desenvolvimento de uma cultura e às relações de trabalho e formas com que tal sociedade se organiza, a técnica e a tecnologia sempre se fizeram presentes em tais processos. Ihde (2017) cita que existem duas formas de encarar a tecnologia, a primeira como fruto das relações sociais inerentes à sociedade, enquanto a segunda entende que a tecnologia é a força motriz capaz de modificar a sociedade e a forma como nos organizamos.

Nenhuma das duas está certa ou errada, são apenas formas diferentes de se encarar tais processos. Morin (2014) traz em sua teoria da Complexidade que é preciso entender os processos de forma complexa, ou seja, é necessário integrar o uno ao todo e o todo no uno. Em outras palavras, o desenvolvimento tecnológico é ao mesmo tempo influenciado e influenciador das relações sociais e da cultura, e esse processo caracteriza-se por ser dinâmico e retroalimentado.

Outro acontecimento importante para entender a sociedade atual foi o renascimento científico, que aconteceu por volta do século XV. Tal período pode ser compreendido como uma retomada de textos e escritos antigos e também o estudo do que havia sido desenvolvido no Oriente, que serviram como pilar para o desenvolvimento do que hoje chama-se de ciência moderna. Em tal período, a forte influência da igreja ainda se fazia muito presente, porém, os avanços dos pesquisadores da época são inegáveis, principalmente quando analisada a forma de encarar o mundo e os fenômenos que nele acontecem.

Porém, como citado, em alguns pontos, esses novos pensamentos iam de encontro com os dogmas da igreja, ocasionando perseguições de alguns cientistas. Porém, mesmo com diversas restrições, o pensamento científico continuou a evoluir e a ter mais adeptos, muito disso se deu, principalmente, pela previsibilidade de alguns fenômenos, assim explicando diversas situações e problemas da época. É importante frisar que esse fato muito explica diversas visões e pensamentos que se tem atualmente (ROSA, 2010).

Até aquele momento, o pensamento filosófico que vigorava era o aristotélico, influenciando até mesmo os preceitos da igreja. Tal pensamento tinha algumas características e uma que se pode destacar para o presente contexto era como se encarava a natureza e seus fenômenos, de modo subjetivo e pautado principalmente nas palavras; a partir da tradição aristotélica, o que se observava eram reflexões muito abrangentes que tinham pouca sistematização. Foi a partir disso, dessa insatisfação com as diversas brechas deixadas pelo pensamento aristotélico, que René Descartes (1973), em seu Discurso do Método, faz uma reflexão na direção de uma maior sistematização do pensamento e com isso uma maior consolidação do pensamento científico. Além de Descartes, Galileu e Newton foram figuras importantes para tal sistematização, que consistia na busca de um rigor que satisfizesse as opiniões alheias em relação aos feitos científicos, e foi através da matemática e da

formulação de um método científico que isso foi alcançado.

As produções eram pautadas principalmente pela experimentação e matematização das ideias. Na busca de maior rigor e avanços, uma fragmentação das áreas de conhecimento foi proposta, algo que influenciou e influencia diversas instituições sociais como a escola, fábricas, exército etc. Tal fragmentação possibilitou avanços nas diversas áreas, ao mesmo tempo em que dividiu e tornou cientistas míopes, uma vez que se tornaram especialistas em uma determinada área, ignorando as demais. Fazendo um paralelo, é possível observar a influência de tal pensamento na proposta da BNCC citada anteriormente. Tal movimento ficou conhecido como paradigma cartesiano, que fez do pensamento científico algo mecânico, fazendo uma alusão à ideia de um método a ser seguido para a produção de novos conhecimentos.

Em meados do século XVII, na Inglaterra, aconteceu a Revolução Industrial, momento histórico marcado pelo desenvolvimento e utilização de máquinas e equipamentos a vapor na fabricação de produtos. Com isso, além da utilização de uma nova tecnologia, o sistema produtivo modificou-se, onde antes artesãos eram responsáveis pela fabricação desde o início até o fim, agora eram responsáveis apenas por uma parte de todo processo, as relações comerciais começaram a mudar e o início de uma era industrial estava a começar. Para contrabalançar o aumento produtivo, o consumo aumentou e, como citado anteriormente, a escola teve seu papel neste processo. Assim, com o acúmulo de capital e também com um ganho de vantagens bélicas, o papel do desenvolvimento científico e tecnológico consolidou-se, uma vez que estes representavam certo avanço e poder em relação a outras sociedades.

Devido a esses fatos e também a outros movimentos da época, a ciência e a tecnologia têm, a partir de então, um papel central para o desenvolvimento de um novo modelo de sociedade, o que influenciou a escola da época e tem influenciado até os dias de hoje.

Como citado, essa ciência era aquela que gerava impactos sociais explícitos, ou seja, na percepção de muitos, ciência se resumia às ciências naturais, algo que se percebe no currículo escolar. Seguindo tal perspectiva de desenvolvimento, houve diversos avanços científicos e tecnológicos, o que ocasionou um fenômeno que Morin (2014) chama de racionalização, que pode ser entendido como uma crença cega na racionalidade

humana, onde não se percebem suas limitações nem se concebem outras formas ou áreas do conhecimento como válidas. Sob essa ótica, o ser humano passa a ser uma espécie de dominador da natureza que, dentro do modelo econômico no qual estamos inseridos, busca um eterno progresso. O que, segundo Morin (2014), trata-se de uma visão distorcida e não complexa, uma vez que não se enxerga o caráter terreno dos seres humanos, ou seja, que somos partes integrantes de um ecossistema ao qual as ações podem prejudicar ao priorizar o desenvolvimento econômico em detrimento às questões ambientais.

O século XX foi um período onde ocorreram diversas mudanças no pensamento científico. Talvez, um dos principais fatores tenha sido o avanço no campo da Física, antes imersa em uma tradição mecanicista e determinista que tinha grande parte de sua estrutura pautada em um empirismo de causa e efeito, e agora aberta a novas reflexões, tanto em relação à natureza e aos fenômenos naturais, que se mostram muito mais dinâmicos, quanto à própria natureza do conhecimento científico. Imerso neste contexto e em todas essas questões foi que Edgar Morin propôs o Paradigma da Complexidade, em contraponto ao paradigma cartesiano. Para Morin (2007), o paradigma cartesiano trouxe avanços científicos e tecnológicos devido à hiperespecialização, pois propiciou um ambiente onde se podia direcionar as atenções para questões específicas, ao mesmo tempo que fragmentou o conhecimento e trouxe uma percepção humana limitada.

A complexidade vem para justamente preencher as diversas lacunas deixadas com o antigo pensamento, e traz em sua essência a superação de diversos pilares cartesianos. Assim, preza-se uma visão crítica em relação à própria Ciência, de suas limitações e de seus impactos sociais, que muitas vezes eram tidos de maneira apenas otimista. Além disso, a ideia de uma interdisciplinaridade e transdisciplinaridade fazem muito sentido quando se pensa de forma complexa, uma vez que não se pode realmente compreender um fenômeno ou uma situação sem que se entenda o uno e o todo, ou seja, é necessário transitar nas diversas camadas e perspectivas para reconhecer a unidade do múltiplo e a multiplicidade do uno e com isso, a partir da ideia de complexidade, compreender nosso entorno de forma racional e plena.

Apesar de avanços em direção ao pensamento complexo, havia

e ainda há uma grande influência cartesiana, socialmente falando, algo que gerou um otimismo técnico-científico cego. A partir dessa percepção, investimentos na formação de novos cientistas, engenheiros e técnicos foram feitos com a finalidade de se ter mais mão-de-obra para o progresso econômico. A lógica, para muitos, era de que quanto mais ciência maior seria o bem estar social, um pensamento científicista e tecnocrático que demonstrava como tais campos eram percebidos quando relacionados com a sociedade (CHRISPINO et al., 2013; HAYASHI et al., 2010). Esse movimento começou a ser questionado mais fortemente a partir dos acontecimentos de Hiroshima e Nagasaki durante a segunda Guerra Mundial, quando muitos enxergaram que o desenvolvimento tecnológico e científico não levaria necessariamente a um progresso e uma melhora na vida de todos, mas que poderia levar também à destruição e à morte. Foi possível, com isso, observar o caráter não-neutro da ciência e da tecnologia, uma vez que tais campos são produções humanas e carregam limitações.

Iniciou-se um movimento no qual se questionava de que forma as tecnologias e avanços científicos impactam a sociedade, dando origem ao movimento Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) como uma maneira de analisar criticamente tais campos e como eles se influenciavam. A escola e o ensino de ciências também foram impactados por tal movimento, uma vez que discussões acerca de por que e como deveria se ensinar ciência foram levantadas. Porém, a Guerra Fria e as diversas disputas científicas e tecnológicas envolvidas colocaram novamente em discussão o papel do ensino de ciências. A corrida espacial, a qual inicialmente a União Soviética havia largado na frente, fez com que o governo estadunidense olhasse para o ensino de ciências como algo, mais uma vez, estratégico para o país. Consequentemente, métodos deveriam ser desenvolvidos com a finalidade de suprir tal demanda e com isso fortalecer o país em tais áreas (FOUREZ, 1997). Desse modo, diversas pesquisas na área foram desenvolvidas, bem como métodos e abordagens de ensino, institutos de pesquisas receberam incentivos, entre outras formas e meios que possibilitassem essa melhoria.

Muito do que foi desenvolvido foi incorporado nas escolas, e a ideia de alfabetização científica tomou diversas formas, incluindo até mesmo uma mudança em sua escrita, que alguns autores chamam de letramento científico (CUNHA, 2017). Porém, o que realmente importa nesse caso não são

as diferentes definições dadas, que de certa forma demonstram as linhas que as pesquisas em Ensino de Ciências têm tomado e qual é a visão social das funções da ciência no âmbito escolar. A partir dos parágrafos anteriores pode-se observar que a ciência e a tecnologia sempre ocuparam um espaço na sociedade, e tal espaço quase sempre estava associado com uma visão utilitarista, algo que se intensificou com a sociedade capitalista. Assim, uma educação que tem como propósito ser útil para tal modelo tende a ignorar muitos pontos essenciais, em outras palavras, tende a não ser complexa e acaba por criar uma imagem equivocada da ciência/cientista e distância muitos de tais áreas, uma vez que se retira o fator humano e se preocupa somente com conceitos de forma isolada.

As consequências dessa visão e forma de ensinar acarretaram uma crise no Ensino de Ciências, onde existem diversos atores (estudantes, professores, dirigentes das economias, pais e responsáveis, os cidadãos etc.). Tal crise não é algo recente e é algo difícil de resolver, uma vez que os interesses dos envolvidos muitas vezes não são os mesmos, levando a escola e o ensino de ciências a diversos dilemas. Conforme observa Fourez,

[...] pode ser bom lembrar que a noção de 'crise' em caracteres chineses se escreve unindo dois ideogramas: o que significa 'perigo' e o que significa 'possibilidade' ou 'oportunidade'. Pode-se aplicar esta maneira de escrever à crise do ensino de ciências..." (Fourez, 2003. p.15)

Tal crise pode ser encarada como a possibilidade de um novo olhar para o Ensino de Ciências. Portanto, é possível fazer uma reflexão a respeito da importância e de como a alfabetização científica tem impactos na inclusão social; em um mundo circundado por diversos feitos científicos e tecnológicos, aquele que não os compreender ou que for apenas um usuário de tais instrumentos acaba por ter uma visão turva da sociedade onde vive, não consegue exercer de fato sua cidadania ou fazer reflexões a respeito dos diversos processos que envolvem CTS, ficando assim à margem das principais discussões relacionadas ao tema (CHASSOT, 2003; AULER; DELIZOICOV, 2001).

Com isso, a ideia de alfabetização científica e tecnológica (ACT), apesar de não ter uma definição fechada, deve sempre ser considerada quando pensados os objetivos do Ensino de Ciências. Fourez (1997) aponta que, apesar

de tais variações e perspectivas, a ACT geralmente busca três objetivos, quais sejam a autonomia do indivíduo (componente pessoal), a comunicação com os demais (componente cultural, social, ético e teórico) e certo manejo com o que se tem em volta (componente econômico). Para o autor, alguém que seja alfabetizado científica e tecnologicamente deve ter certa autonomia, embasada em seus conhecimentos, ou seja, ter a capacidade de negociar, analisar criticamente suas decisões frente às pressões externas. Além disso, deve ser capaz de se comunicar, ou seja, saber como dizer. Por fim, uma vez alfabetizado, o indivíduo tem ao mesmo tempo domínio e responsabilidade frente a situações diversas, ou seja, este deve compreender a situação e interagir com a devida responsabilidade.

O presente trabalho adotou a definição de ACT de Fourez (1997), pois se entende que a mesma é abrangente nos diversos campos e coloca o sujeito como parte de um processo social, que ao mesmo tempo deve ser autônomo e responsável. Para isso, é necessária então uma visão complexa dos processos que envolvem CTS, uma vez que tais campos têm suas particularidades, mas têm interfaces comuns que detém certa influência uns com os outros.

Pode-se citar como exemplo da importância de alfabetizar científica e tecnologicamente pensando no aspecto de participação e responsabilidade social, perante a atual pandemia do COVID-19, na qual se observam diversas formas de negacionismo científico e tecnológico principalmente nos movimentos antivacina e discursos contrários às medidas de segurança. Tal fenômeno não é novidade, como citam Dubé *et al.* (2013; 2015), há algum tempo existem questionamentos em relação à eficácia das vacinas, e alguns pais já não estão vacinando suas crianças, o que tem levado ao reaparecimento de algumas doenças já tidas como erradicadas. Ainda a respeito do tema, Fasce e Picó (2019), em seu trabalho *Science as a Vaccine*, discorrem a respeito de como o conhecimento científico – e conseqüentemente a ACT – é uma ótima forma de não se cair no negacionismo, no obscurantismo ou até mesmo em teorias conspiratórias, que atualmente se propagam de diversas formas e que têm conseqüências graves, como na questão das vacinas.

A partir das reflexões feitas anteriormente, e encarando a crise no Ensino de Ciências como um momento de reflexão e oportunidades, propõe-

se neste trabalho a elaboração e aplicação de uma unidade didática visando dar ênfase aos aspectos aqui discutidos. Assim, uma investigação teórico-metodológica foi realizada para que tal unidade fosse construída visando a ACT aqui adotada. Tal processo de investigação está exposto no capítulo seguinte.

3 INVESTIGAÇÃO TEÓRICO METODOLÓGICA DA UNIDADE DIDÁTICA

Neste capítulo será apresentado os aportes teóricos que fundamentaram a construção da unidade didática, iniciando pela Aprendizagem Significativa, Mapas Conceituais, História e Sociologia da Ciência e finalizando com o Ensino de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio explicitando o tema das Usinas Nucleares, tema utilizado na unidade.

3.1 APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA

O presente tópico tem o objetivo de apresentar a teoria de aprendizagem utilizada como referencial na elaboração da Unidade Didática do presente trabalho. O principal referencial aqui utilizado foi Ausubel (2003) com seus escritos a respeito da Aprendizagem Significativa. Para evitar a repetição demasiada de citações em meio ao texto, optou-se por citá-la no início e enfatizar que todo o conteúdo presente nesta seção é de autoria do autor supracitado.

Um dos objetos das pesquisas em Ensino é investigar meios para facilitar os processos de ensino e de aprendizagem. Muitas das pesquisas apontam que existem casos onde tais processos acontecem de uma forma superficial, semelhante a uma memorização, que tem nas avaliações seu principal objetivo, ou seja, a reprodução “mecânica” dos assuntos abordados pelo professor em sala. Tal forma de aprendizagem é definida por Ausubel como Aprendizagem Automática, que tem contraste com a Aprendizagem Significativa. A primeira mostrou diversas limitações como, por exemplo, ser de curta duração, o que para a perspectiva de Alfabetização Científica, adotada no presente trabalho, se mostra insuficiente.

Em 1963, Ausubel propôs sua teoria a respeito da Aprendizagem Significativa, que tinha o pressuposto de que a aquisição e retenção de conhecimentos eram produtos de um processo de aprendizagem ativo, integrador e interativo entre o material e o estudante, o que ia na contramão do que o autor chama de Aprendizagem Automática ou Aprendizagem por Memorização. Em sua teoria, os conhecimentos prévios que os estudantes detêm são essenciais pois, é a partir deles que novos conhecimentos vão se ancorar na estrutura cognitiva, esta que se pode definir como uma organização no armazenamento das informações, gerando assim uma rede cognitiva.

A Aprendizagem Significativa está diretamente relacionada com

um material potencialmente significativo, este que é um dos meios pelo qual o estudante tem uma aquisição de novos significados. O material neste contexto deve respeitar alguns critérios como, ser conceitualmente claro e com linguagem e exemplos relacionados com o conhecimento prévio do estudante. Além disso, o material também deve se relacionar de forma não arbitrária e não linear com uma estrutura cognitiva apropriada. Como estrutura cognitiva apropriada, Ausubel quer dizer que o estudante detenha de determinados conceitos ou proposições chaves para que as novas informações se ancorem, também chamados de conceitos subsunçores, ou subsunçores.

Ausubel também cita algumas condições relacionadas ao estudante para que a Aprendizagem Significativa ocorra. Em primeiro lugar deve existir uma predisposição para se aprender significativamente. Tal condição está diretamente ligada a motivação do estudante, fator este que o professor tem pouco ou nenhuma influência. Porém, existem formas indiretas a qual o professor pode ter certo impacto na motivação dos estudantes e também em sua predisposição para aprender significativamente. Tais formas estão relacionadas com as estratégias de ensino e formas de avaliação. Na primeira, o professor deve ter uma preocupação em utilizar estratégias que facilitem a relação entre o novo conhecimento e o já existente. Com relação às formas avaliativas, deve-se ter o cuidado para não se utilizar critérios fechados e objetivos, o que é próprio de uma avaliação mecânica.

Segundo Ausubel existem três tipos básicos de Aprendizagem Significativa: a representacional, conceitual e a proposicional. Cada uma delas tem algumas particularidades e estão envolvidas com um determinado estágio de desenvolvimento do aprendiz.

A primeira, representacional, é o tipo mais básico e que, segundo o autor, condiciona os outros tipos. Ela está relacionada com a atribuição de significados a símbolos isolados, o que significa essencialmente a aprendizagem das palavras e o que elas representam. Neste sentido, uma vez que alguém aprende significativamente de maneira representacional, este, cria em seu sistema cognitivo a relação entre palavras e objetos. Em um estágio mais avançado, as palavras deixam de estar relacionadas a objetos específicos e passam a se relacionar com conceitos. É importante frisar que tal tipo de aprendizagem se diferencia da aprendizagem mecânica, por memorização,

justamente pelo processo, que segue os pilares da Aprendizagem Significativa, ou seja, a não arbitrariedade e não literalidade de tal processo.

O segundo tipo, conceitual, está relacionada com a elaboração de conceitos, ideias, estes que são representados ainda por símbolos isolados. A definição de conceito neste contexto é a de que são acontecimentos, objetos, situações ou propriedades que têm em sua essência comum e que podem ser representadas pelo mesmo símbolo. Em termos gerais, pode-se dizer que aprender um conceito implica em aprender sua essência.

A aprendizagem dos conceitos se dá de diversas formas, tendo diferenças na fase infantil e na fase adulta. Quando criança, a aprendizagem está muito mais atrelada a uma base empírica, ou seja, a experimentação de situações reais, onde existe a formulação e teste de hipóteses, construindo assim “seus” conceitos. Durante a fase adulta, a aprendizagem dos conceitos é por assimilação.

Já a aprendizagem proposicional é a forma mais “complexa” das listadas antes, porém sem os outros dois tipos ela se torna inviável, demonstrando a importância que as anteriores têm. Neste tipo de aprendizagem se atribui significado a ideias, estas que são expressas por meio de conjuntos de palavras combinadas em proposições. Pode-se dizer que a aprendizagem proposicional é uma superação da soma dos significados das palavras em uma sentença, assim ela se faz através da compreensão do significado.

Independentemente do tipo de aprendizagem, elas podem ocorrer de formas diferentes, são elas: subordinada, superordenada e combinatória. A forma subordinada é aquela na qual o novo conceito está hierarquicamente abaixo de ideias mais amplas, ou seja, são ancorados nessas estruturas cognitivas. A aprendizagem superordenada é justamente o “contrário” da subordinada, ou seja, os conceitos aprendidos são mais amplos do que os já existentes na estrutura cognitiva, tendo uma relação hierárquica “maior” do que os existentes, se tornando eles subordinados a estes novos conceitos. Por fim, a aprendizagem por meio combinatório ocorre quando a nova informação é abrangente o suficiente para não ter nenhum subsunção a qual possa se “ancorar” e não tão ampla para que possa ter uma posição hierarquicamente superior às estruturas existentes.

3.1.1 Estratégias Pedagógicas para Proporcionar a Aprendizagem Significativa

Como citado anteriormente, a Aprendizagem Significativa depende de alguns fatores-chaves para que ela possa ocorrer, assim a partir dos enunciados de como a estrutura cognitiva “funciona” Ausubel propôs algumas estratégias pedagógicas para facilitar a ocorrência da aprendizagem de forma significativa.

Inicialmente, deve-se utilizar de organizadores prévios que estão relacionados com as noções prévias dos estudantes, estas que, para a Aprendizagem Significativa podem servir como subsunçores para as novas informações, podendo ser abrangentes, bem desenvolvidos ou até mesmo limitados. A estratégia de se utilizar organizadores prévios é justamente quando tais subsunçores não existem, tendo o professor o papel de os desenvolver. Para isso, Ausubel propõe a elaboração de materiais introdutórios que serão apresentados em um momento anterior ao do material de aprendizagem propriamente dito. A característica destes materiais introdutórios se dá pelo maior nível de abstração, generalidade e inclusão, tendo como foco atender as individualidades dos estudantes, servindo assim como uma ponte entre o que o aprendiz sabe e o que deve aprender.

Os organizadores prévios têm sua importância na Aprendizagem Significativa pelo fato de que muitas vezes os subsunçores do aprendiz são genéricos ao ponto de não oferecerem condições para que haja a ancoragem de novas informações na estrutura cognitiva, assim, pode-se considerar o material introdutório como um mediador neste processo, facilitando também a reconciliação e integração de conceitos que o aprendiz ainda não domina com clareza.

Após o mapeamento das noções prévias utilizando os organizadores prévios o autor propõe a ideia da diferenciação progressiva, que está relacionada com a organização de um programa educacional (como por exemplo uma disciplina, curso ou aula), onde se tem como base, em um primeiro momento, a apresentação de conceitos e ideias mais gerais e inclusivas para que posteriormente estas sejam diferenciadas de forma progressiva, atendendo assim as particularidades de cada ponto em específico.

Para Ausubel, a diferenciação progressiva segue a lógica de

funcionamento da estrutura cognitiva, ou seja, uma forma hierarquizada. Outra justificativa apresentada é a de que seria mais simples diferenciar uma informação geral do que trabalhar com as “partes” diferenciadas para a compreensão de um todo. Assim, Ausubel orienta professores a planejarem suas aulas baseando-se nas ideias da diferenciação progressiva, pois observa-se que o processo de obtenção e retenção de conceitos se dá de forma mais eficaz. Por fim, tal princípio implica na reflexão da característica contínua da Aprendizagem Significativa, onde conceitos e ideias podem e são permanentemente modificados.

A reconciliação integradora se dá quando em uma aprendizagem combinatória conceitos “sofrem” uma recombinação na estrutura cognitiva, adquirindo assim novos significados. Tal princípio indica as diferenças e semelhanças significativas a respeito de ideias de determinado tema, identificando inconsistências entre eles, podendo assim serem reconciliadas.

Em diversos momentos, professores têm como objetivo organizar sua disciplina. Há diversas maneiras de se fazer tal organização, porém é possível quando utilizada a Aprendizagem Significativa, usar os princípios da reconciliação integradora. Com isso, o professor pode elaborar seu material paralelamente, ou seja, um tópico não necessariamente tem uma dependência de outro, e assim permite-se que o estudante desenvolva melhor sua capacidade de diferenciar os diversos conceitos aprendidos, tanto aqueles que já foram estudados em um tópico, como os “novos”.

Na teoria de Ausubel, subsunçores são essenciais para que ocorra a aprendizagem de maneira significativa. Assim propõe-se a ideia de que uma organização sequencial tem importância dentro da teoria pelo fato de que ela pode maximizar a disponibilidade dos subsunçores uma vez que pode-se aproveitar os pré-requisitos sequenciais naturais de uma disciplina, pois em diversos casos para a compreensão de um tópico é necessário a compreensão de um tópico anterior.

Quando se pensa no ensino formal, a maioria dos materiais cumpre tal função organizacional, sendo organizados de uma forma sequencial. Ausubel propõe que para se potencializar tal processo é interessante o fornecimento de organizadores em cada unidade do material. A grande vantagem de se utilizar de uma organização sequencial é a distribuição

sequencial e gradativa de dificuldades, garantindo que os conceitos já aprendidos servirão de base para a compreensão dos próximos.

Por fim, a consolidação seria a etapa “final” da aprendizagem antes que se inicie um assunto novo, ou seja, neste momento o objetivo principal é assegurar que os temas e conceitos abordados estejam dominados pelos estudantes. Para isso, é preciso que se revise os conteúdos e se necessário que se repita os conteúdos de maneira e quantidade adequadas para a aprendizagem do estudante. Tal momento também exige práticas diferenciadas daquelas já realizadas, para que possa se observar o domínio do estudante a respeito do conteúdo em outros contextos que envolvem o mesmo assunto.

No cotidiano escolar, Ausubel cita que um momento oportuno de se realizar tal atividade é na devolutiva das avaliações. Para o autor, este momento é uma oportunidade de se identificar as dúvidas e saná-las. Também é importante pensar a consolidação em um processo onde se envolvem tarefas sequenciais, pois, é necessário que se compreenda determinado assunto para que se avance para um próximo. Assim, a importância da consolidação se dá pela melhor clareza com que se organizam os conceitos aprendidos, bem como a estabilidade deste processo cognitivo.

Com tais formas, Ausubel indica meios de se planejar um material potencialmente significativo, sendo estes propícios para a Aprendizagem Significativa. Para que tal teoria seja eficaz em todos os sentidos, é necessário que se utilize instrumentos de avaliação condizentes com a proposta de Ausubel, os mais conhecidos são os Mapas Conceituais e os Diagramas V. No presente trabalho foi utilizado Mapas Conceituais como um dos instrumentos de avaliação, assim a próxima seção vem elucidar mais detalhes de tal instrumento.

3.1.2 Mapas Conceituais

Para a elaboração de uma Unidade Didática é necessário que se tenha instrumentos condizentes com os objetivos e as propostas escolhidas, objetivando a aprendizagem (OSTERMANN; CAVALCANTI, 2010). Assim, como citado anteriormente, a Aprendizagem Significativa de Ausubel tem como principais instrumentos o V Epistemológico e os Mapas Conceituais, estes que

foram desenvolvidos pensando nos pressupostos dessa teoria (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1980).

No presente trabalho, escolheu-se a utilização de Mapas Conceituais como instrumento tanto de aprendizagem quanto avaliativo. Tal escolha foi embasada pensando-se nos participantes da unidade que são estudantes do Ensino Médio e não tinham familiaridade com nenhum instrumento supracitado. Assim entende-se que os Mapas Conceituais são mais intuitivos, e de mais fácil aprendizagem.

Joseph Novak e seus colaboradores desenvolveram os mapas conceituais objetivando a representação de relações significativas entre conceitos (NOVAK; GOWIN, 1996). Eles acompanharam crianças com a finalidade de entender como elas compreendiam a ciência. A pesquisa se desenvolveu por meio de entrevistas que foram posteriormente transcritas e analisadas, porém tal método se mostrou insuficiente para a compreensão de mudanças conceituais específicas por parte das crianças. Assim, viu-se a necessidade de encontrar uma forma de representar tais mudanças de maneira mais eficiente, com isso propôs-se que o conhecimento das crianças fosse representado por meio de mapas conceituais (NOVAK; MUSONDA, 1991; NOVAK; CAÑAS, 2010).

Segundo Novak e Cañas (2010, p. 10) mapas conceituais são,

[...] ferramentas gráficas para a organização e representação do conhecimento. Eles incluem conceitos, geralmente dentro de círculos ou quadros de alguma espécie, e relações entre conceitos, que são indicadas por linhas que os interligam. As palavras sobre essas linhas, que são palavras ou frases de ligação, especificam os relacionamentos entre dois conceitos.

Os autores ainda ressaltam que o conjunto de dois ou mais conceitos conectados pelas palavras de ligação ou frases constituem uma proposição, esta que deve ser uma afirmação com sentido.

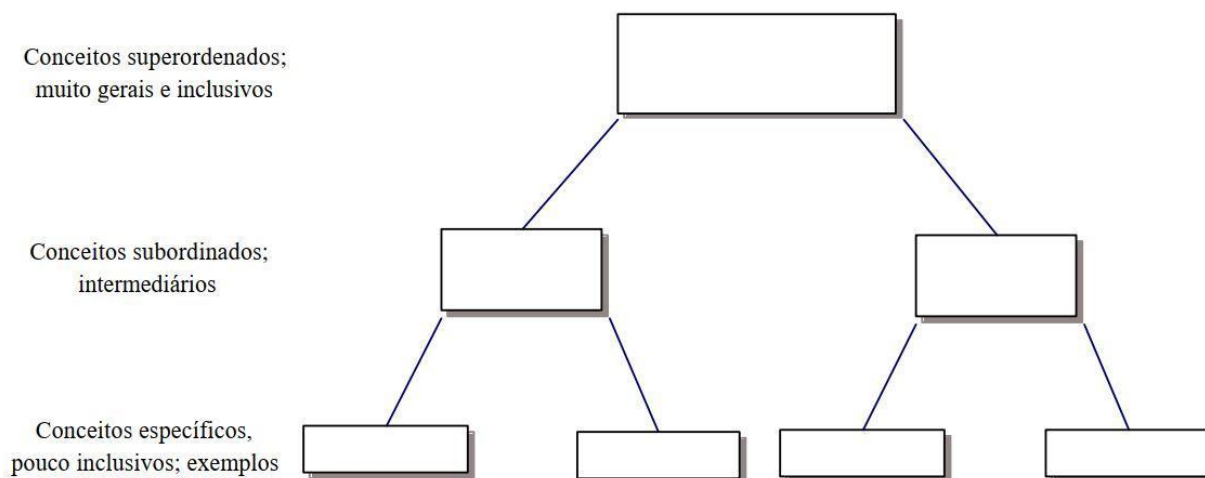
Para Moreira (2006, p. 9) mapas conceituais,

[...] são apenas diagramas que indicam relações entre conceitos. Mais especificamente, podem ser interpretados como diagramas hierárquicos que procuram refletir a organização conceitual de um corpo de conhecimento ou de parte dele.

Assim, pode-se entender que o Mapa Conceitual é um instrumento que auxilia os processos de ensino e de aprendizagem ancorado nos preceitos da Aprendizagem Significativa, e como frisa Moreira (2012, p.1) “mapas conceituais não buscam classificar conceitos, mas sim relacioná-los e hierarquizá-los” e com isso podem ser utilizados de diversas formas no processo educacional e de pesquisa.

Embasado na teoria da Aprendizagem Significativa, os mapas conceituais apresentam os conceitos de uma maneira hierárquica, no qual conceitos mais inclusivos e gerais são postos no topo enquanto os mais específicos abaixo. Pode-se então fazer uma correlação direta com a ideia da Diferenciação Progressiva, conceituada por Ausubel (NOVAK; CAÑAS, 2010; MOREIRA, 2006). A figura 1 ilustra um Mapa Conceitual simples.

Figura 1 – Um modelo para mapeamento conceitual segundo a teoria de Ausubel.



Fonte: MOREIRA, 2006, p.11

Para que tal hierarquização seja feita da maneira correta é imprescindível que se conheça o contexto da área do conhecimento que está sendo construído. Assim, segundo Novak e Cañas (2010, p. 10), “[...] o ideal é que mapas conceituais sejam elaborados a parte de alguma questão particular que procuramos responder, o que denominamos questão focal”.

Além da questão hierárquica, os autores citam que:

[...] outra importante característica é a inclusão de cross links, ou ligações cruzadas, que são as relações ou ligações entre conceitos nos diferentes segmentos ou domínios do mapa conceitual (NOVAK; CAÑAS, 2010, p. 10).

Tais ligações cruzadas, quando estão relacionadas com o desenvolvimento de um conhecimento novo podem, segundo Novak e Cañas (2010), representar saltos criativos. Assim, como citam os autores

Há duas características dos mapas conceituais importantes na facilitação do pensamento criativo: a estrutura hierárquica que é representada num bom mapa conceitual e a capacidade de buscar e caracterizar novas ligações cruzadas. (NOVAK; CAÑAS, 2010, p.10).

No contexto do presente trabalho, essa característica facilitadora ao processo criativo vai ao encontro com o conceito de Alfabetização Científica adotado, visando que o educando seja autônomo. Na figura 2 é exemplificado um mapa conceitual descrevendo a estrutura e as características supracitadas.

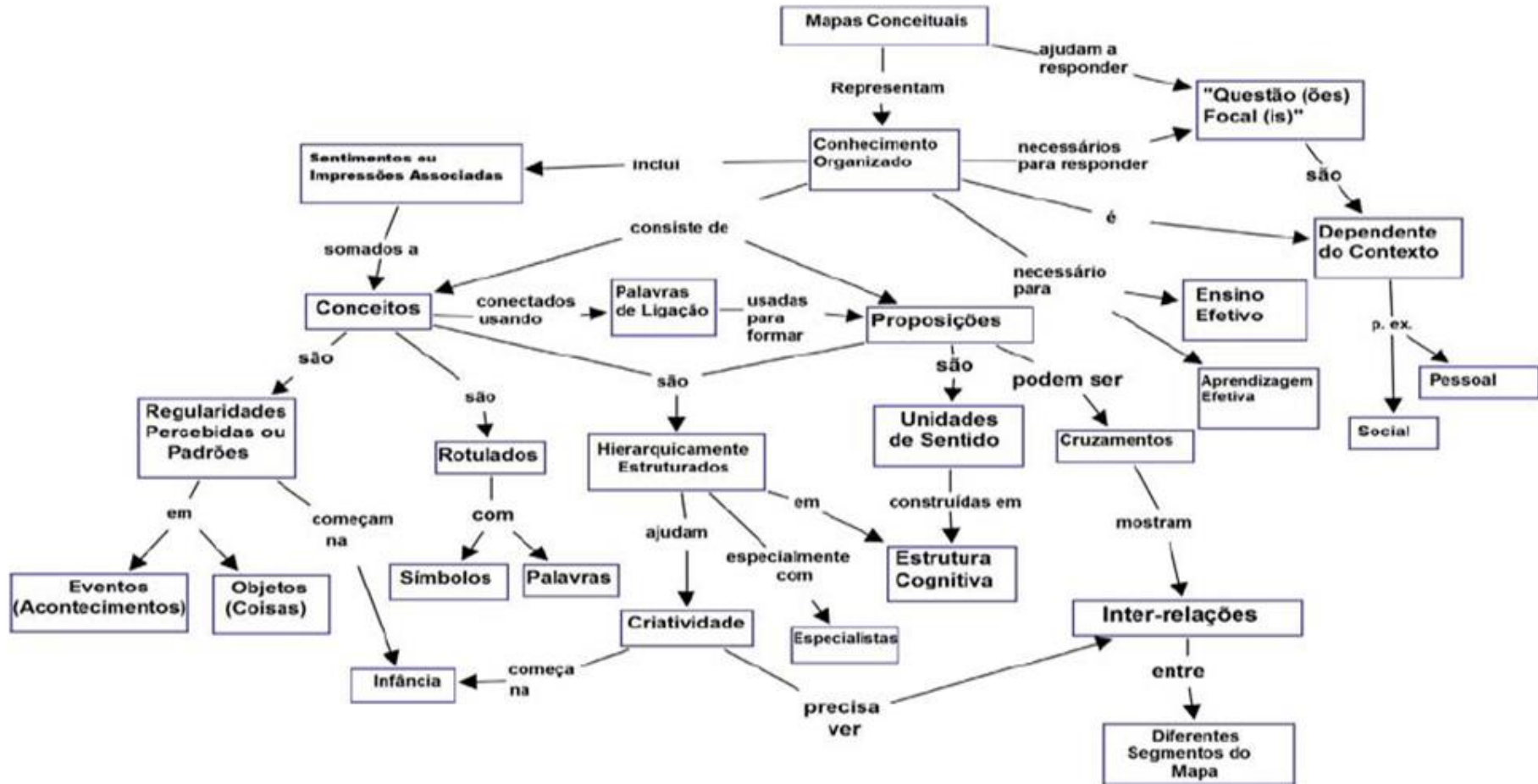
Como citado anteriormente, é possível utilizar mapas conceituais de diversas formas. Podem assim ser utilizados tanto como instrumento de ensino quanto instrumento de aprendizagem, serve também como uma forma auxiliar para o planejamento e organização do currículo. (MOREIRA, 2006, 2012).

A utilização de Mapas Conceituais como instrumento didático se dá principalmente pela exposição das relações hierárquicas entre os conceitos que serão ensinados, com isso, fica explícita as relações de subordinação e superordenação entre conceitos. Porém, como cita Moreira (2006, p. 16)

[...] contrariamente à textos e outros materiais instrucionais, mapas conceituais não dispensam explicações do professor. A natureza idiossincrática de um mapa conceitual, dada por quem faz o mapa [...], torna necessário que o professor guie o aluno [...].

Quando se pensa na utilização dos Mapas Conceituais como instrumento avaliativo é importante ressaltar que não se objetiva testar os conhecimentos ou atribuir nota ao estudante pensando em um sistema de classificação, mas sim identificar a forma com que esse estudante relaciona conceitos, ou seja, “como ele estrutura, hierarquiza, diferencia, relaciona, discrimina, integra, conceitos [...]” (MOREIRA, 2006, p.19).

FIGURA 2 – Mapa Conceitual expondo as características dos Mapas Conceituais.



Fonte: NOVAK e CAÑAS, 2010, p 10.

Ainda a respeito da utilização dos Mapas Conceituais como instrumento avaliativo, Moreira (2012, p. 7-8) cita

[...] nunca se deve esperar que o aluno apresente na avaliação o mapa conceitual 'correto' de um certo conteúdo. [...]. O que o aluno apresenta é o seu mapa e o importante não é se esse mapa está certo ou não, mas sim se ele dá evidências de que o aluno está aprendendo significativamente o conteúdo.

Há diversas formas de utilizar os Mapas Conceituais como instrumento avaliativo, pode-se por exemplo: utilizar mapas com erros pedindo para que os estudantes o corrijam; propor a construção de um mapa dando alguns conceitos obrigatórios; trabalhar com mapas colaborativos etc. Assim, observa-se que os Mapas Conceituais possibilitam que o professor trabalhe de diversas formas e que consiga observar mais as potencialidades dos estudantes em situações diversas.

Assim, chega-se à conclusão de que a utilização de mapas conceituais como instrumento avaliativo, dentro de uma perspectiva da Aprendizagem Significativa, é fundamental, uma vez que contrasta com os instrumentos de avaliação "usuais" utilizados na aprendizagem mecânica (estes que não externalizam as relações de significados) e são fundamentais para "visualizar" indícios de aprendizagem significativa (MOREIRA, 2006, 2012).

Novak e Cañas (2010) expõem alguns itens fundamentais para a aprendizagem da elaboração de bons mapas conceituais. Inicialmente os autores citam que é importante que nesse processo de aprendizagem seja escolhido um tema familiar, o que auxilia na elaboração da questão que se deseja compreender, criando assim um contexto que ajuda na determinação da hierarquização dos conceitos. Para os autores

[...] um bom modo de definir o contexto para um mapa conceitual é instituir uma questão focal, ou seja, uma pergunta que especifica claramente o problema ou questão que o mapa conceitual deve ajudar a resolver. Todo mapa conceitual responde a uma questão focal, e uma boa questão focal pode conduzir a um mapa conceitual muito mais rico. (NOVAK; CAÑAS, 2010, p.16).

Em um segundo momento, após a identificação do contexto e a elaboração da questão focal, identificam-se os conceitos-chave que estão relacionados com o contexto definido. Uma vez listados, é possível organizá-los, de maneira a se distinguir os mais gerais e inclusivos daqueles menos gerais e mais

específicos (NOVAK; CAÑAS, 2010). Com isso feito é possível elaborar um mapa conceitual preliminar, segundo os autores o mapa preliminar pode ser feito de diversas maneiras como, por exemplo, através da utilização de Post-its em um quadro, por meio da utilização de softwares dando destaque ao programa Cmap Tools ou até mesmo com papel e caneta apenas.

Após feito essa versão preliminar deve-se buscar ligações cruzadas, estas que são um bom indício de que o estudante compreende as relações entre os subdomínios do mapa (NOVAK; CAÑAS, 2010).

Além disso os autores citam que

[...] é importante saber que um mapa conceitual nunca está finalizado. Uma vez concluído o mapa preliminar, é sempre necessário revisá-lo. Outros conceitos podem ser adicionados. (NOVAK; CAÑAS, 2010, p. 16).

Assim, o “último” passo é a revisão do mapa, podendo-se reposicionar conceitos buscando maior clareza, melhor estrutura. Pode-se considerar o desenvolvimento do mapa um processo de retroalimentação, ou seja, a partir de novos conhecimentos adquiridos, novas formas de organizar e novos conceitos podem “surgir” (NOVAK; CAÑAS, 2010).

Tal orientação de Novak e Cañas (2010) serviu como base para a elaboração do primeiro encontro da Unidade Didática construída no presente trabalho, este teve o objetivo de familiarizar os participantes com o instrumento e realizar alguns exemplares e exercícios para que pudessem, nos demais encontros, produzir os Mapas Conceituais que foram avaliados, tal etapa é essencial uma vez que somente uma vez que o estudante compreenda os elementos e a construção de um Mapa Conceitual é que é possível utilizá-lo de maneira didática. Assim pode-se dizer que o presente trabalho utilizou dos Mapas Conceituais de duas formas: 1) como instrumento de organização dos conteúdos para os encontros, possibilitando a elaboração de um material potencialmente significativo; 2) como instrumento de avaliação, tendo como objetivo identificar a forma com que os estudantes assimilaram o conteúdo e também buscando indícios de aprendizagem significativa.

No próximo tópico será feita uma apresentação e discussão a respeito da História e Sociologia da Ciência no Ensino de Ciências, expondo sua importância para a ACT e como foi articulado tais referenciais na proposta da unidade didática.

3.2 HISTÓRIA E SOCIOLOGIA DA CIÊNCIA NO ENSINO DE CIÊNCIAS

O presente tópico tem a finalidade de expor alguns pontos a respeito da utilização da História e Sociologia da Ciência (HSC) no Ensino de Ciências, das possibilidades que tal uso dá ao professor e reflexos desse uso na aprendizagem.

A “crise” no Ensino de Ciências, anteriormente citada, fomentou diversos trabalhos e hipóteses de quais caminhos tomar visando uma melhora educacional. Uma das possibilidades foi um ensino contextualizado, uma vez que dessa forma o conteúdo apresentado estaria mais “próximo” do estudante. Outra questão que diversas pesquisas apontaram como benéficas ao ensino seria a exposição do processo de desenvolvimento da Ciência, deixando de lado a ideia da apresentação apenas de teorias e fórmulas prontas, como se não tivessem nenhum contexto envolvido em sua construção. Assim, para apresentar tal processo científico, utilizar-se da História, Filosofia e Sociologia da Ciência se mostrou uma alternativa interessante, sendo isso exposto em diversas pesquisas (BATISTA; ARAMAN, 2009; TEIXEIRA; GRECA; FREIRE, 2009, 2012; HÖTTECKE; SILVA, 2011).

O Ensino de Ciências quando realizado de uma maneira puramente técnica acaba por “criar” diversas visões equivocadas da Ciência, aliado a abstração que alguns resultados científicos têm, prejudicam o processo de aprendizagem, “coloca” muitas vezes a ciência em um local neutro e ignora sua dimensão humana. Assim, a utilização da HSC é uma forma de expor tais pontos podendo assim facilitar a compreensão dos conceitos e levantando discussões a respeito do contexto a qual estavam inseridos os cientistas da época (MARTINS, 1990). Para Matthews (1995) existem diversos fatores que justificam a utilização da HSC no Ensino de Ciências, são eles: o maior engajamento dos estudantes; humanização dos conteúdos, a possibilidade de aulas mais reflexivas; a exposição do “caminho” traçado até as conclusões; a demonstração do caráter provisório da ciência e também o melhor entendimento da metodologia científica bem como suas mudanças.

Ainda a respeito das possibilidades de contribuições com a utilização da HSC no Ensino de Ciências, Peduzzi (2001) cita que tal utilização pode contribuir para uma aprendizagem significativa; auxilia no entendimento da constante “mudança” do pensamento científico bem como suas teorias; além disso, a partir da história é possível proporcionar discussões a respeito do desenvolvimento científico-tecnológico juntamente com seus impactos sociais. Tais fatores são fundamentais

para que uma ACT seja alcançada, assim, a utilização da HSC se mostra importante neste processo, uma vez que contextualiza, humaniza e problematiza o desenvolvimento técnico-científico.

Gil Pérez *et al.* (2001) listaram algumas visões deformadas que os estudantes apresentam quando o assunto é Ciência. Tais imagens distorcidas são ingênuas, porém muito difundidas e cria um estereótipo inadequado do cientista e da Ciência, visão essa que acaba por afastar muitos indivíduos do meio científico e em último caso a ter uma visão negacionista da Ciência, como citado no capítulo anterior. A seguir são listadas as deformações apontadas:

1. **Visão empírico-indutivista e ateórica da Ciência:** destaca o papel “neutro” da observação e da experimentação, esquecendo o papel essencial das hipóteses como orientadoras da investigação, assim como dos corpos coerentes de conhecimentos (teorias) disponíveis, que orientam todo o processo.

2. **Visão rígida (algorítmica, exata, infalível) da Ciência:** apresenta-se o “método científico” como um conjunto de etapas a seguir mecanicamente. Destaca-se um tratamento quantitativo, um controle rigoroso, esquecendo ou recusando a criatividade, o caráter tentativo e a dúvida.

3. **Visão apromática e ahistórica (dogmática e fechada) da Ciência:** transmite-se os conhecimentos já elaborados sem mostrar os problemas que lhe deram origem, sua evolução, as dificuldades encontradas etc.

4. **Visão exclusivamente analítica da Ciência:** destaca a necessária divisão parcelar dos estudos, seu caráter limitado, simplificador; com isso se esquece os esforços posteriores de unificação e de construção de corpos coerentes de conhecimentos ou o tratamento de “problemas-ponte” entre diferentes campos de conhecimento que podem unificar-se.

5. **Visão meramente acumulativa e de crescimento linear dos conhecimentos científicos:** o desenvolvimento científico aparece como fruto de um crescimento linear, puramente cumulativo, que ignora as crises e as remodelações profundas.

6. **Visão individualista e elitista da Ciência:** os conhecimentos científicos aparecem como obras de gênios isolados, ignorando o papel do trabalho coletivo e cooperativo, dos intercâmbios entre equipes. A partir disto se tem uma visão que os resultados obtidos por um só cientista ou equipe podem ser suficientes para confirmar ou refutar uma hipótese ou toda uma teoria.

7. Visão descontextualizada e socialmente neutra do trabalho científico: esquecem-se as complexas relações entre Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS).

Como pode ser visto, há diversas formas que os estudantes podem “enxergar” a ciência, e as apresentadas acima só distanciam mais ainda o Ensino de Ciências da ACT. Com isso, é importante que se tenha em mente tais pontos para que se possa elaborar estratégias que, no mínimo, minimizem tais ideias deformadas. A utilização da História da Ciência, como citado, tem impactos diretos nesse processo, porém, ela por si só pode não ser suficiente. Assim, pensando principalmente no último ponto elencado (visão descontextualizada e socialmente neutra do trabalho científico) e buscando uma ACT, alguns aspectos da Sociologia da Ciência serão apresentados juntamente com a maneira que foram utilizados na elaboração da Unidade Didática.

Quando comparada à História e Filosofia da Ciência, a Sociologia é um campo relativamente novo, e sua utilização no ensino ainda é tímida, porém com o crescimento do Movimento CTS, muitos conceitos foram incorporados ao ensino buscando justamente que o estudante entendesse a complexa dinâmica existente entre CTS. Como citado anteriormente, a ideia de ACT adotada pressupõe que o estudante entenda de que forma Ciência, Tecnologia e Sociedade se interrelacionam, sendo esse processo dinâmico e complexo.

Em meados do século XX, diversos estudos foram desenvolvidos em contraponto à visão empírico-dedutiva e descontextualizada da Ciência que se tinha. Tais estudos se concentravam em diversas áreas, podendo-se citar História, Sociologia e Epistemologia das Ciências (MEGLHIORATTI; BATISTA, 2018). Segundo estas autoras,

[...] análises a respeito do conhecimento científico também foram realizadas por estudiosos da Sociologia da Ciência e da Sociologia do Conhecimento Científico, que se preocuparam, por exemplo, com: 1) a constituição e organização da instituição científica (Merton, 2013); 2) os aspectos sociais na construção do conteúdo do conhecimento científico (Bloor, 2009; Latour & Woolgar, 1997); 3) a construção de redes sociotécnicas constituídas por elementos humanos e não humanos, que levam à emergência de fatos científicos (Latour, 2001); 4) a compreensão da Ciência por meio de campos científicos, que possuem certa autonomia, mas que se articulam a outros campos sociais (Bourdieu, 2004a; Shinn & Ragouet, 2008) (MEGLHIORATTI; BATISTA, 2018, p.2)

A respeito da Sociologia da Ciência, há diversas maneiras/perspectivas que podem ser adotadas, Shinn e Ragouet (2008) propuseram uma organização considerando como tais perspectivas entendem a Ciência e como ela interage com as questões “externas”. A partir de tal pressuposto, os autores chegaram a três linhas: a diferenciacionista, antidiferenciacionista e transversalista. A primeira linha tem como principal ator Robert Merton, que muitos consideram como um dos pioneiros nos estudos sociológicos a respeito da Ciência. Para o autor, a Ciência é uma instituição social que, ao mesmo tempo, é influenciadora e influenciada por outras instituições, porém a Ciência detém de uma organização e autonomia própria, algo que a diferencia de outras instituições. Para Shinn e Ragouet (2008) tal perspectiva teve influências positivas para um olhar mais atento às questões sociológicas, porém trata-se de um olhar “homogêneo” da ciência ignorando as diversas particularidades intrínsecas a cada área bem como os aspectos cognitivos envolvidos.

Para Shinn e Ragouet (2008) três fatores enfraqueceram a visão diferenciacionista. O primeiro foi o impacto da obra de Thomas Kuhn (2005) que trouxe conceitos como ciência normal e paradigma. Com isso uma discussão foi levantada com certa relativização em relação a construção do conhecimento científico. O segundo ponto foram as crescentes críticas a respeito do efeito danoso do “avanço” científico em relação às questões ambientais. Por último a perspectiva construtivista nas análises da Sociologia da Ciência, que dava ênfase ainda mais para os aspectos cognitivos da construção científica. Assim tais fatores tiveram um impacto direto na forma que se pensava a Sociologia da Ciência, e tal movimento inaugurou uma “nova sociologia da ciência” que tinha diversas formas de pensar a ciência, porém para os autores o que todas tinham em comum era justamente a relativização da construção do conhecimento científico juntamente com uma perspectiva construtivista de tal processo. Shinn e Ragouet (2008) classificam então esse “novo” movimento como antidiferenciacionista, uma vez que os autores dessa nova forma de pensar negavam qualquer separação entre Ciência e aspectos sociais.

Desse contexto, que Shinn e Ragouet (2008) propõem, a partir da ideia de campo científico (BOURDIEU, 2004b; WHITLEY, 1984), uma visão transversalista que tenta “olhar” para a ciência considerando tanto seus aspectos “internos”, particularidades e especificidade do campo científico, porém sem ultrapassar as demarcações em relação a outras atividades sociais e ao mesmo tempo

pensar no desenvolvimento científico a partir de seus aspectos cognitivos e sociais “externos”.

Assim, a partir da ideia central do trabalho que visa alfabetizar científica e tecnologicamente os participantes, a utilização da Sociologia da Ciência se faz necessária para que se entenda a relação CTS de forma complexa. Com isso a perspectiva transversalista, por meio da ideia dos campos científicos de Bourdieu se mostrou mais adequada. Segundo o autor,

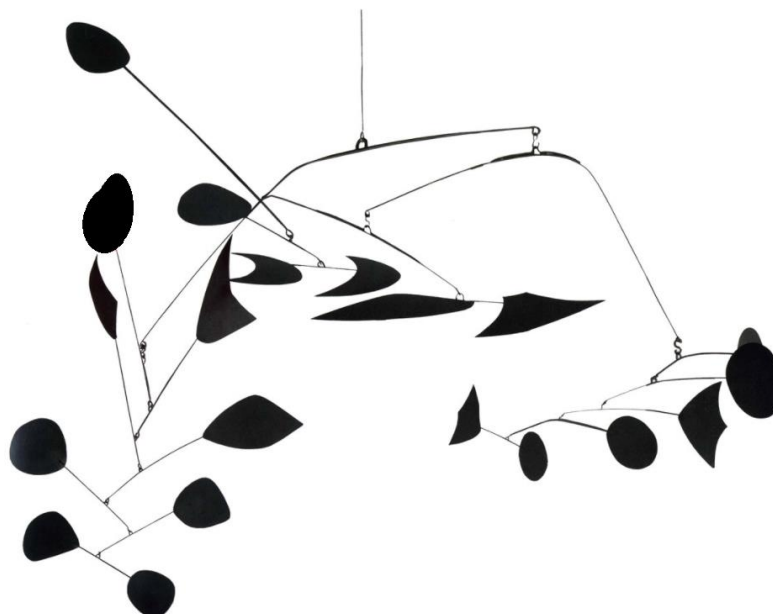
[...] há, de um lado, os que sustentam que, para compreender a literatura ou a filosofia, basta ler os textos. Para os defensores desse fetichismo do texto autonomizado que floresceu na França com a semiologia e que refloresce hoje em todos os lugares do mundo com o que se chama de pós-modernismo, o texto é o alfa e o ômega e nada mais há para ser conhecido, quer se trate de um texto filosófico, de um código jurídico ou de um poema, a não ser a letra do texto. Esquematizo um pouco, mas bem pouco. Em oposição, uma outra tradição, frequentemente representado por pessoas que se filiam ao marxismo, quer relacionar o texto ao contexto e propõe-se a interpretar as obras colocando-as em relação com o mundo social ou o mundo econômico. Há toda sorte de exemplos dessa oposição [...] (BOURDIEU, 2004b, p.19)

O autor complementa,

É para escapar a essa alternativa que elaborei a noção de campo. É uma ideia extremamente simples, cuja função negativa é bastante evidente. Digo que para compreender uma produção cultural (literatura, ciência etc.) não basta referir-se ao conteúdo textual dessa produção, tampouco referir-se ao contexto social contentando-se em estabelecer uma relação direta entre o texto e o contexto. [...] Minha hipótese consiste em supor que, entre esses dois polos, muito distanciados, entre os quais se supõe, um pouco imprudentemente, que a ligação possa se fazer, existe um universo intermediário que chamo o *campo literário, artístico, jurídico* ou *científico*, isto é, o universo no qual estão inseridos os agentes e as instituições que produzem, reproduzem ou difundem a arte, a literatura ou a ciência. Esse universo é um mundo social como os outros, mas que obedece a leis sociais mais ou menos específicas.” (BOURDIEU, 2004b, p.20)

Como citado, os campos têm suas especificidades e se organizam internamente de maneiras distintas, tendo regras específicas, porém tais campos interagem entre si. Tal interação pode-se dizer que são pressões externas ao campo, e a partir de tais pressões, dependendo do capital simbólico que detém, o campo pode absorver, traduzir ou rejeitar tais pressões. Em entrevista, Bourdieu cita que a ideia de campos e suas relações com os demais pode ser representada por um móbil, conforme exposto na figura 3, pois é uma rede onde tudo está interligado, porém cada componente tem sua forma específica (CATANI, 2002).

Figura 3 – Móbile de Calder



Fonte: Curso de Teoria da Comunicação e-USP¹

Ainda a respeito das relações de poder entre campos e a representação que Bourdieu propôs, Montagner e Montagner citam:

Pode-se mesmo afirmar que os campos são áreas concretas do mundo social e suas relações são historicamente construídas. Dessa forma, as relações entre os campos são entre campos dominantes e campos dominados, e os agentes podem usar a estratégia migratória entre eles, através da “conversão”. Esta concepção de Bourdieu foi por ele materialmente vislumbrada nos móveis de Alexander Calder, nos quais a mobilidade do conjunto está ligada à interdependência entre os subconjuntos e os campos individuais. (MONTAGNER; MONTAGNER, 2011. p. 263)

Meglhioratti e Batista (2018) mostram em seu estudo que existem diversas formas e perspectivas para a inserção da Sociologia da Ciência no Ensino de Ciências. Como citado anteriormente, o presente trabalho buscando formas de alfabetizar científica e tecnologicamente, pensando principalmente que o estudante compreenda a complexidade das relações CTS, uma visão transversalista se mostra mais adequada sendo sua utilização representada pelos campos de Bourdieu. Assim, tal perspectiva foi um dos pilares para a elaboração da unidade didática, buscando sempre correlacionar os campos Científico, Tecnológico e Social.

¹ Disponível em: < <https://edisciplinas.usp.br/mod/resource/view.php?id=74927> > Acesso em: 01 fev. 2021

Buscando temas que possibilitassem explorar a HSC juntamente com a complexidade das relações CTS é que se escolheu, para este trabalho, o tema Usinas Nucleares, tema esse que carrega consigo diversas narrativas tecno-sociais que levantam diversos debates que só podem ser resolvidos quando considerados os diversos aspectos que estão envolvidos e para isso é necessário a ACT. Assim, a seguir será feito um breve levantamento das principais questões que envolvem a temática.

3.3 ENSINO DE FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA NO ENSINO MÉDIO

O Ensino de Física Moderna e Contemporânea (FMC) no Ensino Médio ainda é algo pouco presente nas salas de aulas, apesar das discussões a respeito da inserção de tais assuntos, muitos obstáculos ainda devem ser ultrapassados, indo desde a formação dos professores até questões de materiais didáticos, estes que em muitos momentos não chegam aos professores. Pesquisas citam alguns pontos que devem ser considerados para que tais assuntos sejam trabalhados, pode-se citar como exemplo, o despertar da curiosidade dos estudantes; uma aproximação maior entre as tecnologias atuais e as teorias que fundamentaram seu desenvolvimento, ou seja, uma aproximação maior entre o cotidiano do estudante e a Física; a exposição de ideias “revolucionárias” que estabeleceram este novo momento da Física e do entendimento do universo (OSTERMANN; FERREIRA; CAVALCANTI, 1998; OSTERMANN; MOREIRA, 2000; VALADARES; MOREIRA; 1998).

Outra justificativa bastante válida é a presença constante de tecnologias que envolvem a FMC nas mídias, seja em filmes, jogos, reportagens etc. Tal presença cria alguns questionamentos a respeito do que foi apresentado, algo que é um facilitador para uma Aprendizagem Significativa uma vez que os estudantes já têm certa “referência” do assunto. Outro aspecto importante é quando se pensa na própria ACT, uma vez que a ideia é que o estudante tenha condições de compreender e interagir pensando no presente, isso perpassa por assuntos da FMC. Ostermann e Moreira (2000) realizaram uma pesquisa consultando professores do Ensino Médio, pesquisadores da área de ensino de física e físicos com a finalidade de elencar alguns temas relevantes para que fossem abordados no Ensino Médio, com isso destacam-se: efeito fotoelétrico, átomo de Bohr; leis de conservação, radioatividade, forças

fundamentais, dualidade onda-partícula, fissão e fusão nuclear, origem do universo, raios-x, metais e isolantes, semicondutores, partículas elementares, relatividade restrita, *big bang*, estrutura molecular e fibras ópticas. Tais temas direta e indiretamente fazem parte do cotidiano dos estudantes, assim a contextualização durante as aulas se torna algo natural, algo que facilita o processo de aprendizagem.

Assim, dadas as diversas justificativas da inserção de temas de FMC, a escolha do tema a respeito das Usinas Nucleares se justifica, uma vez que envolve diversos fatores essenciais para o presente trabalho, como temas atuais, abertos o suficiente para uma discussão CTS e presente nas mídias citadas acima. Nos próximos tópicos serão apresentados conceitos fundamentais que permeiam as Usinas Nucleares.

3.3.1 “Pré-História” e História da Física Nuclear

As referências utilizadas para a elaboração deste tópico são as seguintes: Peduzzi (2005); Pinheiro et. al. (2011); Fiolhais (1992); Galetti e Lima (2010); Melzer e Aires (2015); Martins (1990). Assim as citações serão utilizadas somente quando necessário.

O desenvolvimento científico é um processo de idas e vindas, de formulações de hipóteses, testes empíricos, modelagem, teorias. A questão é entender que diversos atores tiveram suas contribuições nesse desenvolvimento, e que todas as perguntas feitas eram a espécie de uma porta onde outras novas questões surgiam e com isso a busca pelo conhecimento sempre continua. A Física Nuclear não foge disso, uma vez em dado momento ela foi a “porta” a se abrir e a partir dela outras novas surgiram. Assim, no presente tópico, serão expostos alguns feitos científicos que “culminaram” na Física Nuclear.

A curiosidade sempre foi um fator essencial para o desenvolvimento do conhecimento, antes mesmo do que chamamos de Ciência Moderna “surgir”, filósofos da antiga Grécia já elaboravam questões do tipo “De que somos feitos? De que a Terra é feita? De que o Universo é feito?” Diversas hipóteses foram formuladas a respeito, porém foram Leucipo, Demócrito e Epicuro que propuseram a ideia de *átomo*, que vem do grego “indivisível”. Para tais filósofos todas as substâncias existentes seriam compostas por pequenos corpos indivisíveis, de resto, o que existia era apenas vazio. Tal hipótese “convivia” com diversas outras e nenhuma delas tinham

algo empírico que as fundamentassem, isso se deve também a forma com que os filósofos conduziam seus estudos. Para o estudo das diversas correntes filosóficas a respeito da constituição da matéria recomenda-se a leitura de Peduzzi (2005).

Um longo tempo foi necessário para que a ideia de átomo fosse novamente citada. Dalton, no século XIX, a partir de procedimentos experimentais envolvendo a massa de gases, propôs um modelo “atômico” da matéria, porém vale ressaltar que neste momento, diferentemente da Grécia antiga, tais hipóteses e modelos eram pautados também pela experimentação, ou seja, por resultados empíricos, tendo assim este “novo” átomo um caráter um pouco diferente do antigo. A ideia de átomo ainda se confundia com a de elementos e moléculas, porém “um grande debate ocorria entre os cientistas na época. Teriam os átomos e moléculas existência real, ou seriam eles somente uma construção mental de grande utilidade para se entenderem os processos químicos? A matéria é de fato atômica?” (GALETTI; LIMA, 2010, p. 16). Apesar de algumas evidências, muitas lacunas ainda existiam no modelo atômico de Dalton.

Paralelamente a isso, diversos experimentos com descargas elétricas em gases estavam sendo realizados nos chamados Tubos de Crookes. Com o estudo de tal experimento chegou-se à ideia dos raios catódicos, e foi a partir da investigação a respeito de tais raios e algumas variações que Röntgen detectou os Raios-X. Tal radiação misteriosa tornou-se alvo de diversas discussões, uma delas se dava em relação a fluorescência do tubo de Raios-X.

Poincaré sugere que talvez outros materiais que tivessem as mesmas propriedades fluorescentes do tubo de Raio-X também emitissem tal radiação. Becquerel, investigando tais fenômenos e buscando uma resposta para a proposição de Poincaré, estava utilizando sais de Urânio que quando expostos ao Sol se tornavam fluorescentes, com tal propriedade aparente, restava saber se os sais emitam Raios-X, para isso utilizou-se as chapas fotográficas buscando observar se elas seriam “marcadas” como as que eram expostas aos Raios-X.

A hipótese se mostrou correta, ou seja, as chapas ficaram marcadas e em um primeiro momento acreditou-se que os sais de Urânio também emitiam Raios-X. Porém, em um dado momento sem que os sais de Urânio estivessem expostos a luz solar, e conseqüentemente não emitiam a fluorescência, o mesmo fenômeno de marcação das chapas ocorreu. Tal acontecimento não era esperado e com isso Becquerel propôs algumas explicações a respeito do fenômeno, porém não

mencionou em seus trabalhos a natureza das radiações emitidas nem qualquer menção ao caráter subatômico delas.

Após um tempo investigando tais fenômenos Becquerel abandonou os estudos, porém tais raios ficaram conhecidos como Raios de Becquerel, que foram objeto de estudo de Marie Curie e seu marido Pierre Curie. O casal estava em busca de outros elementos que emitissem os Raios de Becquerel, e detectaram alguns como por exemplo, Tório, Polônio (nomeado em homenagem ao país natal de Marie Curie, a Polônia) e o Rádium (elemento este que deu origem ao termo radioatividade). Neste contexto, existia ainda um questionamento em relação à existência dos átomos e ao caráter atômico da matéria, porém por meio dos estudos da radioatividade bem como outros, tal questionamento foi perdendo força consolidando assim a teoria atômica.

O casal Curie investigando as propriedades destes materiais radioativos observaram que a radiação emitida era altamente energética, essa intensidade era tamanha que na época sua magnitude ultrapassava o que era conhecido da energia associada às reações químicas. Outra constatação feita foi a de que “o fluxo de radiação emitida era proporcional apenas à quantidade do elemento e não dependia se ele era submetido a altas temperaturas ou era colocado em ar líquido” (GALETTI; LIMA, 2010, p.20). A partir disso concluiu-se que o fenômeno da radioatividade não estava relacionado com as propriedades químicas do elemento, isso indicaria que tal fenômeno deveria estar relacionado com o interior do átomo.

Estudando estas radiações, Rutherford realizou um experimento que consistia em colocar uma certa quantidade de um elemento radioativo dentro de um bloco de chumbo com uma cavidade apenas para analisar os feixes de raios que iriam sair da cavidade. Logo na saída dessa cavidade foi posto um ímã para observar se o campo magnético teria algum efeito nas radiações produzidas. A hipótese era a de que se alguma deflexão ocorresse a radiação seria composta por cargas elétricas e assim não seria do mesmo tipo que os raios-X uma vez que estes não sofriam tal desvio. A partir deste experimento Rutherford observou que ocorriam três tipos de radiação a partir do Urânio, são elas, Radiação Alfa, que foi pouco defletida pelo campo magnético, indo em direção ao polo negativo e que posteriormente identificou-se que se tratava do núcleo do átomo de Hélio; Radiação Beta, foi bastante defletida pelo campo magnético em direção ao polo positivo e que posteriormente foram identificadas como os elétrons; Radiação Gama não sofreu nenhum desvio e tem propriedades semelhantes a dos Raios-X.

Nesta altura, como citado anteriormente, o átomo já não indivisível, era composto por outras partículas. Thomson nos estudos com o Tubo de Crookes já havia detectado o elétron e o entendimento a respeito dos fenômenos elétricos levavam a crer que deveria existir cargas positivas para contrabalançar a ação eletrostática. O próprio Thomson propôs seu modelo a respeito, porém o modelo proposto continha diversas lacunas e foi analisando tais lacunas que Rutherford, Geiger e Marsden realizaram um experimento que consistia em bombardear uma fina folha de ouro com feixe de partículas Alfa. Após a realização do experimento, observaram que algumas delas tiveram um desvio fora do padrão esperado, ou seja, desviaram em uma angulação acima da esperada ou até mesmo para trás. Já se sabia que as partículas Alfa tinham cargas positivas, assim Rutherford e seus colaboradores propuseram que deveria existir internamente no átomo uma região de carga positiva que ocuparia uma região 20.000 vezes menor que a extensão atômica. Tal região foi denominada de núcleo atômico. Com tal detecção pode-se dizer que se iniciou os estudos a respeito do núcleo atômico, em outras palavras, o estudo da Física Nuclear.

A respeito desse novo campo Galetti e Lima (2010) citam:

A descrição que Rutherford propôs para o átomo distingue duas regiões espaciais, que têm propriedades diferentes. Além dos elétrons, que ficam nas regiões mais externas do átomo, o núcleo, muito pequeno, ocupa a posição central e tem carga elétrica positiva. Mas de que ele é feito? A primeira partícula constituinte do núcleo foi identificada pelo próprio Rutherford em 1919. São os prótons, que têm carga elétrica positiva de igual valor à carga do elétron, mas de sinal trocado, e sua massa é aproximadamente 1.850 vezes maior que a massa do elétron. Assim, àquele número de cargas positivas que compõem os núcleos está associado ao número de prótons. (GALETTI; LIMA, 2010, p. 23)

Com o modelo nuclear proposto, percebeu-se que deveria haver uma força nova, que fosse capaz de contrapor a força eletromagnética e assim manter o núcleo coeso, uma vez que os prótons têm carga positiva e acabam se repulsando, outra característica que tal força deveria ter um alcance curto, pois atuaria somente nas regiões nucleares. Tal força posteriormente foi denominada Força Nuclear Forte.

Através da espectrometria de massa, observou-se que deveriam existir mais constituintes no núcleo atômico com massa, porém tal resultado era “estranho” pois acreditava-se que só existissem os prótons no núcleo. Diversas explicações surgiram, uma delas foi a existência de elétrons no núcleo atômico, porém em 1932, Chadwick propôs a existência de uma nova partícula com a massa quase

igual à do próton, no entanto, sem carga elétrica, denominada Nêutron. Prótons e Nêutrons, os constituintes do núcleo atômico, foram denominados nucleons. Com isso, para o escopo do trabalho, as três principais partículas que constituem o átomo tinham sido detectadas.

A partir disto, e outros acontecimentos, a tabela periódica que já havia tido diversas formas de organização passou a ter como um dos critérios de organização o número atômico, que trata-se do número de prótons existente no núcleo atômico, algo que caracteriza um elemento químico. Porém, o mesmo elemento pode ter uma quantidade de nêutrons diferente entre si, ou seja, a massa atômica de um elemento pode variar, quando tem-se o mesmo elemento com um número de nêutrons diferente este é denominado um isótopo, ou seja, isótopos são aqueles elementos que possuem o mesmo número atômico (quantidade de prótons no núcleo), porém um número diferente de nêutrons.

Muitos elementos que são encontrados na natureza são estáveis, porém alguns são instáveis, tal instabilidade está diretamente associada ao número de prótons e nêutrons em seu núcleo. Assim, alguns isótopos são amplamente encontrados na natureza, outros, quando encontrados, estão em menor número. O resultado da instabilidade nuclear são as emissões radioativas, tais emissões acabam por transmutar o elemento, ou seja, o elemento que emite radiações muda sua constituição nuclear, e muitas vezes se transforma em outro elemento. Isso ocorre em todos os átomos de uma amostra radioativa, então em uma amostra a quantidade do elemento original decai com o tempo. Quando metade desta amostra decaiu utiliza-se o termo meia-vida, ou seja, meia-vida é o tempo médio que uma amostra demora para decair pela metade seus núcleos “originais”.

A natureza tende a buscar formas estáveis e isso acontece também com os núcleos atômicos, quando um núcleo não está em seu estado fundamental (de menor energia) está em um estado excitado, isso pode ocorrer quando o mesmo captura um constituinte adicional, tal fenômeno pode ser desde a captura de um nêutron a mais até a colisão com outros núcleos. Quando isso acontece, seu estado está altamente energético e necessita emitir esse excedente para que volte para seu estado fundamental, e tal emissão ocorre por meio das liberações das radiações alfa, beta e gama.

Quando Albert Einstein fez sua proposição que equiparou massa e energia ($E=mc^2$), diversas análises nucleares puderam ser observadas de outras

maneiras, uma delas é que a massa de um núcleo é menor que a soma das massas de seus constituintes. Isso também se aplica quando analisado energeticamente. Tal diferença é a chamada Energia de Ligação dos núcleos.

A busca por elementos mais “pesados” era algo bastante comum nos laboratórios, e a forma que se buscavam era basicamente inserir nêutrons, pois estes não tinham carga elétrica, algo que auxiliava quando se pensava na força eletromagnética envolvida. Diversos cientistas realizaram tais experimentos, porém alguns deles ao fazer observaram que ao invés de se ter elementos maiores o que encontravam eram elementos bem menores quando pensado na massa atômica. Esse fenômeno foi explicado por Lise Meitner e Frisch, a explicação era de que uma vez que os nêutrons fossem bombardeados, uma instabilidade se formava e o núcleo acabava se dividindo em dois elementos menores, esse fenômeno levou o nome de Fissão Nuclear. Tal reação nuclear emitia uma grande quantidade de energia e observaram que além disso um dos produtos da reação eram nêutrons, assim cogitou-se que esse produto poderia também iniciar novas fissões nucleares, o que chamou-se posteriormente de Reação em Cadeia. No próximo tópico será abordado mais a respeito de como tal fenômeno foi utilizado nas Usinas Nucleares.

Obviamente, a Física Nuclear tem muitas outras discussões, experimentos e feitos, porém, para o escopo deste trabalho os principais feitos foram citados. O tópico a seguir abordará a respeito das Usinas Nucleares.

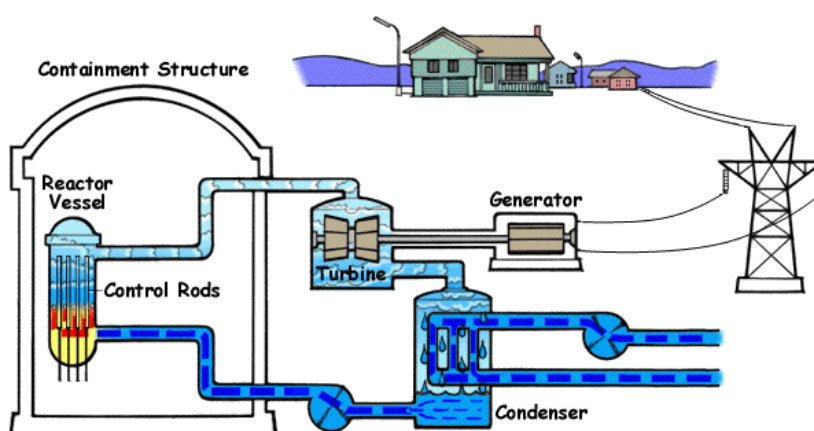
3.3.2 Usinas Nucleares

Existem diversas formas de se gerar eletricidade, praticamente todas consistem no giro de alguma estrutura (pás, turbinas etc.) que fica acoplada a um gerador, que por indução eletromagnética gera eletricidade. As Centrais Nucleares não são diferentes, de certa forma se assemelham muito as termoelétricas. Ambas consistem no aquecimento de um fluido líquido, geralmente a água, até sua vaporização. Este vapor será o responsável por girar as turbinas que estão acopladas através de um eixo no gerador elétrico. Diversas formas construtivas existem, tanto para as termoelétricas quanto para as nucleares. A diferença básica entre ambas as fontes geradoras é a fonte energética para aquecer o fluido. Enquanto nas termoelétricas geralmente se usa a queima de carvão, nas usinas nucleares a energia vem da fissão nuclear dos átomos.

Para ser utilizado em um reator nuclear o material necessita de algumas especificações, são elas: ter meia-vida longa; ser fissionável (elemento que a fissão nuclear pode ocorrer) e ser físsil (elemento em que consegue sustentar a fissão nuclear e as reações em cadeia). Na natureza praticamente nenhum material atende a essas exigências, o que satisfaz todas é o Urânio que tem diversos isótopos, o isótopo que atende as exigências de um reator nuclear, e por isso um dos elementos mais utilizados é o Urânio-235. Porém, o isótopo mais abundante na natureza, o Urânio-238, têm diversas limitações, mas é *fértil*, ou seja, após a absorção de um nêutron realiza alguns decaimentos e gera o Plutônio-239 que é físsil. A maior parte dos reatores utiliza o Urânio enriquecido que consiste em aumentar os percentuais do Urânio-235 (físsil) nas amostras, o aumento varia entre 0,7% até cerca de 3%. Com isso, o isótopo 235, por ser físsil, permite a reação em cadeia e o restante, que trata-se do isótopo 238, absorve elétrons e produz plutônio que mantém as reações de fissão em cadeia. É importante ressaltar que existem diversas formas e combustíveis, porém o citado anteriormente é o mais comum e foi este o explicado na unidade didática.

Outro fator que diferencia as Centrais Nucleares são os reatores. Existem diversos tipos, porém os mais utilizados são os de Água Fervente (Boiling Water Reactor – BWR) e o de Água Pressurizada (Pressure Water Reactor – PWR), as figuras abaixo mostram um esquema de funcionamento.

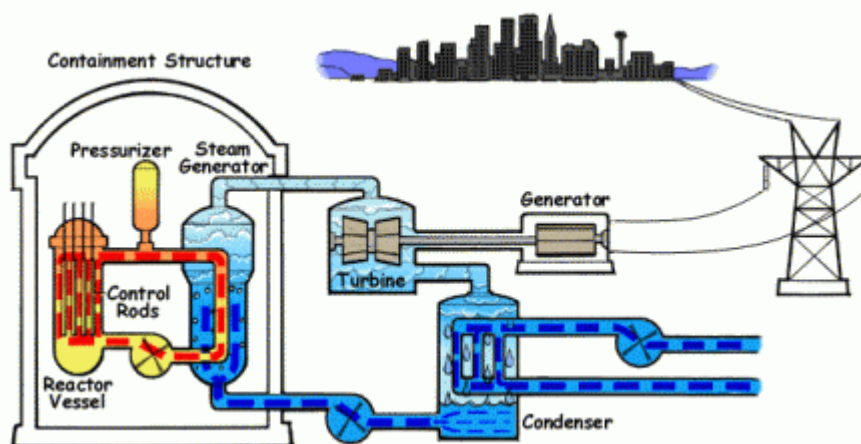
Figura 4 – Representação Esquemática de um BWR



Fonte: Planas (2020)²

²Disponível em: < <https://pt.energia-nuclear.net/operacao-usina-nuclear/reator-nuclear/reator-nuclear-de-agua-a-ferver>> Acesso em: out. 2020.

Figura 5 – Representação Esquemática de um PWR



Fonte: Planas (2020)³

Dos dois modelos apresentados o BWR é o mais simples, seu funcionamento consiste em dois ciclos, no primeiro, a água que está em contato direto com o combustível radioativo é transformada em vapor e esse movimentava a turbina para geração de energia. Após isso, o vapor já não tem a mesma energia e é resfriado pelo segundo ciclo que tem outra fonte de água (lagos, rio, mar) para trocar o calor, assim, o vapor condensa e volta novamente para o interior do reator, enquanto a água externa retorna para sua fonte com uma temperatura mais elevada. Tal tipo de reator tem uma eficiência média de 34% e um custo operacional mais baixo, porém tem algumas desvantagens como, por exemplo a água em contato com os elementos radioativos entram em contato com a turbina, assim após algum tempo a turbina e toda a tubulação se torna tóxica não podendo ser reutilizada, outra desvantagem relacionada a isso é a questão de segurança que qualquer vazamento que ocorra, será radioativo. Os reatores do acidente de Fukushima no Japão eram deste tipo.

O segundo modelo, PWR é um modelo mais caro, porém tem algumas vantagens quando comparado ao primeiro tipo. Aqui, ao invés de dois ciclos, há três, e é justamente esse “a mais” que o torna mais seguro que o modelo BWR. O princípio de funcionamento é muito semelhante, no primeiro ciclo tem-se a água pressurizada sendo aquecida, devido à pressão ela não muda de fase, permanecendo líquida. Tal líquido troca calor com a água do segundo ciclo, assim a água do segundo ciclo se

³Disponível em: <<https://pt.energia-nuclear.net/operacao-usina-nuclear/reator-nuclear/tipos/reator-de-agua-ressurizada>> Acesso em: out. 2020.

transforma em vapor e gira a turbina do gerador. Após isso, esse vapor pouco energético vai para o condensador (terceiro ciclo) que funciona da mesma maneira que os BWR. Este tipo de reator tem uma eficiência média de 30%, isso se dá justamente pelo aumento da segurança que é concebida através do ciclo “intermediário”, ou seja, os perigos com intoxicação da turbina e perigos de vazamentos se tornam muito mais difíceis de acontecer. Os reatores de Angra dos Reis são deste tipo.

Com o exposto anteriormente, tem-se os fundamentos teóricos para a construção da unidade didática, assim o próximo tópico será apresentado a metodologia utilizada para a elaboração da unidade didática bem como a construção das questões que foram utilizadas durante a aplicação.

4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

4.1 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA

O presente capítulo tem a finalidade de expor os procedimentos metodológicos utilizados no trabalho, pautando-se nas discussões anteriores visando alcançar os objetivos traçados.

A presente pesquisa pode ser caracterizada como uma pesquisa qualitativa, inspirada principalmente em Bogdan e Biklen (1994). A autora e o autor citam cinco características de uma pesquisa qualitativa. São elas:

1) A fonte direta dos dados é o ambiente natural, constituindo o investigador o instrumento principal, os locais de estudo são frequentados para se levar em conta o contexto, sendo as ações melhor compreendidas se observadas em seu ambiente natural. Isso se faz presente no trabalho pensando nos participantes que são estudantes do Ensino Médio, e que anteriormente a pandemia⁴ a aplicação da oficina seria no ambiente escolar;

2) Descritiva, os dados recolhidos não são trabalhados de forma analítica. Pensando nesse aspecto utilizou-se a análise de conteúdo que é um método de perspectiva qualitativa;

3) Os investigadores qualitativos interessam-se mais pelo processo do que simplesmente pelos resultados ou produtos, assim, não interessa saber se a pessoa gosta ou não de algo, mas sim o que levou ela a tomar tal posição. Durante a elaboração do questionário e também a proposta da utilização dos Mapas Conceitual, buscou-se justamente tal característica;

4) Os investigadores tendem a analisar seus dados de forma indutiva, não se colhe dados tentando comprovar uma hipótese, são os dados que levarão a hipótese, no presente contexto adotou-se um método hipotético dedutivo, pautados em trabalhos anteriormente publicados;

5) O significado é de vital importância, interessa saber como diferentes pessoas dão sentido às suas vidas. Vale frisar que apesar dos autores citarem tais características, não se trata de uma regra, ou seja, variações podem

⁴ Durante a construção do presente trabalho houve uma pandemia mundial causada pelo vírus SARS-CoV-2 que causou COVID-19 que tem uma alta taxa de transmissão e acarretou em um isolamento social generalizado visando controlar a transmissão do vírus. Com isso, as escolas foram fechadas, sendo utilizado um modelo de ensino remoto/*online*.

ocorrer.

Inicialmente, a unidade didática havia sido pensada para o ambiente escolar presencial, em um colégio técnico no qual o pesquisador atua como professor já há algum tempo, ou seja, os estudantes envolvidos na pesquisa seriam até certo ponto “conhecidos”. Porém, no presente cenário de pandemia e de isolamento social, a proposta teve de ser modificada, o que antes seria feito na forma presencial, teria de ser feito de forma remota/*online*, com isso estudantes de outras instituições puderam participar também. A unidade didática passou por um processo de adaptação e reformulação em alguns aspectos para atender essa nova realidade.

Essencialmente duas plataformas foram utilizadas para a viabilização das aulas *online*, o *Zoom* e o *Google Classroom*. A primeira possibilitou a realização das aulas de maneira online. Tais aulas eram gravadas e postadas posteriormente no *youtube* de maneira não listada, ou seja, apenas quem tivesse o *link* teria acesso. Tal *link* era compartilhado na sala criada no *Classroom*, onde eram disponibilizadas as apresentações, referências bibliográficas, materiais complementares e era neste espaço onde as atividades eram postadas e recebidas. Além disso, um grupo no *WhatsApp* foi criado para recado e para que os estudantes pudessem compartilhar materiais, dúvidas etc.

Em relação aos sujeitos de pesquisa, iniciaram a unidade 20 estudantes, todos cursando o Ensino Médio, com uma faixa etária de 14 a 18 anos, sendo que alguns deles cursavam o Ensino Médio técnico e outros o normal. A unidade foi construída a partir dos referenciais citados e consistiu na aplicação de um questionário inicial e final e na elaboração de três mapas conceituais por estudante. Ao final, concluíram participando de todos os encontros e realizando todas as atividades propostas cinco estudantes. Assim, os resultados posteriormente apresentados correspondem as elaborações destes cinco que finalizaram a unidade.

4.2 DESCRIÇÃO DA UNIDADE DIDÁTICA

Segundo Zabala (1998, p.18), pode-se definir Unidade Didática como “sequências de atividades estruturadas para a realização de certos objetivos educacionais determinados”. Assim, para se ter um melhor embasamento na construção da Unidade Didática, utilizou-se como inspiração o trabalho de Ostermann e Cavalcanti (2010).

No capítulo anterior foram apresentadas as principais referências

utilizadas na estruturação da Unidade Didática, dando destaque para a Teoria da Aprendizagem Significativa, esta que apresenta alguns pontos essenciais a serem considerados quando se elabora uma aula ou, no caso, uma unidade didática.

Dividiu-se a Unidade Didática em 4 módulos, além da aula inaugural e da de encerramento, cada módulo era composto de aulas on-line de duração de aproximadamente uma hora. Mais detalhes são apresentados no quadro 1 abaixo.

Quadro 1 – Resumo da Unidade Didática

MÓDULOS	OBJETIVO	NÚMERO DE ENCONTROS	INSTRUMENTO DE OBTENÇÃO DE DADOS
Aula Inaugural	<ul style="list-style-type: none"> - Integração dos participantes - Apresentação dos objetivos da unidade didática, conteúdos e métodos avaliativos - Aplicação do Questionário Inicial 	1	- Questionário Inicial
M1 – Mapas Conceituais	<ul style="list-style-type: none"> - Apresentação da ideia geral de Mapas Conceituais - Mostrar exemplos de Mapas Conceituais - Ensinar como elaborar Mapas Conceituais 	3	- Elaboração de Mapas Conceituais (Exemplos)
M2 – Introdução à Física Nuclear	<ul style="list-style-type: none"> - Ensinar conceitos gerais da Física Nuclear - Expor conceitos da Natureza da Ciência no contexto da Física Nuclear 	2	- Mapa Conceitual 1
M3 – Usinas Nucleares (Aspectos Técnicos Científicos)	<ul style="list-style-type: none"> - Ensinar aspectos técnico-científicos relacionados a Usinas Nucleares 	2	- Mapa Conceitual 2
M4 – Usinas Nucleares (Aspectos Sociais)	<ul style="list-style-type: none"> - Expor aspectos sociais que foram influenciados e que influenciaram o desenvolvimento e construção de Usinas Nucleares 	2	- Mapa Conceitual 3
Aula de Encerramento	<ul style="list-style-type: none"> - Encerramento da oficina - Discussão de perspectivas futuras da utilização da Energia Nuclear - Aplicação do Questionário Final 	1	- Questionário Final

Fonte: o próprio autor.

A descrição mais detalhada de cada tópico é feita a seguir

Aula Inaugural: Teve como objetivo fazer uma integração com os

participantes, além de apresentar os objetivos do curso, os conteúdos a serem ministrados e os instrumentos de avaliação. Ao final desta aula inaugural, foram disponibilizados dois questionários, um de informações gerais dos participantes e outro o Questionário Inicial, que foi um dos instrumentos de avaliação da Unidade Didática, e que será posteriormente apresentado.

Mapas Conceituais (M1): além dos questionários prévio e posterior, foram utilizados mapas conceituais como instrumentos avaliativos. Este primeiro módulo serviu para ensinar aos estudantes os conceitos gerais deste instrumento, apresentação de exemplos, que foram construídos em conjunto, e ao final foi proposto que elaborassem mais dois mapas conceituais como exercício, um deles a respeito do Sistema Político Brasileiro e o outro a respeito da Geração de Energia Elétrica.

A escolha desses temas foi intencional. Com o primeiro, a ideia foi dar alguns subsídios teóricos para que os estudantes pudessem compreender e visualizar de maneira própria como o sistema político do país se organiza, algo que vai ao encontro da ideia de ACT, pois o campo político tem grandes influências no desenvolvimento científico e tecnológico, como foi apresentado em outro módulo da Unidade Didática. Já o segundo tem sua relação com o conteúdo da unidade, uma vez que as Usinas Nucleares são apenas uma das formas de geração de energia elétrica. O propósito deste exemplo, além de aprender a desenvolver mapas conceituais, era discutir a respeito das formas de energias e da matriz elétrica, para que se pudesse direcionar para o tema central da unidade. Quando pensado na teoria da aprendizagem significativa, pode-se dizer que tais exemplos serviram como subsunçores e ao mesmo tempo como organizadores prévios para a unidade didática.

Neste módulo houve 3 aulas, cada uma com a duração em torno de 1 hora. Na primeira aula (M1A1), foi feita uma apresentação da origem dos mapas conceituais, sua utilização e a lógica para construção de bons mapas conceituais. Além disso, foram disponibilizados quatro vídeos complementares, três deles aprofundando o que havia sido discutido (O que são Mapas Conceituais?; O que são Conceitos?; O que são Proposições?⁵) e outro apresentando e ensinando a instalar o software CmapTools (“Com baixar e Instalar o CmapTools?⁶”). Apesar de alguns estudantes preferirem criar seus mapas à mão livre, a maior parte utilizou do software.

⁵ Disponível em: <<https://www.coursera.org/learn/mapas-conceituais?>> Acesso em: jul. 2020.

⁶ Disponível em: <<https://www.coursera.org/learn/mapas-conceituais?>> Acesso em: jul. 2020.

A segunda aula (M1A2) foi o momento no qual foram feitos dois exemplos, também com temas que os estudantes tinham certa familiaridade. O primeiro foi a respeito do Sistema Solar e o segundo a respeito da organização do sistema de educação brasileiro. Ambos os exemplos foram construídos pelo presente autor com a participação dos estudantes. Tal dinâmica mostrou-se bem interessante, uma vez que, além da participação e interação em si, os participantes já começaram a se familiarizar com o instrumento e também foi um momento para esclarecer alguns equívocos e dúvidas.

Por fim, a terceira aula (M1A3) aconteceu após os dois exercícios citados no início. O objetivo desta aula foi avaliar e expor os mapas construídos para todos, não com a função de comparação, mas sim para mostrar formas diferentes de se fazer. Também foi um momento em que os estudantes puderam explicar o raciocínio para a construção de seus respectivos mapas. Com isso foi finalizado o primeiro módulo, que serviu de base para que os estudantes pudessem representar seus entendimentos por meio dos mapas conceituais, sem que tivessem grandes dificuldades com o instrumento.

Introdução à Física Nuclear (M2): neste segundo módulo, antes das aulas propriamente ditas, alguns materiais foram disponibilizados para os estudantes, e também foi feita uma pergunta relacionada à constituição da matéria, tudo isso para que pudessem já se familiarizar com o tema, construindo alguns conceitos âncoras para o que seria apresentado posteriormente. Inicialmente foi postado o vídeo “Tudo se Transforma, História da Química e História dos Modelos Atômicos⁷”. Tal vídeo, como o título já demonstra, trata de um relato histórico do desenvolvimento dos modelos atômicos, que está relacionado com a Física Nuclear. Juntamente com o vídeo, foi feita a seguinte pergunta: “De que é feita a matéria que compõe o Universo?”. Essa questão está diretamente relacionada com o vídeo, e serviu também como uma estratégia para a participação dos estudantes.

Posteriormente a essa questão, foi feito um segundo questionamento, acompanhando também com um vídeo explicativo. O título do vídeo era “Descoberta do Elétron⁸” e a questão relacionada era: “Explique com suas palavras como o elétron foi detectado”. Seguindo a mesma ideia do primeiro questionamento, o objetivo foi

⁷ Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=58xkET9F7MY&t=2s>> Acesso em: jul. 2020.

⁸ Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=4g0tX6WcUvo>> Acesso em jul. 2020.

engajar os estudantes a participar e também explorar posteriormente a questão do desenvolvimento científico, através dos modelos, experimentos etc.

Com o material disponibilizado e juntamente com as questões, pôde-se iniciar as discussões a respeito da Física Nuclear. Assim, a primeira aula (M2A1) deste módulo foi a respeito do que Fiolhais (1992) cita como a “Pré-História da Física Nuclear”. Iniciou-se a aula com a questão “De que é feita a matéria que compõe o Universo?”, igualmente ao vídeo anteriormente compartilhado. Com isso, um breve relato histórico das hipóteses levantadas por filósofos da antiguidade foi apresentado.

Posteriormente, foram discutidos os modelos atômicos, porém dando um foco para o processo em si, os experimentos que possibilitaram as inferências que levaram à elaboração de tais modelos e também às brechas deixadas, possibilitando assim novas pesquisas e novas maneiras de interpretar os fenômenos. É interessante destacar que tal apresentação pode dar aos estudantes uma visão um pouco mais “real” do desenvolvimento científico, e de como é um processo complexo que envolve diversas pessoas. Foram apresentados, além dos modelos atômicos, as questões envolvendo os Raios X e as Radiações, temas estes que impactaram diretamente no desenvolvimento de modelos atômicos posteriores e que fazem parte do estudo da Física Nuclear e são conceitos essenciais quando se pensa nas Usinas Nucleares, como as radiações ionizantes.

Finalizando a aula, foi dada uma atenção às radiações ionizantes (alfa, beta e gama), foram apresentadas algumas características delas e um breve relato de sua detecção. Com isso, pôde-se retornar aos modelos atômicos, apresentar o experimento de Rutherford e explicar como ele e seus colaboradores chegaram à ideia de um núcleo atômico e também do próton. Foram expostas também as limitações de tal modelo e como Bohr conseguiu avançar em alguns pontos e propor a ideia das camadas eletrônicas, o que explicou algumas questões ainda em aberto. Seguindo, foi exposto para os estudantes a questão de que a relação carga/massa do núcleo, de acordo com o modelo e as partículas até então conhecidas, resultavam em valores que fugiam do modelo teórico desenvolvido, e foi então que foi apresentado o nêutron e sua história a partir de tais lacunas. Por fim, pensando em um aspecto mais dinâmico da aula, e também para ter algo mais visual, foram utilizados alguns simuladores⁹, alguns da penetração das radiações ionizantes, e outros do processo

⁹Disponível em:

de produção dos raios-x. Tais links foram disponibilizados posteriormente junto com algumas referências, como base para a construção da aula.

O objetivo dessa aula foi abranger até o núcleo atômico, não entrando no escopo da Física de Partículas. Assim, essa pré-história da Física Nuclear mostrou-se muito importante para demonstrar aspectos da Natureza da Ciência, e também para fundamentar os estudantes para estudos da Física Nuclear. Antes da segunda aula deste módulo, foi proposto para os estudantes um exercício não obrigatório: a elaboração de um mapa conceitual preliminar do módulo 2. Tal estratégia foi importante, pois possibilitou identificar se os estudantes estavam compreendendo o conteúdo e também como elaborar um mapa do assunto.

Iniciou-se a segunda aula do módulo (M2A2) discutindo um pouco a respeito da organização da tabela periódica. Por motivos de tempo, não se entrou em detalhes históricos da construção da tabela. Apresentou-se o básico da atual organização como, por exemplo, as massas atômicas, os números atômicos e a questão dos isótopos, associando com as questões discutidas na primeira aula.

Posteriormente foram propostas as seguintes perguntas: "*Seguindo os princípios da Eletricidade, cargas de mesmo sinal se repelem... Então como explicar que existam partículas tão pequenas, com cargas de mesmo sinal em um espaço tão pequeno? Que força é essa que "vence" a repulsão eletrostática e mantém os prótons juntos no núcleo?*". Tal questionamento surtiu o efeito desejado, uma vez que nenhum estudante havia pensado a respeito e não souberam responder, foi algo que despertou o interesse para compreender tal fenômeno. Com isso, uma questão que foi propositalmente deixada aberta (Por que o núcleo emite radiação?) foi discutida, levantando os conceitos a respeito da estabilidade nuclear, força nuclear forte e também estados excitados e estados fundamentais. Ao final da apresentação de tais conceitos, dois simuladores¹⁰ foram utilizados para que os estudantes

<https://www.vascak.cz/data/android/physicsatschool/template.php?s=elplyn_magnet_elektron&l=pt>, <https://www.vascak.cz/data/android/physicsatschool/template.php?s=opt_rentgen&l=pt>, <https://www.vascak.cz/data/android/physicsatschool/template.php?s=elplyn_malteszky_kriz&l=pt>, <https://www.vascak.cz/data/android/physicsatschool/template.php?s=atom_rutheford&l=pt>, <https://www.vascak.cz/data/android/physicsatschool/template.php?s=jadro_zareni&l=pt>, <https://www.vascak.cz/data/android/physicsatschool/template.php?s=atom_modely&l=pt>. Acesso em jul. 2020.

¹⁰Disponível em:

<https://www.vascak.cz/data/android/physicsatschool/template.php?s=jadro_rady&l=pt>, <https://www.vascak.cz/data/android/physicsatschool/template.php?s=jadro_rozpad&l=pt> Acesso em jul. 2020.

pudessem visualizar melhor o fenômeno, e os links foram disponibilizados para que os participantes pudessem manipular os simuladores individualmente. Para finalizar, foi apresentado o conceito de meia vida e decaimento radioativo.

Seguindo a aula, foram apresentadas as reações nucleares (fissão e fusão nuclear) porém de uma maneira que mostrasse o processo que levou à fissão nuclear. Para isso, uma imagem da tabela periódica foi exibida e questionou-se como os cientistas detectavam tais elementos, principalmente os mais pesados. Com tal indagação pôde-se expor que tal busca era algo muito comum em determinada época, e que um dos métodos que os cientistas utilizavam era o bombardeamento de nêutrons, buscando assim elementos mais pesados. Alguns resultados detectados seguiam no caminho inverso do esperado, ou seja, ao bombardear elementos com mais nêutrons, o resultado eram elementos mais leves ao invés de um mais pesado, e tal questionamento ficou aberto por algum tempo, até que Lise Meitner sugeriu o conceito de fissão nuclear. Tal passagem reforçou mais uma vez aspectos da Natureza da Ciência para os estudantes, que indiretamente foram expostos a um episódio em que as interpretações das informações foram diferentes, o que levou a outras interpretações e modelos.

Para finalizar a aula, o assunto “Radiações Ionizantes e a Vida” foi exposto. De início diferenciou-se as radiações normais das ionizantes, estas últimas já detalhadas anteriormente no curso. Aqui, novamente, foi explicado o porquê de tais radiações serem denominadas ionizantes, algo que é o cerne para o entendimento de sua interação com a matéria. Foi exposto o processo de ionização dos átomos e como isso impacta nos elementos e substâncias que compõem a matéria. Para isso foi apresentado um recorte de um vídeo¹¹ que demonstrava como a radiação ionizante agiu na população do desastre de Chernobyl. No último slide, pensando já no próximo módulo, foi apresentada uma imagem do desenho Os Simpsons, com a Usina Nuclear ao fundo. A proposta aqui era que os participantes já começassem a fazer algumas correlações com o que havia sido apresentado com os próximos módulos. A escolha dessa imagem se deu pelo fato de ser uma animação de grande apelo popular e que todos já haviam visto em algum momento, propiciando assim mais um elemento para que a aprendizagem significativa pudesse ser desenvolvida.

¹¹ Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=DiGqjYkRQ6o>>. Acesso em: jul. 2020.

Foram disponibilizadas as principais referências para a construção do módulo, bem como os vídeos na íntegra, e propôs-se que os estudantes elaborassem o Mapa Conceitual a respeito do módulo, com a temática da Física Nuclear.

Usinas Nucleares – Aspectos Técnicos Científicos (M3): o terceiro módulo também foi dividido em duas aulas de uma hora cada. O objetivo foi apresentar as Usinas Nucleares a partir de uma perspectiva científica-tecnológica, porém sem desconsiderar alguns eventos sociais importantes. Para isso, apresentou-se o histórico de desenvolvimento das usinas, o princípio de funcionamento, tipos de reatores, o combustível, o lixo radioativo e, ao final, os principais acidentes relacionados as usinas.

Iniciou-se a primeira aula (M3A1) levantando uma discussão a respeito da vida cotidiana e a eletricidade, apresentando o seguinte trecho:

A eletricidade se tornou um ingrediente tão comum na vida urbana que só é possível perceber sua onipresença cotidiana quando ela falta. Uma pane no sistema de distribuição de energia causa profunda angústia com a súbita constatação do quanto o trabalho, a locomoção, o entretenimento e a sensação de segurança dependem da eletricidade. (BOAS et al., 2009. p.16)

Além disso, também foi exibida uma montagem do mapa-múndi à noite¹². Ambas apresentações foram importantes para que os estudantes percebessem o quanto estamos reféns da energia elétrica e como isso é um fator essencial em nosso modelo social atual.

Em sequência, por meio de imagens, foi apresentada a ideia de transformação de energia, energia potencial em cinética, energia térmica em cinética e, por fim, a transformação da energia cinética em elétrica. O objetivo aqui foi, primeiramente, revisar alguns conceitos essenciais da Física, e então expor de maneira indireta alguns princípios de funcionamento das usinas geradoras de eletricidade. Para finalizar essa parte, foi exibido um vídeo¹³ a respeito de como funciona o processo de indução eletromagnética e a produção da corrente alternada.

Uma vez introduzidos alguns princípios físicos essenciais para o estudo das Usinas Nucleares, foi exposto um breve histórico do desenvolvimento das usinas, iniciando-se basicamente pelo período pós segunda guerra mundial na dita

¹²Disponível em:

<https://www.nasa.gov/sites/default/files/images/712130main_8246931247_e60f3c09fb_o.jpg>
Acesso em: jul. 2020.

¹³Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=U6lipbwmRXE>> Acesso em: jul. 2020.

Era Nuclear, que seria melhor discutida no quarto módulo. Apresentou-se o primeiro reator nuclear de potência, bem como a primeira central elétrica nuclear comercial. Complementando tal histórico de implantação, apresentou-se um quadro dos dez países (além do Brasil) com maior número de centrais nucleares juntamente com a potência produzida e também um gráfico da participação da energia nuclear em relação ao total de energia produzida em cada país. Ambos os instrumentos foram importantes, uma vez que se pode visualizar e refletir que alguns países têm sua produção de energia elétrica basicamente por Usinas Nucleares. Um exemplo seria a França, país no qual aproximadamente 70% de sua energia é produzida nas usinas nucleares.

Com um panorama geral apresentado, iniciou-se uma discussão a respeito do funcionamento das usinas, pensando em sua dimensão tecnológica. Foram citados alguns tipos de reatores e que somente os mais utilizados seriam estudados no curso, no caso, o Reator Refrigerado a Água Pressurizada (PWR) e o Reator Refrigerado a Água Fervente (BWR). Além desses, devido ao acidente de Chernobyl, o Reator Refrigerado a Água Fervente e Moderado a Grafite (RBMK) também foi estudado. Neste momento, os estudantes puderam perceber que o que diferencia basicamente as usinas são os reatores, mais especificamente a forma com que estes são resfriados.

O primeiro tipo estudado foi o BWR. Foi apresentado o funcionamento básico bem como algumas informações mais técnicas de forma geral, em seguida, duas imagens representativas foram expostas para facilitar a compreensão do que já havia sido dito. Durante a explicação, alguns conceitos de física foram recordados e os estudantes foram questionados a respeito, entre eles, podem-se citar conceitos gerais de Termodinâmica, como a troca de calor e mudança de estado físico. Por fim, foi exibido um recorte de uma animação¹⁴, ilustrando mais ainda o funcionamento.

O segundo tipo foi o PWR, a dinâmica foi muito parecida com a parte da BWR. Inicialmente foram apresentadas algumas características básicas juntamente com um breve histórico de desenvolvimento. Novamente, duas imagens esquemáticas foram apresentadas, seguidas de mais uma animação¹⁵ a respeito do funcionamento de tal modelo. Com isso, pôde-se fazer uma comparação das

¹⁴ Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=4bvCDheLm5A>>. Acesso em: jul. 2020.

¹⁵ Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=RRtGiH2ldoA>>. Acesso em: jul. 2020.

diferenças entre os dois tipos apresentados, e foram discutidas as vantagens e desvantagens de cada tipo.

Para finalizar a aula, dando continuidade ao estudo dos reatores PWR, foram apresentadas as Usinas Nucleares de Angra 1 e Angra 2. Vale ressaltar que alguns participantes não sabiam da existência de usinas nucleares no Brasil, assim, tal momento da aula serviu também para apresentar tais informações. Iniciou-se esta parte fornecendo um panorama geral a respeito da Central Nuclear Almirante Álvaro Alberto, e explicando que Angra 1 e 2 são usinas de tal central elétrica.

Dando sequência, iniciaram-se estudos mais específicos de Angra 1 e 2. Foi apresentado um breve relato histórico da implantação, bem como as parcerias internacionais que foram feitas. No caso de Angra 1, salientou-se o fato da não transferência de tecnologia por parte dos fornecedores, algo que seria um ponto de discussão posteriormente. Alguns aspectos técnicos das usinas foram apresentados como a potência efetiva, o combustível utilizado, algumas características a respeito das pastilhas e varetas que fazem parte do reator. Para finalizar a aula fez-se uma visita virtual por Angra 2, utilizando um link¹⁶ disponibilizado pela própria Eletrobrás, empresa que gerencia a Central Nuclear brasileira. Tal visita propiciou aos estudantes uma noção mais real do que é Angra 2 e da dimensão da usina, bem como sua organização estrutural.

A segunda aula deste módulo (M3A2) teve o objetivo de complementar alguns detalhes importantes que não puderam ser vistos na primeira aula, como a questão do combustível nuclear, desde sua mineração até a preparação para a utilização nos reatores, a questão do Lixo Radioativo, por fim foram discutidos os dois principais acidentes envolvendo Usinas Nucleares da história.

Após uma breve revisão da última aula, foram discutidos alguns aspectos mais técnicos em relação ao combustível das usinas nucleares, chegando então no chamado “Ciclo do Combustível Nuclear”. Tal ciclo é composto basicamente de sete etapas: (1) Mineração e Produção do Concentrado de U_3O_8 ; (2) Conversão de U_3O_8 em UF_6 ; (3) Enriquecimento Isotópico; (4) Reconversão do UF_6 em pó de UO_2 ; (5) Fabricação de Pastilhas de UO_2 ; (6) Fabricação de Elemento Combustível; (7) Geração de Energia. Cada etapa do ciclo foi explicada brevemente, concentrando-se

¹⁶ Disponível em <https://www.eletronuclear.gov.br/Visite-nos/Documents/Tour%20Angra/index.html> Acesso em: jul. 2020.

nas informações principais de cada etapa. Para finalizar tal momento, foi apresentada uma animação¹⁷ para reforçar cada etapa do processo.

O ciclo apresentado encerra-se na produção de energia elétrica, porém, sabe-se que existem resíduos envolvidos neste processo e, talvez o principal e mais crítico seja o lixo radioativo, que é um produto da geração de energia elétrica via Usinas Nucleares. Para iniciar tal discussão, fez-se um paralelo com as usinas termoelétricas convencionais onde, após determinado tempo, o combustível necessita ser renovado, uma vez que já não tem energia suficiente para dar continuidade ao processo. Assim, tal paralelo mostrou-se um facilitador na explicação, uma vez que os estudantes participantes compreenderam os motivos de tal reabastecimento.

Feita a introdução, um vídeo¹⁸ do reabastecimento da Usina de Angra 2 foi exibido. Durante tal exibição, os estudantes puderam ver com detalhes as varetas de combustível, bem como todo o procedimento envolvido na troca. Com isso, outras informações importantes foram apresentadas para o melhor entendimento de todo o processo, por exemplo, após a queima do combustível, 95% é urânio que pode ser reprocessado e utilizado novamente, e 5% são rejeitos de fato. Um estudante então questionou o fato de que o processo praticamente se auto alimenta. Tal questionamento foi muito interessante, pois o próximo assunto a ser esclarecido era de que para volumes baixos, tal reprocessamento não se justificava economicamente. Em seguida, os lados econômico, político e social que envolvem as usinas foram expostos de forma breve, enfatizando a grande influência desses fatores. Por fim, foi apresentado um vídeo¹⁹ de todo o processo do armazenamento e normas de segurança das usinas de Angra para a coleta e armazenamento do lixo radioativo.

Finalizando a aula e também o módulo, foram detalhados os acidentes das usinas de Chernobyl e de Fukushima. Para iniciar a discussão, um breve relato histórico foi feito em relação às organizações regulamentadoras da Energia Nuclear, e como tal agência atua mundialmente. Apresentou-se assim uma imagem²⁰ da classificação do grau dos acidentes/incidentes que podem ocorrer em usinas nucleares.

¹⁷ Disponível em <https://www.youtube.com/watch?v=eWV1JVrR_oU> Acesso em: jul. 2020.

¹⁸ Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=dS-RTfA842g>> Acesso em: jul. 2020.

¹⁹ Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=ZsR-2zkEwCM>> Acesso em: jul. 2020.

²⁰ Disponível em: <<https://escolaeducacao.com.br/wp-content/uploads/2015/08/Escala-para-avaliacao-de-acidentes-nucleares.jpg>> Acesso em: jul. 2020.

Iniciou-se o estudo dos acidentes com a Central Nuclear de Fukushima. Uma breve contextualização foi feita, levantando pontos como a matriz elétrica japonesa, suas limitações, os aspectos geográficos do país – fatores muito importantes para os acontecimentos. Foi apresentado um gráfico mostrando que a geração de energia elétrica por meio das usinas nucleares do Japão vinha em uma crescente e com projetos de aumentar, porém, após o acidente caiu bruscamente, levantando uma discussão nacional em relação à utilização de tal forma de gerar eletricidade.

O tipo de reator japonês é BWR, que já havia sido estudado. Por essa razão, a explicação do funcionamento foi mais rápida, e facilitou também a explicação das causas, as múltiplas falhas nos sistemas devido ao tsunami que levaram ao acidente. Para facilitar a aprendizagem, figuras foram apresentadas e por fim um vídeo²¹ explicativo foi reproduzido com intervenções em diversos pontos.

Por fim, o acidente da usina de Chernobyl foi abordado. Semelhante à explicação acerca da usina japonesa, apresentou-se um breve contexto histórico, enfatizando que o fato ter ocorrido em plena Guerra Fria foi essencial para o agravamento das consequências do acidente. O tipo de reator nesse caso não havia sido explicado anteriormente, então se reservou um momento para explicar o seu funcionamento, de modelo RBMK. Imagens esquemáticas foram apresentadas para melhorar a explicação. Posteriormente à explicação do funcionamento, foram expostas as causas e como aconteceu o acidente na usina, bem como as ações realizadas para que o reator fosse desativado. Por fim, um vídeo²² com diversas animações foi apresentado para melhor visualização de todo o processo.

Finalizando o módulo 3, os materiais utilizados para a montagem da apresentação foram compartilhados com os estudantes, bem como alguns materiais complementares para maior aprofundamento no assunto. Com isso, foi proposto que os alunos fizessem o Mapa Conceitual do módulo, ou seja, a respeito do Funcionamento das Usinas Nucleares.

Por fim chegou-se ao último módulo que teve como tema **Usinas Nucleares – Aspectos Sociais (M4)**. O objetivo aqui foi tratar do assunto com uma perspectiva fora dos aspectos técnico-científicos. Pode-se resumir a ideia do módulo

²¹ Disponível em <<https://www.youtube.com/watch?v=YBNFvZ6Vr2U>> Acesso em: jul. 2020.

²² Disponível em <<https://www.youtube.com/watch?v=kSWcW1MAYN4>> Acesso em: jul. 2020.

por meio da seguinte pergunta: "O que estava acontecendo mundialmente durante todo o processo de desenvolvimento científico e tecnológico das Usinas Nucleares?". Tal módulo também foi dividido em duas aulas.

Iniciou-se a primeira aula (M4A1) com uma pergunta já feita para os estudantes, "Você aprovaria a instalação de uma usina nuclear em seu país?". Tal questionamento, feito de outras maneiras ao longo do curso, tinha o objetivo de despertar certo incômodo nos estudantes, para que refletissem a respeito do tema e pensassem quais seriam os critérios a considerar para responder à questão. Porém, tal pergunta não era para ser respondida naquele momento, uma vez que fatores importantes não tinham sido levantados.

Após esse momento, foi apresentada uma figura que apresentava "Ciência, Tecnologia e Sociedade", aqui, o objetivo foi fazer uma reflexão de como esses três campos se influenciam e como, perguntas como a feita anteriormente deveriam sempre levar em consideração argumentos de cada campo. Para exemplificar tal argumento, um gráfico do número de construções iniciadas de usinas ao longo dos anos foi apresentado e nitidamente observou-se uma queda após os grandes acidentes, principalmente o da usina de Chernobyl.

Após uma breve revisão do que foi exposto nas aulas anteriores, fez-se uma correlação entre a Segunda Guerra Mundial e o avanço das pesquisas nucleares que já estavam em andamento. Com o relato apresentado, os estudantes puderam perceber que a guerra foi um grande catalisador para os avanços das pesquisas envolvendo a física nuclear, tudo isso na busca de um poder armamentício superior e, para exemplificar, foi apresentado o Projeto Manhattan. Aqui, os estudantes puderam perceber que fatores externos à ciência e tecnologia podem impulsionar determinada área e, ao mesmo tempo, mudar a dinâmica social em alguns aspectos.

Outro evento histórico apresentado foi a Guerra Fria, que envolveu a corrida nuclear e a construção de mísseis com um alcance cada vez maior, o que gerou toda uma tensão mundial e a preocupação de muitos, uma vez que os eventos de Hiroshima e Nagasaki mostraram-se perigosos para toda a humanidade. Para exemplificar o quanto essa tensão era vigente na época, foi discutido o programa "Átomo para a Paz²³", que basicamente visava à utilização das pesquisas envolvendo

²³ O programa Átomos para a Paz foi firmado em 1953 em uma Assembleia Geral da ONU, com o

o átomo para fins pacíficos. Um ponto importante do programa que foi discutido na aula é a questão política, pois tal programa envolvia mais de um país e até que ponto essa postura adotada não seria uma forma de acalmar os ânimos daqueles que tanto criticavam as pesquisas nucleares, motivados, em grande parte, pelas aplicações que os governos haviam objetivado. Para finalizar tal debate e reflexão utilizou-se de um símbolo bastante conhecido na cultura pop que é o símbolo de “Paz e Amor”, muito associado ao movimento hippie. Todos os participantes já conheciam o símbolo, porém quando foram questionados acerca de sua origem, nenhum soube explicar, e nesse momento explicou-se que inicialmente era uma forma de protesto contra as armas nucleares, ou seja, seu significado era de fato uma campanha para o desarmamento nuclear. Isso causou impacto nos estudantes, uma vez que não imaginavam tal origem, e com isso, novamente, a reflexão das influências entre ciência, tecnologia e sociedade foi feita.

Para finalizar as aulas, uma breve contextualização a respeito das questões ambientais foi feita. Foi exposto que, devido a diversos fatores, entre eles as conquistas espaciais, as guerras e outras pesquisas, percebeu-se que a Terra estava mudando, e que isso seria um problema para a vida como um todo. Com as pesquisas espaciais, observou-se que as possibilidades de mudar de planeta eram mais complexas do que se imaginava, e então a atenção deveria ser voltada para a Terra e na preservação dela. As Usinas Nucleares entraram nesse debate como uma alternativa de produção elétrica com baixa emissão de CO₂. Apesar de diversas considerações, foi citado que muitos consideram as Usinas Nucleares como fontes limpas. Tal fato chamou a atenção dos estudantes, pois a visão que tinham a respeito das usinas nucleares e da física nuclear era aquela sempre reforçada na cultura pop, de que seria algo ruim. Essa quebra foi feita com diversas considerações para que não entrassem no otimismo tecnológico relacionado às usinas, semelhante ao que aconteceu na Era Nuclear, que já havia sido discutida.

Por fim, duas tarefas foram atribuídas para a aula seguinte. A primeira consistia em listar exemplos da influência da física nuclear e usinas nucleares no dia a dia, tal lista poderia envolver quaisquer exemplos, tais como livros, jogos, filmes,

objetivo de estabelecer o desenvolvimento do setor nuclear para fins pacíficos, como a geração de energia, aplicações na agricultura, medicina etc. A partir disso criou-se a Agência Internacional de Energia Atômica. Porém, o acordo também tinha seu lado politicamente estratégico, pois possibilitava equipar nações aliadas com tecnologia nuclear em plena Guerra Fria. Apesar dessa possibilidade, houve uma conscientização de que armas nucleares poderiam causar danos irreversíveis ao planeta.

músicas etc. Para ficar mais claro, dois exemplos foram fornecidos, o primeiro é o *Mapa Nuke*²⁴, do jogo eletrônico *Counter Strike: Global Offensive*, que consistia em uma usina nuclear e o segundo foi a série animada *Os Simpson*, na qual o pai da família (Homer) trabalhava em uma Usina Nuclear. O objetivo destes dois exemplos foi, primeiramente, auxiliar no processo de entendimento da tarefa e, em segundo, alertá-los de que dentro de seus próprios universos poderia haver muitos exemplos para citar. A segunda tarefa consistiu em listar vantagens e desvantagens da utilização das usinas nucleares, porém pensando nos aspectos científico, tecnológico e social. Tal tarefa tinha o propósito de ajudar a responder à pergunta inicial da aula, e posteriormente construir o último mapa do curso.

A última aula (M4A2) foi dividida em dois momentos, o primeiro foi uma discussão e exposição da tarefa 1, e no segundo momento essencialmente foi uma discussão a respeito das vantagens e desvantagens das usinas nucleares.

No primeiro momento da aula houve uma breve conversa, onde cada estudante trouxe consigo exemplos que, de certo modo, diziam um pouco a respeito de seus gostos, como jogos, filmes, livros, personagens. Pensando na Aprendizagem Significativa, o momento foi importante para consolidar o assunto e criar vínculos com o conteúdo, uma vez que foi o momento onde tiveram de buscar exemplos e explicar o porquê da escolha do exemplo. Para finalizar, houve uma discussão a respeito de como a física nuclear e as usinas nucleares são representadas socialmente, e como tais representações acabam muitas vezes criando uma imagem errada do que realmente é a área.

No segundo momento da aula, antes da apresentação da segunda tarefa, discutiu-se a respeito de alguns fatores que haviam sido expostos mais rapidamente. Primeiramente, foi apresentado um gráfico do consumo de energia elétrica desde 1900. O gráfico expôs que o consumo só vem aumentando desde então, e nas discussões realizadas com os estudantes percebeu-se a dependência atual da humanidade com a eletricidade, e por isso é importante conhecer as fontes de produção. Em seguida, outro gráfico foi apresentado, representando a geração de eletricidade por fonte ao longo do tempo. Pôde-se perceber que o carvão ainda é o mais utilizado, seguido pelo gás natural e pela hidroelétrica. A fonte nuclear ocupa o

²⁴ Disponível em: <https://liquipedia.net/commons/images/b/b2/Nuke_OW_information.jpg> Acesso em: jul. 2020.

quarto lugar. Complementando, um terceiro gráfico que relaciona a emissão de CO₂ por recurso energético. Por fim, um gráfico relacionando o Custo da Eletricidade (\$/MWh) por fonte (Nuclear, Carvão e Gás). Cada gráfico foi discutido separadamente, e ao final fez-se um apanhado das ideias principais, relacionando a demanda elétrica com o impacto ambiental e com o financeiro. O interessante deste momento foi que os estudantes puderam perceber que a questão elétrica é algo complexo, e que a escolha ou não de uma fonte de produção depende de diversos fatores. Posteriormente, foram expostas as vantagens e desvantagens por eles levantadas e refletiu-se a respeito da demanda elétrica, fontes, questões ambientais e financeiras.

Com isso, o último módulo foi finalizado, foram disponibilizadas as principais referências bem como alguns materiais extras para o estudo. Foi solicitado, também, a montagem do último mapa conceitual, que tinha como tema “Vantagens e desvantagens das usinas nucleares”. Com o tema proposto, objetivava-se observar se os estudantes conseguiriam enxergar os diversos aspectos envolvidos e também não ter uma visão romântica a respeito das usinas nucleares, quer fosse negativa ou positiva, indo ao encontro da ideia de alfabetização científica, ideia central da unidade didática.

Por fim realizou-se uma **Aula de Encerramento** que teve um caráter mais aberto, onde um apanhado geral foi feito, algumas perspectivas futuras e também um agradecimento geral àqueles que conseguiram acompanhar até o final o curso. Além disso, os alunos foram orientados a responder o questionário posterior que seria disponibilizado, parte essencial para o presente trabalho.

No próximo tópico será apresentado o questionário bem como os referenciais que foram utilizados para sua construção e análise.

4.3 ANÁLISE DE CONTEÚDO

A análise dos questionários inicial e final foi realizada utilizando a Análise de Conteúdo de Bardin (2011), para a autora tal análise é,

Um conjunto de técnicas de análise das comunicações visando obter, por procedimentos, sistemáticos e objetivos de descrição de conteúdo das mensagens, indicadores (qualitativos ou não) que permitam a inferência de conhecimentos relativos às condições de produção/recepção (variáveis inferidas) destas mensagens. (BARDIN, 2011, p. 42).

Assim, com a utilização de tais técnicas busca-se explicar através da sistematização o conteúdo de uma mensagem, visando “enxergar” o que está implícito na mensagem. Para isso, três etapas são necessárias, são elas pré-análise, exploração do material e tratamento dos dados e por fim, a inferência e interpretação.

A primeira etapa consiste na organização, sistematização de ideias e a escolha dos documentos que serão posteriormente analisados, esta etapa está presente no estudo de referenciais para a elaboração do questionário bem como as unidades de contexto e registro. A partir disso é possível formular hipóteses e objetivos a respeito. Com tal etapa concluída é possível explorar o material coletado, favorecendo o tratamento dos dados visando que os mesmos tenham significado e sejam válidos dentro da pesquisa, no presente trabalho essa etapa apresenta-se como a análise dos dados por meio da unitarização. Com isso feito cabe ao pesquisador fazer reflexões, inferências e interpretar os dados.

Uma das possibilidades da Análise de Conteúdo é a análise temática que segundo Bardin (2011) trata-se da contagem dos temas em uma unidade codificada previamente. Assim o trabalho utilizou dessa ideia e elaborou-se Unidades de Contexto (UC) e Unidades de Registro (UR). As UC são mais abrangentes e servem para a codificação das UR que estão diretamente ligadas a mensagem ou conteúdo específico.

A seguir são apresentadas as UC e UR prévias elaboradas, tendo como principais referências os trabalhos anteriormente citados, trabalhos já realizados pelo grupo de pesquisa Ifhiecem²⁵ disponível no site do grupo, bem como os trabalhos de Veraszto e colaboradores (2009; 2013). É importante salientar que o questionário passou por uma análise intersubjetiva realizada pelos membros do grupo Ifhiecem.

1. Na sua compreensão, o que é Ciência?

Unidade de Contexto 1 (UC1) — **“Compreensão da Ciência”**, tendo como intuito reunir fragmentos textuais que identificam a compreensão que as/os participantes têm a respeito do que é Ciência.

²⁵ O grupo de pesquisa Investigações em Filosofia e História da Ciência, e Educação em Ciências e Educação Matemática (Ifhiecem) é um grupo vinculado a Universidade Estadual de Londrina coordenado pela professora Doutora Irinéa de Lourdes Batista, para maiores informações <<http://www.uel.br/grupo-pesquisa/ifhiecem/index.html>>

Quadro 2 – Unidades de Registro para a UC1

UR	Descrição	Explicação para os Registros
1.1	“Ciência como conhecimento aceito por uma comunidade científica”	Agrupar respostas que contenham registros que descrevem a Ciência como forma de conhecimento, sendo aceito por uma determinada comunidade científica em um dado momento;
1.2	“Ciência como conhecimento”	agrupar respostas que contenham registros que descrevem a Ciência como uma atividade de estudar, investigar, compreender e/ou explicar fenômenos naturais e/ou sociais em uma busca de constante aprimoramento;
1.3	“Ciência como conhecimento verdadeiro”	agrupar respostas que contenham registros que descrevem a Ciência como conhecimento verdadeiro, que não pode ser questionado e nem alterado;
1.4	“Ciência como conhecimento comprovado de modo empírico”	agrupar respostas que contenham registros que descrevem Ciência somente como conhecimento validado por meio de dados empíricos;
1.5	“Noções de Ciência conforme consenso de Natureza da Ciência”	agrupar respostas que descrevem Ciência conforme referenciais de História, Filosofia e Sociologia da Ciência: Ciência como uma construção humana e coletiva, influenciada por valores sociais etc.
1.6	“Noção utilitarista da Ciência”,	agrupar respostas que contenham registros que descrevem Ciência como um processo de investigação que busca resolver os problemas e, a partir dessa resolução, trazer benefícios imediatos para a sociedade;
1.7	Não contempla a pergunta	para agrupar respostas que contenham registros que indicam que os estudantes não compreenderam a pergunta, sendo a resposta incoerente em relação à pergunta.
1.8	Resposta em Branco	

Fonte: o próprio autor

2. Na sua compreensão o que é Tecnologia?

Unidade de Contexto 2 (UC2) — **“Compreensão de Tecnologia”**, tendo como intuito reunir fragmentos textuais que identificam a compreensão que as/os participantes têm a respeito do que é Tecnologia.

Quadro 3 – Unidades de Registro para a UC2

UR	Descrição	Explicação para os Registros
2.1	“Concepção Intelectualista da Tecnologia”	agrupar respostas que contenham registros que descrevem a tecnologia como um conhecimento prático derivado diretamente do conhecimento teórico da Ciência
2.2	“Concepção Utilitarista da Tecnologia”	agrupar respostas que contenham registros que descrevem tecnologia como sinônimo de técnica, em outras palavras o processo que envolve tecnologia é ignorado, o que conta é apenas sua finalidade e utilização.
2.3	“Tecnologia como sinônimo de Ciência”	agrupar respostas que contenham registros que descrevem a Ciência e Tecnologia como a mesma coisa;
2.4	“Tecnologia como Instrumento”	agrupar respostas que contenham registros que descrevem a Tecnologia como sendo simples ferramentas ou artefatos;
2.5	“Concepção Neutra de Tecnologia”	agrupar respostas que descrevem Tecnologia como neutra, ou seja, isenta de qualquer tipo de interesse particular
2.6	“Concepção Determinística da Tecnologia”,	agrupar respostas que contenham registros que descrevem Tecnologia como autônoma ou auto evolutiva, desprovida do controle humano
2.7	“Concepção Universal da Tecnologia”	Agrupar respostas que contenham registros que descrevem Tecnologia como algo universal onde um mesmo artefato ou serviço seria aplicável em qualquer contexto
2.8	“Concepção Pessimista de Tecnologia”	Agrupar respostas que contenham registros que descrevem Tecnologia como algo ruim e que só aumentou os problemas da humanidade e pode causar até mesmo a extinção da espécie.
2.9	“Concepção Otimista de Tecnologia”	Agrupar respostas que contenham registros que descrevem Tecnologia como algo que irá garantir o progresso e o bem estar social.
2.10	Não contempla a pergunta	Agrupar respostas que contenham registros que indicam que os estudantes não compreenderam a pergunta, sendo a resposta incoerente em relação à pergunta.
2.11	Resposta em Branco	

Fonte: o próprio autor.

3. O que você entende por Radioatividade? Em quais contextos você “ouviu” o termo (TV, internet, filmes, séries, jogos, escola etc.) e o que “ouviu”?

Unidade de Contexto 3A (UC3A) **“Noções a respeito de**

Radioatividade” tem o objetivo de reunir fragmentos textuais que apresentam noções que o estudante têm em relação a Radioatividade.

Quadro 4 – Unidades de Registro (A) para a UC3

UR	Descrição	Explicação para os Registros
3A.1	“ Noções de acordo com o consenso científico atual ”	Reúne fragmentos textuais que identificam Radioatividade de acordo com o consenso científico.
3A.2	“ Noção parcialmente correta a respeito do tema ”	Reúne fragmentos textuais que representam parcialmente o que é Radioatividade, porém com alguns equívocos conceituais
3A.3	“ Noções equivocadas em relação a Radioatividade ”	reúne fragmentos que apresentam uma noção equivocada conceitualmente em relação a Radioatividade.
3A.4	“ Desconhece ou não recorda algo em relação ao tema ”	reúne fragmentos nos quais os estudantes alegam desconhecer ou não recordar do tema.
3A.5	“ Não contempla a pergunta ”	para agrupar respostas que contenham registros que indicam que os estudantes não compreenderam a pergunta, sendo a resposta incoerente em relação à pergunta.

Fonte: o próprio autor.

Unidade de Contexto 3B (UC3B) “**Meios Midiáticos e Conteúdo do termo Radioatividade**” tem o objetivo de reunir fragmentos textuais que apresentam quais conteúdos e por meio de quais formas midiáticas o estudante teve conhecimento do termo Radioatividade

Quadro 5 – Unidades de Registro (B) para a UC3

UR	Descrição	Explicação para os Registros
3B.1	“ Contextos nas principais mídias (TV, Internet, Rádio) ”	Reúne fragmentos textuais que identificam o contato do termo Radioatividade por meio de grandes mídias
3B.2	“ Contexto em meios educacionais (escola, museu, biblioteca) ou em recursos didáticos ”	reúne os fragmentos textuais que identificam o contato do termo Radioatividade por meio de meios educacionais ou em recursos didáticos.

3B.3	“Noções negativas a respeito da Radioatividade”	reúne fragmentos que apresentam noção negativa em relação a Radioatividade.
3B.4	“Noções positivas a respeito da Radioatividade”	reúne fragmentos que apresentam uma noção positiva em relação a Radioatividade.
3B.5	“Desconhece ou não recorda em relação ao tema”	reúne fragmentos nos quais os estudantes alegam desconhecer ou não recordar do tema.
3B.6	“Não contempla a pergunta”	para agrupar respostas que contenham registros que indicam que os estudantes não compreenderam a pergunta, sendo a resposta incoerente em relação à pergunta.

Fonte: o próprio autor.

4. O que você entende por Decaimento Radioativo?

Unidade de Contexto 4 (UC4) **“Noções a respeito de Decaimento Radioativo”** tem o objetivo de reunir fragmentos textuais que apresentam noções que o estudante têm em relação ao Decaimento Nuclear.

Quadro 6 – Unidades de Registro para a UC4

UR	Descrição	Explicação para os Registros
4.1	“Noções de acordo com o consenso científico atual”	reúne fragmentos textuais que identificam Decaimento Radioativo de acordo com o consenso científico.
4.2	“Noção parcialmente correta a respeito do tema”	reúne fragmentos textuais que representam parcialmente o que é Decaimento Radioativo, porém com alguns equívocos conceituais
4.3	“Noções equivocadas em relação a Decaimento Radioativo”	reúne fragmentos que apresentam uma noção conceitualmente equivocada em relação ao decaimento Radioativo.
4.4	“Desconhece ou não recorda algo em relação ao tema”	reúne fragmentos nos quais os estudantes alegam desconhecer ou não recordar do tema.
4.5	“Não contempla a pergunta”	para agrupar respostas que contenham registros que indicam que os estudantes não compreenderam a pergunta, sendo a resposta incoerente em relação à pergunta.

Fonte: o próprio autor.

5. O que é Fissão Nuclear? Dê exemplos de fenômenos e/ou tecnologias relacionados à Fissão Nuclear.

Unidade de Contexto 5A (UC5A) **“Noções a respeito da Fissão Nuclear”** tem o objetivo de reunir os fragmentos textuais que apresentam as noções que o estudante tem em relação a Fissão Nuclear.

Quadro 7 – Unidades de Registro (A) para a UC5

UR	Descrição	Explicação para os Registros
5A.1	“Noções de acordo com o consenso científico atual”	reúne fragmentos textuais que identificam a Fissão Nuclear de acordo com o consenso científico.
5A.2	“Noções parcialmente correta a respeito do tema”	reúne fragmentos textuais que representam alguma noção do que é Fissão Nuclear, porém com alguns equívocos.
5A.3	“Noções equivocadas em relação a Fissão Nuclear”	reúne fragmentos nos quais os estudantes apresentem noção equivocada em relação a Fissão Nuclear.
5A.4	“Desconhece ou não recorda nada em relação ao tema”	reúne fragmentos nos quais os estudantes alegam desconhecer ou não recordar do tema.
5A.5	“Não contempla a pergunta”	para agrupar respostas que contenham registros que indicam que os estudantes não compreenderam a pergunta, sendo a resposta incoerente em relação à pergunta.
5A.6	“Confunde a definição de fissão com a de fusão”	para agrupar respostas que contenham registros que indicam que os estudantes confundem o conceito de fissão com o de fusão nuclear.

Fonte: o próprio autor.

Unidade de Contexto 5B (UC5B) **“Exemplos de Fenômenos Naturais e/ou Tecnologias relacionados com a Fissão Nuclear”** têm o objetivo de reunir os fragmentos textuais que apresentam noções que o estudante tem dos fenômenos e/ou tecnologias relacionados com a Fissão Nuclear.

Quadro 8 – Unidades de Registro (B) para a UC5

UR	Descrição	Explicação para os Registros
5B.1	“Fenômenos naturais e	Apresentam exemplos tanto de fenômenos naturais quanto de

	tecnologias”	tecnologias relacionadas com a Fissão Nuclear
5B.2	“Fenômenos naturais”	Apresentam somente exemplos de fenômenos naturais relacionados com Fissão Nuclear
5B.3	“Tecnologias”	Apresentam somente exemplos de tecnologias relacionadas com a Fissão Nuclear
5B.4	“Sem exemplificação”	Participantes não apresentaram exemplos a respeito de Fissão Nuclear.
5B.5	“Exemplificação equivocada”	Exemplos equivocados, que não se relacionam com a Fissão Nuclear

Fonte: o próprio autor.

6. O que você entende por Fusão Nuclear? Dê exemplos de fenômenos e/ou tecnologias relacionados à Fusão Nuclear.

Unidade de Contexto 6A (UC6A) **“Noções a respeito da Fusão Nuclear”** têm o objetivo de reunir os fragmentos textuais que apresentam noções que o estudante tem em relação a Fusão Nuclear.

Quadro 9 – Unidades de Registro (A) para a UC6

UR	Descrição	Explicação para os Registros
6A.1	“Noções de acordo com o consenso científico atual”	reúne fragmentos textuais que identificam a Fusão Nuclear de acordo com o consenso científico.
6A.2	“Noção parcialmente correta a respeito do tema”	reúne fragmentos textuais que representam noção do que é Fusão Nuclear, porém com alguns equívocos.
6A.3	“Noções equivocadas em relação a Fusão Nuclear”	reúne fragmentos que apresentam uma noção equivocada em relação a Fusão Nuclear.
6A.4	“Desconhece ou não recorda nada em relação ao tema”	reúne fragmentos nos quais os estudantes alegam desconhecer ou não recordam do tema.
6A.5	“Não contempla a	para agrupar as respostas que contenham registros que

	pergunta”	indicam que os estudantes não compreenderam a pergunta, sendo a resposta incoerente em relação à pergunta.
6A.6	“Confunde a definição de fusão com a de fissão”	para agrupar respostas que contenham registros que indicam que os estudantes confundem o conceito de fusão com o de fissão nuclear.

Fonte: o próprio autor.

Unidade de Contexto 6B (UC6B) **“Exemplos de Fenômenos Naturais e/ou Tecnologias relacionados com a Fusão Nuclear”** têm o objetivo de reunir os fragmentos textuais que apresentam noções que o estudante tem em relação aos fenômenos e/ou tecnologias relacionados com a Fusão Nuclear.

Quadro 10 – Unidades de Registro (B) para a UC6

UR	Descrição	Explicação para os Registros
6B.1	“Fenômenos naturais e tecnologias”	Apresentação de exemplos tanto de fenômenos naturais quanto de tecnologias relacionadas com a Fusão Nuclear.
6B.2	“Fenômenos naturais”	Apresentação somente de exemplos de fenômenos naturais relacionados com Fusão Nuclear.
6B.3	“Tecnologias”	Apresentação somente de exemplos de tecnologias relacionadas com a Fusão Nuclear.
6B.4	“Sem exemplificação”	Participantes não souberam exemplificar nem fenômenos naturais, nem tecnologias relacionadas com a Fusão Nuclear.
6B.5	“Exemplificação equivocada”	Exemplos equivocados, que não se relacionam com a Fusão Nuclear.

Fonte: o próprio autor.

7. Como funciona uma Usina Termonuclear?

Unidade de Contexto 7 (UC7) **“Noções a respeito do funcionamento de uma Usina Termonuclear”** têm o objetivo de reunir fragmentos textuais que apresentam noções que o estudante tem em relação ao funcionamento de uma Usina Termonuclear.

Quadro 11 – Unidades de Registro para a UC7

UR	Descrição	Explicação para os Registros
7.1	“Noções de acordo com o	reúne fragmentos textuais que identificam o

	consenso científico e tecnológico atual”	funcionamento de uma Usina Termonuclear de acordo com o consenso científico e tecnológico.
7.2	“Noção parcialmente correta a respeito do funcionamento de uma Usina Termonuclear”	reúne fragmentos textuais que representam noção do funcionamento de uma Usina Termonuclear, porém com alguns equívocos.
7.3	“Noções equivocadas em relação ao funcionamento de uma Usina Termonuclear”	reúne fragmentos que apresentam noção equivocada em relação ao funcionamento de uma Usina Termonuclear.
7.4	“Desconhece ou não recorda nada em relação ao funcionamento de uma Usina Termonuclear”	reúne fragmentos nos quais os estudantes alegam desconhecer ou não recordam do funcionamento de uma Usina Termonuclear.
7.5	“Não contempla a pergunta”	para agrupar respostas que contenham registros que indicam que os estudantes não compreenderam a pergunta, sendo a resposta incoerente em relação à pergunta.

Fonte: o próprio autor.

8. Qual sua opinião a respeito da utilização de Usinas Nucleares para a geração de Energia Elétrica? Justifique.

Unidade de Contexto 8 (UC8) **“Posicionamento em relação a utilização de Usinas Nucleares para geração de Energia Elétrica”** têm o objetivo de reunir os fragmentos textuais que apresentam os posicionamentos dos estudantes a respeito da utilização de Usinas Termonucleares para geração de energia elétrica bem como seus argumentos nas perspectivas da Física e da interação CTS.

Quadro 12 – Unidades de Registro para a UC8

UR	Descrição	Explicação para os Registros
8.1	“Posicionamento a favor com argumentos condizentes com a Física”	reúne fragmentos textuais que identificam um posicionamento a favor com argumentos condizentes cientificamente com a Física
8.2	“Posicionamento a favor com argumentos condizentes com a análise da interação CTS”	reúne fragmentos textuais que identificam um posicionamento a favor com argumentos condizentes em uma perspectiva CTS

8.3	“Posicionamento contrário com argumentos condizentes com a Física”	reúne fragmentos textuais que identificam um posicionamento contrário com argumentos condizentes cientificamente com a Física
8.2	“Posicionamento contrário com argumentos condizentes com a análise da interação CTS”	reúne fragmentos textuais que identificam um posicionamento contrário com argumentos condizentes em uma perspectiva CTS
8.3	“Posicionamento a favor com argumentos equivocados/confusos com a Física”	reúne fragmentos textuais que identificam um posicionamento a favor com argumentos equivocados/confusos com a Física.
8.4	“Posicionamento a favor com argumentos equivocados/confusos com a análise da interação CTS”	reúne fragmentos textuais que identificam um posicionamento a favor com argumentos equivocados/confusos em uma perspectiva CTS
8.5	“Posicionamento contrário com argumentos equivocados/confusos com a Física”	reúne fragmentos textuais que identificam um posicionamento contrário com argumentos equivocados/confusos com a Física
8.6	“Posicionamento contrário com argumentos equivocados/confusos com a análise da interação CTS”	reúne fragmentos textuais que identificam um posicionamento contrário com argumentos equivocados/confusos em uma perspectiva CTS
8.7	“Não apresentou opinião formada em relação ao tema”	reúne fragmentos textuais nos quais os estudantes alegam não ter uma opinião do tema
8.8	“Desconhece ou não recorda nada em relação ao tema”	reúne fragmentos nos quais os estudantes alegam desconhecer ou não recordam do tema.
8.9	“Não contempla a pergunta”	para agrupar respostas que contenham registros que indicam que os estudantes não compreenderam a pergunta, sendo a resposta incoerente em relação à pergunta.

Fonte: o próprio autor.

9. Em sua opinião, aspectos socioeconômicos tiveram influência no desenvolvimento e proliferação das Usinas Termonucleares bem como uma avaliação a respeito de suas vantagens e desvantagens? Explique

Unidade de Contexto 9 (UC9) **“Noção a respeito da interação CTS**

no desenvolvimento das Usinas Termonucleares” tem o objetivo de reunir os fragmentos textuais que apresentam noção do estudante a respeito da interação CTS com as Usinas Termonucleares.

Quadro 13 – Unidades de Registro para a UC9

UR	Descrição	Explicação para os Registros
9.1	“Noções coerentes da interação CTS no exemplar das Usinas Termonucleares”	reúne fragmentos textuais que identificam noções coerentes da interação CTS no exemplar das Usinas Termonucleares
9.2	“Noções incoerentes da interação CTS no exemplar das Usinas Termonucleares”	reúne fragmentos textuais que identificam noções incoerentes da interação CTS no exemplar das Usinas Termonucleares
9.3	“Desconhece ou não recorda nada em relação ao tema”	reúne fragmentos nos quais os estudantes alegam desconhecer ou não recordam do tema.
9.4	“Não contempla a pergunta”	para agrupar respostas que contenham registros que indicam que os estudantes não compreenderam a pergunta, sendo a resposta incoerente em relação à pergunta.

Fonte: o próprio autor.

10. Suponha que você seja um(a) engenheiro(a) nuclear de uma determinada nação que necessite aumentar sua produção de energia elétrica e foi solicitado a você fazer um relatório a respeito dos fatores essenciais a serem ponderados para a instalação de uma Usina Termonuclear. Escreva tais pontos justificando-os (Obs.: faça uma análise imparcial).

Unidade de Contexto 10(UC10) “**Noções a respeito da interação CTS aplicadas as Usinas Termonucleares**” têm o objetivo de reunir os fragmentos textuais que apresentam noções que o estudante tem em relação às múltiplas questões que estão associadas a instalação de Usinas Termonucleares.

Quadro 14 – Unidades de Registro para a UC10

UR	Descrição	Explicação para os Registros
10.1	“Noções adequadas de acordo	reúne fragmentos textuais que identificam uma análise

	com o consenso científico, tecnológico e social atual”	acerca da instalação de Usinas Termonucleares de acordo com um consenso das interações CTS.
10.2	“Noção parcialmente adequada, considerando apenas aspectos técnico-científicos.	reúne fragmentos textuais que identificam uma análise acerca das Usinas Termonucleares parcial, considerando apenas aspectos técnicos-científicos do tema.
10.3	“Noção parcialmente adequada, considerando apenas aspectos sociais.	reúne fragmentos textuais que identificam uma análise acerca das Usinas Termonucleares parcial, considerando apenas aspectos sociais do tema.
10.4	“Noção não adequada, considerando apenas aspectos técnico-científicos.	reúne fragmentos textuais que identificam uma análise acerca das Usinas Termonucleares incorreta, considerando apenas aspectos técnicos-científicos do tema.
10.5	“Noção não adequada, considerando apenas aspectos sociais.	reúne fragmentos textuais que identificam uma análise acerca das Usinas Termonucleares incorreta, considerando apenas aspectos sociais do tema.
10.6	“Desconhece ou não recorda nada em relação ao tema”	reúne fragmentos nos quais os estudantes alegam desconhecer ou não recordam do tema.
10.7	“Não contempla a pergunta”	para agrupar respostas que contenham registros que indicam que os estudantes não compreenderam a pergunta, sendo a resposta incoerente em relação à pergunta.

Fonte: o próprio autor.

4.4 PROCEDIMENTOS ANALÍTICOS DOS MAPAS CONCEITUAIS PRODUZIDOS PELOS ESTUDANTES

A utilização dos mapas conceituais, como citado anteriormente, teve embasamento nos conceitos da Aprendizagem Significativa, uma vez que tal instrumento avaliativo pode mostrar indícios de uma aprendizagem significativa. Tais indícios se dão basicamente pelos conceitos elencados em cada mapa e também pelas relações que são feitas entres eles e pela hierarquização exposta nos mapas. Evidenciando assim algumas características da teoria da Aprendizagem Significativa,

pode-se citar como exemplo a diferenciação progressiva e também a reconciliação integrativa.

A análise dos mapas, diferentemente dos questionários, foi feita inspirada em Bernardelli (2014). A autora faz uma divisão em três grupos que estão relacionados com a organização do mapa, a seguir são apresentados os grupos bem como sua descrição.

Grupo 1: No presente grupo, o mapa elaborado tem sua estrutura basicamente linear e apresenta poucos conceitos.

Grupo 2: Os mapas que se enquadram nesse grupo apresentam indícios de relação apenas considerando a diferenciação progressiva entre os conceitos, o que torna os mapas deste grupo como parcialmente satisfatórios, uma vez que não foi detectado a presença da reconciliação integrativa.

Grupo 3: Este grupo é composto dos mapas que são considerados adequados pois possuem a estrutura desejada, conceitos e relação entre conceitos adequadas e termos de ligação condizentes. Com isso, apresentam aspectos da diferenciação progressiva bem como da reconciliação integrativa, pontos estes que indicam um entendimento tanto do instrumento avaliativo, no caso, os mapas conceituais, como do assunto abordado.

A partir do exposto no presente capítulo, foi possível realizar a análise dos dados, tanto dos questionários quanto dos mapas conceituais. Assim, no próximo capítulo é apresentado o tratamento dos dados obtidos e também as inferências realizadas a partir da interpretação deles com os referenciais adotados.

5 ANÁLISE DOS RESULTADOS

No presente capítulo serão apresentados os resultados do trabalho bem como suas análises. O primeiro tópico será específico dos questionários e o segundo a respeito dos mapas conceituais.

5.1 ANÁLISE DAS RESPOSTAS AOS QUESTIONÁRIOS PRÉVIO E POSTERIOR

A partir das respostas dos estudantes, tanto no questionário prévio quanto no posterior, uma unitarização foi feita utilizando as Unidades de Contexto e de Registro anteriormente apresentadas. Após tal etapa, uma reflexão foi feita entre os resultados obtidos e os referenciais adotados. Como citado anteriormente, o presente trabalho foi inspirado nos escritos de Bogdan e Biklen (1994), assim, pensando no sigilo e integridade dos participantes, a discussão dos dados empíricos bem como os registros serão apresentados por meio de códigos E1 (Estudante 1), E2, E3, E4 e E5.

1. Na sua compreensão, o que é Ciência?

Quadro 15 – Unitarização dos dados referentes à UC1

Unidade de Contexto 1 (UC1) “Compreensão da Ciência”			
UR	Descrição	PRÉVIO	POSTERIOR
1.1	“Ciência como conhecimento aceito por uma comunidade científica”	0 Registros	0 Registros
1.2	“Ciência como conhecimento”	2 Registros	4 Registros
		Qualquer avanço em <u>metodologia e pesquisa de diversos fatores, do mundo, do ser humano, das relações sociais e etc.</u> E3 O <u>estudo</u> da natureza. E5	<u>Ciência, na minha compreensão, é tudo que é estudado</u> , por exemplo temos ciências exatas e ciências humanas E1 Uma área do conhecimento humano que busca resposta para os fenômenos não compreensíveis, fazendo uso da matemática e evitando a intuição, para assim construir um

			conhecimento sólido E4 Ciência ao meu ver é o estudo da natureza E5 Ciência é o método de conhecimento utilizado pela humanidade atualmente, ele é uma forma de explicar e categorizar o pensamento lógico. E3
1.3	“Ciência como conhecimento verdadeiro”	1 Registro	0 Registros
		Estudo de certa área, visando encontrar o <u>mais perto possível de uma verdade absoluta</u> ou saber mais a fundo da área. Ex.: Ciências Biológicas e Ciência da Computação. E1	
1.4	“Ciência como conhecimento comprovado de modo empírico”	0 Registros	1 Registro
			É o <u>conhecimento verificado</u> , o estudo aprofundado sobre algo. E2
1.5	“Noções de Ciência conforme consenso de Natureza da Ciência”	0 Registros	0 Registros
1.6	“Noção utilitarista da Ciência”,	2 Registros	0 Registros
		Objeto de descobertas, <u>estudos para melhorar a vida das pessoas e facilitar suas rotinas</u> . Ela é essencial para o avanço da humanidade, pois desenvolve a capacidade intelectual e salva vidas com suas descobertas. E2 É a área do estudo que busca <u>dominar o meio ambiente em prol do bem da vida humana</u> E4	
1.7	Não contempla a pergunta	0 Registros	0 Registros
1.8	Resposta em Branco	0 Registros	0 Registros

Fonte: o próprio autor.

O quadro 15 apresenta a unitarização da primeira questão do questionário aplicado, o objetivo foi investigar as noções dos estudantes a respeito da Ciência e seus processos. Em outras palavras, buscava-se identificar quais visões eles tinham a respeito da Ciência, dando enfoque aos aspectos relacionados à Natureza da Ciência, apontados por Matthews (1995) como facilitadores para a aprendizagem de Ciências e, no presente contexto, fato relevante para a alfabetização científica e tecnológica, uma vez que é necessário entender de que forma se desenvolve a ciência, quais suas limitações e seus impactos na sociedade.

Não houve registros na UR 1.1. A ausência de registros em tal unidade pode ser interpretada como uma falta de humanização da Ciência, esquecendo-se de que a ciência é uma construção humana e que sua validade e importância dá-se, também, pelo fato de as produções científicas serem postas em teste por uma comunidade, ocasionando diversas correntes e gerando novos questionamentos. Assim, mesmo após a realização da oficina na qual foram expostos à questão humana da ciência, nenhum dos estudantes apresentou em seu relato algo nesse sentido.

Já em relação à UR 1.2, houve dois registros no questionário prévio e quatro registros no questionário posterior. As noções desta UR estão inseridas em uma ideia que relaciona Ciência com o estudo de determinados fenômenos e, a partir disso, obtém-se o conhecimento a respeito. Inicialmente, pode-se citar como exemplo o fragmento do estudante E3, que em sua resposta diz que a Ciência é *“qualquer avanço em metodologia e pesquisa de diversos fatores, do mundo, do ser humano, das relações sociais etc.”*, é possível observar que o estudante vincula Ciência com métodos e pesquisa de fenômenos de qualquer natureza, ou seja, E3 em sua resposta não restringe Ciência apenas aos fenômenos naturais, porém, observando sua resposta posterior tal fato observado não fica explícito. Observando os fragmentos posteriores, apenas o E1 cita explicitamente as diversas áreas da ciência.

Na UR 1.3, foram agrupados os registros que entendem que os resultados científicos são verdades absolutas. A UR teve apenas um registro, que se deu no questionário prévio. Tal registro foi de E1 citando que Ciência é o *“estudo de certa área, visando encontrar o mais perto possível de uma verdade absoluta (...)”*. Apesar de certa relativização no trecho final, observa-se na resposta que E1, de alguma maneira, entende que existem verdades e que a Ciência e os cientistas apenas não as encontraram. Vale ressaltar que posteriormente a resposta de E1 foi

classificada na UR 1.2, abandonando a noção de verdade e adotando a questão do estudo/conhecimento.

Na UR 1.4, foram agrupados fragmentos das respostas dos estudantes que entendessem que a única forma de se fazer ciência era através da comprovação, verificação empírica, algo que ignora as diversas áreas e metodologias. Houve apenas um registro no questionário posterior de E2 que cita “*É o conhecimento verificado, o estudo aprofundado sobre algo*”. O que chama atenção neste caso é o fato de após a unidade didática, E2 ter se expressado dessa forma, inicialmente sua resposta se encaixou na UR 1.6. O autor acredita que tal fato tenha ocorrido devido à apresentação de diversos experimentos, por meio de simuladores, que propiciaram os conhecimentos a respeito da Física Nuclear, e que foram essenciais para o avanço da área, mas que talvez tenham passado a impressão de que essa seja a única forma de se fazer ciência.

Não houve registro nas URs 1.5, 1.7 e 1.8. Por fim, houve dois registros no questionário inicial da UR 1.6. Tal UR engloba as respostas dos estudantes que entendem a ciência como algo útil, ou seja, algo que busca resolver questões para benefícios imediatos da sociedade. Em sua resposta, E2 cita que “(...) *estudos para melhorar a vida das pessoas e facilitar suas rotinas*”, enquanto E4 “(...) *busca dominar o meio ambiente em prol do bem da vida humana*”. Ambos os fragmentos deixam claras as percepções de uma ciência útil, que melhora a vida das pessoas. Porém, como demonstrado no decorrer da oficina, muitos dos avanços científicos não tiveram aplicações imediatas e não foram utilizados para a melhoria das vidas das pessoas. Pode-se observar que isso ficou claro, uma vez que não houve registros posteriores. Outro ponto para se enfatizar é que E4 usa o termo dominar para se referir à natureza, algo que Morin (2014) cita como uma das ingenuidades que devem ser superadas para o bem social, pois também fazemos parte da natureza.

As noções da Natureza da Ciência e do que é a Ciência não foram abordadas explicitamente durante a aplicação da unidade didática, mas sim apresentadas em formas de exemplos e situações históricas e sociológicas. Posteriormente à unidade didática, observa-se que dos cinco participantes, quatro tiveram suas respostas na UR 1.2 que entende que Ciência é uma atividade investigativa, na busca de respostas e na compreensão de determinados fenômenos, sejam eles da natureza ou sociais. Com isso, pode-se inferir que o entendimento de Ciência ainda necessita de uma conceituação maior, já que todos ignoraram o caráter

humano; alguns ainda contam com a visão de Ciência como o estudo apenas da natureza, e E2 cita a verificação dos fenômenos como um fator caracterizante da Ciência. Algo a ser considerado é o fato de não ter havido nenhum registro posterior da noção utilitarista da ciência, algo que pode ser considerado um avanço na percepção dos estudantes em direção a ACT, pois entender que os feitos científicos podem não trazer apenas benefícios à sociedade é um indício de criticidade a respeito do tema.

2. Na sua compreensão, o que é Tecnologia?

Quadro 16 – Unitarização dos dados referentes à UC2

Unidade de Contexto 2 (UC2) — “Compreensão de Tecnologia”			
UR	Descrição	PRÉVIO	POSTERIOR
2.1	“Concepção Intelectualista da Tecnologia”	1 Registro	1 Registro
		Tecnologia é a <u>utilização da Ciência para a criação de máquinas</u> que influenciam o meio de convivência humana, desde do dia a dia, até a produção de mais tecnologia ou até o avanço da Ciência como um todo E3	Tecnologia seguindo a mesma linha de raciocínio da resposta anterior seria a <u>aplicação desses estudos da natureza em forma de ferramentas para a sociedade</u> E5
2.2	“Concepção Utilitarista da Tecnologia”	3 Registros	2 Registros
		Uma ferramenta <u>criada para o conforto humano.</u> E2	Tecnologia <u>é qualquer método, técnica ou procedimento que substitua um processo, mas de maneira que aumente a eficiência</u> E4
		É a capacidade de realizar avanços, de fazer descobertas, para a <u>melhora da qualidade de vida.</u> E4 <u>Usar a natureza com uma ferramenta.</u> E5	Tecnologia são os avanços da sociedade em <u>deixar sua vida mais fácil.</u> E3
2.3	“Tecnologia como sinônimo de Ciência”	0 Registros	0 Registros
2.4	“Tecnologia como Instrumento”	0 Registros	0 Registros
2.5	“Concepção Neutra de Tecnologia”	0 Registros	0 Registros

2.6	“Concepção Determinística da Tecnologia”,	0 Registros	0 Registros
2.7	“Concepção Universal da Tecnologia”	0 Registros	0 Registros
2.8	“Concepção Pessimista de Tecnologia”	0 Registros	0 Registros
2.9	“Concepção Otimista de Tecnologia”	2 Registros	1 Registro
		Tudo que <u>facilita tarefas</u> . E1 Gera <u>instrumentos que facilitam e agilizam as tarefas cotidianas</u> . Também é a grande diferença do séc. XXI para os demais. E2	Tecnologia é uma ferramenta que <u>utilizamos para facilitar atividades já antes realizadas e possibilitar outras nunca antes pensadas como atividades</u> a serem realizadas por seres humanos, viajar para outros planetas/corpos celestes, por exemplo. E1
2.1 0	Não contempla a pergunta	0 Registros	1 Registro
			São as <u>mudanças constantes ao longo do tempo</u> . E2
2.1 1	Resposta em Branco	0 Registros	0 Registros

Fonte: o próprio autor.

No contexto da ACT a escolha desta segunda pergunta mostrou-se essencial, pois para que se entenda a complexa relação CTS é necessário justamente compreender quais as noções que os participantes tinham da tecnologia, termo muito presente no cotidiano, mas pouco refletido em relação a seu significado e processos envolvidos. Na UR 2.1 houve dois registros, um no questionário prévio (E3) e outro no posterior (E5). Os fragmentos reunidos em tal unidade diziam respeito a noção de tecnologia como uma aplicação prática da ciência, ou seja, algo derivado da ciência. Pode-se utilizar como exemplo a trecho de E3, “*Tecnologia é a utilização da Ciência para a criação de máquinas (...)*.” e também o registro de E5, “*Tecnologia (...) seria a aplicação desses estudos (...)*.” Essa visão, como aponta Veraszto *et al.* (2013), é uma das que são mais recorrentes.

A UR 2.2 tinha o objetivo de agrupar os registros dos estudantes que entendiam tecnologia como algo útil, sendo ignorados os processos que envolvem tecnologia, considerando apenas sua finalidade. Houve dois registros previamente (E2, E4 e E5) e dois posteriormente (E3 e E4). Como exemplo, pode-se citar E3,

“Tecnologia são os avanços da sociedade em deixar sua vida mais fácil” ou E2 *“Uma ferramenta criada para o conforto humano”*. Em ambos os registros do estudante E4 (prévio e posterior) nesta UR, observando a questão número 1, percebe-se que o mesmo também tinha uma percepção utilitarista da ciência, algo que mudou posteriormente. A partir disso, pode-se inferir que E4 carrega uma visão bastante pragmática em relação à ciência e tecnologia, percebendo tais áreas somente como úteis, ignorando as diversas facetas existentes.

Não houve registros nas UR 2.3, 2.4, 2.5, 2.6, 2.7, 2.8 e 2.11. Já na UR 2.9 houve três registros, sendo dois deles no questionário prévio e um no posterior. Buscou-se agrupar na presente UR fragmentos de respostas que demonstravam certo otimismo em relação à tecnologia, ou seja, semelhante à ideia de que as aplicações dos feitos científicos são utilizadas para o bem estar social, aqui tal lógica também se faz presente, com a diferença de não ser mais a ciência, mas sim as questões tecnológicas. Como exemplo desse otimismo pode-se citar E1 *“Tudo que facilita tarefas.”* ou E2 *“Gera instrumentos que facilitam e agilizam as tarefas cotidianas (...)”*. A partir destes trechos observa-se que os estudantes que tiveram respostas nessa UR entendem que as aplicações tecnológicas só trazem benefícios à sociedade. Vale destacar também o trecho de E2 *“(...) é a grande diferença do séc. XXI para os demais.”*. Aqui, observa-se uma associação entre tecnologia e o século XXI, o que evidencia que para E2 antigamente não se tinha tecnologia, algo reforçado em diversos meios de comunicação quando afirmam que “estamos vivendo uma era tecnológica”, desconsiderando toda a complexidade da tecnologia.

Por fim, na UR 2.10 (“Não contempla a pergunta”) houve um registro posterior por E2. Sua resposta foi *“São as mudanças constantes ao longo do tempo.”* Somente por este trecho não é possível compreender a resposta.

Como citado, para entender as relações CTS é importante que se tenha uma noção adequada de tecnologia. Igualmente à questão anterior, durante a unidade não foram apresentados aspectos relacionados explicitamente à tecnologia, mas através de exemplos e dos acontecimentos históricos que envolviam as usinas nucleares. As respostas apresentadas aqui seguem um padrão apresentado por Veraszto *et al.* (2013) que cita que muitos ainda têm uma visão deturpada a respeito de tecnologia, muitas vezes limitando-a a uma aplicação da ciência, a instrumentos e com uma visão otimista de que os problemas sociais se resolverão através do avanço tecnológico. Tais visões são ingênuas e atrapalham a ACT de maneira crítica, uma

vez que se o estudante não compreende o que é tecnologia, e sua atuação e avaliação a respeito dos processos tecnológicos ficam deturpados.

3. O que você entende por Radioatividade? Em quais contextos você “ouviu” o termo (TV, internet, filmes, séries, jogos, escola etc.) e o que “ouviu”?

A questão número três contém dois questionamentos, e por isso foram elaboradas duas UR, a UR 3A e a UR 3B. A seguir serão apresentadas as análises das unitarizações da UC3.

Quadro 17 – Unitarização dos dados referentes à UC3 (A)

Unidade de Contexto 3A (UC3A) “Noções a respeito de Radioatividade”			
UR	DESCRIÇÃO	PRÉVIO	POSTERIOR
3A.1	“Noções de acordo com o consenso científico atual”	0 Registros	0 Registros
3A.2	“Noção parcialmente correta a respeito do tema”	2 Registros <u>Ondas invisíveis a olho nu que causam danos caso sejam recebidas em excesso.</u> E1 Sei quase nada sobre o assunto, provavelmente eu estou errado, mas <u>radioatividade são as ondas criadas por materiais radioativos que, por exemplo, causam o aumento na taxa de mutação das células do corpo humano, aumentando a chance de câncer</u> E3	4 Registros <u>São elementos químicos (radioativos) que são capazes de emitir energia (radiação). Onde um núcleo instável emite partículas e ondas para atingir a estabilidade.</u> E2 <u>Radioatividade são ondas produzidas pelo decaimento de materiais radioativos, que "perdem" sua radioatividade e a liberam no ambiente.</u> E3 <u>É o processo em que elementos ou substância radioativas passam a emitir radiação.</u> E4

			Radioatividade pode ser entendida como uma propriedade onde átomos emitem radiação. E5
3A.3	“Noções equivocadas em relação a Radioatividade”	2 Registros	1 Registro
		Entendo por eletricidade tóxica, ação de raios eletromagnéticos que degradam algo. E2	Radioatividade lembra sobre, principalmente, detritos de usinas nucleares. E1
		Radioatividade ao meu ver é algo que "exale" radiação para se tornar mais instável. E5	
3A.4	“Desconhece ou não recorda algo em relação ao tema”	1 Registro	0 Registros
		Não sei dizer. E4	
3A.5	“Não contempla a pergunta”	0 Registros	0 Registros

Fonte: o próprio autor.

A UC3A faz referência à primeira parte da pergunta, ou seja, busca-se unitarizar as noções que os estudantes têm a respeito do conceito de radioatividade, algo fundamental para o entendimento do funcionamento das usinas nucleares. Na UR 3A.1 não houve nenhum registro, o autor atribui isso ao fato de (conforme as unitarizações UC3B) nenhum dos participantes ter tido contato anterior com o termo em algum meio educacional, assim, a unidade sendo o primeiro meio educacional no qual estudaram o termo propriamente dito, entende-se que muitos não compreenderam em sua totalidade o conceito de radiação, como é observado nos registros da UR 3A.2.

A UR 3A.2 agrupa fragmentos que contêm respostas parcialmente corretas a respeito do tema, houve dois registros previamente e quatro posteriormente. Como exemplo, pode-se citar a resposta de E2 “São elementos químicos (radioativos) que são capazes de emitir energia (radiação). Onde um núcleo instável emite partículas e ondas para atingir a estabilidade.”, tal trecho, como citado, possui elementos corretos, porém incompleto para que fosse unitarizado na UR anterior. Vale destacar que, após a unidade, apenas a resposta de E1 não foi unitizada nesta unidade, ou seja, após um contato mais profundo com o tema quatro dos cinco estudantes compreenderam, mesmo que parcialmente, o que é radioatividade.

Na UR 3A.3 houve dois registros prévios, de E2 e E5 e um posterior, E1. Como exemplo, pode-se citar o trecho de E2, “*Entendo por eletricidade tóxica, ação de raios eletromagnéticos que degradam algo*”. Observa-se a partir deste trecho que algumas noções superficiais estavam presentes, como “raios eletromagnéticos”, porém se analisado o todo, a resposta foge bastante do que se entende por radioatividade. Já na UR 3A.4, houve apenas um registro prévio de E4, que após a unidade teve sua resposta unitarizada na UR 3A.2. Por fim, a UR 3A.5 não houve nenhum registro.

Quadro 18 – Unitarização dos dados referentes à UC3 (B)

Unidade de Contexto 3B (UC3B) “Meios e Conteúdo do termo Radioatividade”			
UR	Descrição	PRÉVIO	POSTERIOR
3B.1	“Contextos nas principais mídias (TV, Internet, Rádio)”	<p>4 Registros</p> <p>Principalmente em séries, filmes e jogos, (...). E1</p> <p>Já ouvi na série Chernobyl. E2</p> <p>Ouvi sobre o assunto bem pouco em séries e filmes da cultura pop (Simpsons, Watchman, Hulk) (...) também vi um vídeo sobre radiação em um canal de ciência que considero bastante, o vídeo em questão fala dos efeitos de uma bomba nuclear em uma cidade (https://www.youtube.com/watch?v=5iPH-br_eJQ) (...) E3</p> <p>Já ouvi o termo radioatividade/radioativo em jogos principalmente (...). E5</p>	<p>2 Registros</p> <p>Sempre se escuta sobre radioatividade por séries, filmes, jogos e pela TV, (...). E1</p> <p>Este termo é bastante explorado na ficção (...)já os noticiários (...). E3</p>
3B.2	“Contexto em meios”	0 Registros	2 Registros

	educacionais (escola, museu, biblioteca) ou em recursos didáticos”		<p>Já ouvi esse termo principalmente em nossas aulas porém também em séries e filmes. (...) porém no curso aprendi que nem tudo que é radioativo é prejudicial.</p> <p>E5</p> <p>Ao longo do curso estudamos sobre a radioatividade no Simpsons, Dark, Hulk e tartarugas ninjas. (...).</p> <p>E2</p>
3B.3	“Noções negativas a respeito da Radioatividade”	3 Registros	5 Registros
		<p>(...) que será/é/foi a causa do apocalipse.</p> <p>E5</p> <p>(...) sobre os efeitos das ondas radioativas no corpo humano (Desde poderes até peixes de 3 olhos), (...) e fala dos efeitos no solo a longo prazo e o aumento na taxa de câncer da população.</p> <p>E3</p> <p>(...) e "ouvi" que quando um material é radioativo ele é perigoso para contato sem o devido cuidado.</p> <p>E5</p>	<p>(...) sendo que é sempre retratada num cenário pós apocalíptico ou em um cenário de super-heróis e supervilões.</p> <p>E5</p> <p>(...) nesses entretenimentos os personagens ao serem expostos à radioatividade tiveram seu corpo deformado, ou se tornaram mutantes ou monstros gigantes verdes.</p> <p>E2</p> <p>pela capacidade de "alterar" células, (...) apontam o alto fator cancerígeno da mesma.</p> <p>E3</p> <p>radioatividade é muito retratada na cultura pop como algo perigoso, dando a ideia de que não deveria ser utilizada em processos de geração de energia elétrica, gerando assim um medo na população que, sem conhecimento</p>

			prévio, se convence de que isto é verdade, temos diversos personagens de HQ's e filmes que foram afetados por radiação, como o Hulk e o Homem-Aranha por exemplo E4 Normalmente retratam radioatividade como algo prejudicial (...). E5
3B.4	“Noções positivas a respeito da Radioatividade”	1 Registro (...) em jogos principalmente onde eu precisava de uma fonte de energia que gerasse o suficiente para alimentar minha fábrica (...). E5	0 Registros
3B.5	“Desconhece ou não recorda em relação ao tema”	1 Registro Não sei dizer E4	0 Registros
3B.6	“Não contempla a pergunta”	0 Registros	0 Registros

Fonte: o próprio autor.

Esta segunda parte da pergunta se referia aos às mídias onde os estudantes haviam tido contato com o termo radiação e quais eram as formas em que a radioatividade era representada (positivamente ou negativamente). O quadro 17 apresenta as unitarizações das respostas.

Na primeira UR, 3B.1 houve seis registros, sendo quatro previamente e dois posteriormente. Como exemplo, pode-se citar a resposta de E3, *“Ouvi sobre o assunto bem pouco em séries e filmes da cultura pop (Simpsons, Watchman, Hulk) (...) também vi um vídeo sobre radiação em um canal de ciência que considero bastante, o vídeo em questão fala dos efeitos de uma bomba nuclear em uma cidade”*. Observa-se que a radioatividade é um tema bastante explorado em diversos contextos midiáticos, muitas vezes de maneira equivocada, mas sendo um ponto de partida para o professor, e quando pensado na Aprendizagem Significativa, podem ser subsunçores.

Já a UR 3B.2 teve dois registros posteriores, citando justamente a

unidade aplicada. Como exemplo pode-se citar E2: "Ao longo do curso estudamos sobre a radioatividade no *Simpsons*, *Dark*, *Hulk* e *tartarugas ninjas*. (...)". O fato de não ter nenhum registro prévio é preocupante, uma vez que radioatividade é um tema que deveria ser abordado durante o ensino básico, e observa-se que as noções dos estudantes, anteriormente à unidade, baseavam-se principalmente no que viam nas mídias.

Juntamente a esse fato é que se observa os registros das UR3B.3, que totalizam oito registros, três prévios e cinco posteriores. O atribui-se esse aumento nos registros posteriores devido a elucidação durante a unidade de alguns pontos antes não percebidos pelos estudantes, pode-se citar como exemplo E4, que inicialmente demonstrava desconhecimento, mas posteriormente responde, "(...) *radioatividade é muito retratada na cultura pop como algo perigoso, dando a ideia de que não deveria ser utilizada em processos de geração de energia elétrica, gerando assim um medo na população que, sem conhecimento prévio, se convence de que isto é verdade, temos diversos personagens de HQ's e filmes que foram afetados por radiação, como o Hulk e o Homem-Aranha por exemplo*". Com o relatado, observa-se que, além de serem os principais agentes de propagação do termo, as mídias ainda retratam, na maioria das vezes, a radioatividade somente como algo prejudicial.

O único contraponto foi dado por E5 que cita "(...) *em jogos principalmente onde eu precisava de uma fonte de energia que gerasse o suficiente para alimentar minha fábrica (...)*", destacando o grande potencial energético, assim tal trecho foi unitarizado na UR 3B.4.

A partir das respostas e da unitarização feita nos quadros 16 e 17, observa-se que os participantes não haviam tido contato com o termo radioatividade em ambientes educacionais, resumindo-se apenas às mídias que, em geral, a representavam somente como algo danoso, ignorando as diversas aplicações na saúde, pesquisas científicas etc. Com isso, vê-se que poucos, inicialmente, tinham uma noção adequada do termo, e que somente após a unidade alguns conseguiram ter tais noções, porém nenhum apresentou uma resposta completa a respeito do termo. Tais constatações vão ao encontro dos trabalhos elaborados por Prestes e Cappelletto (2008), Costa, Cunha e Ares (2011) e Calheiro e Del Pino (2015), que já haviam discorrido a respeito.

Para a ACT, compreender os conceitos científicos é algo essencial para se posicionar e atuar como agente social. No presente contexto, observa-se que

houve melhoras no entendimento, mas percebe-se que se os participantes tivessem noções prévias por meio de atividades educacionais, o avanço poderia ser maior.

4. O que você entende por Decaimento Radioativo?

No quadro 19 são apresentadas a unitarização das respostas da questão número 4. Tal questão é outro conceito científico relevante para uma análise complexa a respeito das usinas nucleares.

Quadro 19 – Unitarização dos dados referentes à UC4

Unidade de Contexto 4 (UC4) “Noções a respeito de Decaimento Radioativo”			
UR	DESCRIÇÃO	PRÉVIO	POSTERIOR
4.1	“Noções de acordo com o consenso científico atual”	0 Registros	0 Registros
4.2	“Noção parcialmente correta a respeito do tema”	1 Registro No meu conhecimento se trata do decaimento de energia que um elemento sofre, meio que transformando em uma versão menos energética. E5	5 Registros Decaimento Radioativo é o evento em que os isótopos entram em um estado de instabilidade e seus núcleos começam a se romper, se desintegrando E1 Um decaimento radioativo ocorre quando isótopos instáveis têm seus núcleos rompidos em razão da instabilidade atômica E2 É o processo que todo material radioativo passa pela sua instabilidade. O decaimento faz com que o material passe a sua radioatividade para o ambiente, diferentes materiais têm diferentes decaimentos. E3 É quando um átomo instável passa a emitir radiação até se tornar estável. E4 Compreendo como sendo um fenômeno que ocorre dentre os elementos radioativos onde devido a sua alta instabilidade eles buscam

			decair para formas mais simples e mais instáveis já que originalmente são altamente energéticos. E5
4.3	“Noções equivocadas em relação a Decaimento Radioativo”	2 Registros Ao que aparenta pela etimologia da palavra, penso que é os efeitos a longo prazo da radiação em um ser vivo. E3 Acho que é quando rompemos o núcleo de um átomo e esse libera cargas com energia suficiente para romper o núcleo dos demais átomo idênticos ao primeiro E4	0 Registros
4.4	“Desconhece ou não recorda algo em relação ao tema”	2 Registros Nada. E1 Decaimento me lembra algo em decadência, mas não sei o que significa. E2	0 Registros
4.5	“Não contempla a pergunta”	0 Registros	0 Registros

Fonte: o próprio autor.

A primeira UR, 4.1, tinha o objetivo de agrupar fragmentos que estavam de acordo com o consenso científico atual. Não houve nenhum registro nesta UR, tal ausência provavelmente se deve pelo mesmo fato da questão anterior, onde nenhum estudante havia tido contato com o conceito em ambientes educacionais, uma vez que geralmente radioatividade e decaimento radioativo são conceitos trabalhados praticamente juntos.

Já na UR 4.2, houve um registro previamente e cinco registros posteriores, ou seja, após a unidade didática, todos tiveram noções parcialmente corretas a respeito do conceito. Um exemplo de fragmento desta UR é o trecho de E5 “*Compreendo como sendo um fenômeno que ocorre dentre os elementos radioativos onde devido a sua alta instabilidade eles buscam decair para formas mais simples e mais instáveis já que originalmente são altamente energéticos*”.

Houve na UR 4.3 dois registros prévios, podendo citar como exemplo

o relato de E4 “Acho que é quando rompemos o núcleo de um átomo e esse libera cargas com energia suficiente para romper o núcleo dos demais átomo idênticos ao primeiro”. Observa-se que o participante confunde o conceito de decaimento radioativo com fissão nuclear. Assim, observa-se que noções prévias existiam em relação à física nuclear, porém pouco estruturadas, o que acabou por confundir E4.

Na UR 4.4, houve dois registros prévios, de E1 e E2, ambos após a unidade tiveram seus registros categorizados como parcialmente corretos, demonstrando um avanço. Na UR 4.5 não houve nenhum registro. A partir do exposto, observa-se mais uma vez que a falta do contato em meios educacionais a respeito do conceito pode ter atrapalhado de certa forma o melhor desenvolvimento das respostas, ao mesmo tempo em que fica claro que, se bem trabalhado, os estudantes conseguem ter uma noção adequada do conceito, algo que já é um fato importante para as discussões CTS.

5. O que é Fissão Nuclear? Dê exemplos de fenômenos e/ou tecnologias relacionados à Fissão Nuclear.

A questão número cinco é composta por dois questionamentos, assim foram elaboradas duas URs e unitarizadas separadamente, como representado nos quadros 20 e 21.

Quadro 20 – Unitarização dos dados referentes à UC5 (A)

Unidade de Contexto 5A (UC5A) “Noções a respeito da Fissão Nuclear”.			
UR	DESCRIÇÃO	PRÉVIO	POSTERIOR
5A.1	“Noções de acordo com o consenso científico atual”	1 Registro Fissão nuclear é a quebra do núcleo de um átomo que origina dois novos átomos, porém, se somarmos a massa desses dois novos átomos ela será menor que o átomo anterior, toda essa massa "perdida" se transformou em energia, (...). E4	2 Registros Fissão Nuclear é o processo em que ocorre a quebra do núcleo de um átomo instável, que gera dois outros átomos distintos com uma massa menor que o inicial, essa massa aparentemente perdida foi transformada em energia, muita energia, (...) E4 Fissão nuclear se trata da quebra do núcleo de um átomo instável que se divide em outros dois núcleos menores e mais instáveis através

			da interação artificial com outras partículas como o nêutron, E5
5A.2	“Noções parcialmente correta a respeito do tema”	3 Registros Fissão Nuclear é a liberação massiva de energia que ocorre nos reatores nucleares. E1 A separação de uma partícula para a criação de energia, (...) é em sua essência, a separação de uma partícula e a liberação de sua energia no ambiente. E3 Fissão Nuclear seria a "quebra" de um elemento onde nessa quebra se libera energia. E5	3 Registros Fissão Nuclear é o nome da fonte de energia nuclear, é causada pelo decaimento de diversos átomos, sendo que estes se transformam em átomos menores. E1 No mínimo, dois nêutrons são liberados, a fissão nuclear ocorre por meio de uma reação em cadeia, em que cada novo nêutron criado colide com um núcleo de urânio, gerando uma nova fissão. E2
5A.3	“Noções equivocadas em relação a Fissão Nuclear”	0 Registros	0 Registros
5A.4	“Desconhece ou não recorda nada em relação ao tema”	1 Registro Não sei, mas vou pesquisar sobre. E2	0 Registros
5A.5	“Não contempla a pergunta”	0 Registros	0 Registros
5A.6	“Confunde a definição de fissão com a de fusão”	0 Registros	0 Registros

Fonte: o próprio autor.

A primeira parte da pergunta diz respeito ao conceito de fissão nuclear. A proposta é observar quais as noções que os estudantes tinham a respeito do conceito. As UR 5A.3, 5A.5 e 5A.6 não tiveram nenhum registro.

A UR 5A.1 teve três registros, um prévio e dois posteriores (E4 e E5). Como exemplo, pode-se citar o trecho de E4, “*Fissão Nuclear é o processo em que ocorre a quebra do núcleo de um átomo instável, que gera dois outros átomos distintos*”

com uma massa menor que o inicial, essa massa aparentemente perdida foi transformada em energia, muita energia, (...).”

Já a UR 5A.2 teve seis registros, três previamente e três posteriormente. Esta UR contemplava respostas que tinham certo fundamento, mas não eram totalmente satisfatórias, ou estavam incompletas, ou traziam alguns trechos equivocados etc. Como exemplo pode-se citar E3, “*Fissão nuclear é a colisão de um elétron com outro de um material nuclear, causando a geração de energia, em materiais físséis esta reação ocorre em cadeia gerando quantidades enormes de energia.*”. Observa-se que o estudante cita o elétron como partícula que ocasiona a fissão, porém sabe-se que interação elétrica atrapalha que isso ocorra, sendo utilizado o nêutron, justamente por ter carga elétrica nula. Assim, é possível notar que E3 tinha algumas noções corretas, porém confusas a respeito do tema.

A UR 5A.4 teve apenas um registro prévio de E2.

Quadro 21 – Unitarização dos dados referentes à UC5 (B)

Unidade de Contexto 5B (UC5B) “Exemplos de Fenômenos Naturais e/ou Tecnologias relacionados com a Fissão Nuclear”			
UR	DESCRIÇÃO	PRÉVIO	POSTERIOR
5B.1	“Fenômenos naturais e tecnologias”	0 Registros	0 Registros
5B.2	“Fenômenos naturais”	0 Registros	0 Registros
5B.3	“Tecnologias”	4 Registros	4 Registros
		Geração de energia por meio desta. E1 (...) como exemplo, uma bomba nuclear. E3 (...) o único exemplo que penso são usinas nucleares. E4 Uma tecnologia que utiliza de fissão nuclear são as próprias usinas nucleares para gerar energia. E5	É utilizada em Usinas Nucleares pelo calor gerado ser suficiente para evaporar a água e mover as turbinas. E1 Ex: bombas nucleares. E2 (...) atualmente a fissão nuclear é o melhor método de se gerar energia elétrica, sendo, portanto, utilizado nas usinas nucleares. E4 Podemos observar a fissão ocorrendo nas próprias usinas nucleares como uma potente fonte

			energética. E5
5B.4	“Sem exemplificação”	1 Registro	1 Registro
		Não sei, mas vou pesquisar sobre. E2	“.” E3
5B.5	“Exemplificação equivocada”	0 Registros	0 Registros

Fonte: o próprio autor.

No quadro 20, são apresentados os exemplos que os estudantes conheciam a respeito da fissão nuclear. Não houve registros nas URs 5B.1, 5B.2 e 5B.5. A UR 5B.4 teve dois registros, um prévio feito por E2 e outro posterior por E3. É curioso observar a falta de exemplificação de E3 mesmo após a unidade didática, pois o tema central era justamente um exemplo tecnológico da fissão nuclear, assim, pode-se atribuir essa falta de exemplificação como um descuido de E3, até porque previamente ele havia citado um exemplo.

A UR 5B.3 diz respeito a exemplos de tecnologias de fissão nuclear. Houve oito registros, quatro prévios e quatro posteriores. Os exemplos mais citados são a bomba nuclear e as usinas nucleares, exemplos estes que são realmente os mais difundidos nas mídias e que também foram discutidos na unidade didática.

Após a análise dos quadros 20 e 21, observa-se que posteriormente à unidade houve um avanço das noções a respeito de fissão nuclear (mesmo que parcialmente corretas), e que os exemplos se limitaram às questões tecnológicas, algo que atribui-se ao tema central da unidade que se tratava justamente de um exemplo tecnológico da fissão nuclear.

6. O que você entende por Fusão Nuclear? Dê exemplos de fenômenos e/ou tecnologias relacionados à Fusão Nuclear.

A questão número seis muito se assemelha à de número cinco, com a diferença de que, ao invés de fissão nuclear, esta se trata da fusão nuclear. Tal questão foi proposta, primeiro, por fazer parte do escopo dos estudos da física nuclear, e em segundo lugar para o entendimento do atual desenvolvimento das usinas nucleares a fusão. Os quadros 22 e 23 apresentam a unitarização das respostas dos estudantes.

Quadro 22 – Unitarização dos dados referentes à UC6 (A)

Unidade de Contexto 6A (UC6A) “Noções a respeito da Fusão Nuclear”			
UR	Descrição	Prévio	Posterior
6A.1	“Noções de acordo com o consenso científico atual”	1 Registro	1 Registros
		<p>Consiste em realizarmos a fusão entre átomos, rompendo a força de repulsão que há entre suas cargas, quando isso ocorre temos uma liberação de energia, (...).</p> <p>E4</p>	<p>A fusão nuclear é quando o núcleo de dois átomos de um mesmo elemento se aproxima com uma intensidade imensa, capaz de romper a força eletrostática, estabelecendo assim sua união, mas esse novo átomo gerado apresenta uma massa menor que os dois separados, logo, de maneira análoga ao processo anterior, a massa aparentemente perdida foi transformada em energia.</p> <p>E4</p>
6A.2	“Noção parcialmente correta a respeito do tema”	3 Registros	3 Registros
		<p>Fusão Nuclear é uma "junção" entre átomos(?) que acaba resultando em corpos com temperaturas altíssimas, (...).</p> <p>E1</p>	<p>Ao contrário da fissão, a fusão nuclear junta átomos menores em átomos maiores, fazendo um tipo de junção(fusão) e gerando uma grande quantidade de calor.</p> <p>E1</p>
		<p>Fusão nuclear, ao contrário de fissão, é a união de partículas e a criação de energia resultante do equilíbrio que as duas partículas tentam alcançar, resultando assim na liberação de energia</p> <p>E3</p>	<p>A fusão nuclear ocorre quando dois ou mais núcleos de um mesmo elemento se fundem e formam outro elemento, liberando energia.</p> <p>E2</p>
		<p>Fusão nuclear é o processo onde dois núcleos se fundem criando um terceiro elemento mais pesado, esse processo libera grandes quantidades de energia.</p> <p>E5</p>	
6A.3	“Noções equivocadas em relação a Fusão Nuclear”	0 Registros	0 Registros
6A.4	“Desconhece ou	1 Registro	0 Registros

	não recorda nada em relação ao tema”	Não sei. E2	
6A.5	“Não contempla a pergunta”	0 Registros	0 Registros
6A.6	“Confunde a definição de fusão com a de fissão”	0 Registros	1 Registro Fusão Nuclear é a divisão de um átomo e a geração de energia que este processo causa (...). E3

Fonte: o próprio autor.

Conforme a questão número cinco, a primeira parte da questão é a respeito da definição do conceito de fusão nuclear (Quadro 22) e a segunda (Quadro 23) a respeito da exemplificação de fenômenos e/ou tecnologias relacionadas com o tema.

A UR 6A.1 teve dois registros, um prévio e um posterior, ambos de E3. É interessante notar que E3 teve uma evolução em diversos sentidos em sua resposta, previamente sua resposta foi *“Consiste em realizarmos a fusão entre átomos, rompendo a força de repulsão que há entre suas cargas, quando isso ocorre temos uma liberação de energia, (...)”*, posteriormente, *“A fusão nuclear é quando o núcleo de dois átomos de um mesmo elemento se aproxima com uma intensidade imensa, capaz de romper a força eletrostática, estabelecendo assim sua união, mas esse novo átomo gerado apresenta uma massa menor que os dois separados, logo, de maneira análoga ao processo anterior, a massa aparentemente perdida foi transformada em energia.”*, sua resposta apresentou muito mais detalhes a respeito do fenômeno.

A UR 6A.2 teve seis registros, três prévios e três posteriores. Nesta UR a proposta era unitarizar fragmentos que estavam parcialmente corretos ou incompletos. Pode-se utilizar como exemplo E1, *“Ao contrário da fissão, a fusão nuclear junta átomos menores em átomos maiores, fazendo um tipo de junção(fusão) e gerando uma grande quantidade de calor.”*, tal trecho apresenta praticamente todos os elementos corretos, porém poderia ser melhor explicado. Assim, os fragmentos desta UR apesar de incompletos, pode-se dizer que são adequados e que são suficientes para o entendimento dos fenômenos de fusão e suas tecnologias.

As URs 6A.3 e 6A.5 não tiveram nenhum registro. Já a UR 6A.4 teve

apenas um registro prévio por E2. E por fim, a UR 6A.6 teve um registro posterior de E3, algo novamente que chama a atenção, pois a recíproca não foi verdadeira, ou seja, E3 não confundiu fissão com fusão na questão número cinco, além disso, previamente sua resposta havia se encaixado como parcialmente correta, o que leva a consideração de que tal fato tem alguma relação com a desatenção de E3.

Quadro 23 – Unitarização dos dados referentes à UC6 (B)

Unidade de Contexto 6B (UC6B) “Exemplos de Fenômenos Naturais e/ou Tecnologias relacionados com a Fusão Nuclear”.			
UR	DESCRIÇÃO	PRÉVIO	POSTERIOR
6B.1	“Fenômenos naturais e tecnologias”	0 Registros	0 Registros
6B.2	“Fenômenos naturais”	3 Registros (...) tais como estrelas. Não consigo citar exemplo(s), meu conhecimento se resume em saber que, atualmente, não há como manipular de maneira eficiente a Fusão Nuclear. E1 Como exemplo temos o sol que está constantemente fundindo átomo de hidrogênio. E4 Um fenômeno que utiliza fusão nuclear é aquele que ocorrem nos núcleos das estrelas. E5	2 Registros (...) pode-se dizer que esse processo é um dos maiores responsáveis pela vida na Terra, visto que é um processo que ocorre no interior das estrelas, logo como o Sol é uma estrela é lógico dizer que a mesma analogia se aplica a ele. E4 (...) e ocorre e situações extremas como por exemplo no núcleo do sol ocorrem várias fusões nucleares de hidrogênio. E5
6B.3	“Tecnologias”	0 Registros	3 Registros Fusão Nuclear é o nome de um dos fenômenos nucleares mais difíceis de se controlar, sendo o uso de energia para gerá-lo maior do que a energia gerada por ele. E1 Ex: reator de fusão nuclear. E2

			(...)atualmente a geração de energia por este método ainda está em desenvolvimento devido a sua alta periculosidade se algo der errado. E3
6B.4	“Sem exemplificação”	2 Registros “.” E2 Não consigo recordar algum fenômeno ou tecnologia de fissão nuclear E3	0 Registros
6B.5	“Exemplificação equivocada”	0 Registros	0 Registros

Fonte: o próprio autor.

Seguindo ainda na questão de número seis, na parte da exemplificação não se tem nenhum registro na UR 6B.1, ou seja, os exemplos ficaram novamente divididos em somente fenômenos naturais ou tecnologias, como pode ser visto na UR 6B.2 que contou com cinco registros, três prévios e dois posteriores. O principal exemplo aqui se resumiu à fusão nuclear que ocorre nas estrelas, como pode ser visto no fragmento de E5, “(...) e ocorre e situações extremas como, por exemplo, no núcleo do sol ocorrem várias fusões nucleares de hidrogênio.”.

Na UR 6B.3 houve três registros, todos posteriores, e citando basicamente a questão das usinas nucleares por fusão nuclear como citado por E3, “(...)atualmente a geração de energia por este método ainda está em desenvolvimento devido a sua alta periculosidade se algo der errado.”. Quando observados os fragmentos prévio e posterior de E1, observa-se que em cada momento citou um exemplo, algo que poderia ter sido unido e caracterizado sua resposta na UR 6B.1, mas por algum motivo o estudante não o fez. Vale destacar ainda que tal tecnologia está em desenvolvimento e conta com os esforços de diversas nações em busca de condições viáveis para o funcionamento, fatos que foram apresentados durante a unidade didática e que, aliados à ausência de registros prévios, evidencia a influência da unidade na formação dos participantes, mostrando-lhes novas perspectivas e possibilidades em relação a geração de energia elétrica.

A UR 6B.4 teve dois registros prévios feitos por E2 e E3, que

posteriormente à unidade apresentaram exemplos relacionados à tecnologia. E, por fim, a UR 6B.5 não conteve nenhum registro. Assim, após analisados os quadros 22 e 23, observa-se que os estudantes apresentaram noções a respeito do conceito da fusão nuclear adequados em sua maioria e, além disso, souberam exemplificar de alguma forma (fenômenos naturais ou tecnologias). Isso mostra-se relevante, uma vez que, apesar de abordado na unidade didática, o tempo destinado à fissão foi maior, pois as usinas atuais têm o fenômeno como princípio de funcionamento.

7. Qual sua opinião a respeito da utilização de Usinas Nucleares para a geração de Energia Elétrica? Justifique.

A questão número sete faz parte de um conjunto de questões (7, 9 e 10) que buscava observar se os estudantes compreendiam a complexidade das interações CTS ao pensar a respeito das usinas nucleares, assim apesar da questão perguntar explicitamente qual era a opinião dos participantes, pouco importava se fossem a favor ou contra. O que realmente importava eram suas justificativas, pois através delas poderia ser observado o entendimento acerca das relações CTS. O quadro 24 apresenta a unitarização das respostas para esta questão.

Quadro 24 – Unitarização dos dados referentes à UC7

Unidade de Contexto 7 (UC7) “Posicionamento em relação a utilização de Usinas Nucleares para geração de Energia Elétrica”			
UR	DESCRIÇÃO	PRÉVIO	POSTERIOR
7.1	“Posicionamento a favor com argumentos condizentes com a Física”	0 Registros	0 Registros
7.2	“Posicionamento a favor	4 Registros	4 Registros

	<p>com argumentos condizentes com a análise da interação CTS”</p>	<p>Sim e não. Depende do local em que forem implantadas, é extremamente viável se estiver seguindo todas as medidas de segurança e for, comprovadamente, a forma de geração de energia mais eficiente, (...).</p> <p>E1</p> <p>Com o avanço rápido da tecnologia do século e a variedade de tipos de materiais que podem ser utilizados para a criação de energia nuclear, acredito que provavelmente ela será a energia principal dos próximos séculos, (...).</p> <p>E3</p> <p>(...), mas também vejo como uma fonte de geração de energia eficaz nas atuais condições que temos.</p> <p>E4</p> <p>Uma forma muito mais eficiente e com melhor custo benefício porém possuem uma grande influência no mundo por suas capacidades bélicas, porém ainda sim acredito que seja a melhor forma para produção massiva de energia já que (...) consideram também perigoso devido a magnitude dos acidentes que ocorreram relacionados a usinas nucleares porém em sua grande parte foram erros humanos que poderia ser evitados e com o avanço da tecnologia nos dias de hoje se é possível amenizar a chance de acidentes.</p> <p>E5</p>	<p>Usinas Nucleares não são necessariamente ruim, considerando que a empresa responsável pela manutenção dessas seja uma empresa responsável, a energia nuclear é gerada em larga escala e seus combustíveis são duradouros, em termos de eficiência seria uma matriz energética perfeita, porém, o potencial destrutivo causa um medo, justificável, ao ouvir seu nome, diria eu que a utilização deve-se limitar, por enquanto, aos países capazes de construir e manter uma usina sem problema e conseguir lidar com possíveis acidentes.</p> <p>E1</p> <p>Na minha opinião é difícil julgar a instalação de uma usina nuclear, no Brasil acredito que existem outras formas de energia pra se investir antes das usinas nucleares. Entretanto acho uma forma de energia super viável para países com fatores climáticos instáveis e escasso recurso hídrico.</p> <p>E2</p> <p>Sou totalmente a favor, é uma das energias mais eficientes atuais, se o lixo for bem armazenado em seu período de radioatividade os riscos apresentados são mínimos, devido a evolução das tecnologias de segurança atuais.</p> <p>E3</p> <p>Eu apoio o uso de usinas nucleares como fonte de geração pois além de serem duráveis compactas e de grande eficiência com o estudo que precisaríamos para ter uma</p>
--	---	---	---

			funcionando de forma correta, podemos expandir a área da ciência e tecnologia do país o que poderia nos ajudar a sair da categoria de país emergente. E5
7.3	“Posicionamento contrário com argumentos condizentes com a Física”	0 Registros	0 Registros
7.4	“Posicionamento contrário com argumentos condizentes com a análise da interação CTS”	2 Registros (...), porém, em certos locais a implantação deste tipo de Usina se torna inútil e ineficiente ou apresenta maior risco do que efetividade. E1 Acredito que são perigosas se forem mal administradas, caso não sejam tomados os devidos cuidados grandes acidentes podem acontecer, temos diversos exemplos na história, (...). E4	1 Registros Não se deve fazer da geração de energia elétrica por usinas nucleares um uso externo, devido a geração do lixo nuclear, mas é a forma mais eficiente, viável e longínqua a ser utilizada até que tenhamos outras maneiras mais eficientes. E4
7.5	“Posicionamento a favor com argumentos equivocados/confusos com a Física”	0 Registro	0 Registros
7.6	“Posicionamento a favor com argumentos equivocados/confusos com a análise da interação CTS”	3 Registros (...) e amigável com o ecossistema enquanto em fase de produção e o descarte do material radioativo pode ser facilmente elaborado para não prejudicar o meio ambiente, (...). E5	0 Registros

		É uma forma barata de energia, porém muito poluente. E2 (...)atualmente ela gera muitos dejetos químicos, e polui o meio ambiente, além de ser extremamente cara a sua produção E3	
7.7	“Posicionamento contrário com argumentos equivocados/confusos com a Física	0 Registros	0 Registros
7.8	“Posicionamento contrário com argumentos equivocados/confusos com a análise da interação CTS”	0 Registros	0 Registros
7.9	“Não apresentou opinião formada em relação ao tema”	0 Registros	0 Registros
7.1 0	“Desconhece ou não recorda nada em relação ao tema”	0 Registros	0 Registros
7.1 1	“Não contempla a pergunta”	0 Registros	0 Registros

Fonte: o próprio autor.

A UR 7.1 não teve nenhum registro. A proposta para essa UR era justamente, justificativas a favor que abordassem aspectos da física nuclear, ou seja, do potencial energético das reações nucleares, ignorando outros fatores como propostos nas outras UR. Além da UR7.1, as URs 7.3, 7.5, 7.7, 7.8, 7.9, 7.10 e 7.11 não apresentaram registros.

Já a UR 7.2 foi a que mais teve registros, oito ao todo, quatro previamente e quatro posteriormente. A UR buscava reunir registros que apresentassem fragmentos que fossem a favor, porém considerando aspectos que vão além do potencial energético da fissão nuclear, como mão de obra, matriz energética, segurança etc. Pode-se utilizar como exemplos os seguintes registros: *“Na minha opinião é difícil julgar a instalação de uma usina nuclear, no Brasil acredito que existem outras formas de energia pra se investir antes das usinas nucleares.*

Entretanto acho uma forma de energia super viável para países com fatores climáticos instáveis e escasso recurso hídrico.” (E2 – posterior) e *“Usinas Nucleares não são necessariamente ruim, considerando que a empresa responsável pela manutenção dessas seja uma empresa responsável, a energia nuclear é gerada em larga escala e seus combustíveis são duradouros, em termos de eficiência seria uma matriz energética perfeita, porém, o potencial destrutivo causa um medo, justificável, ao ouvir seu nome, diria eu que a utilização deve-se limitar, por enquanto, aos países capazes de construir e manter uma usina sem problema e conseguir lidar com possíveis acidentes.”* (E1 – posterior). Pode-se observar que diversos aspectos foram considerados para justificar as questões, assim, observa-se uma análise crítica envolvendo aspectos técnico-científicos (instalação e manutenção) e sociais (acidentes e matriz energética).

A UR 7.4 teve três registros, dois previamente e um posterior, um dos registros prévios foi de E1, que tanto previamente quanto posteriormente teve fragmentos registrados como a favor. O início de sua resposta na UR7.2 *“Sim e não. Depende do local em que forem implantadas(...).”* demonstra que o estudante não é necessariamente contra ou a favor, seu posicionamento dependerá das condições e contextos nos quais a pergunta foi realizada, evidenciando uma análise crítica a respeito, um indicativo de uma ACT.

Na UR7.6 três registros, ambos prévios. A presente UR reuniu fragmentos com justificativas equivocadas, pode-se citar E5, *“(...) e amigável com o ecossistema enquanto em fase de produção e o descarte do material radioativo pode ser facilmente elaborado para não prejudicar o meio ambiente, (...).”* o estudante ainda teve fragmentos na UR 7.2, ou seja, novamente foi uma resposta elaborada, considerando diversos aspectos, porém neste fragmento em questão de maneira equivocada, algo que não se repetiu posteriormente.

Após a análise de todos os fragmentos é possível observar que, a fim de responder tal questão, os estudantes consideraram aspectos que vão além das questões técnico-científicas, considerando também aspectos sociais, algo buscado com a unidade didática. Além disso, observou-se também que os argumentos confusos e equivocados foram presentes apenas anteriormente à unidade didática. Assim, pode-se inferir que a unidade teve influências na elucidação de alguns pontos confusos para os estudantes, além de expô-los a outras perspectivas de análise, algo essencial para ACT e também para uma atuação social de fato.

8. Como funciona uma Usina Termonuclear?

A questão número oito tinha o objetivo de observar as noções dos estudantes a respeito do funcionamento das usinas termonucleares, no quadro 25 são apresentadas as unitarizações das respostas, seguidas das análises.

Quadro 25 – Unitarização dos dados referentes à UC8

Unidade de Contexto 8 (UC8) “Noções a respeito do funcionamento de uma Usina Termonuclear”.			
UR	DESCRIÇÃO	PRÉVIO	POSTERIOR
8.1	“Noções de acordo com o consenso científico e tecnológico atual”	0 Registros	4 Registros
			<p>As atuais Usinas Nucleares usam a fissão nuclear para gerar calor e evaporar a água, sendo que o vapor desta tem força suficiente para girar uma turbina e assim gerar energia elétrica a partir da energia mecânica.</p> <p>E1</p> <p>Materiais físséis (que causam uma reação em cadeia quando se choca um elétron) geram energia em seus impactos e assim iniciam a geração de energia, como esta energia é gerada varia, por exemplo as usinas PWR esquentam água e está água gira uma turbina que gera energia.</p> <p>E3</p> <p>As usinas nucleares atuais operam através da fissão nuclear, ou seja, realizam a quebra do núcleo de um átomo, essa quebra libera muita energia, que aquece a água até que se torne vapor, esse vapor gerado movimenta uma turbina acoplada a um gerador de energia elétrica.</p> <p>E4</p>

			<p>Até agora a base para usinas nucleares funciona da seguinte forma: Temos o reator onde ocorre os eventos nucleares que geram energia utilizada para aquecer água que quando vira vapor serve para girar uma turbina que por fim se transforma em energia podendo ser ou não um ciclo fechado, e também tendo outras variáveis como material utilizado pra refrigeração, layout do reator e a turbina e vários outros mais em suma uma usina nuclear opera desta forma.</p> <p>E5</p> <p>Uma usina nuclear é uma instalação industrial que produz energia elétrica a partir de reações nucleares. As reações nucleares de elementos radioativos, como o urânio, produzem uma grande quantidade de energia térmica. Nessas instalações são construídas envolvidas por uma contenção feita de ferro armado, concreto e aço, tudo isso para proteger o reator nuclear de emitir radiações para o meio ambiente.</p> <p>E2</p>
8.2	“Noção parcialmente correta a respeito do funcionamento de uma Usina Termonuclear”	<p>4 Registros</p> <p>Por meio da liberação de energia causada pela Fissão Nuclear.</p> <p>E1</p> <p>Em sua forma mais básica a usina nuclear gera energia através das ondas radioativas geradas por materiais radioativos, esses materiais se desgastam com o tempo e precisam ser descartados e substituídos por materiais novos.</p>	1 Registro

		<p>E3</p> <p>Através da fissão nuclear, um átomo de urânio tem o seu núcleo quebrado e libera energia é dois elétrons (eu acho), que esbarram em dois outros átomos de urânio rompem seu núcleo e o ciclo continua.</p> <p>E4</p> <p>Em minha concepção uma usina nuclear funciona através de uma reação de fissão nuclear e a infraestrutura da usina e elaborada de tal forma que assegure que a reação ocorra de forma fluida onde o elemento sofre a reação que é controlada de forma adequada enquanto ocorre a extração da energia.</p> <p>E5</p>	
8.3	“Noções equivocadas em relação ao funcionamento de uma Usina Termonuclear”	<p>1 Registro</p> <p>Acho que usa minérios para transformação de energia (desculpe se estiver errado).</p> <p>E2</p>	0 Registros
8.4	“Desconhece ou não recorda nada em relação ao funcionamento de uma Usina Termonuclear”	0 Registros	0 Registros
8.5	“Não contempla a pergunta”	0 Registro	0 Registro

Fonte: o próprio autor.

A UR 8.1 teve quatro registros, todos posteriores. O objetivo da tal UR era agrupar fragmentos que apresentassem o funcionamento correto de uma usina nuclear, um exemplo de tal unidade é o trecho de E5, *“Até agora a base para usinas nucleares funciona da seguinte forma: Temos o reator onde ocorre os eventos nucleares que geram energia utilizada para aquecer água que quando vira vapor serve para girar uma turbina que por fim se transforma em energia podendo ser ou não um*

ciclo fechado, e também tendo outras variáveis como material utilizado pra refrigeração, layout do reator e a turbina e vários outros mais em suma uma usina nuclear opera desta forma.” A resposta de E5 mostrou-se bastante completa no que diz respeito ao funcionamento básico de uma usina nuclear.

Já na UR 8.2 houve cinco registros, quatro prévios e um posterior. Como citado em sua descrição, a UR agrupava respostas parcialmente corretas ou incompletas do funcionamento das usinas nucleares. É interessante ressaltar que todos os estudantes que tiveram suas respostas prévias classificadas nesta UR, posteriormente tiveram as respostas na UR8.1, ou seja, de acordo com o consenso científico, evidenciando a compreensão dos assuntos abordados na unidade. Como exemplo de fragmento pode-se citar E5, *“Em minha concepção uma usina nuclear funciona através de uma reação de fissão nuclear e a infraestrutura da usina é elaborada de tal forma que assegure que a reação ocorra de forma fluida onde o elemento sofre a reação que é controlada de forma adequada enquanto ocorre a extração da energia.”* Sua resposta contempla elementos corretos, porém a organização e a forma em que há a transformação de energia estão confusas.

A UR 8.3 teve apenas um registro prévio, por E2, *“Acho que usa minérios para transformação de energia (desculpe se estiver errado).”*, que posteriormente à unidade teve sua resposta unitarizada na UR 8.2, demonstrando também uma evolução e uma melhor organização das palavras em sua resposta e termos. Nas UR 8.4 e 8.5 não houve nenhum registro.

A partir das análises e dos fragmentos apresentados, pode-se inferir que quatro dos cinco estudantes tinham certa noção a respeito do funcionamento das usinas nucleares, porém de maneira confusa em alguns detalhes importantes, posteriormente à unidade, quatro estudantes conseguiram explicar o funcionamento de forma clara e correta. Já o E2, que inicialmente não tinha noção do funcionamento, após a unidade apresentou uma melhora em relação à sua resposta prévia, evidenciando novamente o impacto positivo da unidade didática. Saber como funciona uma usina é algo fundamental quando se pensa em uma participação social, pois a partir de tais noções o estudante consegue compreender as limitações e possibilidades de tal projeto e assim atuar socialmente a respeito, objetivo adotado no presente trabalho.

9. Em sua opinião, aspectos socioeconômicos tiveram influência

no desenvolvimento e proliferação das Usinas Termonucleares bem como na avaliação a respeito de suas vantagens e desvantagens? Explique

Como citado anteriormente, a questão número nove faz parte de questões para observar noções a respeito das interações CTS. Assim, buscou-se aqui que os estudantes fizessem associações a respeito da proliferação das usinas nucleares com questões sociais. No quadro 26 estão as unitarizações das respostas seguidas das análises.

Quadro 26 – Unitarização dos dados referentes à UC9

Unidade de Contexto 9 (UC9) “Noção a respeito da interação CTS em relação as Usinas Termonucleares”.			
UR	DESCRIÇÃO	PRÉVIO	POSTERIOR
9.1	“Noções coerentes da interação CTS no exemplar das Usinas Termonucleares”	3 Registros	4 Registros
		<p>Sim, o auge das usinas nucleares ocorreu na época da Guerra Fria, onde esta era a forma mais eficiente de gerar energia, fora que a tecnologia exigida era avançada, fazendo com que o domínio sobre tal método de geração de energia significasse poder político. Claro que, naquela época, não houve nenhum balanceamento sobre as vantagens e desvantagens, fato que gerou um certo desleixo quanto aos operadores da usina, ex.: Acidente de Chernobyl.</p> <p>E1</p> <p>Sim, com o vasto investimento de grandes potências econômicas na tecnologia de energia nuclear como a melhor fonte de energia das décadas passadas, houve um avanço e uma preferência pela energia nuclear sobre outras.</p> <p>E3</p> <p>Sim com certeza, devido principalmente ao meu ver a sua capacidade bélica o desenvolvimento e estudo de usinas nucleares sofreu com uma certa influência negativa e essa influência se alarmou mais quando os incidentes nucleares</p>	<p>Sim, todo tipo de energia limpa "pesa no bolso", usinas nucleares são custosas e sua capacidade destrutiva em casos de acidentes e desastres é um ponto a ser considerado, diria eu que energia nuclear é a última opção sempre, considerando o fator de precisar de um local sem corpos d'água por perto e um tipo de armazenamento para os seus dejetos.</p> <p>E1</p> <p>Sim, após a descoberta e começo da produção de usinas nucleares os países começaram a criar usinas em ritmo acelerado, com o acidente nuclear de Chernobyl o ritmo diminuiu bastante devido à falta de apoio populacional. A partir deste ponto é profundamente analisado os contrapontos da energia nuclear bem como os seus riscos.</p> <p>E3</p> <p>Sim, pois os relatos de acidentes envolvendo usinas nucleares são horripilantes, e sem o conhecimento de como eles realmente aconteceram muitos acabam julgando errados as usinas, claro, elas são perigosas, mas com os cuidados certos são</p>

		<p>vieram a público já que serviu como ferramenta pra "demonizar" tudo relacionado ao estudo nuclear.</p> <p>E5</p>	<p>altamente lucrativas, mas o medo que a população tem das usinas fez muitos governantes renunciarem a ideia de instalar uma usina nuclear em seu país.</p> <p>E4</p> <p>Com certeza, principalmente no âmbito político atrasou bastante a proliferação e desenvolvimentos de tudo que se relaciona com usinas nucleares, o que foi apoiado pelo âmbito social também devido aos acidentes que ocorreram e a forma que foram retratados, praticamente usinas foram ofuscadas praticamente por medo, medo do povo das tragédias que aconteceram e medo dos chefes de estado já que na época que as usinas ficaram populares as bombas nucleares também ficaram o que causou um certo escândalo globalmente, assim esses estigmas atrasaram de certa forma e criou-se um tabu sobre usinas nucleares.</p> <p>E5</p>
9.2	<p>“Noções incoerentes da interação CTS no exemplar das Usinas Termonucleares”</p>	<p>1 Registro</p> <p>Acredito que sim, pois se trata de uma forma de energia barata.</p> <p>E2</p>	<p>1 Registro</p> <p>Sim, pois urânio é um elemento encontrado com facilidade na natureza e barato, daí o maior custo de uma usina nuclear seria para a sua segurança (o que seria mais um investimento inicial).</p> <p>E2</p>
9.3	<p>“Desconhece ou não recorda nada em relação ao tema”</p>	<p>1 Registro</p> <p>Não sei dizer</p> <p>E4</p>	<p>0 Registros</p>
9.4	<p>“Não contempla a pergunta”</p>	<p>0 Registros</p>	<p>0 Registros</p>

Fonte: o próprio autor.

Na UR 9.1, buscou-se fragmentos que contemplavam a complexidade envolvida na proliferação e percepções a respeito do tema. Houve sete registros, três prévios e quatro posteriores, os estudantes E1, E3 e E5, tiveram registros tanto prévios quanto posteriores à unidade, enquanto E4 somente posterior. Como

exemplar pode-se citar E1, *“Sim, o auge das usinas nucleares ocorreu na época da Guerra Fria, onde esta era a forma mais eficiente de gerar energia, fora que a tecnologia exigida era avançada, fazendo com que o domínio sobre tal método de geração de energia significasse poder político. Claro que, naquela época, não houve nenhum balanceamento sobre as vantagens e desvantagens, fato que gerou um certo desleixo quanto aos operadores da usina, ex.: Acidente de Chernoby!”*. Observa-se que anteriormente à unidade E1 já compreendia de maneira ampla a questão, porém ele não foi o único, os outros também. Pode-se atribuir esse fato pelo grande apelo midiático em torno do tema, como anteriormente relatado por eles mesmo, as noções que têm a respeito de termos correlatos vêm de séries, filmes, jogos, que geralmente exploram tais aspectos.

A UR 9.2 teve dois registros, um prévio e outro posterior, ambos de E2. Entende-se como incoerentes situações ou exemplificações equivocadas, que ou não fazem sentido no contexto ou não foram fatores de influência. Como cita E2, *“Sim, pois urânio é um elemento encontrado com facilidade na natureza e barato, daí o maior custo de uma usina nuclear seria para a sua segurança (o que seria mais um investimento inicial).”* Apesar de afirmar que existem influências, seu desenvolvimento teve alguns equívocos, podendo citar o fato de o urânio ser abundante e barato, ignorando todo o ciclo que deve ser feito até o minério estar pronto para utilização, o que não é barato.

Por fim, a UR 9.3 teve um registro prévio feito por E4, que não continuou posteriormente à unidade didática. A UR 9.4 não teve nenhum registro.

A partir da unitarização e das análises realizadas, observa-se que previamente apenas E4 não soube responder, os demais afirmaram que questões socioeconômicas tiveram influência na proliferação e aceitação das usinas nucleares, sendo que E2 explicou o porquê de maneira equivocada, tanto antes quanto depois. Já E1, E3 e E5 fizeram apontamentos condizentes já no questionário prévio. Posteriormente à unidade, E4 responde que houve influências, com explicações condizentes também. Assim, observa-se que antes mesmo da unidade muitos tinham essa noção, vincula-se isso ao fato de o tema ser muito explorado midiaticamente e como citado na questão da radioatividade, a maioria havia tido um contato através das mídias, o que de certa forma os auxiliou a ter tal noção. Posteriormente, as respostas se mantiveram parecidas, mas complementares.

Em resumo, as respostas desta questão podem ser entendidas de

maneira positiva dentro dos objetivos do trabalho, uma vez que a unidade foi pensada para alfabetizá-los científica e tecnicamente para que pudessem observar as relações de poder, interações complexas de CTS e o que se viu foi justamente respostas nesta direção, compreendendo que existem fatores que influenciam e que podem mudar a percepção social a respeito de um tema.

10. Suponha que você seja um(a) engenheiro(a) nuclear de uma determinada nação que necessite aumentar sua produção de energia elétrica e foi solicitado a você fazer um relatório a respeito dos fatores essenciais a serem ponderados para a instalação de uma Usina Termonuclear. Escreva tais pontos justificando-os (Obs.: faça uma análise imparcial).

Finalizando o questionário, propõe-se uma questão que sintetiza tudo que foi abordado na unidade didática, juntamente com as intencionalidades buscadas por meio dos referenciais adotados no trabalho (ACT, Aprendizagem Significativa, CTS). Com isso, a questão número dez teve o objetivo de criar um cenário fictício no qual o estudante fosse responsável por fazer uma espécie de relatório, a respeito da instalação ou não de uma usina nuclear.

Para respondê-la adequadamente seria necessário considerar todas as questões abordadas, da interação CTS exigindo uma forma de pensar complexa, no todo e no uno da situação. O quadro 27 apresenta a unitarização seguidas das análises feitas.

Quadro 27 – Unitarização dos dados referentes à UC10

Unidade de Contexto 10 (UC10) “Noções a da interação CTS aplicadas as Usinas Termonucleares”			
UR	Descrição	Prévio	Posterior
10.1	“Noções adequadas de acordo com o consenso científico, tecnológico e social atual”	1 registros	5 Registros
		Custo de produção (Se o país tem dinheiro para a criação da usina) Disponibilidade de materiais (Se o país tem o material a ser utilizado ou terá que importar) Localidade da usina (Caso ocorra algum acidente a usina não pode ficar por exemplo no meio de uma cidade). Como será retirado e tratado o lixo	O primeiro ponto é o alto custo de implantação, logo após termos o local e o local de descarte de lixo radioativo. Tendo um local bom para a implantação, o dinheiro necessário para a construção e os funcionários para a manutenção, a usina poderá ser construída. E1

		<p>produzido pela usina, Impacto Ambiental (Qual impacto a usina teria no meio ambiente local).</p> <p>E3</p>	<p>É necessário uma área com baixa densidade populacional, economia elevada com alto investimento inicial e infraestrutura sólida para armazenamento de materiais radioativos.</p> <p>E3</p> <p>Verificar se a nação possui reservas do combustível nuclear para ser estocada, para evitar gastos com importações. Verificar se existem áreas no país onde seja possível fazer a instalação de uma, pois em locais onde ocorre muita movimentação das placas tectônicas o processo se torna mais perigoso. Estudar como o lixo nuclear gerado será manuseado e onde será armazenado, para não ocorrer riscos de contaminação. Verificar se a nação possui conhecimento de todos os processos de tratamento do combustível. Estudar maneiras seguras de se parar a reação em cadeia, para que sejam evitados acidentes nucleares. A disponibilidade regional de mão de obra específica para operar dentro da usina.</p> <p>E4</p> <p>Vantagens: é uma alternativa para países com recursos hídricos escassos, não depende de fatores climáticos, o urânio é abundante na natureza, não libera gases estufa, etc.</p> <p>Desvantagens: altíssimo risco para as pessoas que residem próximo, lixo nuclear radioativo, riscos de acidentes...</p> <p>Dependendo da nação que eu iria representar talvez não escolhesse as usinas nucleares se houvesse outros recursos como em energias renováveis como eólica ou solar, entretanto se fosse em um país com esses recursos escassos poderia ser viável.</p>
--	--	--	---

			<p>E2</p> <p>Primeiro acho que deveríamos ver antes de tudo a capacidade dos profissionais que vão manusear e utilizar, já que a grande maioria dos acidentes envolvendo usinas nucleares foram erros humanos, depois analisaria as características geológicas e climáticas do país para identificar a localização mais otimizada para a instalação, analisar também o apoio social do projeto e de grande importância, depois desses fatores estarem em ordem o que resta seria apenas o desenvolvimento da estrutura em si e após isso estará tudo em ordem.</p> <p>E5</p>
10.2	“Noção parcialmente adequada, considerando apenas aspectos técnico-científicos.	0 Registros	0 Registros
10.4	“Noção não adequada, considerando apenas aspectos técnico-científicos.	1 Registro	0 Registros
		É uma energia barata; Degrada o meio ambiente e é poluente; Prejudica o lugar onde for construída; Tem sérios riscos;	
		E2	
10.5	“Noção não adequada, considerando apenas aspectos sociais.	0 Registros	0 Registros
10.6	“Desconhece ou não recorda nada em relação ao tema”	3 Registros	0 Registros
		Sendo leigo da forma que sou, não consigo pontuar e muito menos justificar nada. E1	
		Não sei dizer. E4	
		Baseado no que sei não consigo deduzir com precisão fatores que	

		devemos ponderar ao instalar uma usina. E5	
--	--	--	--

Fonte: o próprio autor.

De antemão destaca-se que nas URs 10.2 e 10.5 não houve nenhum registro. Os fragmentos então se concentraram na UR 10.1, 10.4 e 10.6.

A UR 10.1 teve sete registros, dois prévios e cinco posteriores. A unidade tinha como proposta agrupar fragmentos que deixassem claros as noções técnico-científicas bem como sociais a respeito do assunto, pode-se citar como exemplo o fragmento de E4, *“Verificar se a nação possui reservas do combustível nuclear para ser estocada, para evitar gastos com importações. Verificar se existem áreas no país onde seja possível fazer a instalação de uma, pois em locais onde ocorre muita movimentação das placas tectônicas o processo se torna mais perigoso. Estudar como o lixo nuclear gerado será manuseado e onde será armazenado, para não ocorrer riscos de contaminação. Verificar se a nação possui conhecimento de todos os processos de tratamento do combustível. Estudar maneiras seguras de se parar a reação em cadeia, para que sejam evitados acidentes nucleares. A disponibilidade regional de mão de obra específica para operar dentro da usina.”*.

A partir de sua resposta, E4 demonstra que compreendeu as diversas facetas que envolvem a construção de uma usina nuclear, aspectos técnico-científicos (reservas de combustível, movimentos das placas tectônicas, questões do lixo radioativo, tecnologia do ciclo do urânio.) e sociais (prevenção de acidentes, evacuação, estudo da região de implantação.). E5 aponta a questão da mão de obra qualificada, da necessidade de informar a população a respeito da importância de ter um projeto como esse. E4 observa que muitas vezes não é necessário haver uma usina nuclear se o país tem disponibilidade de outras fontes energéticas; E1 e E3 mencionam a questão do alto investimento envolvido. A partir disso, observa-se que todos conseguiram fazer os apontamentos necessários pensando nos diversos aspectos, de uma maneira ou outra, posteriormente à unidade.

A UR 10.4 teve apenas um registro prévio feito por E2, que cita: *“É uma energia barata; Degrada o meio ambiente e é poluente; Prejudica o lugar onde for construída; Tem sérios riscos”*. O fragmento inicia com uma afirmação equivocada, pois a energia nuclear não é barata e o restante da resposta são pontos muito abertos, como exemplo a questão do meio ambiente e poluição, E2 não deixa claro como isso

é feito, uma vez que todas as fontes têm sua parcela de degradação, o que torna uma resposta incompleta e confusa. Justifica-se tais termos à percepção que muitos têm das usinas nucleares, pois é dessa forma que sempre são representadas midiaticamente e, como citado anteriormente, todos os participantes tiveram contato com algo do gênero, em algum grau. Posteriormente à unidade, E2 consegue organizar melhor sua resposta apontando as vantagens e desvantagens de maneira clara, sendo unitarizada na UR 10.1.

Por fim, a UR 10.6 conta com três registros prévios, pode-se citar como exemplo a resposta de E5, *“Baseado no que sei não consigo deduzir com precisão fatores que devemos ponderar ao instalar uma usina.”*. Os outros, E1 e E4 também tiveram registros semelhantes, algo que posteriormente à unidade não se repetiu. Ou seja, a partir do apresentado na unidade, os estudantes foram capazes de responder tal questão de maneira satisfatória.

Com a unitarização e a análise, observa-se que a unidade didática teve influências positivas para o entendimento das usinas nucleares bem como as questões CTS que estão envolvidas. Tal constatação pode ser vista quando observados os fragmentos posteriores, onde todos tiveram noções corretas relacionando os três campos. Pode-se inferir, então, que houve indícios de aprendizagem significativa no preenchimento do questionário, pois, como citado, a síntese de todas as questões é a na questão de número dez, a qual necessita de conhecimentos bem articulados, de uma criticidade e do pensamento complexo, fatores esses essenciais para ACT e também para a aprendizagem significativa.

A seguir serão apresentadas as análises dos mapas conceituais elaborados durante a unidade didática.

5.2 ANÁLISE DOS MAPAS CONCEITUAIS

A presente seção tem como objetivo apresentar os dados referentes aos Mapas Conceituais elaborados pelos estudantes durante a aplicação da unidade didática. Ao todo foram construídos três mapas por estudante, totalizando assim quinze mapas ao todo. A apresentação dos mapas será realizada através de códigos, por exemplo, E1M1, significa o mapa 1 do estudante 1, e assim por diante.

Conforme citado anteriormente, a análise dos mapas conceituais será feita através da classificação de Bernardelli (2014). O quadro 28 expõe os grupos bem

como a classificação de cada mapa construído.

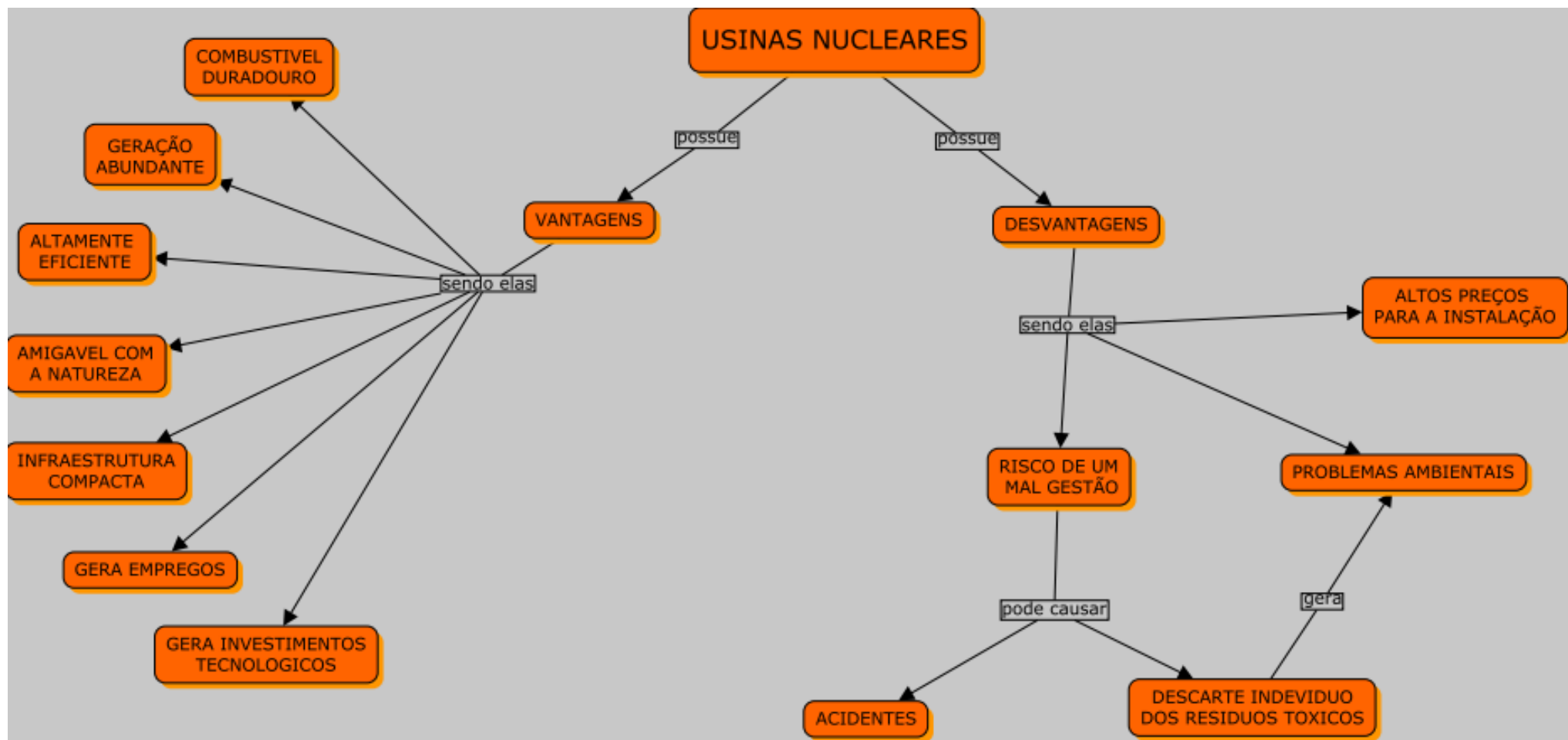
Quadro 28 – Grupos de mapas conceituais

Grupos	Mapas Conceituais
Grupo 1: Mapas conceituais considerados como uma construção linear, apresentando poucos conceitos.	E5M3
Grupo 2: Mapas conceituais considerados como uma construção parcialmente satisfatória, porque apresentam indícios apenas de relações com diferenciação progressiva entre conceitos.	E1M1, E2M1 E3M1, E5M1, E1M2 E2M2, E3M2, E5M2, E1M3, E2M3 e E3M3
Grupo 3: Mapas conceituais considerados como mapas adequados, apresentando relações relevantes entre conceitos, caracterizadas pela presença da diferenciação progressiva e da reconciliação integrativa, com a utilização de palavras de ligação adequadas.	E4M1, E4M2 e E4M3

Fonte: o próprio autor

Conforme apresentado no quadro 28, houve apenas um mapa no grupo 1, a figura 6 apresenta um exemplar da classificação. Observa-se que se trata de um mapa bastante linear, com poucos conceitos, poucos termos de ligação, assim observa-se que a diferenciação progressiva existente é muito simplória e a reconciliação integradora não existe. Conforme Novak e Gowin (1984) é possível afirmar que os estudantes que contém mapas no grupo 1 ainda necessitam desenvolver melhor os conceitos e também não compreenderam a melhor forma de utilizar os mapas conceituais, assim tem dupla dificuldade, do instrumento e conceitual.

Figura 6 - Exemplar de mapa conceitual do Grupo 1

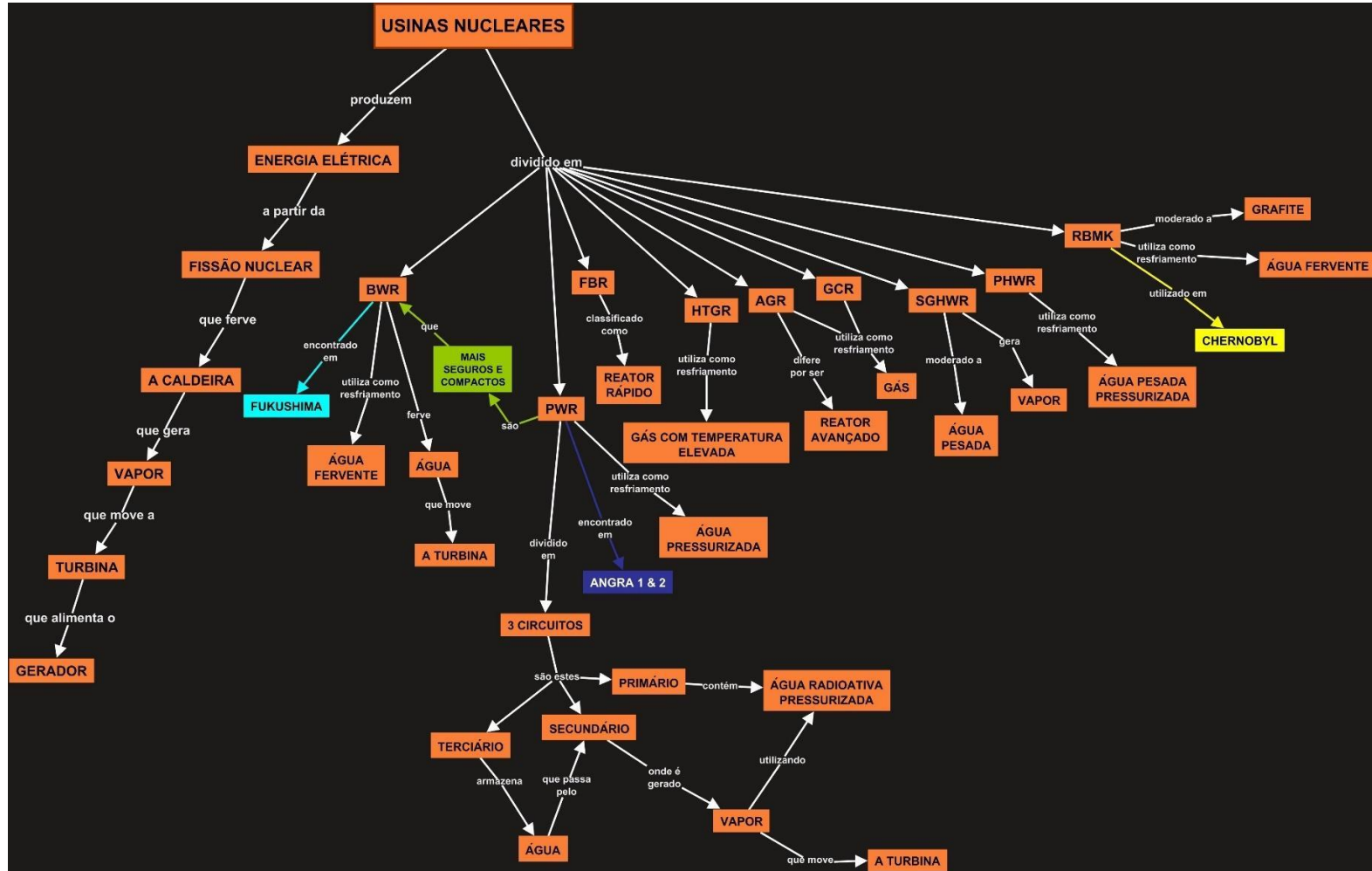


Fonte: E5M3

Seguindo, tem-se o grupo 2, que apresenta mapas parcialmente satisfatórios, contando com um número de conceitos satisfatórios, de diferenciação progressiva, ou seja, conceitos mais gerais na parte superior do mapa seguidos por conceitos mais específicos. Para o presente grupo, foram classificados onze mapas, a maioria das produções da unidade. Na figura 7 é apresentado um exemplar de um mapa deste grupo. Observa-se o maior número de conceitos, a diferenciação progressiva clara, porém ainda são poucos os termos de ligação cruzada, o que caracterizaria a reconciliação integradora.

É possível observar ainda alguns termos que não são conceitos, igualmente ao grupo 1, porém a estrutura e organização se apresenta de forma bem mais clara, sendo um mapa organizado e de fácil entendimento. Ainda em relação aos mapas deste grupo, observa-se que os estudantes tem um entendimento em relação ao conteúdo, compreendem adequadamente o conceito dos mapas conceituais, porém ao elaborá-los por conta própria encontram dificuldades, e assim, muitos não conseguem explorar mais as ligações cruzadas.

Figura 7 - Exemplar de mapa conceitual do Grupo 2



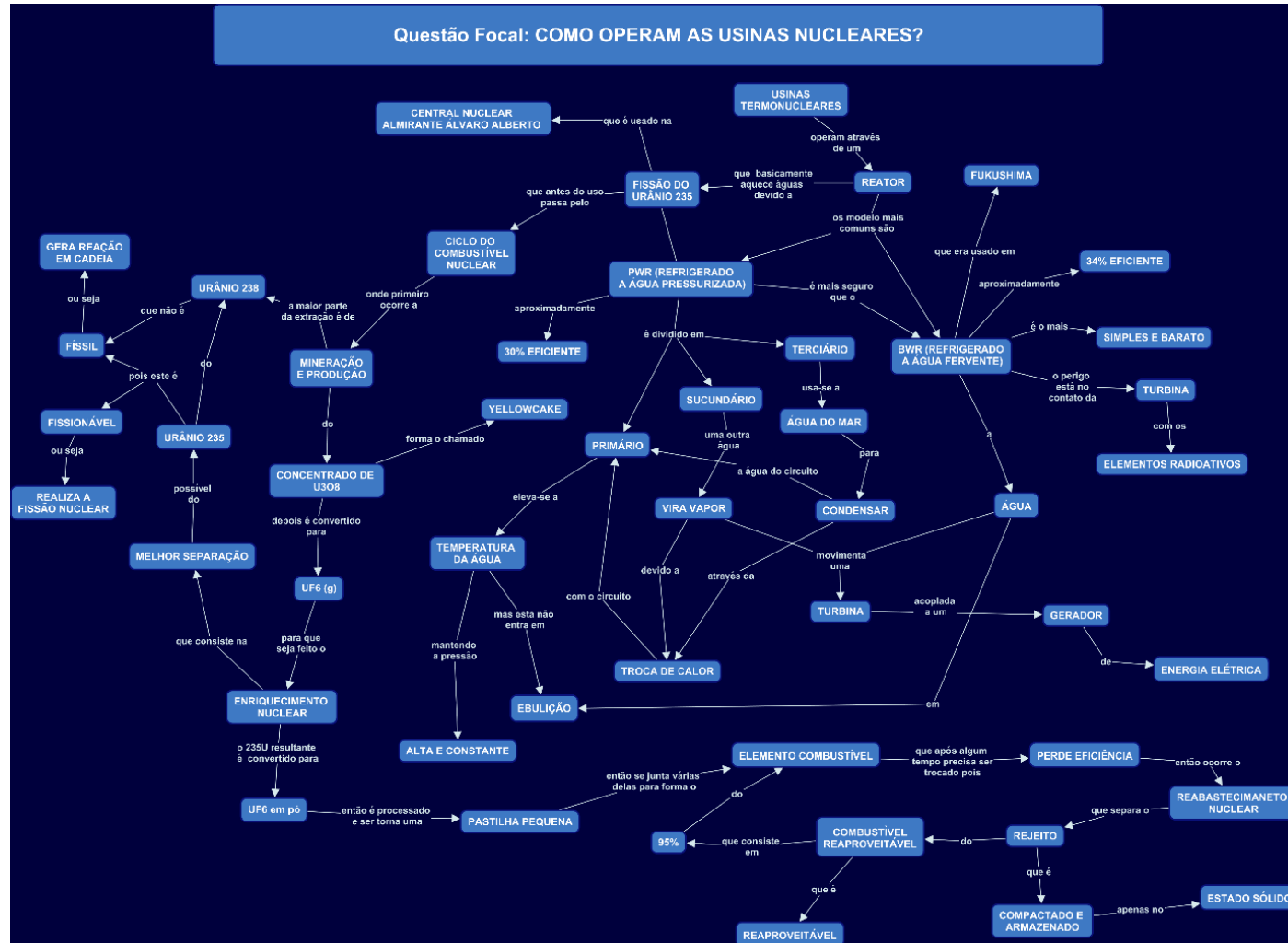
Fonte: E1M2

Por fim é apresentado o grupo 3, que é caracterizado por apresentarem mapas adequados, que apresentam um número de conceitos suficientemente bom, juntamente com a diferenciação progressiva e a reconciliação integrativa. Também é possível observar em tais mapas a utilização de termos de ligação adequados, o que facilita a compreensão e demonstra uma estrutura cognitiva organizada e bem definida. Um exemplar deste grupo se encontra na figura 8.

Observa-se no mapa apresentado na figura 8 uma estrutura bem definida, com diversos conceitos, sendo dividido de maneira progressiva e contando com algumas interligações, que são frutos de uma reconciliação integrativa. Assim, segundo Moreira (2006), mapas que contém tais elementos citados, nos leva a inferir que há indícios claros de aprendizagem significativa por E4 (autor de todos os mapas do grupo 3).

Vale ressaltar que todos os cinco estudantes que completaram a unidade didática já conheciam os mapas conceituais, porém nenhum nunca havia construído um. Assim, duas questões são importantes, a primeira é o fato de que a existência de um momento específico na unidade para abordar os mapas conceituais e ensinar os participantes foi muito importante para a continuidade da pesquisa. O segundo é que a aplicação online de tais momentos foi um desafio e merece bastante atenção, pois com os mapas finais em mão foi possível observar algumas confusões em relação a conceitos e termos de ligação, forma de organizar o mapa e os termos de ligação cruzada, e mesmo os mapas do grupo 3, ainda contém equívocos de construção. Presencialmente tal dinâmica seria muito mais simples devida a maior interação que se tem, porém em um ambiente online, é necessário um planejamento muito bem feito e a utilização de instrumentos que dinamizem a exemplificação e construção dos mapas no momento de aprendizagem destes.

Figura 8 - Exemplar de mapa conceitual do Grupo 3



Fonte: E4M2

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir dos estudos teóricos realizados foi possível idealizar uma unidade didática com um objetivo de Alfabetizar Científica e Tecnicamente estudantes do Ensino Médio, com a intenção que fossem capazes de compreender fenômenos e interações que envolvem os campos da Ciência, Tecnologia e Sociedade e assim exercer sua cidadania na busca de uma sociedade mais equilibrada economicamente, nas relações humanas, na relação com o meio ambiente e diversos outros fatores essenciais a vida em sociedade. Partindo-se de tais premissas a elaboração da unidade didática teria que compreender as diversas dimensões envolvidas, e para que isso ocorresse uma mudança de pensamento é necessária, o pensamento mecânico, disciplinar e fragmentado deveria dar lugar a um pensamento mais abrangente que considera as diversas facetas de determinada questão, considerando a parte e o todo, em outras palavras, o desenvolvimento de um pensamento complexo é importante para que tais objetivos fossem alcançados.

Para que tais metas fossem alcançadas utilizou-se a Aprendizagem Significativa e a História e Sociologia da Ciência como base metodológica na elaboração da unidade didática, uma vez que a primeira se trata de uma forma de compreender a aprendizagem de maneira mais crítica, que tenha significado e crie laços duradouros, fato essencial para que o estudante se posicione frente às diversas questões e consiga analisá-las criticamente, diferentemente de uma aprendizagem mecânica, que muitas vezes não desenvolve a criticidade. Já a segunda, foi elemento fundamental para que tais pontos pudessem ser desenvolvidos, pois estudando a História e a Sociologia da Ciência é possível observar os diversos percursos e questões que foram superadas para chegarmos aos conhecimentos atuais, humanizando assim o processo de desenvolvimento científico, tecnológico e social, tornando-os complexos, possibilitando a compreensão das relações e interações de tais campos.

Foi pensando em todos esses pontos que a escolha do tema usinas nucleares se justificou, pois, além do fundamento científico do funcionamento de uma usina se tratar de um tópico de Física Moderna e Contemporânea (Física Nuclear), estes que facilitam o engajamento dos estudantes visto que são temas que fazem parte das tecnologias da sociedade atual e acabam despertando a curiosidade e o questionamento, é um tema complexo suficiente para discutir as questões que

envolvem Ciência, Tecnologia e Sociedade. Além disso, é algo recorrente em mídias, o que para a Aprendizagem Significativa poderia ser útil em termos de disponibilidade de subsunçores, facilitando o aprendizado, e também existem diversas produções educacionais. A partir da aplicação da unidade, do contato com os participantes e das análises realizadas pôde-se perceber o quão complexo é o processo educacional e que muitas vezes ele não se faz somente nos espaços escolares, citando especificamente os participantes da unidade, nenhum havia tido contato com o tema no ambiente escolar, sempre através das mídias (jogos, filmes, HQs, séries etc.), algo que gera uma crise, ou seja, um momento oportuno de questionar o porquê de um tema tão atual não ter sido trabalhado na escola? A escola com os métodos tradicionais é capaz de abordar tal tema com a devida complexidade? Uma vez que existem diversas mídias e exemplos “fora” da escola, não seria o caso de utilizá-los em favor da aprendizagem?

A partir da aplicação da unidade didática, a coleta dos dados e interpretação dos mesmos pode-se observar que os objetivos iniciais foram alcançados, uma vez que as respostas dos questionários (prévio e posterior) tiveram significativa diferença, e nas questões onde se exigia uma análise mais crítica e complexa, o observado foi que os estudantes, previamente, não tinham condições de responder ou não sabiam articular suas ideias de maneira adequada, posteriormente o que foi visto é que todos conseguiram se posicionar de maneira reflexiva e crítica em relação ao tema considerando aspectos CTS, ou seja, compreenderam que o tema é complexo e uma análise superficial não dá conta de responder às diversas questões que surgem. E a partir da interação com os estudantes e a análise das respostas, foi possível observar que houve um posicionamento em relação ao tema, algo que para os referenciais adotados seria a ideia da responsabilidade cidadã, de participação reflexiva a respeito dos temas que estão postos na sociedade.

Já em relação aos mapas conceituais, como citado anteriormente, a dificuldade de se ensinar tal instrumento de maneira online prejudicou o desenvolvimento devido a maior falta de interação, porém foi suficiente para que pudesse observar alguns indícios de aprendizagem significativa observados nas diferenciações progressivas (na maioria dos mapas) e na reconciliação integradora (em alguns mapas) como apontado anteriormente, assim a utilização dos dois instrumentos para coleta dos dados, bem como as metodologias de análise, se mostraram satisfatórias pois foram suficientes para avaliar a evolução dos

participantes e, principalmente, de que forma tal evolução ocorreu.

Pode-se destacar como pontos positivos da pesquisa o processo de elaboração da unidade didática, que foi feita a partir de uma investigação teórico metodológica que elucidou diversas questões e limitações que serviram como ponto de partida para toda a escolha de referenciais adequados, que conduzissem a aplicação para as metas traçadas. É possível observar a importância de tal investigação quando houve a necessidade de adaptar a unidade para o ambiente online, diversas atividades tiveram que ser repensadas, instrumentos novos (condizente com o ensino remoto) foram incluídos, a própria organização da unidade foi modificada. Apesar de todas essas adaptações, os objetivos eram bem claros e os caminhos também e isso só ocorreu devido a sólida investigação feita inicialmente, e observa-se a partir dos resultados que a aplicação teve êxitos.

Outro ponto positivo que vale destaque é que em meio a todas as dificuldades sociais vividas no período da aplicação, ainda sim houve um engajamento e a abordagem realizada, como relatada pelos próprios participantes, era bem diferente da que estavam acontecendo em suas respectivas escolas, estas que eram monótonas e de difícil compreensão. Claro que não se pode comparar os contextos, o da pesquisa e o da realidade escolar, justamente devido ao tempo destinado a preparação da unidade didática, porém é possível observar que há formas melhores de conduzir aulas remotas, porém demanda tempo, preparação e conhecimento.

Em relação as limitações observadas na aplicação da unidade didática, pode-se citar que a interação seja a principal. Apesar dos participantes estarem habituados ao ambiente online e as redes, estes não foram educados para o ensino online, ou seja, existem alguns comportamentos que são importantes para a aprendizagem online, os estudantes precisam de uma atitude mais ativa. Relacionado a isso, o papel do professor neste contexto é justamente pensar em momentos e formas pedagógicas que propiciem tal proatividade, e se tratando de uma adaptação dentro de um contexto pandêmico, tais pontos poderiam ter sido melhores.

Outra questão a se pensar em relação a limitação da unidade didática é em relação ao tempo, pois em um ambiente escolar “normal”, com a carga horária de física disponível, a unidade proposta, para ser viável, deveria sofrer novas adaptações, pois é longa demais, mesmo quando pensado que o ensino dos mapas conceituais não seria necessariamente vinculado ao tema das usinas nucleares, ou seja, poderia ter sido ensina anteriormente. Porém, tal limitação levanta uma questão

em relação ao atual modelo escolar, o tempo que se têm para desenvolver os diversos conhecimentos nos alunos é pouco e é possível listar diversas faltas que existem nas escolas atualmente. Assim, como já é realidade em diversos lugares, cabe a reflexão de uma escola integral preocupada com um ensino e aprendizagem integral, ou seja, que se preocupe com complexidade da educação que busque fomentar as diversas habilidades, não somente aquelas voltadas para o mercado de trabalho. Caso houvesse um modelo com essa ideia, a unidade elaborada poderia muito bem ser uma atividade desenvolvida no contraturno por exemplo.

Todas as questões levantadas aliadas à visão de uma alfabetização científica e tecnológica para o convívio e a atuação social nos desafiam para a utilização metodologias e formas de atuação diferenciadas que tenham o objetivo uma educação reflexiva para o convívio e atuação social. Para isso é necessário entender o mundo atual, suas exigências, não somente em aspectos profissionais, mas em aspectos humanos, críticos, que coloquem a escola como um espaço de transformação e não de reprodução. Tudo isso é difícil em um sistema engessado, porém o contexto da pesquisa dá sinais que é possível, pois em meio a uma pandemia, um curso online não obrigatório ainda assim teve estudantes interessados e participativos, buscando conhecer.

Por fim, observando os resultados, entende-se que existem diversas possibilidades no que se refere ao Ensino de Ciências, porém nota-se que a questão da tecnologia é muito pouco trabalhada seja nas aulas de ciência, seja na escola como um todo, é importante conciliar os processos científicos e tecnológicos, pois áreas simbióticas e que aliadas às questões históricas e sociológicas, contam uma história, uma história humana que é complexa e que precisa ser passada adiante. Assim, é essencial que o Ensino de Ciências fomente nos estudantes a curiosidade, a criticidade e principalmente o sentimento de pertencimento de uma história que não tem fim, cheia de possibilidades e desafios. Para isso é preciso ter bem claro, porque ensinar, o que ensinar, e de que forma ensinar e repensar a escola, não como um espaço físico determinado, mas sim como algo vivo que necessita sempre de mudanças.

REFERÊNCIAS

AULER, D.; DELIZOICOV, D. Alfabetização científico-tecnológica para quê?. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte)**, v. 3, n. 2, p. 122-134, 2001.

AUSUBEL, D. P. **Aquisição e retenção de conhecimentos**: uma perspectiva cognitiva. Lisboa: Plátano, v. 1, 2003.

AUSUBEL, D. P; NOVAK, J. D.; HANESIAN, H. **Psicologia Educacional**. Rio de Janeiro: Interamericana, 1980

BARDIN. L. **Análise de conteúdo**. Lisboa: Editora Edições 70, 2011.

BATISTA, I. L.; ARAMAN, E. M. O. Uma abordagem histórico-pedagógica para o ensino de Ciências nas séries iniciais do Ensino Fundamental. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**. v. 8, n. 2, p. 446 – 489, 2009

BERNARDELLI, M. S. **A interdisciplinaridade educativa na contextualização do conceito de transformação química em um curso de ciências biológicas. 2014. 218 f.** 2014. Tese de Doutorado. Tese (Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Educação Matemática)-Universidade Estadual de Londrina, Londrina.

BLOOR, D. **Conhecimento e imaginário social**. Ed. Unesp, 2009.

BOAS, H. S. et al. **A percepção pública da energia**: uma história cultural de São Paulo. 2009.

BOGDAN, R.; BIKLEN, S.. **Investigação qualitativa em educação: uma introdução à teoria e aos métodos**. Porto editora, 1994.

BOURDIEU, P. **Para uma sociologia da ciência**. Lisboa: Edições 70, 2004a.

BOURDIEU, P. **Usos sociais da ciência**. Unesp, 2004b.

BRASIL. Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional, **LDB**. 9394/1996.

BRASIL. Ministérios da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília, 2018

CALHEIRO, L. B.; DEL PINO, J. C. O estudo das Representações Sociais de estudantes do ensino médio acerca do tema radiação. **ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, X, Águas de Lindóia**, 2015.

CATANI, A. **Pierre Bourdieu entrevistado por Maria Andréia Loyola**. Rio de Janeiro: EdUERJ, 2002.

CHASSOT, A. Alfabetização científica: uma possibilidade para a inclusão social. **Revista brasileira de educação**, n. 22, p. 89-100, 2003.

CHRISPINO, A.; LIMA, L.S.; ALBUQUERQUE, M. B.; FREITAS, A.C.C.; SILVA, M.A.F.B. A área CTS no Brasil vista como rede social: onde aprendemos? **Ciência &**

Educação, v. 19, n. 2, p. 455–479, 2013.

COSTA, P. S.; CUNHA, A. A.; ARES, J. A. Análise de uma Proposta Didática sobre radioatividade a partir da História e Filosofia da Ciência. **Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 8, p. 1-12, 2011.

CUNHA, R. B. Alfabetização científica ou letramento científico?: interesses envolvidos nas interpretações da noção de scientific literacy. **Revista Brasileira de Educação**, v. 22, n. 68, p. 169-186, 2017.

VALADARES, E. C.; MOREIRA, A. M. Ensinando física moderna no segundo grau: efeito fotoelétrico, laser e emissão de corpo negro. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 15, n. 2, p. 121-135, 1998.

DESCARTES, R. **Discurso do método: Meditações: Objeções e respostas: As paixões da alma; Cartas**. Abril Cultural, 1973.

DUBÉ, E. *et al.* Vaccine hesitancy: an overview. **Human vaccines & immunotherapeutics**, v. 9, n. 8, p. 1763-1773, 2013.

DUBÉ, E.; VIVION, M.; MACDONALD, N. E. Vaccine hesitancy, vaccine refusal and the anti-vaccine movement: influence, impact and implications. **Expert review of vaccines**, v. 14, n. 1, p. 99-117, 2015.

FASCE, A.; PICÓ, A. Science as a vaccine. **Science & Education**, v. 28, n. 1, p. 109-125, 2019.

FIOLHAIS, C. Pré-história e história da física nuclear. In FIOLEHAIS, C.; SANTOS, A. M. N. dos ; PITA, R. – **Em torno da vida e obra de Pierre e Marie Curie**. Coimbra : Centro de Recursos da D.R.E.C, 1992. p. 9-23.

FOUREZ, G. Crise no ensino de ciências? Investigações **em ensino de ciências**, v. 8, n. 2, p. 109-123, 2003.

FOUREZ, G. **Alfabetización científica y tecnológica: acerca de las finalidades de la enseñanza de las ciencias**. Ediciones Colihue SRL, 1997.

GALETTI, D.; LIMA, C. L. **Energia Nuclear com fissões e com fusões**. São Paulo: Editora Unesp, 2010.

GIL PÉREZ, D.; MONTORO, I. F.; ALÍS, J. C.; CACHAPUZ, A.; PRAIA, J. Para uma imagem não deformada do trabalho científico. **Ciência & Educação**, v. 7, n. 2, p. 125-153, 2001.

HAYASHI, M. C. P. I.; ZAUITH, G; BELLO, S. F.; GOMES, C.; GUTIERREZ, R. F.; GUIMARÃES, V. A. L.; RIGOLIN, C. C. D. Sociologia da ciência: primeiras aproximações ao campo. **Revista Tecnologia e Sociedade**, v. 6, n. 11, 2010.

HÖTTECKE, D.; SILVA, C. C. Why Implementing History and Philosophy in School Science Education is a Challenge: An Analysis of Obstacles. **Science & Education**.

Vol 20, p. 293-316, 2011.

IHDE, D. **Tecnologia e o Mundo da Vida**: do Jardim à Terra. Editora UFFS, 2017.

KUHN, T. **A estrutura das revoluções científicas**, v. 3, 2005.

LATOUR, B. **A esperança de Pandora**. São Paulo, EDUSC, 2001.

LATOUR, B.; WOOLGAR, S. **A vida de laboratório: a produção dos fatos científicos**. Rio de Janeiro: Relume Dumará, 1997.

LAUGKSCH, R. C. Scientific literacy: A conceptual overview. **Science education**, v. 84, n. 1, p. 71-94, 2000.

MARTINS, R. de A. Sobre o papel da história da ciência no ensino. **Boletim da Sociedade Brasileira de História da Ciência**, n.9, p.3-5, 1990.

MARTINS, R. V. Como Becquerel não descobriu a radioatividade. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 7, p. 27-45, 1990.

MATTHEWS, M. R. História, Filosofia e Ensino de Ciências: A Tendência atual de Reaproximação. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v.12, n.3, p.164-214, dez. 1995.

MEGLHIORATTI, F. A.; BATISTA, I. L. Perspectivas da sociologia do conhecimento científico e o ensino de ciências: um estudo em revistas da área de ensino. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 23, n. 1, p. 1-31, 2018.

MELZER, E. E. M.; AIRES, J. A. A história do desenvolvimento da teoria atômica: um percurso de Dalton a Bohr. **Amazônia: Revista de Educação em Ciências e Matemática**, v. 11, n. 22, p. 62-77, 2015.

MERTON, R. K. **Ensaio de sociologia da ciência**. Editora 34, 2013.

MONTAGNER, M. Â.; MONTAGNER, M. I. A teoria geral dos campos de Pierre Bourdieu: uma leitura. **Revista Tempus: Actas de Saúde Coletiva**, v. 5, n. 2, p. 255-273, 2011

MOREIRA, M. A. Mapas conceituais e aprendizagem significativa (concept maps and meaningful learning). **Aprendizagem significativa, organizadores prévios, mapas conceituais, diagramas V e Unidades de ensino potencialmente significativas**, p. 41, 2012.

MOREIRA, M. A. **Mapas conceituais e diagramas V**. Porto Alegre: Ed. do Autor, 2006.

MORIN, E. *et al.* **Os setes saberes necessários à educação do futuro**. Cortez Editora, 2014.

MORIN, E. **Introdução ao pensamento complexo**. Porto Alegre: Sulina, 2007.

NOVAK, J. D.; CAÑAS, A. J. A teoria subjacente aos mapas conceituais e como elaborá-los e usá-los. **Práxis Educativa**, v. 5, n. 1, p. 9-29, 2010.

NOVAK, J.D. e GOWIN, D.B. (1996). **Aprender a aprender**. Lisboa. Plátano Edições Técnicas. Tradução ao português, de Carla Valadares, do original Learning how to learn.

NOVAK, J.D., MUSONDA, D. (1991). A twelve years longitudinal study of science concept learning. **American Educational Research Journal**, 1(28): 117-153.

OSTERMANN, F.; CAVALCANTI, C.J.H. Roteiro para Construção de um Planejamento de uma Unidade Didática. **Instituto de Física-UFRGS**, 2010.

OSTERMANN, F.; FERREIRA, L. M.; CAVALCANTI, C. J. H. Tópicos de física contemporânea no ensino médio: um texto para professores sobre supercondutividade. **Revista brasileira de ensino de física**. Vol. 20, n. 3 (set. 1998), p. 270-2884, 1998.

OSTERMANN, F.; MOREIRA, M. A. Uma revisão bibliográfica sobre a área de pesquisa “Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio”. **Investigações em ensino de ciências**, v. 5, n. 1, p. 23-48, 2000.

PEDUZZI, L. O. Q. Sobre a utilização didática da história da ciência. In:

PIETROCOLA, M. (Org.). **Ensino de física**: conteúdo, metodologia e epistemologia numa concepção integradora. Florianópolis: Editora UFSC, 2001.

PEDUZZI, L. O.Q. **Do átomo grego ao átomo de Bohr**. Florianópolis: Departamento de Física/UFSC, 2005.

PINHEIRO, L. A.; COSTA, S. S.C.; MOREIRA, M. A. **Do átomo grego ao modelo padrão**: Os indivisíveis de hoje. Porto Alegre: Instituto de Física da UFRGS, 2011.

PRESTES, M.; CAPPELLETTO, E. Aprendizagem significativa no ensino de física das radiações: contribuições da educação ambiental. **Revista Eletrônica do Mestrado. Educação Ambiental**, v.20, n.1, 2008.

ROSA, C. A. P. **História da Ciência da Antiguidade ao Renascimento Científico**. Ed.1. Brasília: Fundação Alexandre de Gusmão, 2010.

SASSERON, L. H.; DE CARVALHO, A. M. P. Alfabetização científica: uma revisão bibliográfica. **Investigações em ensino de ciências**, v. 16, n. 1, p. 59-77, 2016.

SHINN, T.; RAGOUET, P. **Controvérsias sobre a Ciência: por uma sociologia transversalista da atividade científica**. São Paulo: Editora 34, 2008.

TEIXEIRA, E. S.; GRECA, I. M.; FREIRE, O. The History and Philosophy of Science in Physics Teaching: A research Synthesis of Didactic Interventions. **Science & Education**. v.21, p. 771-796, 2009

TEIXEIRA, E. S.; GRECA, I. M.; FREIRE, O. Uma revisão sistemática das pesquisas publicadas no Brasil sobre o uso didático de História e Filosofia da Ciência no ensino de Física. In: Peduzzi, L. O. Q.; Martins, A. F. P.; Ferreira, J. M. H. (Orgs.) **Temas de História e Filosofia da Ciência no ensino**. EDUFRN, 372f, 2012.

VERASZTO, E. V. et al. Tecnologia: buscando uma definição para o conceito. **Prisma.com**, n. 8, p. 19-46, 2009.

VERASZTO, E. V. et al. Concepções de tecnologia de graduandos do estado de São Paulo e suas implicações educacionais: breve análise a partir de modelagem de equações estruturais. **Ciência & Educação (Bauru)**, v. 19, n. 3, p. 761-779, 2013.

WHITLEY, R. **The intellectual and social organization of the sciences**. Oxford: Clarendon Press, 1984

ZABALA, A. **A prática Educativa**: como ensinar; tradução Ernani F. da F. Rosa. Porto Alegre: Artmed, 1998.

ZABALA, A. **Enfoque globalizador e pensamento complexo: uma proposta para o currículo escolar**. Artmed Editora, 2016.

APÊNDICES

APÊNDICE A – Questionário a Respeito de Usinas Nucleares

Questionário - Usinas Nucleares

Olá, este questionário é a última atividade de vocês no curso, como citado anteriormente, este questionário é igual ao que foi feito no início do curso, a ideia é que vocês neste momento consigam responder de forma mais clara e completa as questões. Lembrando, aqui o que importa é seu aprendizado, assim respondam com honestidade e dedicação.

Nome Completo:

Na sua compreensão, o que é Ciência?

Na sua compreensão, o que é Tecnologia?

O que você entende por Radioatividade? Em quais contextos você "ouviu" o termo (TV, Internet, filmes, séries, jogos, escola etc.) e o que "ouviu"?

O que você entende por Decaimento Radioativo?

O que é Fissão Nuclear? Dê exemplos de fenômenos e/ou tecnologia relacionados à

Fissão Nuclear.

O que é Fusão Nuclear? Dê exemplos de fenômenos e/ou tecnologia relacionados à Fusão Nuclear.

Qual sua opinião a respeito da utilização de Usinas Nucleares para a geração de Energia Elétrica? Justifique.

Como funciona uma Usina Nuclear?

Em sua opinião, aspectos socioeconômicos tiveram influência no desenvolvimento e proliferação das Usinas Nucleares bem como uma avaliação a respeito de suas vantagens e desvantagens? Explique.

Suponha que você seja um(a) engenheiro(a) nuclear de uma determinada nação que necessite aumentar sua produção de energia elétrica e foi solicitado a você fazer um relatório a respeito dos fatores essenciais a serem ponderados para a instalação de uma Usina Nuclear. Escreva tais pontos justificando-os (Obs.: faça uma análise imparcial).

ANEXOS

ANEXO A – Mapas Conceituais dos Estudantes.

Para ter acesso aos dados deste anexo, entrar em contato com o autor da dissertação por meio do e-mail: felipe_patron7@hotmail.com