



UNIVERSIDADE
ESTADUAL DE LONDRINA

KEILA PADILHA DE OLIVEIRA CAMARGO DE LIMA

**DIMENSÕES DA APRENDIZAGEM CIENTÍFICA
MANIFESTADAS POR LICENCIANDOS EM QUÍMICA EM
ATIVIDADES EXPERIMENTAIS**

Londrina
2023

KEILA PADILHA DE OLIVEIRA CAMARGO DE LIMA

**DIMENSÕES DA APRENDIZAGEM CIENTÍFICA
MANIFESTADAS POR LICENCIANDOS EM QUÍMICA EM
ATIVIDADES EXPERIMENTAIS**

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

Orientadora: Profa. Dra. Fabiele Cristiane
Dias Broietti

Londrina
2023

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

P123d Lima, Keila Padilha de Oliveira Camargo de .
DIMENSÕES DA APRENDIZAGEM CIENTÍFICA MANIFESTADAS POR LICENCIANDOS EM QUÍMICA EM ATIVIDADES EXPERIMENTAIS / Keila Padilha de Oliveira Camargo de Lima. - Londrina, 2023.
154 f.

Orientador: Fabiele Cristiane Dias Broietti.
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, 2023.
Inclui bibliografia.

1. Dimensões da Aprendizagem Científica - Tese. 2. Ensino Remoto Emergencial - Tese. 3. Química - Tese. 4. Experimentos - Tese. I. Cristiane Dias Broietti, Fabiele . II. Universidade Estadual de Londrina. Centro de Ciências Exatas. Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Educação Matemática. III. Título.

CDU 37

KEILA PADILHA DE OLIVEIRA CAMARGO DE LIMA

**DIMENSÕES DA APRENDIZAGEM CIENTÍFICA MANIFESTADAS
POR LICENCIANDOS EM QUÍMICA EM ATIVIDADES
EXPERIMENTAIS**

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

BANCA EXAMINADORA

Orientadora: Profa. Dra. Fabiele Cristiane Dias
Broietti
Universidade Estadual de Londrina – UEL

Profa. Dra. Mariana Vaitiekunas Pizarro Iachel
Universidade Estadual de Londrina – UEL

Profa. Dra. Marinez Meneghello Passos
Universidade Estadual de Londrina – UEL

Londrina, 23 de março de 2023.

*“Enquanto houver vontade de lutar,
haverá esperança de vencer.”*

(Santo Agostinho)

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, pela inspiração e força para vencer os obstáculos dessa minha caminhada.

Ao grupo EDUCIM, que durante meu trajeto contribuiu com discussões para minha investigação.

À minha orientadora Fabiele, pela competência, paciência e dedicação nos atendimentos necessários. Seus questionamentos e apontamentos foram essenciais para o desenvolvimento da minha dissertação, assim como minha formação profissional.

Às professoras que aceitaram participar da banca de qualificação e defesa, contribuindo de maneira significativa com a dissertação desenvolvida: Profa. Dra. Mariana Vaitiekunas Pizarro Iachel e Profa. Dra. Marinez Meneghello Passos.

Ao meu esposo João Paulo, pelo incentivo e preocupação comigo. A quem eu sempre posso compartilhar minhas angústias, inseguranças, recuos e avanços. Acompanhou todo o andamento da pesquisa, acreditando que eu chegaria nesta etapa até o fim.

À Mariana, minha professora da graduação, que me incentivou a concluir o curso de Licenciatura em Ciências Biológicas do IFPR, com suas histórias inspiradoras que me fizeram desejar lecionar, pesquisar e querer “ser professora”.

Aos participantes do estudo, que contribuíram para os dados da minha pesquisa.

À Capes, pelo apoio financeiro sob a forma de bolsa de estudos.

Enfim, a todos que de alguma maneira contribuíram para que minha pesquisa pudesse ser concretizada.

LIMA, Keila Padilha de Oliveira Camargo. **Dimensões da Aprendizagem Científica manifestadas por licenciandos em Química em atividades experimentais**. 2023. 154 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Educação Matemática) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2023.

RESUMO

A experimentação nas aulas de Ciências é uma estratégia que pode auxiliar na aprendizagem dos conceitos, conduzindo os estudantes a construir uma relação mais estreita entre a teoria e a prática, bem como suas concepções a respeito da Ciência. Nos últimos anos observa-se uma tendência que sinaliza formas de ensinar e aprender Ciências, por meio da participação ativa dos estudantes e no desenvolvimento de um conjunto de dimensões que visam contribuir com a aprendizagem científica. Tais dimensões, denominadas como Práticas Científicas, Conceitos Transversais e Ideias Centrais Disciplinares, ao serem integradas nos currículos podem conduzir os estudantes a desenvolver habilidades para descrever, observar e explicar os fenômenos ocorridos à sua volta. Neste contexto, a pesquisa buscou responder à seguinte questão: Quais Dimensões da Aprendizagem Científica são manifestadas por licenciandos ao participarem de atividades experimentais em aulas remotas de Química? Para tal propósito foram recolhidas e analisadas as respostas dos licenciandos às questões pré e pós-experimento, de quatro atividades experimentais dos temas Plantação de feijão, Plásticos, Combustão e Mar morto. Os dados foram organizados e analisados com base nos pressupostos da análise de conteúdo. Mediante as análises, foram identificadas seis Práticas Científicas relacionadas ao fazer Ciência, sete Conceitos Transversais, que atravessam fronteiras disciplinares, que vão desde a identificação de padrões ao reconhecimento das causas e efeitos dos fenômenos em estudo e dois grupos de Ideias Centrais Disciplinares, relacionados à conceitos científicos diversos. Dessa forma, ao se empenhar nas atividades experimentais propostas, os estudantes puderam se envolver com diferentes Dimensões da Aprendizagem Científica. Portanto, acreditamos que participar de atividades de ensino que relacionam as três dimensões oportunizam aos estudantes construir uma compreensão mais ampla e sólida das ideias das Ciências. Ressaltamos que o professor pode explorar cada uma das dimensões em momentos oportunos e/ou integrá-las sempre que possível. Vale ressaltar que tal integração não ocorre em apenas uma aula, ou uma única atividade.

Palavras-chave: Aprendizagem Científica. Vídeos. Experimentos. Química. Ensino Remoto Emergencial.

LIMA, Keila Padilha de Oliveira Camargo. **Dimensions of Scientific Learning manifested by undergraduate students in Chemistry in experimental activities.** 2023. 154 p. Dissertation (Master in Science Teaching and Mathematics Education) – State University of Londrina, Londrina, 2023.

ABSTRACT

Experimentation in Science classes is a strategy that can help in learning concepts, leading students to build a closer relationship between theory and practice, as well as their conceptions about Science. In recent years, there has been a trend that signals ways of teaching and learning Science, through the active participation of students and the development of a set of dimensions that aim to contribute to scientific learning. Such dimensions, known as Scientific Practices, Transversal Concepts and Disciplinary Core Ideas, when integrated into curricula, can lead students to develop skills to describe, observe and explain the phenomena that occur around them. In this context, the screen research sought to answer the following question: What Dimensions of Scientific Learning are manifested by undergraduates when participating in experimental activities in remote Chemistry classes? For this purpose, the responses of undergraduate students to the pre- and post-experiment questions were collected and analyzed in four experimental activities on the topics Bean planting, Plastics, Combustion and Dead Sea. Data were organized and analyzed based on assumptions of content analysis. Through the analyses, six Scientific Practices related to doing Science were identified, seven Transversal Concepts, which cross disciplinary boundaries, ranging from the identification of patterns to the recognition of the causes and effects of the phenomena under study and two groups of Disciplinary Central Ideas, related to the different scientific concepts. In this way, by engaging in the proposed experimental activities, students were able to get involved with different Dimensions of Scientific Learning. Therefore, we believe that participating in teaching activities that relate the three dimensions give students the opportunity to build a broader and more solid understanding of the ideas of science. We emphasize that the teacher can explore each of the dimensions at opportune moments and/or integrate them whenever possible. It is noteworthy that such integration does not occur in just one class, or a single activity.

Keywords: Initial formation. Scientific Learning. Experimental. Videos. Chemistry. Emergency Remote Teaching.

LISTA DE FIGURAS E QUADROS

Figura 1 – Esquema dos procedimentos metodológicos utilizados na pesquisa.....	53
Quadro 1 – Dimensões da Aprendizagem Científica.....	21
Quadro 2 – As Práticas Científicas apresentadas no NRC (2012)	26
Quadro 3 – Os Conceitos Transversais apresentados no NRC (2012)	36
Quadro 4 – As Ideias Centrais Disciplinares apresentadas no NRC (2012)	43
Quadro 5 – Organização das aulas	56
Quadro 6 – Planejamento da disciplina	57
Quadro 7 – Estrutura da atividade experimental de tema Plantação de feijão	61
Quadro 8 – Práticas Científicas evidenciadas no momento pré-experimento de tema Plantação de feijão	64
Quadro 9 – Conceitos Transversais evidenciados no momento pré-experimento de tema Plantação de feijão	66
Quadro 10 – Ideias Centrais Disciplinares evidenciadas no momento pré-experimento de tema Plantação de feijão	68
Quadro 11 – DAC evidenciadas nas questões pré-experimento de tema Plantação de feijão	69
Quadro 12 – Práticas Científicas evidenciadas no momento pós-experimento de tema Plantação de feijão.....	71
Quadro 13 – Conceitos Transversais evidenciados no momento pós-experimento do tema Plantação de feijão.....	75
Quadro 14 – Ideias Centrais Disciplinares evidenciadas no momento pós-experimento de tema Plantação de feijão.....	78
Quadro 15 – DAC evidenciadas nas questões pós-experimento de tema Plantação de feijão	79
Quadro 16 – Estrutura da atividade experimental de tema Plásticos	82
Quadro 17 – Práticas Científicas evidenciadas no momento pré-experimento de tema Plásticos	85
Quadro 18 – Conceitos Transversais evidenciados no momento pré-experimento de tema Plásticos	87
Quadro 19 – Ideias Centrais Disciplinares evidenciadas no momento pré-experimento de tema Plásticos	89

Quadro 20 – DAC evidenciadas nas questões pré-experimento de tema Plásticos	90
Quadro 21 – Práticas Científicas evidenciadas no momento pós-experimento de tema Plásticos.....	92
Quadro 22 – Conceitos Transversais evidenciados no momento pós-experimento de tema Plásticos.....	98
Quadro 23 – Ideias Centrais Disciplinares evidenciadas no momento pós-experimento de tema Plásticos.....	100
Quadro 24 – DAC evidenciadas nas questões pós-experimento de tema Plásticos.....	101
Quadro 25 – Estrutura da atividade experimental de tema Combustão	103
Quadro 26 – Práticas Científicas evidenciadas no momento pré de tema Combustão	106
Quadro 27 – Conceitos Transversais evidenciados no momento pré de tema Combustão	109
Quadro 28 – Ideias Centrais Disciplinares evidenciadas no momento pré de tema Combustão	113
Quadro 29 – DAC evidenciadas nas questões pré-experimento de tema Combustão	113
Quadro 30 – Práticas Científicas evidenciadas no momento pós de tema Combustão	116
Quadro 31 – Conceitos Transversais evidenciados no momento pós de tema Combustão	118
Quadro 32 – Ideias Centrais Disciplinares evidenciadas no momento pós de tema Combustão	120
Quadro 33 – DAC evidenciadas nas questões pós-experimento de tema Combustão	121
Quadro 34 – Estrutura da atividade experimental de tema Mar Morto	123
Quadro 35 – Práticas Científicas evidenciadas no momento pré de tema Mar Morto	126
Quadro 36 – Conceitos Transversais evidenciados no momento pré de tema Mar Morto	127
Quadro 37 – Ideias Centrais Disciplinares evidenciadas no momento pré de tema Mar Morto	129

Quadro 38 – DAC evidenciadas nas questões pré-experimento de tema Mar Morto	130
Quadro 39 – Práticas Científicas evidenciadas no momento pós de tema Mar Morto	132
Quadro 40 – Conceitos Transversais evidenciados no momento pós de tema Mar Morto	135
Quadro 41 – Ideias Centrais Disciplinares evidenciadas no momento pós de tema Mar Morto	138
Quadro 42 – DAC evidenciadas nas questões pós-experimento de tema Mar Morto	139
Quadro 43 – DAC evidenciadas nas respostas dos licenciandos para as atividades experimentais 1, 2, 3 e 4	142

LISTA DE ABREVIATURAS

BNCC	Base Nacional Comum Curricular
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CT	Conceitos Transversais
EDUCIM	Educação em Ciências e Matemática
ICD	Ideias Centrais Disciplinares
IFPR	Instituto Federal de Educação do Paraná
K-12	Do jardim de infância ao Ensino Médio
NRC	<i>National Research Council</i>
NGSS	<i>Next Generation Science Standards</i>
OECD	<i>Organization for Economic Cooperation and Development</i>
PECEM	Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Educação Matemática
PC	Práticas Científicas
PISA	<i>Programme for International Student Assessment</i>
UEL	Universidade Estadual de Londrina

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO.....	15
1 INTRODUÇÃO	17
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA DA INVESTIGAÇÃO.....	20
2.1 DIMENSÕES DA APRENDIZAGEM CIENTÍFICA: ALGUMAS CONSIDERAÇÕES	20
2.2 PRÁTICAS CIENTÍFICAS.....	24
2.3 CONCEITOS TRANSVERSAIS.....	34
2.4 IDEIAS CENTRAIS DISCIPLINARES	42
2.5 EXPERIMENTAÇÃO E O USO DE VÍDEOS DE EXPERIMENTOS CIENTÍFICOS	48
3 ENCAMINHAMENTO METODOLÓGICO.....	53
3.1 PESQUISA QUALITATIVA.....	53
3.2 CONTEXTO DA PESQUISA E OS PARTICIPANTES	55
3.3 OS PROCEDIMENTOS DE COLETA DOS DADOS.....	56
3.4 ANÁLISE DE CONTEÚDO.....	58
4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS.....	61
4.1 ATIVIDADE EXPERIMENTAL DE TEMA PLANTAÇÃO DE FEIJÃO.....	61
4.1.1 DAC para a atividade experimental de tema Plantação de feijão.....	63
4.1.1.1 Plantação de feijão: análise das respostas para as questões pré-experimento	63
4.1.1.2 Plantação de feijão: análises das respostas para as questões pós-experimento.....	70
4.2 ATIVIDADE EXPERIMENTAL DE TEMA PLÁSTICOS	82
4.2.1 DAC para a atividade experimental de tema Plásticos	84
4.2.1.1 Plásticos: análise das respostas para as questões pré-experimento	84
4.2.1.2 Plásticos: análise das respostas para as questões pós-experimento	91
4.3 ATIVIDADE EXPERIMENTAL DE TEMA COMBUSTÃO.....	103
4.3.1 DAC para a atividade experimental de tema Combustão	105
4.3.1.1 Combustão: análises das respostas para as questões	

pré-experimento	106
4.3.1.2 Combustão: análises das respostas para as questões	
pós-experimento.....	115
4.4 ATIVIDADE EXPERIMENTAL DE TEMA MAR MORTO	122
4.4.1 DAC para a atividade experimental de tema Mar Morto.....	124
4.4.1.1 Mar Morto: análises das respostas para as questões	
pré-experimento	125
4.4.1.2 Mar Morto: análises das respostas para as questões	
pós-experimento.....	131
4.5 SÍNTESE DAS ANÁLISES: INTEGRANDO OS DADOS	142
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	148
REFERÊNCIAS.....	150

APRESENTAÇÃO

Nesta seção apresento uma breve descrição da minha trajetória acadêmica da graduação até o mestrado.

Em 2019 concluí a minha graduação em Ciências Biológicas – Licenciatura, no Instituto Federal de Educação (IFPR), campus Londrina. Este desejo de ser professora de Ciências vem desde minha infância, na 6ª série do Ensino Fundamental.

Em 2020, por não conseguir ingressar na carreira docente, decidi fazer uma segunda graduação em Pedagogia pela Universidade Cruzeiro do Sul. Neste mesmo ano cursei uma disciplina do mestrado no Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Educação Matemática (PECEM), na Universidade Estadual de Londrina (UEL). A disciplina foi muito boa, inspirando a me inscrever no curso de mestrado do PECEM. Com o incentivo do meu esposo, fiz a inscrição para a seleção de mestrado, e pela graça de Deus consegui entrar e iniciei como aluna regular do Programa, no ano de 2021.

Como estava cursando Pedagogia, resolvi escrever meu projeto de pesquisa relacionado aos Focos de Aprendizagem Científica¹, que poderiam ser evidenciados em aulas de Ciências de professores pedagogos. Mas, ao ingressar no mestrado minha orientadora apresentou-me as Dimensões da Aprendizagem Científica (NRC, 2012), referencial utilizado em outras investigações sob sua orientação.

Como estávamos vivenciando um período de aulas remotas, por conta da pandemia do Coronavírus², decidimos realizar a coleta de dados nas aulas que eu estava acompanhando no estágio de docência. As aulas eram ministradas para estudantes do curso de Licenciatura em Química, com foco na experimentação como uma ferramenta didática. Ao longo da minha participação nas aulas e em uma conversa com a minha orientadora, decidimos investigar as Dimensões da

¹ Os Focos de Aprendizagem Científica podem ser definidos como categorias que ressaltam diferentes dimensões da aprendizagem de ciência, tais como: 1) Desenvolvimento do interesse pela ciência; 2) Compreensão de conhecimento científico; 3) Engajamento em raciocínio científico; 4) Reflexão sobre a ciência; 5) Engajamento na prática científica; 6) Identificação com a ciência (ARRUDA *et al.*, 2013).

² Os primeiros casos de infecção pelo novo coronavírus apareceram em dezembro de 2019, na cidade de Wuhan, China, onde foram diagnosticados doentes com graves problemas respiratórios, as amostras revelaram a presença do coronavírus (SARS-CoV-2), identificado como o agente causador da doença Covid-19, uma pneumonia grave de etiologia desconhecida (ESTEVÃO, 2020).

Aprendizagem Científica manifestadas por licenciandos ao participarem de atividades experimentais em aulas remotas. Desde então esse tema passa a ser o início de meu desenvolvimento como pesquisadora, assim como da minha carreira acadêmica.

1 INTRODUÇÃO

Tem-se observado nos últimos anos uma tendência didática que aponta formas de ensinar e aprender Ciências, por meio da participação ativa dos estudantes e no desenvolvimento de um conjunto de dimensões denominadas de Dimensões da Aprendizagem Científica. Este modo de ensinar e aprender Ciências tem sido apontado, com maior ou menor ênfase, nas políticas públicas de várias nações, como Estados Unidos, Holanda e Canadá (NRC, 2012; NGSS, 2013; PRINS et al., 2018; ÖBERG; CAMPBELL, 2019).

As proposições e orientações curriculares com foco na abordagem em uma estrutura tridimensional, envolvendo Práticas Científica, Conceitos Transversais e Ideias Centrais Disciplinares, para a educação científica e sua utilização surgem a partir dos documentos NRC (2012) e NGSS (2013). Mais especificamente, em 2012, o comitê do *National Research Council*³ (NRC) elaborou um documento com uma estrutura tridimensional para a educação científica K-12, intitulada *A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas*⁴, desenvolvida para orientar o Ensino de Ciências na Educação Básica.

Essa estrutura apresenta diretrizes de uma aprendizagem científica até os anos finais da escolarização, com a finalidade de envolver os estudantes em três dimensões, a saber: Práticas Científicas, Conceitos Transversais e Ideias Centrais Disciplinares.

As Práticas Científicas descrevem ações associadas ao fazer Ciência. Os Conceitos Transversais referem-se aos conceitos unificadores em todos os campos da Ciência, são temas gerais utilizados pelos cientistas para compreender melhor como o fenômeno acontece e as Ideias Centrais Disciplinares correspondem aos conceitos, que geralmente buscam responder a duas perguntas: De que tudo é feito? E por que as coisas acontecem? (NRC, 2012).

Segundo o NRC (2012), essas dimensões devem ser integradas em currículos, processos de ensino e aprendizagem e em avaliações em todas as séries de ensino, podendo ser abordadas de forma integrada ou separadamente, com o

³ Conselho Nacional de Pesquisa dos Estados Unidos da América. O objetivo deste Conselho é ajudar a melhorar as políticas públicas e a educação em questões de ciência, tecnologia e saúde.

⁴ Uma estrutura conceitual para a Educação em Ciências: Práticas, Conceitos Transversais e Ideias Centrais Disciplinares.

objetivo de conduzir os estudantes a desenvolver habilidades para descrever, observar e explicar os fenômenos ocorridos à sua volta.

Essas dimensões ao serem oportunizadas ao longo da escolarização acabam por favorecer o letramento científico, ou seja, possibilitam que o indivíduo desenvolva competências para explicar fenômenos cientificamente, avalie e faça projeções de experimentos científicos, e por fim, interprete dados e evidências cientificamente (NRC, 2012).

Nessa perspectiva, vários autores apontam estratégias e abordagens de ensino que potencializam os processos de ensino e de aprendizagem, de forma que os estudantes se envolvam com os fenômenos científicos e, entre estas, ganha destaque a “experimentação com finalidade investigativa” (SUART; MARCONDES, 2008; FANTINI, 2016).

Nessa abordagem experimental os alunos são colocados em situação de realizar pequenas pesquisas, combinando simultaneamente conteúdos conceituais, procedimentais e atitudinais. Essa abordagem também possibilita que o aluno desenvolva ou exercite habilidades de investigar, manipular e comunicar (FEREIRA, HARTWIG e OLIVEIRA, 2010).

Entretanto, em tempos de pandemia e com o advento do ensino remoto, o desafio estava propor aulas experimentais de natureza investigativa, considerando essa configuração de ensino. Dessa forma, alguns autores têm proposto como uma alternativa didática a utilização de vídeos de experimentos científicos para facilitar a compreensão dos estudantes em relação aos fenômenos e conceitos científicos/químicos (FANTINI, 2016; WATANABE; BALDORIA; AMARAL, 2018).

Somado a tais instigações, nosso interesse em desenvolver uma pesquisa fazendo uso dos referenciais do NRC (2012) surgiu a partir de algumas investigações realizadas por pesquisadores do grupo EDUCIM⁵. As pesquisas de mestrado de Nora (2017) e Costa (2021) evidenciaram a importância de engajar os estudantes nas diferentes dimensões apresentadas no NRC. Na pesquisa de Nora (2017), o autor identificou e analisou as Dimensões da Aprendizagem Científica evidenciadas em questões de Ciências do PISA. Na pesquisa de Costa (2021), o autor realizou uma

⁵ O grupo EDUCIM – Educação em Ciências e Matemática – está vinculado ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Educação Matemática da Universidade Estadual de Londrina (PECEM/UEL). O grupo tem como objetivo geral investigar temas relacionados à formação de professores, o ensino e a aprendizagem em Ciências e Matemática, tanto na educação formal quanto na educação informal.

revisão bibliográfica sistemática de artigos envolvendo Práticas Científicas (a primeira dimensão) na área de Ensino de Ciências. Nesta pesquisa, buscamos responder à seguinte questão de investigação: Quais Dimensões da Aprendizagem Científica são manifestadas por licenciandos ao participarem de atividades experimentais em aulas remotas de Química? Para isto, foram analisadas as respostas dadas pelos licenciandos às questões pré e pós-experimentos, propostas em aulas remotas.

A seguir descrevemos a estrutura da dissertação.

No segundo capítulo – Fundamentação teórica da investigação –, são abordados aspectos da Aprendizagem Científica e suas três dimensões, sendo estas as Práticas Científicas, os Conceitos Transversais e as Ideias Centrais Disciplinares. Em seções distintas são apresentadas cada uma das dimensões, com suas descrições. Ainda neste capítulo são apresentadas considerações a respeito da experimentação e a utilização de vídeos de experimentos científicos.

No terceiro capítulo descrevemos a metodologia, os fundamentos da pesquisa qualitativa, os procedimentos de coleta dos dados detalhando o contexto da pesquisa com informações a respeito do planejamento das aulas e a descrição de cada atividade analisada e por fim, os pressupostos da análise de conteúdo.

No quarto capítulo são apresentados os dados e as análises realizadas. Esse capítulo é composto por cinco seções, sendo que, nas quatro primeiras seções são detalhadas as atividades experimentais dos temas analisados: Plantação de feijão, Plásticos, Combustão e Mar Morto. Para cada uma das atividades analisadas apresentamos, inicialmente, uma descrição da atividade, seguida das análises das respostas dos estudantes para as questões pré e pós-experimento e as DAC evidenciadas. Na última seção foi realizada uma síntese das análises, integrando os resultados oriundos das análises das atividades experimentais 1, 2, 3 e 4.

Por fim, estão as considerações finais, em que apresentamos os principais resultados e interpretações provenientes da pesquisa realizada.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA DA INVESTIGAÇÃO

Neste capítulo apresentamos o referencial teórico que nos possibilitou investigar as Dimensões da Aprendizagem Científica, manifestadas por licenciandos ao participarem de atividades experimentais em aulas remotas. Dessa forma, apresentamos na primeira seção algumas considerações acerca das Dimensões da Aprendizagem Científica e, nas seções subsequentes, um detalhamento de cada uma delas, a saber: as Práticas Científicas, os Conceitos Transversais e as Ideias Centrais Disciplinares. Na continuidade inserimos uma seção acerca da experimentação e o uso de vídeos de experimentos científicos.

2.1 DIMENSÕES DA APRENDIZAGEM CIENTÍFICA: ALGUMAS CONSIDERAÇÕES

Em 2012, o *National Research Council* (NRC) elaborou um documento que apresenta uma estrutura tridimensional para a educação científica K-12, intitulada *A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas*, desenvolvida para o Ensino de Ciências na Educação Básica.

Essa estrutura foi designada para estabelecer orientações para o ensino de Ciências nos níveis Fundamental e Médio do sistema educacional dos Estados Unidos da América, integrando as ideias da ciência com o envolvimento nas práticas da Ciência. O comitê nacional desenvolveu esta estrutura com o objetivo de aprimorar a proficiência e apreciação da Ciência dos estudantes até o 12º ano de escolarização⁶.

No documento estão descritas três dimensões centrais que os estudantes devem se envolver até o final do Ensino Médio, e apresenta como essas dimensões devem ser trabalhadas em todas as séries, sendo estas dimensões: as Práticas Científicas, os Conceitos Transversais e as Ideias Centrais Disciplinares.

Essa estrutura foi proposta com o objetivo de auxiliar na aprendizagem científica, contribuindo para uma educação científica que desperte o desejo de aprender Ciências.

Desta maneira, de acordo com o NRC (2012):

No final do 12º ano, os alunos devem ter adquirido conhecimentos suficientes das práticas, conceitos transversais e ideias centrais da ciência e da engenharia para se engajar em discussões públicas sobre questões

⁶ O que no Brasil equivale ao 3º ano do Ensino Médio.

relacionadas à ciência, ser consumidores críticos de informações científicas relacionadas à sua vida cotidiana e continuar aprendendo sobre ciência ao longo de suas vidas (NRC, 2012, p. 09, tradução nossa)⁷.

O objetivo geral do documento para o ensino de Ciências é garantir que todos os estudantes até o final da 12^a série sejam capazes de:

- I. Possuir conhecimento suficiente de ciência e engenharia para participar de discussões públicas sobre questões relacionadas;
- II. Ser consumidores cuidadosos de informações científicas e tecnológicas relacionadas ao seu cotidiano;
- III. Ser capazes de continuar a aprender sobre ciência fora da escola;
- IV. Ter habilidades para ingressar em carreiras de sua escolha, incluindo (mas não se limitando) a carreiras em ciência, engenharia e tecnologia (NRC, 2012, p. 01, tradução nossa)⁸.

A estrutura proposta preza pelo envolvimento dos estudantes em Práticas Científicas e a aplicação dos Conceitos Transversais para aprofundar a compreensão das Ideias Centrais Disciplinares. Neste sentido, o NRC (2012) recomenda que a educação científica deve ser abordada a partir das três dimensões, apresentadas no Quadro 1.

Quadro 1 – Dimensões da Aprendizagem Científica

Práticas Científicas (PC)		Conceitos Transversais (CT)		Ideias Centrais Disciplinares (ICD)	
PC1	Fazer perguntas	CT1	Padrões	ICD1	Ciências Físicas
PC2	Desenvolver e utilizar modelos	CT2	Causas e efeitos: mecanismo e previsão	ICD2	Ciências da vida
PC3	Planejar e realizar investigações	CT3	Escala, proporção e quantidade	ICD3	Ciências da Terra e espaciais
PC4	Analisar e interpretar dados	CT4	Sistemas e modelos de sistemas	ICD4	Engenharia, tecnologias e aplicações das Ciências
PC5	Utilizar matemática e pensamento computacional	CT5	Energia e matéria		
PC6	Construir explicações	CT6	Estrutura e função		

⁷ Texto original: “At the end of the 12th year, students should have gained sufficient knowledge of the practices, crosscutting concepts, and core ideas of science and engineering to engage in public discussions on science-related issues, to be critical consumers of scientific information related to their everyday lives, and to continue to learn about science throughout their lives” (NRC, 2012, p. 09).

⁸ Texto original: “possess sufficient knowledge of science and engineering to engage in public discussions on related issues; are careful consumers of scientific and technological information related to their everyday lives; are able to continue to learn about science outside school; and have the skills to enter careers of their choice, including (but not limited to) careers in science, engineering, and technology” (NRC, 2012, p. 01).

PC7	Argumentar a partir de evidências	CT7	Estabilidade e mudança
PC8	Obter, avaliar e comunicar a informação		

Fonte: adaptado de NRC (2012, tradução nossa, p. 03)

A primeira dimensão descreve as Práticas Científicas, ou seja, ações associadas ao fazer Ciência. A segunda dimensão descreve os Conceitos Transversais, compreendidos como conceitos unificadores que têm aplicabilidade em todas as disciplinas científicas. A terceira dimensão – Ideias Centrais Disciplinares – descreve as disciplinas científicas e as relações entre Ciência, Engenharia e Tecnologia.

De acordo com o NRC (2012), trabalhar essas três dimensões com os estudantes até o final do Ensino Médio é garantir um aprendizado significativo de Ciências, tornando-os cidadãos críticos, para que possam questionar e encontrar respostas advindas de suas observações, ter habilidades para descrever, observar e explicar os fenômenos ocorridos à sua volta.

Neste sentido, o documento do NRC (2012) propõe que essas três dimensões sejam inseridas em currículos, situações de ensino e aprendizagem e em avaliações em todas as séries com o intuito de favorecer o letramento científico (NRC, 2012)⁹. Há na literatura da área em Educação em Ciências, distintas nomenclaturas empregadas relacionadas à expressão inglesa “*scientific literacy*”, tais como: Compreensão Pública da Ciência, Cultura Científica, Literacia Científica, Alfabetização Científica e Letramento Científico (TENREIRO-VIEIRA; VIEIRA, 2013). Essa diversidade de expressões tem sido usada com múltiplas interpretações que refletem diferentes quadros de referência.

Todavia, cientes da pluralidade semântica encontrada na literatura da área, reconhecemos que no centro das discussões levantadas pelos pesquisadores, que usam um termo ou outro, discute-se a necessidade de uma educação em Ciências capaz de desenvolver ideias e maneiras científicas de pensar, de modo que habilite o cidadão a viver e a trabalhar em uma sociedade do conhecimento (TENREIRO-VIEIRA; VIEIRA, 2013).

⁹ No documento original, NRC (2012), o termo utilizado é *scientific literacy*.

O documento normativo da educação brasileira, a Base Nacional Comum Curricular (BNCC)¹⁰, utiliza o termo letramento científico e o relaciona com “a capacidade de compreender e interpretar o mundo (natural, social e tecnológico), mas também de transformá-lo com base nos aportes teóricos e processuais das ciências” (BRASIL, 2017, p. 321).

Essa conceituação se refere à compreensão dos conceitos de Ciência, com o intuito de levar os estudantes a refletirem sobre o mundo à sua volta. Garantindo que a partir de determinadas competências os estudantes possam ter acesso a uma diversidade de conhecimentos científicos, bem como o contato com procedimentos, conceitos, habilidades de práticas cognitivas e socioemocionais para resolver situações do cotidiano (BRASIL, 2017).

O PISA – *Programme for International Student Assessment*¹¹ –, define letramento científico como a capacidade de se envolver em questões relacionadas com a ciência, estando preparado para participar de um discurso fundamentado sobre ciência e tecnologia, como um cidadão reflexivo (OECD, 2015). Dessa forma, entende-se que o letramento científico se dá a partir de um conjunto de competências:

1. Explicar fenômenos cientificamente: Reconhecer, oferecer e avaliar explicações para fenômenos naturais e tecnológicos.
2. Avaliar e planejar investigações científicas: descrever e avaliar investigações científicas e propor formas de abordar questões cientificamente.
3. Interpretar dados e evidências cientificamente: analisar e avaliar os dados, afirmações e argumentos, tirando conclusões científicas apropriadas (OECD, 2015 p. 07).

Estas competências devem ser desenvolvidas para tornar o indivíduo um cidadão cientificamente letrado, ou seja, aquele que consegue explicar os fenômenos,

¹⁰ A Base Nacional Comum Curricular (BNCC) é um documento de caráter normativo, que define o conjunto orgânico e progressivo de aprendizagens essenciais que todos os alunos devem desenvolver ao longo das etapas e modalidades da Educação Básica, de modo a que tenham assegurados seus direitos de aprendizagem e desenvolvimento, em conformidade com o que preceitua o Plano Nacional de Educação (PNE). Disponível em: http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_EI_EF_110518_versaofinal_site.pdf. Acesso em: 18 ago. 2022.

¹¹ O PISA é um programa internacional, que procura avaliar o nível educacional de estudantes dos países participantes por meio de provas que abrangem, principalmente, três áreas do conhecimento: Leitura, Matemática e Ciências. As questões de Ciências desse exame buscam relações com o contexto de vida dos estudantes, referindo-se à importância do Letramento Científico que, de acordo com a Matriz de Avaliação de Ciências do PISA, “requer não apenas o conhecimento de conceitos e teorias da Ciência, mas também o conhecimento sobre os procedimentos e práticas comuns associadas à investigação científica e como eles possibilitam o avanço da Ciência” (OECD, 2015, p. 4).

interpretar os dados e evidências e certificar que as conclusões são justificadas cientificamente (OECD, 2015).

Nesta pesquisa utilizamos o termo “letramento científico”, e nossa compreensão acerca desse conceito fundamenta-se no NRC (1996) e OECD (2015). Trata-se da compreensão e conhecimento de conceitos e processos científicos, necessários para a tomada de decisão pessoal, participação cívica e cultural, e na produtividade econômica. Em síntese, quando letrado cientificamente, o indivíduo possui competências para explicar fenômenos, avaliar e planejar experimentos científicos, e por fim, interpretar dados e evidências cientificamente. Tal definição corrobora o envolvimento dos estudantes com as Práticas Científicas, os Conceitos Transversais e as Ideias Centrais Disciplinares, designadas como as Dimensões da Aprendizagem Científica.

Na sequência discutiremos cada uma das dimensões separadamente.

2.2 PRÁTICAS CIENTÍFICAS

O NRC utiliza o termo práticas no lugar de habilidades, indicando que é necessário que o aluno aprenda o conhecimento específico de cada uma das práticas e não apenas as habilidades, para “envolver os estudantes ativamente nas práticas e não apenas ensiná-los sobre ela” (NORA, 2017, p. 25). Desta maneira, envolver os estudantes nas práticas favorece a compreensão de como o conhecimento científico se desenvolve e ajuda-os a se “tornarem críticos da informação científica” (COSTA, 2021, p. 25).

De acordo com o NRC (2012), a primeira dimensão descreve:

[...] (a) as principais práticas que os cientistas empregam ao investigar e construir modelos e teorias sobre o mundo e (b) um conjunto chave de práticas de engenharia que os engenheiros usam ao projetar e construir sistemas (NRC, 2012, p. 30. Tradução nossa)¹².

É por meio do envolvimento nas práticas que os alunos podem reconhecer e compreender como o conhecimento científico surge e por que algumas partes da teoria científica são mais firmemente estabelecidas do que outras. Neste sentido,

¹² Texto original: “(a) the major practices that scientists employ as they investigate and build models and theories about the world and (b) a key set of engineering practices that engineers use as they design and build system” (NRC, 2012, p. 30).

As práticas envolvem também o fazer ciência, que é um aspecto relevante do ensino de Ciências, pois pode causar picos de curiosidade, interesse e motivação e permite que os alunos percebam a criatividade envolvida no trabalho do cientista (COSTA; BROIETTI; OBARA, 2021, p. 183).

As Práticas Científicas apresentadas no NRC são originadas das práticas realizadas pelos cientistas e, assim, oferecem aos estudantes a oportunidade de conhecerem e explorarem essas práticas e entender por que elas são fundamentais para a Ciência. Ao trabalhar com essas práticas desfoca-se do conceito de uma Ciência infalível, uma abordagem única da Ciência e conduz os estudantes a compreenderem como os conceitos científicos foram construídos (NORA, 2017).

O engajamento dos estudantes nas Práticas Científicas desenvolve hábitos que fazem com que se tornem “um consumidor crítico da Ciência, sendo fomentado pelas oportunidades de usar a crítica e a avaliação para julgar os méritos de qualquer argumento com base científica” (NRC, 2012, p. 71, tradução nossa)¹³.

Vários autores (GARCÍA-CARMONA, 2020; OSBORNE, 2017; DUSCHL; BYBEE, 2014) corroboram a respeito da importância de um ensino de Ciências fundamentado a partir das Práticas Científicas. Estas, por sua vez, possibilitam que haja uma compreensão de como o conhecimento científico é construído e quais abordagens são usadas para investigar, modelar e explicar o mundo à sua volta (BYBEE, 2011).

De acordo com Osborne (2017), quando os estudantes têm contato com as práticas, passam a compreender como o conhecimento científico se desenvolve, desta maneira passam a “aprender Ciência”. Neste sentido, as Práticas Científicas levam os estudantes a aprenderem sobre os experimentos, os dados e as evidências, os discursos, a desenvolverem explicações, a construir modelos, argumentarem e aprenderem sobre quais ferramentas utilizar para conduzir uma investigação.

De acordo com o NRC (2012), as Práticas Científicas são essenciais para compor o currículo de Ciências da educação básica, e têm como objetivo geral fazer com que os estudantes “desenvolvam a facilidade e a inclinação para recorrer a essas práticas, separadamente ou em combinação, conforme necessário para apoiar seu

¹³ Texto original: “*Becoming a critical consumer of science is fostered by opportunities to use critique and evaluation to judge the merits of any scientifically based argument*” (NRC, 2012, p. 71).

aprendizado e demonstrar sua compreensão da ciência” (NRC, 2012, p. 49, tradução nossa)¹⁴. No Quadro 2 apresentamos as oito Práticas Científicas.

Quadro 2 – As Práticas Científicas apresentadas no NRC (2012)

Práticas Científicas	
PC1 – Fazer perguntas	A Ciência inicia sempre com uma pergunta, como: “Por que o céu é azul?” e busca desenvolver teorias para explicar essas perguntas, pois uma prática básica do cientista é formular questões sobre determinados fenômenos e determinar quais questões não foram respondidas.
PC2 – Desenvolver e utilizar modelos	Na Ciência, a construção e uso de modelos e simulações ajudam a desenvolver explicações sobre fenômenos naturais. Os modelos e simulações permitem previsões de falhas que podem ocorrer em um sistema.
PC3 – Planejar e realizar investigações	O planejamento e a realização de uma investigação é uma prática importante realizada pelos cientistas, pois identifica variáveis dependentes e independentes.
PC4 – Analisar e interpretar dados	As investigações científicas produzem dados que devem ser analisados; como os dados não falam por si mesmos, os cientistas utilizam tabulação, interpretação gráfica, visualização e análise estatística como ferramenta para identificar as características e padrões significativos nos dados.
PC5 – Utilizar matemática e pensamento computacional	A matemática e a computação são ferramentas fundamentais na ciência para representar variáveis físicas e suas relações. São utilizadas para construir simulações, analisar dados estatisticamente e reconhecer, expressar e aplicar relações quantitativas.
PC6 – Construir explicações	Na Ciência, a construção de teorias fornece explicações das características do mundo. O objetivo para os alunos é construir explicações coerentes de fenômenos que incorporem sua compreensão atual da ciência.
PC7 – Argumentar a partir de evidências	O raciocínio e o argumento são primordiais para identificar os pontos fortes e fracos de uma linha de raciocínio e para definir uma explicação adequada para um fenômeno natural. Os cientistas precisam defender suas explicações, formular evidências com base em uma base sólida de dados, examinar seu próprio entendimento à luz das evidências para encontrar a melhor explicação para o fenômeno investigado.
PC8 – Obter, avaliar e comunicar informações	A comunicação de ideias e os resultados da investigação é uma prática importante para o avanço da Ciência, seja uma comunicação oral, por escrito, com o uso de tabelas, diagramas, gráficos e equações, e participando de discussões extensas comunicando suas descobertas de uma maneira clara com seus pares.

Fonte: adaptado de NRC (2012, tradução nossa, p. 50-53).

¹⁴ Texto original: “develop both the facility and the inclination to call on these practices, separately or in combination, as needed to support their learning and to demonstrate their understanding of science” (NRC, 2012, p. 49).

Segundo o NRC (2012), essas práticas devem ser desenvolvidas com os estudantes até o final da escolarização obrigatória. A seguir abordaremos cada uma das oito práticas.

PC1 – Fazer perguntas – o ato do estudante fazer perguntas impulsiona a necessidade de explicação, “envolver-se nessa prática exigirá, portanto, oportunidades de questionar sobre o que eles observam e refinar sua noção do que constitui uma boa pergunta científica” (OSBORNE, 2017, p. 183, tradução nossa)¹⁵. Fazer perguntas estimula os estudantes a serem críticos do conhecimento científico, sendo este um componente essencial para o letramento científico.

Os alunos devem “[...] aprender a fazer perguntas uns aos outros, a reconhecer a diferença entre perguntas e problemas e avaliar questões científicas e problemas de engenharia” (BYBEE, 2011, p. 01, tradução nossa)¹⁶.

Os estudantes, independentemente da sua série de estudo, devem ser capazes de fazer perguntas uns aos outros em relação aos textos estudados, sobre as suas observações e as conclusões das investigações científicas. A capacidade de fazer perguntas desenvolve hábitos científicos, pois gera a necessidade de buscar e desenvolver teorias que possam lhe dar as respostas para tais fenômenos.

Em decorrência disso, os estudantes serão capazes de formular questões que requerem evidências empíricas relevantes, refinar um modelo, uma explicação, desafiar a premissa de um argumento ou a adequação de um projeto, se tornando cada vez mais proficientes em Ciências.

PC2 – Desenvolver e utilizar modelos – essa prática corresponde à utilização de modelos conceituais e mentais sobre os fenômenos científicos. Sendo estes usados pelos cientistas e engenheiros como uma ferramenta para pensar, fazer previsões e dar sentido às experiências, pois permite compreender o fenômeno investigado.

Os modelos conceituais são formados por diagramas, réplicas físicas, representações matemáticas, analogias e simulações de computador. Construir uma

¹⁵ Texto original: “*Engaging in this practice will, therefore, require opportunities to ask questions of what they observe and to refine their notion of what makes a good scientific question*” (OSBORNE, 2017, p. 183).

¹⁶ Texto original: “*learn how to ask questions of each other, to recognize the difference between questions and problems, and to evaluate scientific questions and engineering problems*” (BYBEE, 2011, p. 01).

compreensão dos modelos leva os estudantes a uma compreensão mais aprofundada da Ciência, como também aprimora o raciocínio científico (NRC, 2012).

Os cientistas utilizam modelos para representação matemática, por exemplo, a lei do gás ideal e, modelos mais complexos, que são representações matemáticas de sistemas físicos que utilizam computadores para realizar simulações (NRC, 2012).

O uso de modelos, como diagrama, mapas e outros modelos abstratos deve ser oferecido aos estudantes como ferramenta para elaborar suas próprias ideias e para explicar suas descobertas.

Envolver os alunos na modelagem não é apenas desenvolver sua compreensão dos conceitos da ciência. Em vez disso, é desenvolver uma forma de metac conhecimento sobre a ciência – que é um conhecimento de características específicas da ciência e seu papel em contribuir para como sabemos e o que sabemos (OSBORNE, 2017, p. 184, tradução nossa)¹⁷.

Pedir aos estudantes que construam modelos ajuda-os a compreender que o objetivo da Ciência não é apenas a construção de uma imagem precisa que descreva todos os aspectos da natureza, mas de um mapa com uma visão geral, que captura algumas características melhores do que as outras.

Desta maneira, na medida em que os estudantes se envolvem na construção dos modelos, começam a compreender melhor a finalidade em utilizar esses modelos, deixando-os cada vez mais sofisticados e com uma melhor qualidade, dependendo do conhecimento e das habilidades adquiridas pelo estudante (NRC, 2012).

PC3 – Planejar e realizar investigações – ao observar e investigar o mundo, os cientistas seguem dois objetivos principais: “(1) descrever sistematicamente o mundo e (2) desenvolver e testar teorias e explicações de como o mundo funciona” (NRC, 2012, p. 59, tradução nossa)¹⁸. O primeiro objetivo refere-se à descrição detalhada dos elementos ao redor, levando a identificar as perguntas ou as características que precisam ser investigadas e explicadas. O outro objetivo diz respeito ao ato de testar modelos para explicar uma situação, de maneira que o estudante consiga fazer um planejamento, projetar uma investigação e fazer

¹⁷ Texto original: “*engaging students in modeling is not just one of developing their understanding of the concepts of science. Rather it is to develop a form of metaknowledge about science – that is a knowledge of specific features of science and their role in contributing to how we know what we know*” OSBORNE, 2017, p. 184).

¹⁸ Texto original: “*(1) systematically describe the world and (2) develop and test theories and explanations of how the world works*” (NRC, 2012, p 58).

previsões, identificando as variáveis e considerando que estas podem ser medidas, observadas e controladas (NRC, 2012).

Os estudantes são expostos a muitas explicações vindas dos professores, mas raramente são solicitados a construir suas próprias explicações. Desta forma, precisam vivenciar momentos de projetar investigações para ter oportunidade de aprender a importância de decisões, sobre o que e como medir, como manter constante algumas variáveis e quais ferramentas são necessárias para uma coleta de dados em uma investigação.

Ao longo dos anos escolares os estudantes “desenvolvem compreensões e habilidades mais profundas e ricas à medida que conduzem diferentes tipos de investigações” (BYBEE, 2011, p. 03, tradução nossa)¹⁹. Portanto, os estudantes precisam ter o contato com essas experiências desde os anos iniciais, para que possam desenvolver experiências de observar, medir e registrar os dados, assim como quais os tipos de ferramentas apropriadas para utilizar em uma investigação e compreender que o laboratório não é o único lugar de investigação científica.

Segundo Osborne (2014), envolver os estudantes no planejamento e realização de investigações é o melhor caminho para alcançar o letramento científico, pois ao planejarem/ou realizarem uma investigação, passam a compreender o caminho que os cientistas percorrem para conseguir desvendar um fenômeno científico.

PC4 – Analisar e interpretar dados – os dados de uma investigação precisam ser apresentados de forma clara, identificando possíveis relações. Devem ser organizados e interpretados de uma maneira que possam ser posteriormente discutidos com outras pessoas. Essa organização pode ser por meio de tabulações, gráficos ou análises estatísticas. As planilhas, bancos de dados, tabelas e gráficos são ferramentas que auxiliam na organização de um conjunto de dados e a matemática é essencial para mostrar as relações entre as diferentes variáveis no conjunto de dados.

A partir dessa prática espera-se que os estudantes desenvolvam habilidades, como o uso de gráficos de dispersão xy ou tabulações cruzadas para analisar os dados, como também usar a matemática e estatística para analisar os dados. Os estudantes devem ser capazes de reconhecer a importância de registrar as

¹⁹ Texto original: “*develop deeper and richer understandings and abilities as they conduct different types of investigations*” (BYBEE, 2011, p. 03).

observações, independentemente do tipo de ferramenta que usará para registrar. Os estudantes devem ter a oportunidade de aprender a analisar, interpretar os dados, explorar diversos tipos de técnicas, explicar o porquê que essas técnicas são necessárias para a investigação e conseguir identificar as correlações entre o conjunto de dados (NRC, 2012).

Osborne (2014) aponta que, ao proporcionar aos estudantes momentos que eles possam analisar e interpretar os dados, reunindo as principais características, justificando sua escolha e sua interpretação, torna-se uma prática essencial para conduzir uma investigação científica.

PC5 – Utilizar matemática e pensamento computacional – a matemática e a computação são ferramentas essenciais para toda a Ciência, pois contribuem com uma ampla diversidade de modelos para representar os dados de uma investigação. Com essa prática os cientistas e engenheiros podem analisar um grande conjunto de dados e procurar relações significativas, estabelecendo padrões que antes não eram vistos.

A matemática e suas ferramentas favorecem uma função comunicativa com a Ciência, pois permitem realizar cálculos e simulações que não poderiam ser feitos analiticamente. Neste sentido, são de suma importância nas análises, principalmente quando se trata de grandes conjuntos de dados. Por ter uma representação formalizada permitem identificar um resultado em que há mais confiança e mostram diversas formas de variação a partir de um conjunto de tabelas, gráficos ou diagramas (OSBORNE, 2017).

Favorecer aos estudantes uma familiaridade da Matemática na Ciência é essencial para desenvolver a compreensão mais aprofundada de como a Ciência acontece. No simples fato de calcular, os estudantes podem usar números, encontrar e descrever padrões na natureza, desta maneira adquirem experiências e habilidades para trabalhar com computadores, aprendendo a registrar as medições, transferir os dados para tabulações, gráficos e a identificar padrões em um conjunto de dados. “Essa prática consiste no uso de ferramentas e linguagem adequada para a representação de variáveis, importantes na investigação científica, contribuindo, até mesmo, na identificação e comunicação precisa de ideias” (NORA, 2017, p. 178).

PC6 – Construir explicações – esta prática diz respeito às explicações de fenômenos a partir das teorias científicas. Nora (2017) ressalta que as teorias científicas são desenvolvidas para fornecer explicações a respeito de acontecimentos

da natureza, antecipando eventos futuros, ou fazendo inferências sobre eventos ocorridos. As teorias buscam explicar eventos, por exemplo, a teoria dos germes das doenças, teoria do *Big Bang*, teoria de Darwin.

As teorias científicas são construções baseadas em corpos significativos de conhecimento e evidências, são revisadas à luz de novas evidências e devem resistir à escrutínios significativos da comunidade científica antes de serem amplamente aceitas e aplicadas (NRC, 2012, p. 67, tradução nossa)²⁰.

Sendo assim, as teorias científicas são fundamentadas em suposições que buscam esclarecer e fornecer explicações dos eventos ocorridos, são hipóteses dos acontecimentos, ou seja, uma explicação aceitável de um determinado fenômeno. Essas explicações relacionam a teoria científica com os fenômenos científicos, buscando explicações sobre as observações feitas e as variáveis identificadas, detalhando os mecanismos que sustentam tal hipótese.

Segundo o NRC (2012), é essencial para a educação científica envolver os estudantes em explicações científicas, porque favorece a compreensão das principais ideias da Ciência. A partir de todo esse processo de envolvimento dos estudantes nas explicações científicas, pode-se ocorrer uma (re)construção conceitual, pelo fato de os próprios estudantes demonstrarem sua compreensão sobre determinado fenômeno científico.

Ao construir teorias e explicações baseadas em teorias com a ajuda de modelos e representações e baseando-se em dados e evidências, os alunos também devem desenvolver alguma facilidade na construção de modelos ou explicações baseadas em evidências (NRC, 2012, p. 68, tradução nossa)²¹.

Os estudantes devem ter a oportunidade de demonstrar seu próprio entendimento dos fenômenos, é essencial que o professor em sala de aula proporcione momentos em que os estudantes possam interpretar os fenômenos e usar “suas interpretações para construir explicações” (COSTA; BROIETTI; OBARA, 2021, p. 188).

Os estudantes precisam ser encorajados a construir suas próprias explicações e, na crítica dessas explicações, devem construir seu próprio

²⁰ Texto original: “*scientific theories are constructs based on significant bodies of knowledge and evidence, are revised in light of new evidence, and must withstand significant scrutiny by the scientific community before they are widely accepted and applied*” (NRC, 2012, p. 67).

²¹ Texto original: “*by building theories and theory-based explanations with the aid of models and representations and by drawing on data and evidence, students should also develop some facility in constructing model or evidence-based explanations*” (NRC, 2012, p. 68).

entendimento do que observaram, identificando as variáveis encontradas. Devem ser capazes de desenvolver explicações casuais para explicar o que observaram, revisando suas observações iniciais e produzindo conclusões mais completas sobre o fenômeno científico investigado.

PC7 – Argumentar a partir de evidências – toda a ideia na Ciência é analisada a partir de evidências, analisando quais dados são confiáveis e relevantes para defender essa ideia. A Ciência está envolta de argumentos, todo conhecimento é baseado em um processo de raciocínio, fundamentado em argumentos de deduções de premissas, seja em generalizações indutivas de padrões ou em inferências sobre a melhor explicação aceitável. Os cientistas “[...] utilizam a argumentação e o raciocínio para justificar suas ideias [...]” (COSTA, 2021, p. 35).

É somente por meio do engajamento nas práticas que os alunos podem reconhecer como esse conhecimento surge e por que algumas partes da teoria científica são mais firmemente estabelecidas do que outras.

Engajar-se na argumentação a partir de evidências sobre uma explicação apoia a compreensão dos alunos das razões e evidências empíricas para essa explicação, demonstrando que a ciência é um corpo de conhecimento enraizado em evidências (NRC, 2012, p. 44, tradução nossa)²².

Desta forma, os estudantes devem aprender a defender sua ideia com base em sua argumentação, devem defender suas explicações e suas interpretações dos dados por eles investigados. Com isso, os estudantes devem aprender a criticar os argumentos dos outros, esse movimento de argumentar com criticidade proporciona aos estudantes a oportunidade de usar o conhecimento científico que ele possui para defender sua explicação e identificar os pontos fracos do argumento alheio. Essa interação de trocas de ideias favorece o aprendizado, além de favorecer o próprio conhecimento e a sua compreensão.

Conforme os estudantes ampliam sua capacidade de construir argumentos, vão conseguindo determinar “quais aspectos da evidência são potencialmente significativos para apoiar ou refutar um determinado argumento” (NRC, 2012, p. 73, tradução nossa). Quando os estudantes são expostos a argumentos, começam a construir seu próprio conhecimento e o utilizam para justificar uma explicação. Desta

²² Texto original: “*Engaging in argumentation from evidence about an explanation supports students’ understanding of the reasons and empirical evidence for that explanation, demonstrating that science is a body of knowledge rooted in evidence*” (NRC, 2012, p. 44).

maneira, começam a identificar os pontos fracos dos argumentos alheios e passam a criticar suas próprias descobertas e as dos outros (NRC, 2012).

PC8 – Obter, avaliar e comunicar a informação – a oitava prática refere-se à comunicação, seja por palavras, diagramas, tabelas, gráficos, imagens, símbolos ou a matemática. Esse tipo de comunicação é fundamental para a Ciência, pois requer a capacidade de ler e compreender suas leituras. Fazer uma leitura em Ciências é um grande desafio aos estudantes por três motivos:

- I. O jargão dos textos científicos é essencialmente desconhecido; juntamente com seu uso muitas vezes extensivo de, por exemplo, a voz passiva e estrutura de sentença complexa, muitos acham esses textos inacessíveis.
- II. Os textos científicos devem ser lidos de forma a extrair informações com precisão. Como o significado preciso de cada palavra ou oração pode ser importante, tais textos exigem um modo de leitura bastante diferente da leitura de um romance ou mesmo de um jornal.
- III. Os textos científicos são multimodais, usando uma mistura de palavras, diagramas, gráficos, símbolos e matemática para se comunicar (NRC, 2012, p. 74, tradução nossa)²³.

A leitura dos textos científicos requer muito mais que os conhecimentos dos significados dos termos técnicos, é uma leitura que deve ser feita minuciosamente de uma maneira que retire informações mais precisas do texto.

Por meio da comunicação se aprende a compreender a Ciência, pois a partir da descrição de observações é que se esclarece os pensamentos e justificam-se os argumentos (NRC, 2012).

A partir dessa prática os estudantes devem ser capazes de retirar dos textos científicos os significados, saber explicar e envolver-se em discussões para desenvolver a capacidade de uma comunicação científica. No momento em que o professor oferece um contato mais direto com a comunicação científica, os estudantes são oportunizados a aprender novos termos e novos significados, assim como a usá-los e aplicá-los em seus contextos específicos.

Engajar os estudantes na comunicação da Ciência oportuniza um contato com novos termos, não apenas técnicos, mas também mais acadêmicos, aprendendo uma

²³ Texto original: “*The jargon of science texts is essentially unfamiliar; together with their often extensive use of, for example, the passive voice and complex sentence structure, many find these texts inaccessible. Second, science texts must be read so as to extract information accurately. Because the precise meaning of each word or clause may be important, such texts require a mode of reading that is quite different from reading a novel or even a newspaper. Third, science texts are multimodal, using a mix of words, diagrams, charts, symbols, and mathematics to communicate*” (NRC, 2012, p. 74).

linguagem mais geral (NRC, 2012). Desta maneira, o envolvimento dos estudantes nas práticas da Ciência contribui para uma argumentação mais crítica das evidências, levando-os a refletir sobre o próprio conhecimento, e construindo sua compreensão de como a Ciência funciona.

À medida que se envolvem nas práticas da Ciência ao longo dos anos de escolaridade, os estudantes “passam a apreciar sua natureza básica, seu nível de sofisticação na compreensão de como qualquer prática contribui para o empreendimento científico” (NRC, 2012, p. 79, tradução nossa)²⁴.

O envolvimento dos estudantes nas oito Práticas Científicas ajuda-os na compreensão geral da Ciência e a compreender as outras duas dimensões, os Conceitos Transversais e as Ideias Centrais Disciplinares, que serão apresentadas nas seções seguintes.

2.3 CONCEITOS TRANSVERSAIS

Os Conceitos Transversais referem-se à segunda Dimensão da Aprendizagem Científica, dizem respeito a conceitos unificadores de todas as áreas da Ciência (NRC, 2012; FICK *et al.*; 2019; DUSCHL, 2012). Estes, por sua vez, são considerados “temas que os cientistas usam nas disciplinas para compreenderem melhor como os fenômenos funcionam” (FICK, 2017 p. 06, tradução nossa)²⁵.

Estes conceitos incluem o estabelecimento de padrões; relações de causa e efeito; mecanismo e previsão; determinação de escala, proporção e quantidade; sistemas e matéria; estrutura e função; e, estabilidade e mudança. “Esses conceitos fornecem aos estudantes uma estrutura organizacional para conectar o conhecimento das várias disciplinas em uma visão de mundo coerente e com base científica” (NRC, 2012, p. 83, tradução nossa)²⁶.

Segundo Duschl (2012), esses conceitos devem ser introduzidos e combinados em sequências coerentes. Quanto mais contato com esses conceitos, melhor será a compreensão dos estudantes em relação ao mundo natural, pois “devem se tornar

²⁴ Texto original: “*come to appreciate its basic nature, their level of sophistication in understanding how any given practice contributes to the scientific enterprise*” (NRC, 2012, p. 79).

²⁵ Texto original: “*themes that scientists use across disciplines to better understand how the phenomenon works*” (FICK, 2017 p. 06).

²⁶ Texto original: “*these concepts help provide students with an organizational framework for connecting knowledge from the various disciplines into a coherent and scientifically based view of the world*” (NRC, 2012, p. 83).

comuns e familiares em todas as disciplinas e níveis de ensino” (NRC, 2012, p. 83, tradução nossa)²⁷.

Rivet *et al.* (2016) ao realizarem uma análise em textos que descrevem os Conceitos Transversais e em outros documentos de apoio, identificaram quatro metáforas diferentes usadas para descrever a natureza dos Conceitos Transversais. Para os autores, essas metáforas servem para descrever quatro estruturas conceituais diferentes para pensar sobre o papel que os CT desempenham nos entendimentos tridimensionais da ciência.

A primeira metáfora se refere a um conjunto de lentes, descrevendo-os como um meio de observar e ver salientes características dos fenômenos. Por exemplo, os Padrões (um dos sete CT) devem ser “observados” ou “percebidos”. Para Rivet *et al.* (2016, p. 2) “quando os alunos se envolvem com os CT por meio da metáfora como lentes, eles consideram as características de um fenômeno ou problema que podem ter considerado insignificantes anteriormente”.

A segunda metáfora apresenta os Conceitos Transversais como pontes, pois os alunos usam os CT para reconhecer relações conceituais entre fenômenos e como um meio para explicar a complexidade de um macrossistema em termos de suas partes constituintes.

A terceira metáfora expõe os Conceitos Transversais como ferramentas, uma vez que tais conceitos ajudam os alunos a alavancar o entendimento existente para produzir conhecimento mais sofisticado.

Por fim, a quarta metáfora apresenta-os como regras do jogo (jogo epistêmico), tendo em vista que entender e usar diferentes CT para aprender Ciências pode fornecer ordem e estrutura para a compreensão potencial dos alunos em um mundo complexo. Ou seja, os CT podem ser utilizados como uma forma de organizar o aprendizado.

Os autores sinalizam que estas perspectivas metafóricas são úteis para os professores ao elaborarem suas propostas de ensino, uma vez que podem direcionar os alunos sugerindo novas maneiras de olhar para as situações (lentes); podem também ajudar os alunos a conectar ideias de conteúdos que abordam diferentes partes de um problema maior (pontes); podem fomentar a compreensão dos alunos sobre sistemas simples para construir explicações mais complexas que sejam úteis

²⁷ Texto original: “*should become common and familiar touchstones across the disciplines and grade levels*” (NRC, 2012, p. 83).

para um conjunto de problemas (ferramentas) e, como uma forma de promover a ideia de que a Ciência é socialmente construída, já que as regras do jogo são frequentemente negociadas socialmente, ou como critérios para limitar o escopo de uma investigação (regras do jogo).

Segundo Duschl (2012), os CT padrões, estrutura e função são conceitos fundamentais para a Ciência, uma vez que, mediante esses conceitos, é possível observar e explicar as semelhanças observadas e investigar as relações de causa e efeito, buscando relações entre elas. Já escala, proporção e quantidade buscam entender as semelhanças entre o tamanho das coisas e as relações matemáticas. E os outros quatro conceitos: sistemas e modelos de sistemas; energia e matéria; estrutura e função; e estabilidade e mudança “estão inter-relacionados, pois o primeiro é iluminado pelos outros três” (DUSCHL, 2012, p. 31, tradução nossa)²⁸, ou seja, os três conceitos ajudam no entendimento dos sistemas e modelos de sistemas relacionados à Ciência. No Quadro 3 apresentamos uma breve descrição dos Conceitos Transversais.

Quadro 3 – Os Conceitos Transversais apresentados no NRC (2012)

Conceitos Transversais	
CT1 – Padrões	Observar padrões orienta a organização e classificação de eventos e levanta questões sobre fatores que influenciam os eventos ocorridos.
CT2 – Causa e efeito: mecanismo e previsão	Todos os eventos têm uma causa, para explicá-las, deve-se investigar as relações causais e os mecanismos pelos quais elas são mediadas.
CT3 – Escala, proporção e quantidade	Ao considerar os fenômenos é importante identificar as diferentes medidas de tamanho, tempo e energia e reconhecer como as mudanças em escala, proporção ou quantidade afetam a estrutura ou o desempenho de um sistema.
CT4 – Sistemas e modelos de sistema	Definir o sistema em estudo, especificar seus limites e tornar explícito um modelo desse sistema, fornece ferramentas para compreender e testar ideias que são aplicáveis na Ciência e engenharia.
CT5 – Energia e matéria	Fluxos, ciclos e conservação. Rastrear fluxos de energia e matéria para dentro ou fora dos sistemas ajuda a entender as possibilidades e limitações dos sistemas.
CT6 – Estrutura e função	A estrutura de um objeto determina suas propriedades e funções.
CT7 – Estabilidade e mudança	As condições de estabilidade e taxas de mudanças são fatores importantes para explicar os elementos de um estudo.

Fonte: adaptado de NRC (2012, p. 84 e 85, tradução nossa)

²⁸ Texto original: “are interrelated in that the first is illuminated by the other three” (NRC, 2012, p. 31).

Na sequência apresentamos, mais detalhadamente, cada um dos Conceitos Transversais.

CT1 – Padrões – os padrões são encontrados em todos os lugares, podendo ser observados nas flores, flocos de neve, nos ciclos das estações e nos repetidos pares de bases do DNA. A observação é primordial para detectar os padrões, reconhecer as semelhanças e diferenças de um certo elemento, é a essência para encontrar explicações sobre um determinado fenômeno científico.

Desde os primeiros anos de vida observamos padrões em diversos acontecimentos do mundo, como o sol e a lua que seguem diferentes padrões no céu, as estações do ano, os tipos de animais, de materiais etc. Essa classificação fica mais detalhada conforme o estudante avança nas séries, pois começam a perceber, por exemplo, a taxa de mudança de uma planta, e as condições necessárias para que essa planta se desenvolva.

Ao estudar um sistema os estudantes devem observar que existem diferentes padrões em cada uma das escalas desse sistema, tendo em mente que essas escalas podem falhar ou precisar ser revisadas quando as informações de escalas menores ou maiores são introduzidas (NRC, 2012).

CT2 – Causa e efeito: mecanismo e previsão – os padrões ou eventos que ocorrem são evidências que os cientistas utilizam para estudar as relações de causa e efeito. A Ciência busca conexões causais para compreender o funcionamento dos mecanismos e fazer previsões de acordo com o seu comportamento, como reações químicas específicas, mudanças populacionais em um ecossistema ou uma sociedade e o desenvolvimento de buracos nas camadas polares de ozônio.

Para saber a relação entre as coisas do mundo tem-se que compreender as relações de causa e efeito entre os eventos; à medida que essa relação é aprimorada melhor será a qualidade de seu resultado e mais relevantes suas respostas serão.

De acordo com o NRC (2012), um objetivo para lidar com elementos relacionados a causa e efeito é “[...] encorajar os alunos a verem os eventos no mundo como tendo causas compreensíveis, mesmo quando essas causas estão além do controle humano” (NRC, 2012, p. 88, tradução nossa)²⁹. Outro objetivo importante citado no documento é a capacidade de diferenciar entre argumentações causais científicas e argumentações causais não científicas.

²⁹ Texto original: “*encourage students to see events in the world as having understandable causes, even when these causes are beyond human control*” (NRC, 2012, p. 88).

Os estudantes têm o hábito de perguntar sobre o que aconteceu com determinado fato, a causa e seu efeito nos sistemas. Geralmente as perguntas que ocorrem são: “Como isso aconteceu?” ou “Por que isso aconteceu?”. Deve-se avançar para questões como: “Que mecanismos fizeram com que isso acontecesse?” e “Que condições foram críticas para que isso acontecesse?”. À medida que os estudantes buscam encontrar as respostas e as relações para essas perguntas, eles também começam a relacionar o que está causando esses padrões (NRC, 2012).

Quando os estudantes buscam explicações de causa e efeito de determinados mecanismos, é importante “pedir aos alunos que argumentem a partir de evidências ao atribuir um fenômeno observado a uma causa específica” (NRC, 2012, p. 88, tradução nossa)³⁰. Desta maneira, os estudantes conseguem fazer uma previsão do comportamento para o fenômeno observado, fazendo com que eles argumentem para explicar as relações de causa e efeito de um determinado fenômeno.

Esse ato de argumentar sobre a causa e o efeito de um determinado fenômeno ajuda-os a serem críticos diante de suas observações e a fazer uso de argumentações, baseados em evidências para apoiar sua afirmação sobre o que está causando tal fenômeno (DUSCHL, 2012; RIVET *et al.*, 2016).

CT3 – Escala, proporção e quantidade – esse conceito busca compreender as relações de escalas, proporção e quantidade, pois é importante lembrar que os sistemas e processos mudam de acordo com as relações entre as escalas e o tamanho.

De acordo com o NRC (2012), as três principais escalas para estudar Ciência são:

(1) escalas macroscópicas que são diretamente observáveis – isto é, o que se pode ver, tocar, sentir ou manipular; (2) escalas muito pequenas ou rápidas para serem observadas diretamente; e (3) aquelas que são muito grandes ou muito lentas (NRC, 2012, p. 89, tradução nossa)³¹.

Na Ciência podem ser trabalhados desde modelos como a escala atômica, a modelos como das galáxias. Por isso, ao trabalhar com uma escala deve-se

³⁰ Texto original: “*asking students to argue from evidence when attributing an observed phenomenon to a specific cause*” (NRC, 2012, p. 88).

³¹ Texto original: “*(1) macroscopic scales that are directly observable—that is, what one can see, touch, feel, or manipulate; (2) scales that are too small or fast to observe directly; and (3) those that are too large or too slow*” (NRC, 201, p. 89).

compreender que as escalas de tempo e tamanho mudam. Entretanto, é “[...] importante ter uma noção não apenas do tamanho relativo das escalas, mas também de quais conceitos são significativos em qual escala” (NRC, 2012, p. 90, tradução nossa)³².

Desde os anos iniciais os estudantes devem reconhecer as relações matemáticas e os tipos de razões entre as relações existentes na Ciência. Por exemplo: relações de quantidades matemáticas; ou representações de quantidades; relações de medida, a altura de uma planta e a ordenação de quantidades, como número, comprimento e peso.

Sabemos que o conceito de escala é trabalhado desde muito cedo com as crianças, elas começam a entender a escala de objetos, espaços e tempo, por exemplo, maior e menor, quente e fria, rápida e lenta. Conforme os estudantes têm contato com essas escalas, eles começam a ampliar sua compreensão e adquirir uma capacidade de utilizar modelos em diversas escalas de tempo, bem como a noção de qual escala corresponde a qual fenômeno, “à medida que seu pensamento avança, também deve-se avançar sua capacidade de reconhecer e aplicar relações matemáticas e estatísticas mais complexas na ciência” (NRC, 2012, p. 91, tradução nossa)³³.

CT4 – Sistemas e modelos de sistemas – podemos chamar as unidades de investigação de sistemas. O NRC (2012) define um sistema como “um grupo organizado de objetos ou componentes relacionados que formam um todo” (NRC, 2012, p. 92, tradução nossa)³⁴. Os sistemas são construídos por organismos, máquinas, partículas fundamentais, galáxias, ideias e números.

O modelo de um sistema é uma ferramenta essencial para compreender o seu funcionamento, sendo que os modelos podem variar dependendo de sua complexidade. Conforme os estudantes progredirem nas séries escolares, devem avançar além de representações, incorporando e tornando explícitos os recursos invisíveis de um sistema, como interações, fluxos de energia ou transferências de matéria. Desta forma, quando o estudante trabalha com modelos, ele consegue

³² Texto original: “*it is important to have a sense not only of relative scale sizes but also of what concepts are meaningful at what scale*” (NRC, 2012, p. 90).

³³ Texto original: “*As their thinking advances, so too should their ability to recognize and apply more complex mathematical and statistical relationships in science*” (NRC, 2012, p. 91).

³⁴ Texto original: “*an organized group of related objects or components that form a whole*” (NRC, 2012, p. 92).

visualizar e prever possíveis problemas nos sistemas, sanar suas dúvidas e avaliar seu próprio entendimento, além de identificar as suposições e aproximações utilizadas para a construção dos modelos (NRC, 2012).

O professor deve oportunizar aos estudantes momentos de experiência para criar planos, expressar suas ideias em desenhos, diagramas, escrita ou oralmente.

CT5 – Energia e matéria: fluxos, ciclos e conservação – diz respeito ao reconhecimento que em qualquer sistema há uma conservação de massa e energia, sendo que a falta de energia e algum elemento químico pode afetar o funcionamento do sistema, por exemplo: a falta de energia (luz solar) e falta da matéria (dióxido de carbono e água) afetaria o desenvolvimento de uma planta.

Nos diversos sistemas podemos encontrar vários tipos de ciclos, o ciclo mais comum que é trabalhado é o ciclo da água, a água evapora, vai para a atmosfera e, conseqüentemente, volta para o solo; nesse ciclo não é apenas a matéria que move nesse sistema, mas também a transferência de energia.

Os estudantes ao observarem, caracterizarem e modelarem essa transferência e os ciclos de energia e matéria, desenvolvem uma concepção geral de todo funcionamento de um sistema, mas para que essa compreensão ocorra há a necessidade de desenvolver a linguagem de energia e matéria em todas as disciplinas no ensino de Ciências (NRC, 2012).

CT6 – Estrutura e função – forma e função são aspectos complementares de objetos, organismos e sistemas no mundo natural e projetado. “A função pode ser explicada em termos de forma e a forma pode ser explicada em termos de função” (NRC, 2012, p. 96, tradução nossa)³⁵.

O funcionamento de sistemas naturais é constituído pela relação da propriedade dos materiais que foram feitos, uma noção de escala é importante para saber quais propriedades e aspectos do material ou forma são mais importantes para uma certa magnitude ou na investigação de fenômenos particulares.

As crianças desde os anos iniciais podem, por meio de investigações, pesquisar as relações entre estrutura e função, explorar a relação entre a forma e estabilidade em uma variedade de estruturas, como o suporte diagonal de uma ponte ou que os animais utilizam diferentes partes do corpo para obter sua comida. Conforme as crianças avançam os anos escolares, começam a adquirir uma melhor

³⁵ Texto original: “*Function can be explained in terms of form and form can be explained in terms of function*” (NRC, 2012, p. 96).

compreensão a respeito das relações entre estrutura e função, e a partir daí começam a utilizar o conhecimento para investigar os fenômenos desconhecidos. É importante que os estudantes examinem com detalhes como o sistema é feito e como é composto, para assim conseguirem decifrar como esse sistema funciona (NRC, 2012).

À medida que os estudantes compreendem os conhecimentos das propriedades e as relações entre estrutura e função, começam “a aplicar esse conhecimento ao investigar fenômenos” (NRC, 2012, p. 98)³⁶. De acordo com NORA (2017), estrutura e função estão intimamente ligadas, uma explica a outra. Quando os estudantes observam com detalhes a estrutura de certo material, do que ele é feito, eles passam a entender e compreender a estrutura microscópica desse material.

CT7 – Estabilidade e mudança – a Ciência e a Matemática estão relacionadas com a compreensão de que ocorre a mudança na natureza e nos sistemas sociais e tecnológicos. Já a estabilidade é uma condição de que certos aspectos de um sistema são imutáveis, podendo assumir diversas formas como um equilíbrio estático (NRC, 2012).

Desta forma, qualquer que seja o sistema este necessita de condições necessárias para se manter estável. A estabilidade é sempre um equilíbrio de efeitos; sendo que qualquer mudança, mesmo pequena, pode favorecer mudanças descontroladas no sistema.

Geralmente os estudantes “começam com uma ideia de equilíbrio como uma situação estática, e interpretam a falta de mudança no sistema como uma indicação de que nada está acontecendo” (NRC, 2012, p. 99)³⁷. Os estudantes necessitam de orientações para identificar as forças visíveis e contemplar que a estabilidade pode ser o resultado de múltiplas forças opostas.

Para os estudantes, muitas vezes, é complexo entender escalas de tempo muito longas, isso requer deles uma boa noção de escalas de tempo para compreender as mudanças que ocorrem nesse período, mas para favorecer a compreensão dos estudantes em relação a estabilidade e mudança deve-se instigá-los a investigar como os cientistas, por meio de uma interação entre evidências e modelagem de sistemas.

³⁶ Texto original: “*to apply this knowledge when investigating phenomena*” NRC, 2012, p. 98).

³⁷ Texto original: “*begin with an idea of equilibrium as a static situation, and they interpret a lack of change in the system as an indication that nothing is happening*” (NRC, 2012, p. 99).

Conforme a compreensão dos estudantes sobre a matéria avança, os modelos e suas explicações em termos de estabilidade e mudança também progridem. Os estudantes no Ensino Médio devem reconhecer que a Ciência lida com modelagem de taxas de mudança e condições, para explicar como as coisas evoluíram com o passar dos anos e como acontecem essas certas mudanças repentinas.

Os Conceitos Transversais favorecem a compreensão dos fenômenos, conduzindo os estudantes à compreensão das Ciências. Porém, não devem ser ensinados de forma isolada, mas inseridos no contexto disciplinar para que o estudante possa reconhecer os Conceitos Transversais no mundo à sua volta.

A seguir abordaremos a terceira dimensão da Aprendizagem Científica, as Ideias Centrais Disciplinares.

2.4 IDEIAS CENTRAIS DISCIPLINARES

A terceira dimensão trata-se de conteúdos específicos das disciplinas de Ciências e das relações entre Ciência, Engenharia e Tecnologia, e “podem ser aplicadas para explicar e prever uma ampla variedade de fenômenos que ocorrem na vida cotidiana das pessoas” (NRC, 2012, p. 104, tradução nossa)³⁸. As Ideias Centrais Disciplinares “ênfatizam as grandes ideias da Ciência, formando a base para a compreensão de como o mundo funciona, concentrando-se nos “porquês” e “como” dos processos científicos” (FICK, 2017, p. 06)³⁹.

De acordo com o NRC (2012), essa terceira dimensão deve ser trabalhada de forma integrada, pois a conexão entre as dimensões são elementos essenciais para que o estudante adquira uma base sólida em Ciência e se torne letrado cientificamente. Dessa forma, “[...] à medida que os alunos fazem Ciência ativamente, aprofundam tanto sua compreensão conceitual do conteúdo quanto sua capacidade de se envolver nas práticas autênticas da Ciência” (HARRIS *et al.*, 2016, p. 03)⁴⁰.

³⁸ Texto original: “*can be applied to explain and predict a wide variety of phenomena that occur in people’s everyday lives*” (NRC, 2012, p. 104).

³⁹ Texto original: “*emphasize the big ideas of science forming the basis for understanding how the world works, focusing on the “whys” and “hows” of scientific processes*” (FICK, 2017, p. 06).

⁴⁰ Texto original: “*as students actively do science, they deepen both their conceptual understanding of content as well as their ability to engage in the authentic practices of science*” (HARRIS *et al.*, 2016, p. 03).

No Quadro 4 apresentamos os quatro grupos de Ideias Centrais Disciplinares e os subgrupos, conforme o documento do NRC (2012).

Quadro 4 – As Ideias Centrais Disciplinares apresentadas no NRC (2012)

Ideias Centrais Disciplinares			
ICD1	Ciências Físicas	ICD1.1: A matéria e suas interações	ICD1.1A: Estrutura e propriedades da matéria ICD1.1B: Reações químicas ICD1.1C: Processos nucleares
		ICD1.2: Movimento e estabilidade: forças e interações	ICD1.2A: Forças e movimento ICD1.2B: Tipos de interações ICD1.2C: Estabilidade e instabilidade em sistemas físicos
		ICD1.3: Energia	ICD1.3A: Definições de energia ICD1.3B: Conservação de energia e transferência de energia ICD1.3C: Relação entre energia e forças ICD1.3D: Energia em processos químicos e vida cotidiana
		ICD1.4: Ondas e suas aplicações em tecnologias para transferência de informação	ICD1.4A: Propriedades da onda ICD1.4B: Radiação eletromagnética ICD1.4C: Tecnologia de informação e instrumentação
ICD2	Ciências da vida	ICD2.1: Moléculas á organismos: estruturas e processos	ICD2.1A: Estrutura e função ICD2.1B: Crescimento e desenvolvimento de organismos ICD2.1C: Organização para o fluxo de matéria e energia nos organismos ICD2.1D: Processamento de informações
		ICD2.2: Ecossistemas: Interações, energia e dinâmica	ICD2.2A: Ecossistemas: interações, energia e dinâmica ICD2.2B: Ciclos de matéria e transferência de energia em ecossistemas ICD2.2C: Dinâmica, funcionamento e resiliência do ecossistema ICD2.2D: Interações sociais e comportamento de grupo
		ICD2.3: Hereditariedade: Herança e variação de características	ICD2.3A: Herança de características ICD2.3B: Variação de características
		ICD2.4: Variação de características	ICD2.4A: Variação de características ICD2.4B: Seleção natural ICD2.4C: Adaptação ICD2.4D: Biodiversidade e humanos
		ICD3.1: O lugar da Terra no universo	ICD3.1A: O universo e suas Estrelas ICD3.1B: Terra e sistema solar ICD3.1C: A história do Planeta Terra
		ICD3.2: Sistemas da Terra	ICD3.2A: Materiais e sistemas terrestres ICD3.2B: Placas tectônicas e interações de sistemas de grande escala ICD3.2C: Os papéis da água nos processos da superfície da Terra

ICD3	Ciências da Terra e espaciais		ICD3.2D: Tempo e clima ICD3.2E: Biogeologia
		ICD3.3: Terra e atividade humana	ICD3.3A: Recursos naturais ICD3.3B: Riscos naturais ICD3.3C: Impactos humanos nos sistemas terrestres ICD3.3D: Mudanças climáticas globais
ICD4	Engenharia, tecnologia e aplicações da Ciência	ICD4.1: Projeto de engenharia	ICD4.1A: Definindo e delimitando um problema de engenharia ICD4.1B: Desenvolvendo soluções possíveis ICD4.1C: Otimizando a solução de <i>design</i>
		ICD4.2: Ligações entre engenharia, tecnologia, Ciência e sociedade	ICD4.2A: Interdependência da Ciência, engenharia e tecnologia ICD4.2B: Influência da engenharia, tecnologia e Ciência na sociedade e no mundo natural

Fonte: adaptado de NRC (2012, p. 105-203, tradução nossa)

A seguir apresentamos cada um dos grupos.

ICD1 – Ciências Físicas – Todos os fenômenos naturais ocorridos no mundo estão relacionados com as Ciências Físicas, a maioria dos processos que ocorrem depende de fatores químicos e físicos.

O objetivo principal nas Ciências Físicas é ajudar os estudantes a verem e compreenderem “que existem mecanismos de causa e efeito em todos os sistemas e processos que podem ser entendidos por meio de um conjunto comum de princípios físicos e químicos” (NRC, 2012, p. 103, tradução nossa)⁴¹.

Neste grupo estão conceitos disciplinares que explicam ocorrências de fenômenos, por exemplo: a evaporação de uma poça de água; a transmissão de som; o armazenamento digital e a transmissão de informações; a base dos metais e a fotossíntese.

Para que os estudantes consigam explicar esses e outros fenômenos científicos, eles precisam ter uma compreensão dos conceitos de matéria e energia. Por exemplo: para explicar a estrutura, propriedades e interações da matéria, é necessário que o estudante tenha uma compreensão dos tipos de átomos presentes e as interações entre eles, ou seja, a matéria pode ser descrita e prevista com base nos tipos de interações e movimentos da matéria, sendo necessário compreender os

⁴¹ Texto original: “*that there are mechanisms of cause and effect in all systems and processes that can be understood through a common set of physical and chemical principles*” (NR, 2012, p. 103).

estados, propriedades e as reações que envolvem essas mudanças na matéria (NRC, 2012).

As interações que ocorrem entre dois objetos podem causar alterações entre eles, desta maneira é necessário compreender as forças entre esses dois objetos para descrever como seus movimentos ocorrem, ou para prever a estabilidade ou instabilidade de um sistema em qualquer escala.

Segundo o NRC (2012), as interações entre os objetos podem ser explicadas e previstas utilizando “o conceito de transferência de energia de um objeto ou sistema de objetos para outro” (NRC, 2012, p. 120, tradução nossa)⁴². Portanto, a energia presente dentro de um sistema se altera a partir da transferência de energia para dentro ou para fora do sistema. Nesse sentido, para projetar um sistema para transferir informações distantes, armazenar informações ou investigar a origem de uma escala, é necessário compreender as propriedades e as interações da matéria.

ICD2 – Ciências da vida – A partir de observações, experimentos, hipóteses, testes, modelos, teorias e tecnologias, os cientistas exploram como a vida funciona. O estudo da vida vai desde uma molécula, organismo, ecossistema, biosfera até toda a Terra. Todos os sistemas presentes na Terra estão interligados e se relacionam entre si, evoluindo e mudando com o passar dos anos, de acordo com o seu tempo evolutivo.

Na terra existem variados tipos de vida: vírus, bactérias, plantas, fungos e animais, “todos os organismos estão relacionados pela evolução e os processos evolutivos levaram à extrema diversidade da biosfera” (NRC, 2012, p. 139, tradução nossa)⁴³, este é o princípio central das Ciências da vida. Toda essa variedade de espécies levou à diversidade da vida, os mecanismos de herança e variabilidade que se constituem como os principais elementos para compreender essa diversidade de vida na Terra.

Vale ressaltar que a ideia central deste grupo é essencial para que os estudantes compreendam os processos que levaram a essa diversidade de vida. Esse grupo aborda os mecanismos pelos quais os organismos utilizam para sustentar a vida, o crescimento, o comportamento e a reprodução, e “como esses mecanismos

⁴² Texto original: “*the concept of transfer of energy from one object or system of objects to another*” (NRC, 2012, p. 120).

⁴³ Texto original: “*all organisms are related by evolution and that evolutionary processes have led to the tremendous diversity of the biosphere*” (NRC, 2012, p. 139).

levam à variabilidade e, portanto, à diversidade dentro das espécies” (NRC, 2012, p. 140, tradução nossa)⁴⁴. Os organismos se reproduzem, passando informações genéticas para seus descendentes, carregando traços genéticos a novas gerações. As Ciências da vida “explicam os mecanismos da herança genética e descrevem as causas ambientais e genéticas da mutação e da alteração da expressão gênica” (NRC, 2012, p. 140, tradução nossa)⁴⁵.

Os fatores do ambiente físico e as interações entre os organismos explicam tais mudanças em suas características de população ao longo do tempo. Os organismos mudam de ambiente em busca de recursos, e estes fatores afetam os organismos e os ecossistemas, pois as interações sociais e o comportamento do grupo que ocorre dentro e entre as espécies são fatores que se combinam para determinar o funcionamento do ecossistema. Desta forma, esses fatores podem influenciar no desenvolvimento, aparência, comportamento e na probabilidade de produzir descendentes específicos de um indivíduo (NRC, 2012).

ICD3 – Ciências da Terra e espaciais – Neste grupo incluem-se os processos ocorridos na Terra, no sistema solar e na galáxia, para compreender o tamanho, idade, estrutura, composição e comportamento da Terra, do Sol e da Lua.

A Terra é constituída por um conjunto de sistemas (atmosfera, hidrosfera, geosfera e biosfera), e estes estão interligados e possuem diversas fontes de energia e matéria que circundam entre si de diversas maneiras e variadas escalas de tempo.

Essa ideia central aborda aspectos referentes a estrutura geral, composição, história do universo, forças e os processos pelos quais o sistema solar opera e a história planetária da Terra. Estuda também os processos e as condições que operam para a evolução ao longo do tempo, explicando as relações e os mecanismos que estimulam os movimentos internos da Terra, na ação que a água realiza em todos os sistemas e processos superficiais do planeta. Assim como os atos humanos relacionados aos recursos naturais e desastres naturais afetam a vida das pessoas e os processos da Terra. (NRC, 2012).

ICD4 – Engenharia, tecnologia e aplicações da Ciência – O quarto grupo diz respeito à compreensão de práticas de engenharia para serem utilizadas em sala

⁴⁴ Texto original: “*how these mechanisms lead to variability and hence diversity within species*” (NRC, 2012, p. 140).

⁴⁵ Texto original: “*explains the mechanisms of genetic inheritance and describes the environmental and genetic causes of gene mutation and the alteration of gene expression*” (NRC, 2012, p. 140).

de aula, na busca de aplicar o conhecimento científico para ensinar os estudantes em como a Ciência é utilizada. De acordo com o NRC (2012), esses conhecimentos da Ciência aplicados à engenharia contribuem para as tecnologias e os sistemas que atendem as pessoas atualmente.

Os campos da Ciência e da engenharia se inter-relacionam, ou seja, os cientistas necessitam do trabalho dos engenheiros para produzir os instrumentos e ferramentas computacionais necessários para realizar pesquisas, e os engenheiros precisam do trabalho dos cientistas para compreender o funcionamento das diversas tecnologias. Desta maneira, os estudantes precisam assimilar essas interações em níveis crescentes de sofisticação, pois conforme ascendem os níveis escolares adquirem uma visão mais intensa das questões locais, nacionais e globais.

Na literatura da área científica há vários trabalhos que investigam as Dimensões da Aprendizagem Científica em diferentes situações de ensino e de aprendizagem, tanto no contexto nacional (NORA, 2017; COSTA, 2021; COSTA; BROIETTI; OBARA, 2021; NORA; BROIETTI, 2022; entre outros) quanto no contexto internacional (DUSCHL; BYBEE, 2014, BYBEE, 2011; OSBORNE, 2014; RICKETTS, 2014; LAVERTY *et al.*, 2016; HARRIS *et al.*, 2016; FICK, 2017, entre outros). Na sequência apresentamos resultados desses estudos.

No trabalho realizado por Nora (2017), o pesquisador discutiu o potencial de questões da prova do PISA para envolver os estudantes em dimensões científicas específicas. Neste estudo foram analisadas 59 questões de Ciências, que envolviam conteúdos Químicos e destacam-se os seguintes resultados: as Práticas Científicas mais identificadas nas questões foram analisar e interpretar dados (PC4) e construir explicações (PC6). O Conceito Transversal mais identificado foi: causa e efeito – mecanismo e predição (CC2). E quanto à terceira dimensão – Ideias Centrais Disciplinares – os autores destacam a maior incidência das Ciências físicas (ICD1), que trata de conteúdos a respeito da matéria e suas interações.

Costa (2021) analisou 44 artigos envolvendo Práticas Científicas na área de Ensino de Ciências, publicados em periódicos internacionais da área. As questões que nortearam a pesquisa foram: I) Quais são as características das publicações envolvendo Práticas Científicas? II) Quais são as compreensões acerca das Práticas Científicas expressas nas publicações? III) Em quais contextos os autores realizaram pesquisas envolvendo Práticas Científicas?

A revisão sistemática produziu resultados significativos a respeito das características dessas publicações, as compreensões de Práticas Científicas expressas nas publicações, e os contextos de pesquisa das publicações envolvendo Práticas Científicas (COSTA, 2021).

Em outro estudo, Costa, Broietti e Obara (2021) identificaram Práticas Científicas durante uma oficina temática desenvolvida com alunos do Ensino Médio, elaborada em uma abordagem Ciência, Tecnologia e Sociedade. Na oficina foram discutidos assuntos relacionados a composição, propriedades e eficácia dos anticoncepcionais masculinos. Com os resultados desse estudo, os autores identificaram que os estudantes se envolveram em seis das oito Práticas Científicas. De acordo com os autores, este estudo traz contribuições para os professores das áreas científicas, uma vez que reconhecer as dimensões pode orientar ações docentes em sala de aula, visando um ensino que favoreça o letramento científico.

Nora e Broietti (2022) apresentaram resultados de uma investigação, na qual foram identificados e analisados indícios das Práticas Científicas em aulas de Química, nas ações docentes, sendo possível traçar um perfil das aulas investigadas.

No âmbito internacional, Duschl e Bybee (2014) e Osborne (2014), fazem um estudo a respeito das mudanças de uma abordagem pautada na investigação científica (*inquiry*) para uma abordagem a partir das práticas científicas. Segundo os autores a multiplicidade de definições e conceituações a respeito da abordagem fundamentada no *inquiry*, trazia uma confusão no entendimento dos professores e na utilização da abordagem, em consequência disso, os professores tinham uma dificuldade em compreender a implementação da abordagem.

Bybee (2011) abordou as mudanças educacionais, interligando as três dimensões para reconhecer progressões de aprendizagem dos estudantes; assim como uma discussão geral a respeito da reforma dos programas de formação de professores, as qualidades pessoais e as competências básicas para os professores de ciências.

Ricketts (2014), faz um estudo com professores primários em formação, para identificar quais as ideias que os professores do ensino básico possuem sobre as Práticas Científicas. A pesquisa foi realizada em um curso de métodos de ensino de Ciências elementares de um semestre, esse curso se concentrou na realização das oito Práticas Científicas específicas citadas no NRC (2012).

Laverty *et al.* (2016), desenvolvem um protocolo de Avaliação de Aprendizagem Tridimensional para identificar tarefas de avaliação que têm o potencial de mostrar evidências de uma aprendizagem tridimensional. Além disso, esse protocolo ajuda os professores a criar novos tipos de avaliações científicas.

Harris *et al.* (2016), em sua pesquisa descrevem as maneiras de utilizar os princípios do design para desenvolver avaliações científicas que integre as três Dimensões da Aprendizagem Científica em sala de aula. Assim os autores descrevem que o primeiro passo é descompactar os componentes avaliáveis das três dimensões. Depois, usam essas elaborações para apontar os desempenhos de aprendizagem, que os estudantes precisam saber e fazer para cumprir às metas de aprendizagem de conhecimento alinhadas ao NGSS (*Next Generation Science Standards*).

Fick (2017) em seu estudo examinou como os ambientes de aprendizagem podem ser desenvolvidos para apoiar o aprendizado dos alunos sobre o conhecimento tridimensional da ciência, analisando o papel das Práticas Científicas e das Ideias Centrais Disciplinares e como os Conceitos Transversais podem ser integrados para apoiar o aprendizado dos estudantes. O autor destaca que os Conceitos Transversais desempenharam algumas funções, servindo como um apoio para as atividades e o diálogo em sala de aula, favorecem uma compreensão por parte dos estudantes no momento da discussão e como lentes para examinar os fenômenos.

Em nossa pesquisa, nos fundamentamos nas três dimensões expostas no documento NRC (2012), a fim de evidenciar aspectos das DAC manifestadas por licenciandos ao responderem questões pré e pós-experimento em aulas remotas de Química. A seguir abordaremos a respeito da experimentação, em especial no ensino de Química e o uso de vídeos de experimentos científicos.

2.5 EXPERIMENTAÇÃO E O USO DE VÍDEO DE EXPERIMENTOS CIENTÍFICOS

Diversos estudos mencionam a importância da experimentação nos processos de ensino e aprendizagem de Ciências (SALESSE, 2012; SOUZA *et al.*, 2013; GONÇALVES, GOI; 2018; ALMEIDA *et al.*, 2021). Considerada uma estratégia de ensino que auxilia na construção dos conceitos, pode levar os estudantes a construir uma relação mais estreita entre a teoria e a prática, bem como suas concepções a respeito da Ciência.

A utilização de experimentos é um modo de fazer com que o estudante consiga contextualizar e compreender os conteúdos, permitindo a compreensão a partir da visualização dos fenômenos. Desta forma,

[...] as atividades experimentais desenvolvidas com outras práticas metodológicas vão desempenhar um papel muito importante para o aperfeiçoamento dos conceitos científicos, proporcionando assim uma melhoria na compreensão e no entendimento dessa ciência (LEIRIA; MATARUCO, 2015, p. 32217).

Almeida *et al.* (2021) destacam a importância da experimentação, uma vez que, quando bem planejada, favorece a construção de conceitos científicos e permite uma participação intelectualmente ativa dos estudantes e momentos de reflexão acerca dos fenômenos observados.

O uso da experimentação “nos processos de ensino-aprendizagem tem sua importância justificada quando se considera sua função pedagógica de auxiliar o aluno na compreensão de fenômenos e conceitos químicos” (SALESSE, 2012, p. 17).

De acordo com Gonçalves e Goi (2018), participar de aulas experimentais conduz os estudantes a refletir e inter-relacionar os conceitos químicos com o cotidiano. A experimentação na formação de professores emerge fundamentando e contribuindo efetivamente para o ensino e a aprendizagem em Química. Desse modo, Gonçalves e Marques (2016, p. 85) apontaram que “[...] a pesquisa sobre atividades experimentais no contexto da formação inicial de professores de química/ciências da natureza pode colaborar para a emergência de novos resultados e problemas associados à temática da experimentação”.

De acordo com Suart e Marcondes (2008), as atividades experimentais não devem ser desenvolvidas e executadas com o objetivo de compreender os fatos e teorias previamente vistos em sala de aula, este é um recurso importante no ensino, porque faz uma ligação entre a teoria e a prática, desde que seja planejada de uma maneira que leve o estudante a “engajar não apenas em um trabalho prático, manual, mas principalmente intelectual” (SOUZA *et al.*, 2013, p. 13).

A atividade experimental leva o estudante a “aprender ciência, aprender sobre a ciência e fazer ciência” (LÔBO, 2012, p. 432). Para a autora, os estudantes aprendem Ciência ao se apropriar de teorias, princípios e modelos; aprendem sobre a Ciência quando adquirem conhecimento dos processos metodológicos e das teorias; e fazem Ciência quando desenvolvem atividade científica em sua prática investigativa.

A utilização de atividades experimentais é uma maneira de fazer com que o estudante consiga contextualizar e compreender os assuntos abordados em sala de aula, pois permite a “compreensão e construção de um conceito científico” (SOUZA *et al.*, 2013, p. 13).

Diante da pandemia que nos assolou no início do ano de 2020 e por conta de as aulas estarem acontecendo, naquele momento, de forma remota, uma opção para a utilização da experimentação em aulas de Química, foi utilizar vídeos de experimentos científicos. O emprego desse recurso pode ser produtivo para simular experiências que, *a priori*, necessitariam de um laboratório, tempo e recursos. Os vídeos de experimentos podem ser usados como complementação às aulas, ou para substituir a experimentação realizada de forma presencial quando esta não está ao alcance do laboratório. Nesse aspecto, Francisco Junior e Francisco (2013) destacam algumas características da utilização de vídeos:

[...] o vídeo pode encerrar características sensorial, visual, linguagem falada, linguagem musical e escrita. Linguagens que interagem e que não se separam, que podem atingir diversos sentidos e de diferentes formas (FRANCISCO JUNIOR; FRANCISCO, 2013, p. 51).

A utilização de vídeos de experimentos científicos é um recurso que pode auxiliar nos processos de ensino e de aprendizagem, uma vez que “os discentes podem, a partir do vídeo, observar e analisar simulações de experimentos” (WATANABE, 2018, p. 03). É uma ferramenta alternativa e de fácil acesso que pode favorecer a aprendizagem dos conceitos científicos.

Uma forma de contribuir para um efetivo resultado na aprendizagem dos estudantes se refere à utilização do vídeo com uma função investigativa (FANTINI, 2016). Suart e Marcondes (2008) destacam a respeito das atividades experimentais investigativas, destacando suas potencialidades.

[...] poderão contribuir para o aluno raciocinar logicamente sobre a situação e apresentar argumentos na tentativa de analisar os dados e apresentar uma conclusão plausível. Se o estudante tiver a oportunidade de acompanhar e interpretar as etapas da investigação, ele possivelmente será capaz de elaborar hipóteses, testá-las e discuti-las, aprendendo sobre os fenômenos químicos estudados e os conceitos que os explicam, alcançando os objetivos de uma aula experimental, a qual privilegia o desenvolvimento de habilidades cognitivas e o raciocínio lógico (SUART; MARCONDES, 2008, p. 2).

As atividades experimentais investigativas auxiliam na formação de conceitos, e no desenvolvimento cognitivo do aluno (SUART; MARCONDES, 2008; ASSAI;

FREIRE, 2017). Estas, por sua vez, possuem características pedagógicas que favorecem uma melhor compreensão dos conceitos científicos por parte do aluno, “quando acompanhada de um processo investigativo, torna-se uma ferramenta de ensino rica porque possibilita criar situações que venham a motivar os alunos” (SILVA, 2016, p. 27).

Quanto mais oportunidade o estudante tiver para expor seu raciocínio durante as aulas experimentais e debater seus argumentos com os outros, maior será o “desenvolvimento não apenas da aprendizagem de conceitos da ciência, mas também de um pensamento científico” (SOUZA *et al.*, 2013, p. 13).

Almeida e Broietti (2023) utilizaram vídeos de experimentos disponibilizados gratuitamente na internet, os quais foram editados e disponibilizados para estudantes de um curso de licenciatura em Química. As autoras relatam o desafio de propor aulas experimentais remotamente, priorizando o caráter investigativo, e que permitissem aos licenciandos fazer uso do pensamento químico. Como resultados destacam que a atividade experimental possibilitou que os estudantes utilizassem aspectos do pensamento químico para estabelecer causas para as mudanças químicas e relações entre benefícios, custos e riscos da utilização de diferentes materiais na produção de embalagens, tema explorado na atividade.

Nessa perspectiva, o intuito é que os estudantes busquem por soluções às determinadas situações-problemas e, dessa forma, estimular a participação e gerar discussões em sala de aula, que levem o estudante a refletir, a discutir, a explicar e a relatar a experimentação, como um ponto de partida para a construção do conhecimento. Além disso, os professores das áreas científicas podem utilizar as Dimensões da Aprendizagem Científica para orientá-los em suas ações em sala de aula, visando favorecer o letramento científico.

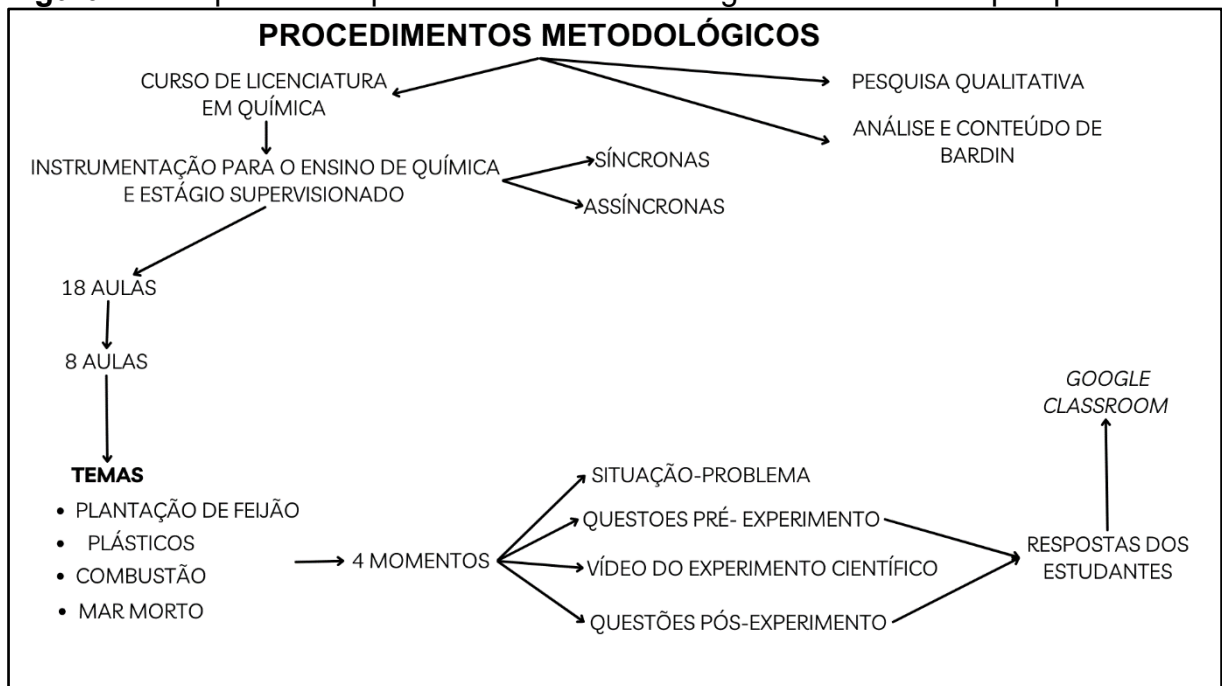
Considerando tais ideias, na continuidade apresentamos o encaminhamento metodológico adotado nesta pesquisa.

3 ENCAMINHAMENTO METODOLÓGICO

Neste capítulo apresentamos o percurso metodológico adotado nesta investigação. Na primeira seção descrevemos os fundamentos da pesquisa qualitativa, na sequência detalhamos o contexto da pesquisa, com informações a respeito do planejamento das aulas e a descrição das atividades analisadas. Por fim, detalhamos os procedimentos de coleta de dados e pressupostos da análise de conteúdo.

Para uma melhor compreensão dos procedimentos metodológicos, optamos por apresentar um esquema que representa o conjunto de procedimentos metodológicos empregados nesta investigação, exposto na Figura 1.

Figura 1 – Esquema dos procedimentos metodológicos utilizados na pesquisa



Fonte: a autora (2023)

A estrutura representada na Figura 1 é descrita com detalhes nas seções a seguir que compõem o capítulo da metodologia.

3.1 PESQUISA QUALITATIVA

Iniciando as reflexões sobre as características da pesquisa qualitativa, Flick (2009) cita alguns aspectos que são essenciais em uma pesquisa qualitativa: a

escolha dos métodos e teorias; a análise e o reconhecimento de diversas perspectivas; a reflexão sobre a pesquisa e a diversidade de abordagens.

Além desses aspectos, Bogdan e Biklen (1994) apresentam cinco características da investigação que são relevantes em uma pesquisa qualitativa: i) o ambiente natural é a fonte direta para a pesquisa qualitativa, sendo o investigador o instrumento principal; ii) a pesquisa do tipo descritiva; iii) o processo de pesquisa é mais pertinente ao pesquisador qualitativo do que os resultados; iv) a análise indutiva dos dados, geralmente, é a forma utilizada pelos investigadores qualitativos; e v) o significado é vital na abordagem qualitativa.

Dessa forma, o investigador “frequenta os locais em que naturalmente se verificam os fenômenos nos quais está interessado” (BOGDAN; BIKLEN, 1994, p. 17), para que possa conhecer seu ambiente de ocorrência, incidindo os dados recolhidos e observações dos comportamentos naturais das pessoas. Nesta investigação, o contexto da pesquisa se deu em um ambiente virtual, em que a pesquisadora acompanhou por um semestre as aulas de uma disciplina ministrada para estudantes do quarto ano de um curso de Licenciatura em Química. As aulas foram ministradas de forma remota, fazendo uso das plataformas do *Google Meet* e *Classroom*.

Na investigação qualitativa descritiva os dados são recolhidos e analisados com toda riqueza, de modo a respeitar a forma em que foram registrados. Essa pesquisa contempla essa característica, uma vez que propomos analisar as Dimensões da Aprendizagem Científica manifestadas por licenciandos ao participarem de atividades experimentais em aulas remotas. Para tal propósito foram recolhidas e analisadas as respostas dos estudantes às questões pré e pós-experimento propostas durante as aulas.

Essa abordagem exige que tudo seja examinado de maneira que nada é comum, que “tudo tem potencial para constituir uma pista que nos permita estabelecer uma compreensão mais esclarecedora do nosso objeto de estudo” (BOGDAN; BIKLEN, 1994, p. 49).

Os dados não são recolhidos com o objetivo de confirmar ou informar alguma hipótese. À medida que se recolhe e examina os dados, a pesquisa vai ganhando forma, esse processo de análise é como um funil onde “as coisas estão abertas de início e vão se tornando mais fechadas e específicas no extremo” (BOGDAN; BIKLEN, 1994, p. 50).

No processo de análise dos dados estes vão sendo agrupados e interpretados fazendo-se uso de teorias. Neste caso, estabelecemos as Dimensões da Aprendizagem Científica como categorias *a priori*, de modo a interpretar os dados e identificar o engajamento dos estudantes em distintas dimensões ao se envolverem com as atividades propostas.

Após a interpretação dos dados o esforço consiste em apresentar os resultados do fenômeno estudado, buscando por significados que sejam compreensíveis. Na sequência explicaremos sobre o contexto e os participantes da pesquisa.

3.2 CONTEXTO DA PESQUISA E PARTICIPANTES

Os dados analisados neste estudo foram coletados em uma disciplina ofertada para o quarto ano de um curso de licenciatura em Química de uma universidade pública do estado do Paraná. A disciplina ocorreu ao longo do primeiro semestre do ano de 2021, com uma carga horária de 72h, que foram ministradas de forma remota, por conta da pandemia do coronavírus.

A disciplina abordava fundamentos teóricos e epistemológicos que estruturam as atividades experimentais, com enfoque para as atividades experimentais investigativas, com a finalidade de evidenciar as potencialidades desta ferramenta pedagógica na construção dos conceitos científicos pelos estudantes (licenciandos). Sendo assim, foram desenvolvidas atividades experimentais que abordavam os seguintes assuntos: acidez e basicidade das substâncias, densidade dos materiais, conservação de massa em reações químicas, chuva ácida, solubilidade, cinética química e equilíbrio químico.

Devido à pandemia de Covid-19, as aulas aconteceram de forma remota, fazendo-se uso da plataforma do *Google Meet* para as aulas síncronas e a plataforma do *Google Classroom* nos momentos assíncronos. As aulas síncronas tinham duração de 2 horas e foram gravadas, sendo posteriormente postadas na plataforma do *Google Classroom*.

As aulas eram compostas de momentos distintos, cada tema ou conteúdo químico abordado compreendia ao menos 4 momentos: apresentação de uma

situação-problema⁴⁶, questões pré-experimento, vídeo do experimento e questões pós-experimento, conforme apresentado no Quadro 5.

Quadro 5 – Organização das aulas

Momentos	Descrição
Situação-problema	Apresentação de uma situação-problema que envolvia a temática de interesse.
Questões pré-experimento	Após a discussão da situação-problema, algumas questões eram propostas para serem respondidas com o objetivo de suscitar as concepções/ideias dos estudantes acerca da problemática investigada.
Vídeo de experimento científico	Após a discussão das questões pré-experimento, a docente da disciplina disponibilizava um vídeo do experimento abordando conceitos químicos específicos. Por meio do vídeo buscava-se estimular o estudante a investigar os conceitos estudados, como também explorar aspectos acerca da situação-problema apresentada no momento inicial.
Questões pós-experimento	Após assistir ao vídeo do experimento, outras questões eram propostas aos estudantes, possibilitando que estes articulassem informações do vídeo com os conceitos estudados, levando-os a tecer compreensões sobre os conteúdos químicos e a situação-problema.

Fonte: a autora (2023)

As respostas para as questões pré e pós-experimento eram postadas pelos licenciandos no *Google Classroom* e discutidas com a professora nas aulas síncronas seguintes.

Participaram da disciplina 8 licenciandos, que assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido, o qual foi enviado e recebido por *e-mail*⁴⁷.

Na continuidade descrevemos como os dados foram coletados.

3.3 Os PROCEDIMENTOS DE COLETA DOS DADOS

A pesquisadora acompanhou dezoito aulas da disciplina, com início em fevereiro de 2021 e término em junho de 2021. As dez primeiras aulas foram conduzidas pela professora da disciplina e as outras oito aulas foram realizadas pelos estudantes com a proposição de experimentos desenvolvidos por eles.

⁴⁶ Quando utilizamos a expressão situação-problema, referimo-nos a situações de aprendizagem que possibilitam aos alunos manifestarem seus conhecimentos prévios acerca de uma situação/acontecimento/cenário do seu cotidiano, que para ser solucionado requer um diálogo, uma discussão em torno das hipóteses por eles manifestadas (ZANON; FREITAS, 2007).

⁴⁷ Os dados e informações obtidos nesta investigação constituem parte da pesquisa aprovada pelo Comitê de Ética da universidade vinculada, sob o número CAEE 98056718.7.0000.5231, parecer número 3.120.489.

Após assistir às dezoito aulas, foram selecionadas as respostas dos licenciandos para quatro atividades experimentais, sendo estas dos temas: Plantação de feijão, Plásticos, Combustão e Mar Morto (destacadas em cinza no Quadro 6). As primeiras aulas da disciplina abordaram aspectos burocráticos e teóricos, e a partir da aula de número 10 os estudantes, mediante temas sorteados, deveriam elaborar e desenvolver aulas experimentais com base nas propostas de aulas desenvolvidas anteriormente.

A escolha das quatro atividades experimentais se deu por abordarem conceitos relevantes no ensino de química, tais como: acidez e basicidade, densidade, conservação de massa e salinidade. Além disso, tiveram intensa participação dos licenciandos.

No Quadro 6 apresentamos o planejamento da disciplina com uma breve descrição das atividades desenvolvidas.

Quadro 6 – Planejamento da disciplina

ENCONTROS	Momento síncrono	Momento assíncrono
03/02 Aula 1	Apresentar o planejamento da disciplina Levantamento das ideias dos licenciandos sobre a função da experimentação	Atividade 1 – Leitura do Texto 1 – Uma aula investigativa Reelaboração do texto considerando a ideia de aula investigativa
10/02 Aula 2	Leitura e Discussão do texto 2 – Por que usar a experimentação no Ensino de Química?	Atividade 2 – Comparação dos roteiros – Gasolina Atividade 3 – Atividade pré-experimento – Tema Plantação de feijão
24/02 Aula 3	Discussão da atividade 2 Discussão da atividade 3 Explicar as atividades 4 e 5	Atividade 4 – Atividade Pós-experimento – Tema Plantação de feijão Atividade 5 – Atividade Pré-experimento – Tema Plásticos
03/03 Aula 4	Discussão das atividades 4 e 5 Explicar as atividades 6 e 7	Atividade 6 – Atividade Pós-experimento – Tema Plásticos Atividade 7 – Atividade Pré-experimento – Tema Combustão
10/03 Aula 5	Discussão das atividades 6 e 7 Explicar as atividades 8 e 9	Atividade 8 – Atividade pós-experimento – Tema Combustão Atividade 9 – Atividade pré-experimento – Tema Indústria
17/03 Aula 6	Discussão das atividades 8 e 9 Explicar a atividade 10	Atividade 10 – Atividade pós-experimento – Tema Indústria
24/03	Discutir a atividade 10 Explicar atividade 11	Atividade 11 – Atividade pré-experimento – Tema Mar Morto

Aula 7		
31/03 Aula 8	Discussão da atividade 11 Explicar atividade 12 e 13	Atividade 12 – Atividade pós-experimento – Tema Mar Morto Atividade 13 – Atividade pré-experimento – Tema Cinética Química
07/04 Aula 9	Discussão da atividade 12 Discussão da atividade 13 Explicar atividades 14 e 15	Atividade 14 – Atividade pós-experimento – Tema Cinética Química Atividade 15 – Atividade pré-experimento – Tema Equilíbrio Químico
14/04 Aula 10	Discussão das atividades 14 e 15 Vídeo Tira-dúvidas sobre as aulas	Atividade 16 – Atividade pós-experimento – Tema Equilíbrio Químico
28/04 Aula 11	AE 1 – Cosméticos	Atividade – Entrega do Plano de aula e Roteiro Experimental e Ficha avaliativa da aula
05/05 Aula 12	AE 2 – Medicamentos	Atividade – Entrega do Plano de aula e Roteiro Experimental e Ficha avaliativa da aula
12/05 Aula 13	AE 3 – Ambiente	Atividade – Entrega do Plano de aula e Roteiro Experimental e Ficha avaliativa da aula
19/05 Aula 14	AE 4 – Combustíveis	Atividade – Entrega do Plano de aula e Roteiro Experimental e Ficha avaliativa da aula
26/05 Aula 15	AE 5 – Alimentos	Atividade – Entrega do Plano de aula e Roteiro Experimental e Ficha avaliativa da aula
02/06 Aula 16	AE 6 – Saúde	Atividade – Entrega do Plano de aula e Roteiro Experimental e Ficha avaliativa da aula
09/06 Aula 17	AE 7 – Higiene	Atividade – Entrega do Plano de aula e Roteiro Experimental e Ficha avaliativa da aula
16/06 Aula 18	AE 8 – Agricultura	Atividade – Entrega do Plano de aula e Roteiro Experimental e Ficha avaliativa da aula

Fonte: adaptado do material disponibilizado pela docente da disciplina

A seguir faremos uma descrição dos procedimentos da análise de conteúdo utilizados nesta pesquisa.

3.4 ANÁLISE DE CONTEÚDO

Com o objetivo de investigar as Dimensões da Aprendizagem Científica manifestadas por licenciandos ao participarem de atividades experimentais em aulas

remotas, em especial nas respostas dos licenciandos para as questões pré e pós-experimento, os dados foram organizados e analisados com base nos pressupostos da análise de conteúdo de Bardin (2011), composta por três etapas: 1) pré-análise; 2) exploração do material; e 3) tratamento dos resultados, a inferência e a interpretação.

De acordo com Bardin (2011), a pré-análise é definida como a fase que tem por objetivo a organização, sendo esta constituída pela leitura flutuante, escolha dos documentos e formulação de hipóteses e objetivos. A leitura flutuante “consiste em estabelecer contato com os documentos e em conhecer o texto deixando-se invadir por impressões e orientações” (BARDIN, 2011, p. 126). Portanto, nessa fase o pesquisador estabelece o primeiro contato com os documentos a serem analisados.

Na investigação, fez-se a leitura flutuante das respostas dos estudantes para as questões pré e pós-experimento, bem como assistiu-se às gravações das aulas em que ocorreram as discussões destas questões, nos momentos realizados de forma síncrona.

Após a leitura flutuante, o pesquisador escolhe os documentos que irão compor o *corpus* da pesquisa, sendo que a escolha dos documentos depende dos objetivos pretendidos.

Para responder à questão de pesquisa proposta nesta investigação – Quais Dimensões da Aprendizagem Científica são manifestadas por licenciandos ao participarem de atividades experimentais em aulas remotas de Química? – foram selecionadas as respostas dos licenciandos para as questões pré e pós-experimento de quatro atividades que abordavam os seguintes temas: Plantação de feijão, Plásticos, Combustão e Mar Morto. Para complementar os dados foram também selecionadas as gravações das discussões ocorridas nos momentos síncronos, em que estas atividades foram discutidas.

A segunda fase refere-se à exploração do material, momento em que se inicia as etapas de codificação, fragmentação das unidades de registro e a categorização. “Essa fase, longa e fastidiosa, consiste essencialmente em operações de codificação, decomposição ou numeração, em função de regras previamente formuladas” (BARDIN, 2011, p. 131).

Essa fase é responsável pela constituição do *corpus* da pesquisa, onde ocorre a codificação, seguindo regras precisas definidas pelo pesquisador. A codificação é um processo no qual os dados são transformados em unidades, e estas são denominadas registros ou significação.

Em arquivos do word foram agrupadas as respostas dos licenciandos para cada uma das atividades experimentais analisadas, tanto as respostas postadas no *Classroom* quanto as respostas apresentadas na aula síncrona. Desta maneira, foram definidos códigos para os oito licenciandos, codificando-os pela letra A, acrescido de um número. Por exemplo, A1, A2, ...A8. As questões também foram numeradas identificando-as como do momento pré ou pós-experimento, por exemplo: Q1 (Pré) ou Q2 (Pró). Por fim, foram codificadas as respostas postadas no *Classroom* ou oriundas da discussão no momento síncrono. Tal organização gerou a codificação, exemplificada a seguir: Q1-A1Pré (C) – resposta do licenciando 1 para a primeira questão do momento pré-experimento postada no *Classroom*. A1-Q5Pós(A) – resposta do licenciando 1 para a quinta questão do momento pós-experimento apresentada na aula síncrona. Vale ressaltar que as respostas apresentadas na aula síncrona eram muito próximas daquelas postadas no *Classroom*, muitos licenciandos apenas liam o que haviam respondido, outros inseriam termos explicando melhor as respostas dadas.

A partir da codificação das respostas dos estudantes, estas foram analisadas por um processo de categorização. As categorias podem ser emergentes quando são identificadas a partir da análise dos dados ou *a priori*, quando partem de um referencial teórico, e se identificam por apresentarem elementos em comum.

Para Bardin (2011), as categorias *a priori* são como gavetas constituindo-se em unidades de análise ao apresentarem características semelhantes, são o agrupamento de elementos com características de diferenciação e reagrupamento que são previamente definidos. Nessa pesquisa foram consideradas como categorias *a priori*, as Dimensões da Aprendizagem Científica, estabelecendo as Práticas Científicas, os Conceitos Transversais e as Ideias Centrais Disciplinares.

Por fim, a última etapa consiste no momento de interpretar os resultados, os significados das mensagens. Neste caso, interpretamos as respostas fornecidas pelos licenciandos às questões pré e pós-experimento, identificando quais Dimensões da Aprendizagem Científica foram manifestadas.

A seguir apresentamos os resultados e as análises realizadas.

4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS

Neste capítulo, apresentamos resultados das nossas análises buscando responder à seguinte questão de investigação: Quais Dimensões da Aprendizagem Científica são manifestadas por licenciandos ao participarem de atividades experimentais em aulas remotas de Química?

Para cada uma das atividades analisadas apresentamos, inicialmente, uma descrição da atividade, seguida das análises das respostas dos estudantes para as questões pré e pós-experimento e as DAC evidenciadas.

4.1 ATIVIDADE EXPERIMENTAL DE TEMA PLANTAÇÃO DE FEIJÃO

A primeira atividade experimental analisada apresentou a temática Plantação de feijão e estava organizada conforme apresentado no Quadro 7.

Quadro 7 – Estrutura da atividade experimental de tema Plantação de feijão

Momentos	Descrição
Situação-problema	<p>O feijão é um alimento muito apreciado pelos brasileiros e o Brasil é um dos maiores produtores de feijão do mundo, sendo cultivado em todo o País. De modo geral, cada planta possui um determinado tipo de solo no qual se adapta melhor. O feijão, por exemplo, se adapta melhor em meio ácido. Desse modo se torna importante que o agricultor conheça as características do solo, antes de realizar qualquer tipo de plantio. Vejamos a seguinte situação: Um agricultor possui plantação de feijão em duas terras diferentes. A primeira é localizada em área rural muito afastada de cidades ou indústrias. Já a segunda, fica próxima de uma indústria que produz calcário (CaCO_3). O calcário apresenta a seguinte sequência de reações:</p> $\text{CaCO}_{3(s)} + \text{H}_2\text{O}_{(l)} \rightleftharpoons \text{Ca}_{2+(aq)} + \text{CO}_3^{2-(aq)}$ $\text{CO}_3^{2-(aq)} + \text{H}_2\text{O}_{(l)} \rightleftharpoons \text{HCO}_3^-(aq) + \text{OH}^-(aq)$ <p>Esse agricultor percebeu que suas plantações não produzem a mesma quantidade de feijão e nem com a mesma qualidade, sendo a menor quantidade produzida na área perto da indústria.</p>
Questões pré-experimento	<ol style="list-style-type: none"> Qual a questão principal do texto? Por que você acha que a terra próxima à indústria de calcário produz menos feijão? Que procedimento você utilizaria para identificar as características ácidas e básicas de um solo antes de iniciar a plantação de feijão? Justifique suas propostas.

	4. Que tipos de informações e dados seriam importantes que esse procedimento fornecesse para você identificar as características ácidas e básicas do solo? Por quê?
Vídeo do experimento científico	Em uma aula síncrona, de forma coletiva, foram discutidas as respostas dadas para as questões pré-experimento. Na sequência, foi sugerido que os licenciandos assistissem a um vídeo de um experimento. Link do vídeo: https://www.youtube.com/watch?v=DysPrIIR5pg
Questões pós-experimento	<ol style="list-style-type: none"> 1. O que você observou no vídeo? 2. Com base em suas observações, avalie o procedimento que você elaborou na questão pré-experimento número 3. 3. Sua explicação para a questão 3 pré-experimento se mantém? Explique. 4. É possível classificar os materiais estudados em grupos diferentes? Em caso afirmativo, explique de que forma você agruparia. 5. O ácido clorídrico, formado pela interação do cloreto de hidrogênio gasoso e água, torna a água ácida, o que pode ser evidenciado pela mudança de cor do papel de tornassol azul. Com base nessa informação, responda: <ol style="list-style-type: none"> a) Como a estrutura do ácido clorídrico influencia na acidez da água? b) Entre os materiais estudados, quais apresentam características ácidas? Esses materiais apresentam alguma propriedade em comum? 6. Os materiais que, ao interagirem com a água, fazem com que ela se torne ácida, são chamados de ácidos. Considerando essa informação, bem como suas respostas nas questões anteriores, como você definiria um ácido? 7. Além dos ácidos, há materiais que são classificados como neutros ou como básicos, tendo como critério de classificação as propriedades que esses materiais conferem ou não à água após interagirem com ela. Como exemplo de um material básico utilizado no experimento, tem-se o hidróxido de sódio (NaOH). Como a estrutura desse composto torna a água básica? Como você definiria materiais básicos e neutros? 8. Retornando à questão inicial do texto “Por que você acha que a terra próxima à indústria de calcário produz menos feijão?”, após a realização do experimento e com suas observações, avalie a resposta que você deu a essa questão no momento pré-aula.

Fonte: adaptado do material disponibilizado pela docente da disciplina

A atividade experimental de tema Plantação de feijão, abordou o conteúdo de acidez e basicidade de algumas substâncias. A atividade foi realizada em 3 dias de aula da disciplina, organizadas em momentos síncronos e assíncronos.

Na primeira aula síncrona a professora leu a situação-problema com os licenciandos e fizeram uma breve discussão, na sequência fez-se a leitura das questões pré-experimento e os licenciandos foram solicitados a respondê-las em um momento assíncrono e postar as respostas na Plataforma do *Google Classroom*.

Na aula síncrona seguinte as respostas para as questões pré foram debatidas e na sequência a professora indicou um vídeo de um experimento, bem como fez a leitura das questões pós-experimento. O vídeo sugerido abordava acerca da acidez e

basicidade de alguns materiais. O experimento foi realizado utilizando-se algumas substâncias do cotidiano, como limão, sabão em pó, vinagre, solo; alguns tubos de ensaio e indicadores. Em cada tubo de ensaio foi adicionado água junto aos reagentes e estes foram testados com diferentes indicadores e verificada a cor resultante.

Após assistirem ao vídeo do experimento os licenciandos deveriam responder a algumas questões pós-experimento e postá-las na Plataforma do *Google Classroom*. Por fim, na aula síncrona seguinte as respostas para as questões pós-experimento foram discutidas com toda a turma.

4.1.1 DAC para a atividade experimental de tema Plantação de feijão

As respostas dos estudantes para as questões pré e pós-experimento foram categorizadas e agrupadas de acordo com as DAC estabelecidas como categorias *a priori*, buscando por evidências das Práticas Científicas, dos Conceitos Transversais e das Ideias Centrais Disciplinares.

A partir da análise das respostas dos estudantes para as questões pré e pós-experimento, identificamos cinco das oito práticas citadas no NRC (2012), sendo essas as: PC3, PC4, PC6, PC7 e PC8. Quanto aos Conceitos Transversais evidenciamos quatro: CT1, CT2, CT3 e CT6. Com relação às Ideias Centrais Disciplinares identificamos a ICD1 e a ICD2.

Nas próximas subseções apresentamos, separadamente, as análises das respostas dos licenciandos para as questões pré e pós-experimento do tema Plantação de feijão.

4.1.1.1 Plantação de feijão: análise das respostas para as questões pré-experimento

Organizamos nossas análises em três quadros distintos, um para cada uma das dimensões investigadas – Práticas Científicas, Conceitos Transversais e Ideias Centrais Disciplinares.

Cada quadro é composto por três colunas, em que na primeira coluna apresenta-se a dimensão evidenciada nas respostas dos estudantes, na segunda coluna tem-se uma descrição justificando a classificação nessa dimensão e na terceira coluna apresentam-se alguns exemplos de respostas.

Foram evidenciadas nas respostas dos licenciandos para as questões pré-experimento, as seguintes Práticas Científicas: PC3, PC4 e PC6. Apresentamos no Quadro 8 uma descrição das Práticas e exemplos de respostas.

Quadro 8 – Práticas Científicas evidenciadas no momento pré-experimento de tema Plantação de feijão

Práticas Científicas	Descrição	Exemplos de respostas
PC3 – Planejar e realizar investigações	Trechos em que os estudantes buscam planejar e conduzir uma investigação identificando variáveis dependentes e independentes.	<i>Retiraria uma amostra de solo, prepararia uma solução com a amostra e utilizaria um indicador adequado, como fenolftaleína, que é incolor em meio ácido e rosa em meio básico. A3-Q3Pré(C).</i> <i>Eu coloquei aqui que eu faria uma medida com o pH do solo com as fitinhas e eu plantaria se fosse a dona um pé de Hortênciã. A6-Q3Pré(A).</i>
PC4 – Analisar e interpretar dados	Trechos em que os estudantes analisam as informações contidas na situação-problema, interpretando os dados de maneira que consigam testar suas hipóteses sobre o fenômeno científico investigado.	<i>Eu coloquei que o texto vai tratar do pH do solo como fator determinante no cultivo do feijão. A4-Q1Pré(A).</i> <i>Seria importante essa análise me fornecer o valor do pH do solo, para assim saber se a terra está própria para produção de feijão. A1-Q4Pré(C).</i>
PC6 – Construir explicações	Trechos em que os estudantes constroem explicações sobre o fenômeno investigado.	<i>[...] o feijão deve utilizar nutrientes que contêm o pH ácido, então disponíveis, porque eles podem estar complexados, ou então porque as hidroxilas absorvidas pelo feijão participam de outras reações nas estruturas internas das plantas que dificultam esse desenvolvimento também, ou porquê das disponibilidades dos nutrientes, ou então porque essa basicidade faz com que ocorram outras reações dentro do feijão. A3-Q2Pré(A).</i> <i>Porque a indústria produz calcário, que por sua vez em presença de água libera OH⁻ elevando o pH. Uma vez que o feijão tem melhor afinidade com solo ácido, pH baixo, a colheita diminui. A5-Q2Pré(C).</i>

Fonte: a autora (2023)

Identificamos a PC3 – Planejar e realizar investigações –, nas respostas dos licenciandos para a questão de número 3, em que indicaram procedimentos a serem realizados para identificar as características ácidas e/ou básicas de um solo antes de iniciar a Plantação de feijão.

Os licenciandos propõem diferentes métodos para a análise do pH do solo, como: utilizar um indicador universal de pH; fitinhas para medição; a utilização de um peagâmetro (medidor de pH); análise dos metais do solo; quantificar a quantidade de íons H^+ presentes no solo; análises do sólido em laboratório; e, por fim, preparar uma solução com várias amostras de solo de vários locais da área planejada para o plantio.

Podemos observar que os licenciandos, ao analisarem a situação-problema, planejam quais métodos seriam mais adequados para analisar o solo daquele local, assim indicam em suas respostas procedimentos para conseguir identificar as características ácidas e/ou básicas do solo antes de iniciar a Plantação do feijão.

O planejamento experimental inicia-se com a observação que se completa com as perguntas a serem feitas, de modo a explicar as relações entre as variáveis observadas e os resultados do experimento (DUSCHL; BYBEE, 2014). À medida que os estudantes planejam e realizam investigações vão desenvolvendo novas habilidades e novas compreensões em relação ao fenômeno (COSTA, 2021).

A PC4 – Analisar e interpretar dados –, foi identificada nas respostas dos licenciandos para as questões 1 e 4. Na primeira questão, quando os estudantes declaram em suas respostas a relação entre a produção de feijão com o pH do solo. Segundo os estudantes, este seria o fator predominante que estaria afetando a produção de feijão.

Eles se envolveram nessa prática no momento que analisaram e interpretaram as informações contidas no texto da situação-problema, e concluíram que o pH poderia ser o fator principal que estaria afetando a produção do feijão. A “análise e interpretação de dados é uma das principais práticas que os cientistas se envolvem” (COSTA, 2021, p. 32), quando fazem investigações.

A PC4 também foi identificada na questão 4, na qual solicitava que os estudantes respondessem qual a importância das informações e dos dados coletados para conseguir identificar como está o pH do solo naquele local e por que essas informações seriam essenciais.

Nesse caso, os estudantes analisaram as informações advindas da situação-problema para dizer o quanto é importante coletar dados e informações sobre o solo para conseguir identificar suas características, que nesse caso seria saber se o solo é básico ou ácido.

Desta maneira, os estudantes buscam identificar as variáveis que podem afetar o cultivo de feijão, com esse propósito analisam as informações buscando uma

solução que possa intervir, a fim de que esse fenômeno não ocorra. Portanto, trazem algumas informações que consideram importantes para que, se acaso o solo estiver básico consigam corrigi-lo, tornando-o adequado para o plantio.

A PC6 – Construir explicações – foi evidenciada nas respostas dos licenciandos para a questão de número 2. Nesta questão os estudantes deveriam dizer o porquê consideravam que a terra próxima à indústria de calcário produzia menos feijão.

Para essa questão os estudantes procuraram construir uma explicação com o intuito de justificar e esclarecer a ocorrência desse fenômeno científico, mencionando que a proximidade da indústria de calcário, da área reservada para a plantação, pode interferir na qualidade do solo tornando-o mais básico, e devido a algumas reações originadas pelo depósito de calcário no solo, a produção de feijão também pode ser afetada.

A prática de construir explicações é “uma habilidade importante para o letramento científico, uma vez que favorece a aprendizagem do estudante, por meio da articulação correta das informações, evidências e teorias científicas” (NORA; BROIETTI, 2022, p. 134).

Na sequência apresentamos a análise dos Conceitos Transversais identificados nas respostas dos estudantes para as questões pré-experimento. Foram evidenciados aspectos relacionados ao CT2 e ao CT6, apresentados no Quadro 9.

Quadro 9 – Conceitos Transversais evidenciados no momento pré-experimento de tema Plantação de feijão

Conceitos Transversais	Descrição	Exemplos de respostas
CT2 – Causa e efeito: mecanismo e previsão	Trechos em que os estudantes relacionam a causa e o efeito do fenômeno ocorrido, compreendendo os mecanismos e estabelecendo previsões, para explicar o que poderia estar causando esse evento.	<i>A influência do pH do solo no cultivo de plantas e as reações químicas que ocorrem no solo alteram essa característica. A2-Q1Pré(C).</i> <i>A terra próxima à indústria de calcário produz menos feijão devido apresentar um solo básico e no caso o feijão precisa de um solo ácido para ter uma boa produção. A1-Q2Pré(C)</i>
CT6 – Estrutura e função	Trechos em que os estudantes são capazes de fazer uma conexão, entre a estrutura e a função, e conseguem compreender as	<i>Pois o pH do solo se torna básico graças às reações recorrentes do depósito de calcário no solo, sendo o feijão uma leguminosa que tem melhor produção em solos mais ácidos. A4-Q2Pré(C).</i>

	propriedades que influenciam as estruturas e quais são os mecanismos presentes que desempenham tal função.	[...] Porque eles podem estar complexados, ou então porque as hidroxilas absorvidas pelo feijão participam de outras reações nas estruturas internas das plantas que dificultam esse desenvolvimento também, ou por que das disponibilidades dos nutrientes, ou então porque essa basicidade faz com que ocorram outras reações dentro do feijão A3-Q2Pré(A)
--	--	--

Fonte: a autora (2023)

Com relação aos Conceitos Transversais, evidenciamos o CT2 – Causa e efeito: mecanismo e previsão –, em respostas às questões 1 e 2. A primeira questão abordava sobre qual seria o assunto principal do texto. Para isso, os estudantes observaram as informações, identificando que o pH é o fator principal que está provocando a alteração na produção de feijão em lugares diferentes, relacionando a acidez do solo com a não produtividade na agricultura.

O CT2 também foi identificado nas respostas para a questão 2, quando os estudantes conseguem explicar o porquê das diferenças de produção de feijão em locais diferentes. A partir das informações iniciais da situação-problema, o estudante consegue identificar que o pH do solo influencia na produção do feijão. Sabendo que há uma melhor e maior produção de feijão em solo ácido, informação mencionada no texto, o estudante estabelece uma relação de causa e efeito provocada pela variação do pH do solo.

Neste caso, o estudante identifica que o valor do pH do solo é o que está causando a diferença de produção. Ele consegue “traçar relações e explicar essas conexões, estabelecendo as bases para o discurso científico” (CHARLES *et al.*, 2018, p. 57, tradução nossa)⁴⁸. Esse conceito transversal “ajuda os alunos a ver eventos” (RIVET *et al.*, 2016, p. 971, tradução nossa)⁴⁹ e fazer uma previsão do comportamento para o fenômeno observado.

O CT6 – Estrutura e função – foi evidenciado em respostas para a questão de número 2, onde os estudantes deveriam responder por que achavam que a terra próxima à indústria de calcário produzia menos feijão do que a terra em local mais distante.

⁴⁸ Texto original: “To draw relationships and explaining those connections lay the groundwork for scientific discourse” (CHARLES *et al.*, 2018, p. 57).

⁴⁹ Texto original: “Helps students to “see events” (RIVET *et al.*, 2016, p. 917).

Identificamos o CT6 no momento em que os estudantes mencionam em suas respostas que para o feijão se desenvolver, a planta necessita de nutrientes que quando em solo de pH básico estão indisponíveis, dificultando assim seu desenvolvimento.

Diante das respostas dadas podemos inferir que os estudantes conseguem identificar e relacionar que outras reações presentes no solo podem afetar diretamente na estrutura do feijão e por consequência alterar a sua produção.

De acordo Fick *et al.* (2019), a partir do CT6 os estudantes são capazes de estabelecer conexões entre a estrutura que determina as propriedades que influenciam as funções e quais são os mecanismos presentes que desempenham essa função, ou seja, eles identificaram que o pH do solo sendo básico, a estrutura do feijão será afetada, pois seu desenvolvimento estará comprometido, e em consequência sua produção estará prejudicada.

No Quadro 10 apresentamos uma síntese das análises em relação à terceira dimensão.

Quadro 10 – Ideias Centrais Disciplinares evidenciadas no momento pré-experimento de tema Plantação de feijão

Ideias Centrais Disciplinares	Descrição	Exemplos de respostas
ICD1 – Ciências Físicas	Trechos em que os estudantes mencionam sobre os fenômenos químicos e físicos que ocorrem ao nosso redor. Neste grupo está a maioria dos processos relacionados a fatores químicos e físicos, tais como: a matéria e suas interações; forças e energia; equilíbrios químicos; reações.	<i>O argumento prático que o autor utiliza é de uma plantação de feijão próxima a uma indústria de calcário, em que a cal quando em contato com as moléculas de água formam íons cálcio e carbonato e o último reage com a água liberando no meio, hidroxila (base forte) e monohidrogenocarbonato (ácido fraco). A3-Q1Pré(C)</i> <i>Porque a indústria produz calcário, que por sua vez em presença de água libera OH- elevando o pH. Uma vez que o feijão tem melhor afinidade com solo ácido, pH baixo, a colheita diminui. A5-Q2Pré(C)</i>
ICD2 – Ciências da vida	Trechos em que os estudantes mencionam os processos relacionados ao estudo da vida, tais como: moléculas e organismos; ecossistema; hereditariedade e universo.	<i>[...] o feijão uma leguminosa que tem melhor produção em solos mais ácidos. A4-Q2Pré(C)</i> <i>[...] as hidroxilas absorvidas pelo feijão participam de outras reações nas estruturas internas das plantas, que dificultam esse desenvolvimento também. A3-Q2Pré(A)</i>

Fonte: a autora (2023)

A ICD1 – Ciências físicas – foi identificada nas respostas de todas as questões, pois o tema da aula experimental relacionava-se com os conceitos químicos acidez e basicidade. Portanto, ao explicar o fenômeno investigado, os estudantes mencionaram processos químicos e físicos, referindo-se a respeito das reações químicas presentes no solo e a alteração de pH, assim como a concentração de íons hidrônio presentes naquele local.

A partir da ICD1 os estudantes explicam as interações que acontecem no fenômeno investigado, mostrando os mecanismos que existem e explicando-os a partir de um conjunto de princípios físicos e químicos (NORA, 2017).

A ICD2 – Ciências da vida –, foi identificada nas respostas para a questão 2, quando o estudante explica por que a terra próxima à indústria produz menos feijão. O estudante menciona que o crescimento do feijão necessita de um solo ácido para que tenha uma boa produção. Neste caso, ele compreende que as plantas necessitam de boas condições do solo para seu crescimento, onde processam a matéria orgânica para manter seu desenvolvimento e suas funções internas (NRC, 2012).

No Quadro 11 apresentamos as DAC evidenciadas nas respostas dos estudantes para as questões pré-experimentos e a porcentagem de estudantes que fizeram uso dessa DAC.

Quadro 11 – DAC evidenciadas nas questões pré-experimento de tema Plantação de feijão

DAC	Questões			
	Q1	Q2	Q3	Q4
PC	PC4 100%	PC6 100%	PC3 100%	PC4 100%
CT	CT2 62,5%	CT2 62,5% CT6 12,5%	-	-
ICD	ICD1 100%	ICD1 100% ICD2 12,5%	ICD1 100%	ICD1 50%

Fonte: a autora (2023)

De acordo com o Quadro 11, para a primeira questão foram evidenciadas nas respostas de todos os licenciandos aspectos da PC4, ou seja, todos os estudantes fizeram uso dessa prática, analisando e interpretando as informações advindas da situação-problema para dizer do que o texto se tratava. Com relação aos Conceitos

Transversais, dos oito estudantes cinco responderam utilizando indícios do CT2 para explicar o que poderia estar causando a diferença na qualidade da produção de feijão. Quanto às Ideias Centrais Disciplinares, todos os estudantes ao responder o que observaram, citaram o pH como fator principal responsável pela alteração na produção de feijão. Desta forma fizeram uso das características da ICD1.

Na segunda questão a PC6 foi evidenciada em todas as respostas, os estudantes buscaram construir explicações para responder por que a terra próxima da indústria produzia menos feijão e cinco dos oito estudantes usaram a CT2 e um a CT6 para responder a essa questão. Em todas as respostas evidenciamos a IDC1, no momento que respondem a respeito do pH, e a ICD2 esteve presente em uma resposta em que o estudante explicou a presença de hidroxilas em solo básico e reações que dificultam o desenvolvimento da planta.

Para a terceira questão identificamos nas respostas de todos os estudantes a presença da PC3, no momento em que sugerem diversos procedimentos que poderiam ser usados para reconhecer as características do solo antes de iniciarem a plantação de feijão. Quanto aos Conceitos Transversais, nenhum deles foi identificado. Com relação à ICD1, todos os estudantes mencionaram em suas respostas diferentes métodos físicos e químicos que poderiam ser utilizados.

Na última questão em que os estudantes deveriam apontar as informações importantes para identificar as características do solo, evidenciamos indícios da PC4 na resposta de todos os estudantes. Nenhum Conceito Transversal foi identificado e em 50% das respostas encontramos características do grupo ICD1.

Na continuidade passamos a analisar as respostas dos licenciandos ao resolverem as questões pós-experimento. Vale lembrar que para respondê-las, antes os estudantes assistiram a um vídeo do experimento científico que abordava características ácidas e básicas de alguns materiais.

4.1.1.2 Plantação de feijão: análises das respostas para as questões pós-experimento

Organizamos as informações de forma similar aos resultados apresentados anteriormente, nossas análises aparecem organizadas em três quadros, um para cada uma das dimensões identificadas. Cada quadro é composto por três colunas, na primeira coluna apresentam-se as dimensões evidenciadas nas respostas dos

estudantes, na segunda coluna tem-se uma descrição justificando a classificação nessa dimensão, e na terceira coluna apresentam-se alguns exemplos de respostas.

Foram identificadas nas respostas dos licenciandos para as questões pós-experimento as seguintes Práticas Científicas: PC4, PC6, PC7 e PC8. Apresentamos no Quadro 12 uma descrição das Práticas Científicas evidenciadas e exemplos de respostas.

Quadro 12 – Práticas Científicas evidenciadas no momento pós-experimento de tema Plantação de feijão

Práticas Científicas	Descrição	Exemplos de respostas
PC4 – Analisar e interpretar dados	Trechos em que os estudantes descrevem o que eles observaram no vídeo do experimento científico, bem como fazem interpretações das informações, descrevem com detalhes o procedimento visualizado, avaliam um conjunto de dados, identificando variáveis, conflitos e correlações.	<i>Observei que existem diferentes métodos para identificar se uma substância é ácida ou básica. A1-Q1Pós(A)</i> <i>Dentre os materiais estudados podemos classificar os ácidos como sendo: HCl, vinagre, suco de limão. Todos liberam íons H⁺ para a solução, diminuindo o pH, e isso é evidenciado em todos os indicadores ácido-base que se utilizou no experimento: papel de tornassol azul e vermelho (coloração vermelha), fenolftaleína (incolor), e extrato de repolho roxo (vermelho). A5-Q5Pós(C)</i>
PC6 – Construir explicações	Trechos em que os estudantes constroem explicações sobre o fenômeno investigado.	<i>Sim, os materiais podem ser classificados em ácidos, neutros e básicos, um exemplo de um material do grupo ácido seria o suco de limão, enquanto a água com sal estaria no grupo neutro e por fim a solução de hidróxido de sódio estaria no grupo de soluções com caráter básico. A4-Q4Pós(C)</i> <i>Eu coloquei assim a dissociação dessa molécula liberando hidroxila dá características básicas da solução. Os compostos básicos são aqueles que se dissociam ou liberam a hidroxila no meio tornando básico e compostos neutros são aqueles em que a equivalência há concentrações de H⁺ e H⁻ no meio. A6-Q7Pós(C)</i>
PC7 – Argumentar a partir de evidências	Trechos em que os estudantes utilizam argumentos para justificar suas afirmações. A argumentação vai depender de um processo de raciocínio para defender suas ideias sobre o fenômeno	<i>Como eu disse que precisava fazer uma análise do pH do solo, me parece que apenas o extrato de repolho roxo conseguiu fazer essa análise dentre os diferentes métodos de análise de pH apresentado nesse experimento. A1-Q2Pós(C)</i> <i>Se mantém, considerando que o objetivo da aula e do meu procedimento era determinar o pH do solo. A8-Q3Pós(C)</i>

	investigado, assim como a avaliação criteriosa dos argumentos científicos dos outros.	
PC8 – Obter, avaliar e comunicar informações	Trechos em que os estudantes são capazes de interpretar o significado do texto e suas ideias, descrevendo suas observações com precisão, esclarecendo seus pensamentos e justificando suas conclusões.	<i>Com o experimento, notou-se que o solo apresenta um pH levemente ácido, assim, a produção de feijão provavelmente está sendo afetada pelo solo, que está sendo afetado pela indústria de calcário ali próxima, deixando-o básico. A6-Q8Pós(C)</i> <i>[...] a partir do experimento é possível perceber que determinadas substâncias podem alterar o pH do meio. A8-Q8Pós(C)</i>

Fonte: a autora (2023)

No que diz respeito à PC4 – Analisar e interpretar dados – esta foi evidenciada nas respostas dadas para as questões 1 e 5. Na primeira questão os estudantes deveriam dizer o que observaram no vídeo do experimento, para isso tiveram que analisar e interpretar os dados observados. A partir da análise do vídeo os estudantes mencionam que foi possível observar vários indicadores utilizados no experimento, assim como a alteração da cor que foi demonstrada após a adição do indicador.

Com base na PC4 os estudantes foram capazes de construir suas próprias compreensões sobre o que observaram, sendo que a partir do vídeo do experimento puderam observar que, de acordo com a adição dos indicadores, as colorações seriam diferentes, indicando possíveis classificações para cada material. Essa prática de interpretação de dados é importante porque favorece que o estudante explique por meio do seu próprio entendimento suas compreensões sobre o fenômeno (NORA, 2017).

Na quinta questão continha a seguinte informação: “O ácido clorídrico, formado pela interação do cloreto de hidrogênio gasoso e água, torna a água ácida, o que pode ser evidenciado pela mudança de cor do papel de tornassol azul”. Com base nessas informações os estudantes deveriam indicar, entre os materiais estudados, quais apresentavam características ácidas e o que apresentavam em comum.

Para responder a essa questão os estudantes fizeram uso da PC4, pois a partir da análise e interpretação das informações sobre os materiais testados, os estudantes observam que o HCl, o vinagre e o suco de limão podem ser classificados como ácidos por apresentarem hidrogênio em sua composição, ou seja, puderam classificar os materiais de acordo com as propriedades comuns entre eles.

No que diz respeito à PC6 – Construir explicações – esta prática foi evidenciada nas respostas para as questões 5, 6 e 7. A questão 5 continha a seguinte informação: “O ácido clorídrico, formado pela interação do cloreto de hidrogênio gasoso e água, torna a água ácida, o que pode ser evidenciado pela mudança de cor do papel de tornassol azul”. Com base nessas informações os estudantes deveriam responder como a estrutura do ácido clorídrico influencia na acidez da água.

Nesse caso, os estudantes constroem explicações dizendo que o ácido clorídrico possui um hidrogênio altamente ionizável e quando em solução aquosa ioniza liberando H^+ e Cl^- na solução, tornando-a com características ácidas.

A sexta questão afirmava que os materiais que ao interagirem com a água fazem com que ela se torne ácida, são chamados de ácidos. De acordo com essas informações, os estudantes deveriam definir o que seria um ácido. Desta maneira, identificamos a PC6 em suas respostas, pois nas respostas os estudantes alegam que o ácido é uma substância que se ioniza facilmente em água, liberando H^+ em solução aquosa.

Na sétima questão os estudantes deveriam definir materiais básicos e neutros. Nas respostas para essa questão identificamos indícios da PC6, quando os estudantes explicam as diferenças, definindo que os materiais básicos são aqueles que se dissociam e liberam OH^- e os materiais neutros são aqueles em que há equivalência nas concentrações de H^+ e OH^- .

No que diz respeito à PC7 – Argumentar a partir de evidências – esta prática foi evidenciada nas respostas para as questões 2, 3 e 4. Na segunda questão os estudantes deveriam avaliar o procedimento abordado na questão pré-experimento, onde sugeriram alguns procedimentos para identificar as características do solo.

Depois de ver o experimento, os estudantes deveriam avaliar suas respostas anteriormente dadas. Dessa forma, após assistirem aos vídeos os estudantes passam a argumentar sobre os procedimentos propostos na questão pré-experimento, reavaliando-os.

Outro momento que evidenciamos a PC7 foi nas respostas para a terceira questão, em que os estudantes deveriam explicar se manteriam ou não a explicação dada na questão 3 do pré-experimento. Essa prática foi evidenciada, uma vez que os estudantes reavaliam suas respostas argumentando com base no vídeo proposto.

Para responder a este tipo de questão os estudantes iniciam a construção do pensamento crítico e começam a construir argumentações, a partir do levantamento de questões sobre os fenômenos (REISER; NOVAK; MCGILL, 2017).

A questão 4 solicitava que os estudantes classificassem os materiais em grupos diferentes. A partir das observações experimentais os estudantes classificaram os materiais, separando-os em três grupos diferentes de acordo com as colorações observadas resultando em: ácido, base e neutro.

Os estudantes afirmam em suas argumentações que as substâncias com características ácidas seriam o suco de limão e o vinagre, enquanto a água com sal estaria no grupo neutro e a solução de hidróxido de sódio, leite de magnésio e sabão em pó estariam no grupo de soluções de caráter básico.

A PC8 – Obter, avaliar e comunicar informações – foi identificada nas respostas para a oitava questão. Os estudantes deveriam reavaliar a resposta dada no momento pré-experimento, e dizer por que a terra próxima à indústria de calcário produzia menos feijão.

Para responder a essa questão os estudantes fizeram uso da PC8, ao comunicar suas conclusões a partir das evidências apresentadas no vídeo do experimento científico e das informações discutidas nas questões anteriores. Neste sentido, os estudantes concluem que o solo próximo à indústria de calcário não é apropriado para a produção de feijão, uma vez que o solo pode se encontrar básico, e que o pH ideal para o plantio do feijão é baixo, caracterizando um solo ácido. Neste momento os estudantes descrevem suas observações com mais precisão, discutindo a validade de seus dados e as conclusões de suas investigações.

Na sequência apresentamos a análise dos Conceitos Transversais identificados nas respostas dos estudantes para as questões pós-experimento. Foram evidenciados aspectos relacionados ao CT1, CT2, CT3 e o CT6 apresentados no Quadro 13.

Quadro 13 – Conceitos Transversais evidenciados no momento pós-experimento de tema Plantação de feijão

Conceitos Transversais	Descrição	Exemplos de respostas
CT1 – Padrões	Trechos em que os estudantes identificam formas de organização e classificação presentes nos eventos que ocorrem regularmente. Seja padrões de simetria, diferenças ou semelhanças, a análise desses padrões ajuda os estudantes a identificar os fatores que influenciam a ocorrência do fenômeno científico.	<i>Sim, em materiais ácidos, básicos e neutros, essa classificação se daria de acordo com o pH da amostra. A2-Q4Pós(C).</i> <i>Ácidos como sendo: HCl, vinagre, suco de limão. Todos liberam íons H⁺ para a solução, diminuindo o pH, e isso é evidenciado em todos os indicadores ácido-base que se utilizou no experimento: papel de tornassol azul e vermelho (coloração vermelha), fenolftaleína (incolor), e extrato de repolho roxo (vermelho). A5-Q5Pós(C)</i>
CT2 – Causa e efeito: mecanismo e previsão	Trechos em que os estudantes relacionam a causa e o efeito de algum evento, buscando compreender os mecanismos que fizeram com que isso acontecesse.	<i>Com o experimento, notou-se que o solo apresenta um pH levemente ácido, assim, a produção de feijão provavelmente está sendo afetada pelo solo, que está sendo afetado pela indústria de calcário ali próxima, deixando-o básico. A6-Q8Pós(C)</i> <i>O calcário liberado no solo após reações que acontecem no próprio solo acaba liberando OH⁻, tornando o solo básico A2-Q8Pós(A)</i>
CT3 – Escala, proporção e quantidade	Trechos em que os estudantes compreendem as relações entre diferentes tipos de grandezas, desde escalas muito grandes até escalas muito pequenas.	<i>O procedimento descrito por mim apresenta um caráter mais quantitativo, em que se pode determinar o pH do solo por meio de métodos analíticos e estatísticos que iriam determinar os valores reais, possibilitando a manutenção/ação adequada para aumentar a produtividade do feijão. A3-Q2Pós(C)</i> <i>Sim, se manteria, afinal para determinarmos o pH, precisamos quantificar a quantidade de H⁺ presentes na amostra de solo, seja esta qualitativamente, como apresentado no experimento, ou quantitativamente. A5-Q3Pós(C)</i>
CT6 – Estrutura e função	Trechos em que os estudantes são capazes de fazer uma conexão, entre a estrutura e a função, e conseguem compreender as propriedades que influenciam as estruturas e quais são os mecanismos presentes que desempenham tal função.	<i>O feijão, por sua vez, é uma planta que se adapta melhor a solos com característica ácida. A2-Q8Pós(C)</i> <i>[...] o pH básico não é um meio considerado ótimo para o crescimento de plantas. A3-Q8Pós(C)</i>

Fonte: a autora (2023)

Quanto aos Conceitos Transversais, evidenciamos o CT1 – Padrões – nas respostas para as questões 1, 4, 5 e 7. Nas respostas para a primeira questão os estudantes deveriam descrever o que observaram no vídeo do experimento. Muitos estudantes respondem que identificaram um padrão na coloração das soluções ao serem submetidas a diferentes indicadores. Notaram que para os ácidos o papel de tornassol vermelho permaneceu vermelho, mas o papel de tornassol azul ficou vermelho. As soluções ácidas não tiveram sua coloração alterada com a presença de fenolftaleína, mas apresentaram uma coloração avermelhada para o extrato de repolho roxo.

Já as soluções básicas alteraram a coloração do papel de tornassol vermelho para azul, mantiveram a coloração do papel de tornassol azul, tornaram-se rosa na presença da fenolftaleína e verde com o extrato de repolho roxo. Para essas respostas podemos dizer que os estudantes observaram padrões no comportamento de algumas substâncias ao serem submetidas aos testes com diferentes indicadores.

Na quarta questão os estudantes deveriam responder se era possível classificar os materiais em grupos diferentes e como fariam tal classificação. Os estudantes observaram, a partir do vídeo do experimento, que alguns materiais mudavam de cor conforme os testes com os indicadores, portanto utilizaram essa mudança de coloração para classificar as substâncias em grupos, a saber: ácidos, bases e neutros.

De acordo com Duschl (2012), os estudantes na descrição de padrões conseguem identificar semelhanças e diferenças que acabam por ajudar na caracterização do fenômeno observado.

O CT1 também foi evidenciado em respostas para a questão cinco, quando os estudantes descreviam quais os materiais ácidos. Ao analisarem os dados sobre os materiais existentes eles identificaram “padrões para fornecer evidências para as causas dos fenômenos” (CHARLES *et al.*, 2018, p. 58, tradução nossa)⁵⁰.

Neste caso, os estudantes encontraram padrões para classificar os materiais ácidos dos que não são ácidos. Identificaram que o ácido clorídrico, vinagre e suco de limão apresentavam características similares entre si, portanto são considerados substâncias ácidas os materiais que apresentam hidrogênio ionizável.

⁵⁰ Texto original: “Patterns to provide evidence for the causes of phenomena” (CHARLES *et al.*, 2018, p. 58).

Nas respostas da sétima questão também evidenciamos o CT1, quando os estudantes definem os materiais básicos e neutros. Eles identificaram que para o material ser básico este deve apresentar algumas características, como dissociar em meio aquoso e liberar o íon OH^- , por outro lado compostos classificados como neutros apresentam concentrações de H^+ e OH^- equivalentes.

Nesse sentido, os estudantes conseguem encontrar padrões que diferenciam um material do outro, ou seja, conseguem diferenciar um material básico de um neutro, comparando as concentrações de H^+ e OH^- . Na medida em que os estudantes observam e analisam as informações e descrevem os padrões, passam a utilizar uma linguagem mais científica para explicar a ocorrência do fenômeno em questão.

O CT2 – Causa e efeito: mecanismo e previsão – esteve presente nas respostas dos estudantes para a questão 8, que solicitava que os estudantes repensassem e avaliassem suas respostas dadas na questão inicial do texto, que se referia ao porquê de a terra próxima à indústria de calcário produzir menos feijão, do que a outra terra em lugar diferente.

Os estudantes após assistirem ao vídeo do experimento científico avaliam suas respostas dadas para as questões pré, e fazem uma previsão do que estaria afetando a produção de feijão. Que nesse caso seria o aumento do pH do solo devido à proximidade da indústria de calcário, uma vez que o calcário libera íons OH^- tornando-a básica, sendo está a possível causa da não produtividade do feijão, pois o feijão se adapta melhor em solos ácidos.

O CT3 – Escala, proporção e quantidade – foi identificado nas respostas para a questão 3. Nesta questão solicitava-se uma explicação para a resposta dada na questão pré referente ao procedimento abordado. Neste caso, identificamos o CT3 na resposta em que o estudante comenta sobre o procedimento, mencionando quantidades. O estudante descreve o procedimento, mencionando uma técnica quantitativa como mais adequada para quantificar H^+ presente no solo, uma vez que é necessário compreender a quantidade de H^+ para conseguir determinar o pH daquele solo.

O CT6 – Estrutura e função – esteve presente em algumas respostas para a oitava questão, onde os estudantes descrevem o porquê de a terra próxima à indústria de calcário produzir menos feijão, do que a outra terra em lugar diferente. Assim comentam que o pH do solo prejudica a estrutura da planta, pois se a planta não tem condições adequadas para seu desenvolvimento prejudicará sua produção.

No Quadro 14 apresentamos as análises das Ideias Centrais Disciplinares identificadas nas respostas dos estudantes para as questões pós-experimento.

Quadro 14 – Ideias Centrais Disciplinares evidenciadas no momento pós-experimento de tema Plantação de feijão

Ideias Centrais Disciplinares	Descrição	Exemplos de respostas
IDC1 – Ciências físicas	Trechos em que os estudantes elegem conteúdos necessários para explicar o mundo físico. Compreendendo a base física e química de um sistema.	<i>Ele vai liberar H⁺ aumentar a concentração de íons hidrônios. Diminui a concentração de pH. A4-Q5Pós(A)</i> <i>Em meio aquoso, bases liberam íons OH⁻ e substâncias neutras não ionizam/dissociam ou não possuem/“criar” íons OH⁻/H⁺. A8-Q7Pós(C).</i>
ICD2 – Ciências da vida	Trechos em que os estudantes mencionam os processos relacionados ao estudo da vida, tais como: moléculas e organismos; ecossistema; hereditariedade e universo.	<i>[...] o solo necessita estar em um pH levemente ácido na faixa de 6,4-6,8 para que as rizobactérias (bactérias que proporcionam a quebra de nitrogênio) sobrevivam no solo. O resultado de poucas ou de um meio hostil para a sobrevivência dessas bactérias, se manifesta no nanismo das plantas e desenvolvimento de estruturas como sementes, dessa forma, o pH básico não é um meio considerado ótimo para o crescimento de plantas. A3-Q8Pós(C)</i>

Fonte: a autora (2023)

Sobre as Ideias Centrais Disciplinares identificadas, a ICD1 – Ciências físicas – foi evidenciada em todas as respostas das questões pós-experimento, neste grupo estão conceitos disciplinares que explicam as ocorrências dos fenômenos físicos e químicos. Essa ICD1 ajuda o estudante a ver e entender todos os processos por meio de um conjunto comum de princípios físicos e químicos e compreender como ocorrem as interações entre os sistemas.

Os estudantes utilizam conceitos químicos para explicar a ocorrência do fenômeno, como para explicar as reações químicas, mencionando os indicadores que alteraram a coloração das soluções. Além de vários outros conceitos, como ácidos e bases, ligações iônicas (cátion e ânion), soluções, eletronegatividade, reações químicas, dissociação e ionização.

Quanto à ICD2 – Ciências da vida –, esta foi evidenciada na resposta dos estudantes para a oitava questão, na qual eles tinham que explicar “por que a terra próxima à indústria de calcário produz menos feijão”.

Os estudantes avaliaram a resposta dada na questão antes do vídeo do experimento científico, e com suas observações citaram que alguns organismos também são relevantes para o desenvolvimento da planta. Assim, os estudantes mencionam sobre as rizobactérias, que fazem a fixação de nitrogênio e são responsáveis pelo crescimento vegetal.

Desta forma, alguns estudantes fizeram uso da ICD2 para responder à oitava questão. Essa ICD2 aborda os mecanismos que os organismos utilizam para sustentar a vida, o crescimento, o comportamento e a reprodução (NRC, 2012).

No Quadro 15 apresentamos as DAC evidenciadas nas respostas dos estudantes, para as questões pós-experimento e a porcentagem de estudantes que fizeram uso dessas dimensões.

Quadro 15 – DAC evidenciadas nas questões pós-experimento de tema Plantação de feijão

DAC	Questões							
	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8
PC	PC4 100%	PC7 100%	PC7 100%	PC7 100%	PC4 100% PC6 100%	PC6 100%	PC6 100%	PC8 100%
CT	CT1 37,5%	-	CT3 12,5%	CT1 100%	CT1 100%	-	CT1 75%	CT2 62,5% CT6 25%
IDC	ICD1 100%	ICD1 100%	ICD1 100%	ICD1 100%	ICD1 100%	ICD1 100%	ICD1 100%	ICD1 100% ICD2 12,5%

Fonte: a autora (2023)

Para a primeira questão pós-experimento, evidenciamos indícios da PC4 em todas as respostas dos licenciandos, que fizeram uso dessa prática ao analisar e interpretar as informações decorrentes do vídeo do experimento científico. O CT1 aparece nas respostas de três estudantes, ao mencionarem padrões observados no vídeo referente às cores das soluções após a adição dos indicadores. A ICD1 esteve presente em todas as respostas, pois incluíram termos como misturas, reagentes e reações químicas.

Na segunda questão identificamos a PC7 em todas as respostas, pois os estudantes argumentaram cientificamente, considerando o vídeo assistido. Não

identificamos nas respostas indícios dos CT. Aspectos da ICD1 foram identificados em todas as respostas.

Nas respostas para a terceira questão identificamos a PC7, pois todos os estudantes argumentaram que manteriam a resposta dada na questão pré. Quanto ao Conceito Transversal, evidenciamos aspectos do CT3 no momento em que o estudante menciona aspectos relacionados a quantidade, sobre um procedimento para quantificar íons H^+ presentes na amostra de solo e a ICD1 foi evidenciada em todas as respostas.

Nas respostas para a quarta questão identificamos a PC7, o CT1 e a ICD1 em todas as respostas, uma vez que os estudantes tiveram que argumentar a partir do que observaram no vídeo para dizer como poderiam classificar os materiais. Desta maneira, identificaram similaridades, encontrando padrões entre os materiais analisados. A ICD1 esteve presente em todas as respostas.

Nas respostas para a quinta questão identificamos indícios de duas Práticas Científicas, a PC4 e a PC6. Todos os estudantes analisaram e interpretaram os dados de acordo com as informações da questão, assim como fizeram uso da PC6 para explicar como o ácido clorídrico influencia na acidez da água. Identificaram padrões entre os materiais devido à sua propriedade em comum, por isso identificamos o CT1. E quanto à ICD1, esta foi identificada em todas as respostas.

Nas respostas para a sexta questão evidenciamos a PC6 e a IDC1 em todas as respostas, mas nenhum Conceito Transversal foi identificado.

Na sétima questão identificamos em todas as respostas também a PC6 e a ICD1, sendo assim em todas as respostas os estudantes fizeram uso de argumentações com base nas informações abordadas no vídeo do experimento para esclarecer a maneira que definiriam materiais básicos e neutros. Na resposta de cinco estudantes identificamos o CT1, uma vez que mencionaram padrões e similaridades entre os materiais neutros e básicos. E evidenciamos aspectos da ICD1 em todas as respostas.

Na oitava e última questão evidenciamos a PC8 em todas as respostas visto que os estudantes buscaram comunicar as informações, descrevendo suas observações com precisão, esclarecendo seus pensamentos e justificando suas conclusões. O CT2 esteve presente nas respostas de seis estudantes, e o CT6 nas respostas de dois estudantes, que descrevem que o alto valor do pH prejudica o desenvolvimento do feijão, sendo assim compromete sua estrutura e, em

consequência, sua produção. Identificamos dois grupos de Ideias Centrais disciplinares, a ICD1 em todas as respostas e a ICD2 foi identificada na resposta de apenas um estudante.

Diante das análises das respostas dos estudantes para as questões pré e pós-experimento, da atividade de tema Plantação de feijão, foi possível observar evidências de cinco das oito práticas citadas no NRC (2012): PC3, PC4, PC6, PC7 e a PC8. Considerando que as práticas científicas descrevem ações associadas ao fazer Ciência, nesta atividade experimental os estudantes puderam se envolver no planejamento de uma investigação, analisar e interpretar dados, construir explicações para os fenômenos ocorridos e argumentar seus resultados a partir de evidências, assim como comunicar suas ideias e suas conclusões sobre o fenômeno científico investigado.

A experiência que os estudantes adquirem ao ter contato com essas práticas gera a valorização das habilidades dos cientistas e da natureza de seu trabalho, levando-os a compreender como as práticas são fundamentais para todas as Ciências (COSTA; BROIETTI; OBARA, 2021).

Quanto aos conceitos transversais evidenciados nas respostas dos estudantes, para as questões pré e pós-experimento, identificamos o CT1, CT2, CT3 e o CT6. Os estudantes identificaram padrões, agrupando os materiais em ácidos, bases e neutros. Reconheceram a causa dos eventos, identificaram as variáveis e mecanismos responsáveis pela ocorrência do fenômeno investigado. Os estudantes identificaram relações matemáticas em um determinado sistema, desta forma, compreenderam os conhecimentos das propriedades e as relações entre estrutura e função, e como esses dois aspectos estão intimamente ligados, pois um depende do outro, ou seja, a função de um objeto está relacionada com a sua estrutura.

Quanto às ideias centrais das disciplinas, evidenciamos a ICD1 e a ICD2. A ICD1 encontra-se em maior porcentagem nas respostas dos estudantes, pelo fato de os assuntos estarem relacionados a conceitos químicos, tais como: reações químicas, mudanças no pH, acidez, basicidade. Assim como assuntos relacionados aos mecanismos que os organismos utilizam para sustentar a vida, o crescimento, o comportamento e a reprodução, indicando aspectos da ICD2.

4.2 ATIVIDADE EXPERIMENTAL DE TEMA PLÁSTICOS

Nesta seção apresentamos as análises para a segunda atividade experimental analisada, abordando o tema Plásticos. No Quadro 16 apresentamos a estrutura desta atividade experimental.

Quadro 16 – Estrutura da atividade experimental de tema Plástico

Momentos	Descrição						
Situação-problema	Uma empresa de refrigerantes começou a receber reclamações sobre a diminuição da qualidade de suas embalagens, os clientes alegaram que elas estavam mais “finas” e “moles”. Essa empresa compra lotes das embalagens diretamente de uma fábrica de plásticos. O diretor da empresa solicitou que o químico do controle de qualidade fizesse testes para verificar a qualidade dessas embalagens e verificar se houve alguma mudança em relação às primeiras embalagens que não tiveram reclamações.						
Questões pré-experimento	<ol style="list-style-type: none"> 1. Qual a questão principal do texto? 2. Por que você acha que as embalagens apresentam aspectos físicos diferentes das embalagens utilizadas pela empresa em momentos anteriores? 3. Você, sendo o químico encarregado de verificar a qualidade dessas embalagens, faria quais testes rápidos com as embalagens para verificar suas hipóteses levantadas na questão anterior? 4. Que tipos de informações e dados seriam importantes de serem obtidos ao realizar os testes? Por quê? 						
Vídeo do experimento científico	Em uma aula síncrona, de forma coletiva, foram discutidas as respostas dadas para as questões pré-experimento. Na sequência, foi sugerido que os licenciandos assistissem a um vídeo de um experimento científico. <i>Link</i> do vídeo: https://gepeqiqusp.wixsite.com/gepeq/experimentos						
Questões pós-experimento	<ol style="list-style-type: none"> 1. O que você observou no vídeo? 2. Com base em suas observações, avalie o procedimento que você elaborou nas questão pré-experimento número 3. Sua explicação para a questão 3 pré-experimento se mantém? 3. Foi possível observar no experimento que os materiais se dividiram em dois grupos, um grupo formado pelos materiais que afundaram na água e o outro grupo dos que não afundaram. Quais características que os materiais de cada grupo apresentam em comum que possibilitou essa separação? 4. Existem formas de realizar uma separação desses materiais de cada grupo? Se sim, descreva. 5. O que aconteceria se fosse utilizado outro líquido no lugar da água na realização do experimento? 6. Tomando como base a seguinte tabela, e sabendo que a densidade da água é $1,0 \text{ g/cm}^3$, defina quais são os plásticos pertencentes ao grupo que não afundou na água e do grupo que afundou. Explique seu raciocínio. <table border="1" data-bbox="469 1944 1353 2080"> <thead> <tr> <th data-bbox="469 1944 911 1977">Polímeros</th> <th data-bbox="911 1944 1353 1977">Densidade (g/cm^3)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="469 1977 911 2011">Polipropileno (PP)</td> <td data-bbox="911 1977 1353 2011">0,90 – 0,91</td> </tr> <tr> <td data-bbox="469 2011 911 2080">Polietileno de Alta Densidade (PEAD)</td> <td data-bbox="911 2011 1353 2080">0,95 – 0,96</td> </tr> </tbody> </table>	Polímeros	Densidade (g/cm^3)	Polipropileno (PP)	0,90 – 0,91	Polietileno de Alta Densidade (PEAD)	0,95 – 0,96
Polímeros	Densidade (g/cm^3)						
Polipropileno (PP)	0,90 – 0,91						
Polietileno de Alta Densidade (PEAD)	0,95 – 0,96						

	Poliestireno (PS)	1,04 – 1,05
	Policloreto de Vinila (PVC)	1,16 – 1,58
	Politereftalato de Etileno (PET)	1,29 – 1,40
<p>7. Dispondo de uma solução de etanol com densidade igual a $0,9215 \text{ g/cm}^3$, uma solução de NaCl com densidade de $1,15 \text{ g/cm}^3$, óleo com densidade de $0,89 \text{ g/cm}^3$, acetona com densidade de $0,80 \text{ g/cm}^3$, água com densidade de $1,0 \text{ g/cm}^3$ e glicerina com densidade de $1,26 \text{ g/cm}^3$, proponha uma separação para conseguir identificar todos os plásticos. Explique seu raciocínio.</p> <p>8. Retornando ao texto inicial e após realizar o experimento, por que você acha que as embalagens apresentam aspectos diferentes, mais “finos” e “moles”?</p>		

Fonte: adaptado do material disponibilizado pela docente da disciplina

A atividade experimental de tema Plásticos abordou o conteúdo de densidade, a partir da separação e identificação de plásticos em diferentes solventes. A atividade foi realizada em 3 dias de aula da disciplina, organizada em momentos síncronos e assíncronos.

A atividade teve início com uma aula síncrona, com a leitura e discussão da situação-problema, seguida da leitura das questões pré-experimento. Posteriormente, em momento assíncrono, os licenciandos responderam e postaram as respostas para as questões na Plataforma do *Google Classroom*.

Na aula síncrona seguinte as respostas foram debatidas e na sequência a professora indicou um vídeo de um experimento científico, bem como fez a leitura das questões pós-experimento. Esse vídeo abordava a separação de plásticos em diferentes solventes.

No vídeo, pedaços de plásticos eram colocados em um béquer com água, em seguida agitava-se com um bastão de vidro. Após estabilizar, foi observado que os plásticos apresentavam comportamentos diferentes, resultando em pedaços de plásticos que flutuavam e outros que afundavam.

Depois de assistirem ao vídeo do experimento os licenciandos responderam às questões pós-experimento e postaram suas respostas na Plataforma do *Google Classroom*. Por fim, na aula síncrona seguinte as respostas para as questões pós-experimento foram discutidas com toda a turma.

4.2.1 DAC para a atividade experimental de tema Plásticos

As respostas dos estudantes para as questões pré e pós-experimento foram categorizadas e agrupadas de acordo com as DAC estabelecidas como categorias *a priori*, buscando por evidências das Práticas Científicas, dos Conceitos Transversais e das Ideias Centrais Disciplinares.

A partir da análise das respostas dos estudantes para as questões pré e pós-experimento, identificamos seis das oito Práticas Científicas mencionadas no NRC (2012): PC3, PC4, PC5, PC6, PC7 e PC8. Quanto aos Conceitos Transversais, evidenciamos quatro deles: CT1, CT2, CT5 e CT6. Com relação às Ideias Centrais Disciplinares, identificamos a ICD1.

Nas próximas subseções apresentamos, separadamente, as análises das respostas dos licenciandos para as questões pré e pós-experimento.

4.2.1.1 Plásticos: análise das respostas para as questões pré-experimento

Organizamos as análises em três quadros distintos, um para cada uma das dimensões investigadas – Práticas Científicas, Conceitos Transversais e Ideias Centrais Disciplinares.

Cada quadro é composto por três colunas, em que na primeira apresenta-se a dimensão evidenciada nas respostas dos estudantes, na segunda tem-se uma descrição justificando a classificação nessa dimensão, e na terceira coluna apresentam-se alguns exemplos de respostas.

Foram evidenciadas nas respostas dos licenciandos para as questões pré-experimento, as seguintes Práticas Científicas: PC3, PC4 e PC6. Apresentamos no Quadro 17 uma descrição das Práticas Científicas identificadas e exemplos de respostas.

Quadro 17 – Práticas Científicas evidenciadas no momento pré-experimento de tema Plásticos

Práticas Científicas	Descrição	Exemplos de respostas
PC3 – Planejar e realizar investigações	Trechos em que os estudantes buscam planejar e conduzir uma investigação, identificando variáveis dependentes e independentes.	<i>Realizaria testes de temperatura, elasticidade, dentre outros. A4-Q3Pré(C)</i> <i>Realizaria dois testes, primeiro iria aquecer o ambiente em que está a garrafa, observando o comportamento dela, e depois iria submeter a garrafa a testes de tensão. A8-Q3Pré(C)</i>
PC4 – Analisar e interpretar dados	Trechos em que os estudantes analisam as informações contidas na situação-problema, interpretando os dados de maneira que consigam testar suas hipóteses sobre o fenômeno científico investigado.	<i>Problemas que uma empresa está enfrentando com a qualidade das embalagens produzidas. A2-Q1Pré(C)</i> <i>Saber quais substâncias foram usadas na fabricação, as propriedades físicas (principalmente ponto de fusão) e mecânicas (valores de tensão de deformação). Tendo conhecimento dessas propriedades é possível entender qual é o comportamento em temperatura ambiente e quanto de força a garrafa suporta receber sem extraviar. A8-Q4Pré(C)</i>
PC6 – Construir explicações	Trechos em que os estudantes constroem explicações sobre o fenômeno investigado.	<i>Podem ter ocorrido mudanças nas matérias-primas utilizadas no processo de fabricação ou alterações nos processos industriais. A1-Q2Pré(A)</i> <i>As embalagens podem estar mais finas e moles devido à utilização de menos material na sua fabricação [...]. A5-Q2Pré(C)</i>

Fonte: a autora (2023)

A PC3 – Planejar e realizar investigações – foi identificada nas respostas dos estudantes para a terceira questão, em que os estudantes deveriam indicar/propor testes rápidos para verificar a qualidade das embalagens, ou seja, pensar em testes que conseguissem obter informações necessárias para compreender a situação-problema. Nessa questão os estudantes planejaram uma investigação, pois sugeriram diversos testes como: testes de densidade, tração, pressão, tensão, estresse, degradação, temperatura, elasticidade, impacto e resistência.

O teste de temperatura foi o mais citado entre os estudantes, seguido do teste de densidade. Os estudantes sugeriram estes testes, a fim de compreender por que

as embalagens apresentavam aspectos diferentes das embalagens utilizadas pela empresa em momentos anteriores.

De acordo com Osborne (2014), quando os estudantes planejam uma investigação, passam a compreender o processo que os cientistas utilizam quando planejam e/ou realizam uma investigação, e este é o melhor caminho para que o estudante desenvolva um dos aspectos do letramento científico.

A PC4 – Analisar e interpretar dados –, foi evidenciada nas respostas dadas para as questões 1 e 4. Na primeira questão os estudantes deveriam identificar o assunto principal abordado no texto, ou seja, diante da situação-problema apresentada, sobre a qualidade das embalagens plásticas, os estudantes teriam que analisar o texto e interpretar as informações fornecidas, o que demanda o envolvimento na PC4.

Os estudantes interpretaram as informações fornecidas no texto da situação-problema e expressaram suas ideias/compreensões sobre o tema principal abordado, que diz respeito à diferença na qualidade das embalagens de refrigerantes do primeiro lote comparadas às do segundo lote. Osborne (2014) aponta que proporcionar aos estudantes analisar diferentes conjuntos de dados é uma prática essencial para que eles desenvolvam habilidades para conduzir uma investigação.

Na questão 4, os estudantes deveriam dizer quais informações e dados seriam importantes de se obter ao realizar os testes e por quê. Para responder a essa questão os estudantes fizeram uso da PC4 ao analisar as informações da situação-problema, buscando maneiras de solucioná-la.

Os estudantes respondem que as informações importantes seriam: encontrar o valor da densidade de cada embalagem, qual polímero utilizado na fabricação, como se deu o transporte, produção da garrafa, temperatura do local onde foram armazenadas, elasticidade do plástico, bem como as propriedades físico-químicas de cada plástico. De acordo com a análise e interpretação da situação-problema feitas pelos estudantes, estas são as informações necessárias antes de realizar os testes.

Outra Prática Científica identificada foi a PC6 – Construir explicações –, principalmente nas respostas dadas à segunda questão, em que os estudantes deveriam explicar a causa de as embalagens apresentarem aspectos físicos diferentes. Os estudantes constroem suas explicações mencionando acerca da variedade de plásticos utilizados na fabricação das garrafas, alterações nos processos industriais e transformações físicas ou químicas ocorridas nas embalagens.

Assim, evidenciamos a PC6, na forma como os estudantes “interpretaram os fenômenos e usaram suas interpretações para construir explicações” (COSTA; BROIETTI; OBARA, 2021, p. 188). Ao analisar essas respostas percebemos que os estudantes, ao se engajarem nesta prática, se envolvem “com explicações científicas a respeito do mundo que os cerca e isso os ajuda a obter um entendimento das principais ideias que a Ciência tem desenvolvido (NORA, 2017).

Na sequência apresentamos a análise dos Conceitos Transversais identificados nas respostas dos estudantes para as questões pré-experimento, sendo evidenciados trechos que estão relacionados ao CT2 e CT5 apresentados no Quadro 18.

Quadro 18 – Conceitos Transversais evidenciados no momento pré-experimento de tema Plásticos

Conceitos Transversais	Descrição	Exemplos de respostas
CT2 – Causa e efeito: mecanismo e previsão	Trechos em que os estudantes relacionam a causa e o efeito do fenômeno ocorrido, identificando as variáveis que podem explicar o que está causando o evento.	<i>Apresentam aspectos físicos diferentes devido às variedades de plásticos usados na confecção das embalagens. A1-Q2Pré(C)</i> <i>Pode ter ocorrido problemas na produção, problemas com a matéria-prima ou o produto está reagindo com a embalagem por se tratar de um ácido. A2-Q2Pré(C)</i>
CT5 – Energia e matéria	Trechos em que os estudantes organizam suas ideias e desenvolvem suas compreensões sobre o fenômeno caracterizando a luz como fonte de energia, que interage com a matéria, modificando sua estrutura.	<i>[...] poderia ser degradações da luz, temperatura. A3-Q2Pré(C)</i> <i>A incidência destes fatores externos eles poderiam desencadear outras reações. A3-Q2Pré(A)</i>

Fonte: a autora (2023)

Com relação aos Conceitos Transversais identificamos o CT2 – Causa e efeito: mecanismo e previsão – em trechos de respostas da questão 2, nos quais os estudantes respondem sobre o porquê de as embalagens apresentarem aspectos físicos diferentes das embalagens anteriores.

Os estudantes explicam que o aspecto físico diferente das embalagens pode ser devido a vários fatores, podendo estar relacionado com as variedades de plásticos usados na fabricação, mudanças no processo de fabricação, problemas com a matéria-prima, exposição à luz ultravioleta, diferentes tratamentos durante a

reciclagem, adição de outras substâncias no refrigerante que podem degradar o material/embalagem, armazenamento inadequado e alterações nas propriedades do refrigerante.

Assim, os estudantes mencionam distintos fatores que poderiam proporcionar tais efeitos, causando aspectos diferentes nas embalagens. O conceito de “causa e efeito: mecanismo e explicação” abrange a compreensão de que todos “os eventos têm causas, às vezes simples, às vezes multifacetadas; e que uma atividade importante da ciência é investigar e explicar as relações causais e os mecanismos pelos quais elas são mediadas” (DUSCHL, 2012, p. 36)⁵¹.

O CT5 – Energia e matéria –, foi outro Conceito Transversal evidenciado em respostas desta questão. Neste caso, o estudante organiza suas ideias e desenvolve suas compreensões acerca do fenômeno investigado, caracterizando a luz como uma fonte de energia, que interage com a matéria modificando sua estrutura, sendo que “a capacidade de examinar, caracterizar e modelar as transferências e ciclos de matéria e energia é uma ferramenta que os alunos podem usar em praticamente todas as áreas da ciência e engenharia” (NRC, 2012, p. 95, tradução nossa)⁵².

No Quadro 19 apresentamos as análises em relação à terceira dimensão das Ideias Centrais Disciplinares. Nas respostas para as quatro questões do momento pré-experimento identificamos apenas evidências do grupo da ICD1.

⁵¹ Texto original: “events have causes, sometimes simple, sometimes multifaceted; and that an important activity of science is to investigate and explain causal relationships and the mechanisms by which they are mediated (DUSCHL, 2012, p. 36).

⁵² Texto original: the ability to examine, characterize and model the transfers and cycles of matter and energy is a tool that students can use in virtually all areas of science and engineering (NRC, 2012, p. 95).

Quadro 19 – Ideias Centrais Disciplinares evidenciadas no momento pré-experimento de tema Plásticos

Ideias Centrais Disciplinares	Descrição	Exemplos de respostas
ICD1 – Ciências Físicas	Trechos em que os estudantes mencionam sobre os fenômenos químicos e físicos que ocorrem ao nosso redor. Com essa ICD1 o estudante consegue entender e reconhecer as propriedades físicas e químicas de cada material.	<p><i>Densidade, pressão e temperatura. As propriedades físico-químicas dos produtos são necessárias para saber a qualidade e a resistência do produto. A7-Q3Pré(C)</i></p> <p><i>Saber quais substâncias foram usadas na fabricação, as propriedades físicas (principalmente ponto de fusão) e mecânicas (valores de tensão de deformação). Tendo conhecimento dessas propriedades é possível entender qual é o comportamento em temperatura ambiente e quanto de força a garrafa suporta receber sem extraviar. A8-Q4Pré(C)</i></p>

Fonte: a autora (2023)

Buscando por indícios da terceira dimensão, identificamos a ICD1– Ciências físicas – nas respostas para as questões pré-experimento, essa incidência ocorreu devido aos conceitos científicos presentes na atividade, tais como interações da matéria, reações químicas e propriedades da matéria.

Tendo o conhecimento desses conceitos, o estudante consegue compreender e reconhecer as propriedades físicas e químicas de cada material, assim como estabelecer possíveis interações e identificar determinadas características dos materiais. Um dos objetivos das Ciências físicas é “ajudar os alunos a ver que existem mecanismos de causa e efeito em todos os sistemas e processos que podem ser entendidos por meio de um conjunto comum de princípios físicos e químicos” (NRC, 2012, p. 103, tradução nossa)⁵³.

No Quadro 20 apresentamos as DAC evidenciadas nas respostas dos estudantes para as questões pré-experimento e a porcentagem de estudantes que fizeram uso dessa DAC.

⁵³ Texto original: “help students see that there are cause and effect mechanisms in all systems and processes that can be understood through a common set of physical and chemical principles” (NRC, 2012, p. 103).

Quadro 20 – DAC evidenciadas nas questões pós-experimento de tema Plásticos

DAC	Questões			
	Q1	Q2	Q3	Q4
PC	PC4 100%	PC6 100%	PC3 100%	PC4 100%
CT	-	CT2 100% CT5 12,5%	-	-
ICD	ICD1 25%	ICD1 50%	ICD1 100%	ICD1 75%

Fonte: a autora (2023)

De acordo com o Quadro 20, na primeira questão foram evidenciados indícios da PC4 em todas as respostas, os estudantes fizeram uso dessa prática no momento em que analisam as informações da situação-problema interpretando-as. Com relação aos Conceitos Transversais, não identificamos características dessa segunda dimensão nas respostas para essa questão, e quanto às Ideias Centrais Disciplinares apenas dois estudantes, ao respondê-la, mencionam um conceito químico escrevendo sobre os polímeros.

Na segunda questão, indícios da PC6 foram evidenciados em todas as respostas, isso ocorreu devido ao fato de os estudantes buscarem construir explicações para esclarecer o fenômeno ocorrido, ou seja, propor explicações sobre o porquê de as embalagens apresentarem aspectos diferentes, quando comparadas a lotes anteriores.

Quanto aos Conceitos Transversais, identificamos indícios de dois conceitos. Aspectos do CT2 estiveram presentes em todas as respostas, pois ao construir as explicações para esclarecer o porquê das diferenças entre as embalagens os estudantes mencionam fatores que estariam causando tais efeitos nas embalagens. Aspectos do CT5 foram evidenciados em apenas uma resposta, na qual o estudante relaciona a exposição dos lotes da embalagem à luz ultravioleta, provocando alterações no material. Com referência às Ideias Centrais Disciplinares de oito estudantes, quatro utilizam a ICD1 em suas respostas.

A PC3 e a ICD1 foram identificadas em todas as respostas para a questão de número 3, em que os estudantes tiveram que sugerir alguns testes para investigar suas hipóteses levantadas em momentos anteriores. Deste modo planejaram uma investigação, propondo testes experimentais para verificar o porquê de as embalagens apresentarem aspectos físicos diferentes das embalagens anteriores.

Identificamos o ICD1 em todas as respostas, pois mencionaram vários testes em que os dados coletados possibilitariam identificar propriedades físicas e químicas como densidade, temperatura, elasticidade do material, entre outros.

Em resposta para a quarta questão identificamos a PC4, quando os estudantes buscam analisar e interpretar quais informações e dados seriam importantes de se obter ao realizarem os testes experimentais, sendo que dos oito estudantes, seis citaram conceitos químicos, o que indica indícios da ICD1 nessas respostas.

Na continuidade passamos a analisar as respostas dos licenciandos ao resolverem as questões pós-experimento. Vale lembrar que, para respondê-las, antes os estudantes assistiram a um vídeo do experimento científico que abordava a identificação e separação de plásticos em diferentes solventes.

4.2.1.2 Plásticos: análise das respostas para as questões pós-experimento

Organizamos as informações de forma similar aos resultados apresentados anteriormente, nossas análises aparecem organizadas em três quadros, um para cada uma das dimensões identificadas – Práticas Científicas, Conceitos Transversais e Ideias Centrais Disciplinares.

Cada quadro é composto por três colunas, na primeira coluna apresenta-se a dimensão evidenciada nas respostas dos estudantes, na segunda coluna tem-se uma descrição justificando a classificação nessa dimensão, e na terceira coluna apresentam-se alguns exemplos de respostas.

Foram evidenciadas nas respostas dos licenciandos para as questões pós-experimento as seguintes Práticas Científicas: PC3, PC4, PC5, PC6, PC7 e PC8. Apresentamos no Quadro 21 uma descrição das Práticas Científicas evidenciadas e exemplos de respostas.

Quadro 21 – Práticas Científicas evidenciadas no momento pós-experimento de tema Plásticos

Práticas Científicas	Descrição	Exemplos de respostas
PC3 – Planejar e realizar investigações	<p>Trechos em que os estudantes buscam planejar e conduzir uma investigação, identificando variáveis dependentes e independentes. Conforme os estudantes vão aprimorando suas práticas, vão conseguindo decidir quais dados precisam ser coletados, quais ferramentas utilizar e quais variáveis necessitam ser controladas.</p>	<p><i>[...] conhecendo a densidade dos materiais e tendo soluções líquidas de densidades que consigam definir cada plástico. Se o plástico estiver na sua forma moldada, é exigido por lei uma identificação, logo, pode-se classificar o plástico de acordo com a numeração da legislação. Outra forma é verificar a porosidade, por meio de técnicas de caracterização como BET (associando, com valores disponíveis na literatura) ou realizando medidas de ângulo de contato. A3-Q4Pós(C).</i></p> <p><i>Eu usaria a água que é o procedimento para separar em dois grupos, que afundaria na água e os que não afundariam, então pegaria o grupo que não afundariam que seria o PPP e o PAD, colocaria ambos na solução de etanol, e o que afundaria é o PAD e o que flutuaria é o PPP. A1-Q7Pós(C)</i></p>
PC4 – Analisar e interpretar dados	<p>Trechos em que os estudantes analisam as informações, neste caso contidas no vídeo do experimento científico, interpretando-as de maneira que consigam identificar variáveis e explorar as relações entre elas.</p>	<p><i>Existem diferentes tipos de plásticos utilizados na produção de materiais, sendo que cada um deles tem diferente densidade, como pode ser observado pelo experimento. A4-Q1Pós(C)</i></p> <p><i>Os materiais que não afundaram seriam o Polipropileno (PP) e o Polietileno de Alta Densidade (PEAD), por sua densidade ser menor que a da água, já o Poliestireno (PS), o Policloreto de Vinila (PVC) e Politereftalato de Etileno (PET) seriam os que afundariam, graças à sua densidade maior que a da água. A4-Q6Pós(C)</i></p>
PC5 – Fazer uso do pensamento matemático e computacional	<p>Trechos em que os estudantes usam a compreensão matemática para reconhecer quantidades em aplicações científicas para analisar os dados.</p>	<p><i>O grupo que flutuou apresenta densidade menor $0,1 \text{ g/cm}^3$. Assim, o grupo é composto por PP e PEAD. O grupo que afundou apresenta densidade maior $0,1 \text{ g/cm}^3$ formando por PS, PVC e PET. A7-Q6Pós(C)</i></p> <p><i>Começando pelo etanol, $0,92 \text{ g/cm}^3$, o único polímero que flutuará será o PP. Depois com os polímeros que afundaram continuamos a análise, agora submetendo-os ao solvente água, que tem densidade igual $1,0 \text{ g/cm}^3$, novamente apenas um polímero flutuará, o PEAD. Os outros três polímeros que afundaram os submetemos a uma solução de NaCl $1,15 \text{ g/cm}^3$, obtendo como resultado um único polímero que flutua o PS. Por último</i></p>

		<i>utilizamos a glicerina, e observamos que um polímero flutua e um permanece no fundo do béquer. O que flutua é o PVC e o que afunda o PET. A5-Q7Pós(C)</i>
PC6 – Construir explicações	Trechos em que os estudantes constroem explicações sobre o fenômeno investigado.	<i>A densidade foi uma característica que permitiu com que dois plásticos afundaram e outros dois não afundaram. Estruturalmente os dois plásticos que submergiram, possivelmente apresentam redes poliméricas compactas, quando comparados aos que emergiram, não tendo muitos espaços estruturais. Por outro lado, as que flutuaram, possivelmente apresentam uma rede polimérica espaçada, com vazios estruturais. A3-Q3Pós(C)</i> <i>Seria necessário considerar a densidade deste líquido, sendo possível que ambos os grupos de polímeros flutuassem ou ambos afundassem, porém caso a densidade deste líquido fosse próxima à da água, provavelmente ocorreria o mesmo processo. A4-Q5Pós(C)</i>
PC7 – Argumentar a partir de evidências	Trechos em que os estudantes apresentam argumentos baseados em evidências, examinando, revisando e avaliando seus próprios conhecimentos.	<i>Sim, porém adicionaria testes de densidades, para diferenciar diferentes tipos de polímeros. A5-Q2Pós(C)</i> <i>Não mantenho, pois acredito que o experimento demonstrou uma forma muito mais simples, e ainda eficiente, de separar os diferentes tipos de plásticos. A6-Q2Pós(C)</i>
PC8 – Obter, avaliar e comunicar informações	Trechos em que os estudantes são capazes de interpretar o significado do texto e suas ideias, descrevendo suas observações com precisão, esclarecendo seus pensamentos e justificando suas conclusões.	<i>Com o experimento feito, podemos supor que as embalagens apresentam aspectos diferentes por serem feitas de tipos de plásticos diferentes, tendo densidades e espessuras distintas. A6-Q8Pós(C)</i> <i>As embalagens provavelmente foram feitas com plásticos diferentes, pelo experimento é possível perceber que cada plástico possui uma faixa de densidade e isso pode interferir em suas propriedades físicas (ser mais finos ou moles). A8-Q8Pós(C)</i>

Fonte: a autora (2023)

A PC3 – Planejar e realizar investigações – foi identificada nas respostas para as questões 4 e 7. Na questão 4 foi solicitado que os estudantes respondessem se existem formas de separação dos materiais de cada grupo, descrevendo-as. Em respostas para essa questão os estudantes planejaram como fariam para separar os materiais.

De acordo com as respostas, os estudantes planejaram vários métodos de separação: separação manual do código de cada plástico, verificando a porosidade a partir da técnica de caracterização como BET⁵⁴, usar outros tipos de solventes e utilizando o método de densidade com materiais em água.

Para a questão 7, os estudantes, diante de alguns líquidos/soluções (etanol, solução de NaCl, óleo, acetona, água e glicerina) com densidades diferentes, deveriam propor um método de separação para conseguir identificar todos os tipos de plásticos. Nessa questão podemos observar que, a partir das ideias apresentadas no vídeo, com o uso de líquidos com densidades diferentes, os estudantes compreendem que a densidade é uma propriedade que contribui para identificar diferentes tipos de plásticos.

Neste momento os estudantes projetam uma investigação a partir da observação: “É preciso conhecer os procedimentos científicos necessários, mesmo que não envolva diretamente a etapa experimental” (NORA, 2017, p. 109). Desta forma, os estudantes planejam maneiras para separar os diferentes tipos de plásticos, citando vários líquidos que podem ser usados para separar os materiais.

Desta maneira, os estudantes podem realizar procedimentos para efetuar a separação dos diferentes plásticos apresentados. De acordo com os dados referentes às densidades dos materiais propostos, sendo estes os líquidos e os tipos de plásticos, os estudantes propõem a realização de experimentos, apontando o comportamento de cada um dos materiais quando submergidos em determinados líquidos.

No que diz respeito à PC4 – Analisar e interpretar dados – esta foi identificada em respostas para as questões 1 e 6. Para a primeira questão os estudantes, a partir das informações contidas no vídeo, deveriam relatar as observações realizadas. Nesta questão, os estudantes registraram o que observaram, analisando e interpretando o fenômeno ocorrido no vídeo do experimento científico. A partir da observação, coletam seu próprio conjunto de dados, resumindo as principais características para posteriormente interpretá-las.

Ao analisar as informações do vídeo, os estudantes visualizaram que entre os diversos plásticos colocados no béquer com água, alguns flutuaram e outros

⁵⁴ Método que fornece como resultado a área superficial específica.

afundaram. Ao interpretar esses dados, os estudantes mencionaram que essa diferença é atribuída às densidades diferentes de cada plástico.

Os estudantes argumentam, a partir do que observaram, reconhecendo que a densidade foi a característica principal que permitiu que surgissem dois grupos, o grupo dos plásticos que afundaram e dos que não afundaram em água. Relacionam essa flutuabilidade ao conceito de densidade, percebendo que “a diferença de densidade faz um objeto afundar ou flutuar” (BROIETTI; FERRACIN; ARRIGO, 2018, p. 215).

A questão 6 continha uma tabela com o valor de densidade da água $1,0 \text{ g/cm}^3$, e alguns tipos de materiais (polipropileno, polietileno de alta densidade, poliestireno, policloreto de vinila e politereftalato de etileno). Nessa questão os estudantes deveriam definir quais eram os plásticos que pertenciam ao grupo dos que não afundariam em água e quais afundariam e explicar essa separação.

Os estudantes analisaram os dados da tabela e, de acordo com as informações fornecidas, identificaram os diferentes tipos de plásticos, reconhecendo que alguns materiais possuem densidades diferentes, interpretando isso como o motivo pelo qual alguns flutuam e outros não.

Todos os estudantes responderam que os materiais que afundariam seriam o Polipropileno (PP) e o Polietileno de Alta Densidade (PEAD), e os que não afundariam seriam o Poliestireno (PS), o Policloreto de Vinila (PVC) e Politereftalato de Etileno (PET).

No que diz respeito à PC5 – Fazer uso do pensamento matemático e computacional – esta prática foi evidenciada nas respostas para as questões 6 e 7. Na sexta questão continha uma tabela com informações dos valores de densidade de vários polímeros. Sabendo que a densidade da água é $1,0 \text{ g/cm}^3$, os estudantes deveriam definir quais materiais afundariam e quais não afundariam, em água.

Os estudantes, sabendo os valores da densidade de cada material e comparando com o valor da densidade da água, conseguiram fazer uma previsão do comportamento desses materiais. Portanto, fizeram uso do pensamento matemático para estabelecer relações entre os valores de densidade de cada material, comparando-os com a do solvente em questão.

“Essa prática consiste no uso de ferramentas e linguagem adequadas para a representação de variáveis, importantes na investigação científica, contribuindo, até mesmo, na identificação e comunicação precisa de ideias (NORA, 2017, p. 178).

A questão 7 apresentava o valor de densidade de várias soluções/líquidos (etanol, NaCl, óleo, acetona, água e glicerina). Com essas informações os estudantes deveriam propor uma separação que conseguissem identificar todos os plásticos. Diante dos valores de densidade, os estudantes fazem uma previsão do comportamento dos plásticos ao serem introduzidos nas soluções/líquidos.

É possível observar nas respostas que os estudantes identificaram quais os materiais que afundariam e quais flutuariam, devido aos valores das densidades. Para responder a esta questão os estudantes teriam que ir além do cálculo para conseguir interpretar esses resultados.

A PC6 – Construir explicações – foi evidenciada nas respostas para as questões 3 e 5. A questão 3 tinha a seguinte informação: “Foi possível observar no experimento que os materiais se dividiram em dois grupos, um grupo formado pelos materiais que afundaram na água e o outro grupo dos que não afundaram”.

De acordo com essa informação, os estudantes deveriam dizer quais características que os materiais de cada grupo apresentavam em comum, que possibilitou a separação desses materiais. Desta maneira, todos os estudantes fizeram uso da PC6, ao construir explicações a partir das informações decorrentes do vídeo do experimento, e explicar que a densidade foi a característica responsável pela separação desses materiais.

Já a questão 5 perguntava o que aconteceria se fosse utilizado outro líquido no lugar da água na realização do experimento. Para essa questão identificamos a PC6 em todas as respostas, os estudantes construíram explicações para responder a essa pergunta.

Alguns explicaram que, dependendo do outro líquido utilizado, o resultado seria diferente, poderia não ocorrer separação ou talvez poderia fazer com que todos os materiais afundassem. As respostas dos estudantes foram todas nesse sentido.

No que diz respeito à PC7 – Argumentar a partir de evidências –, esta foi identificada nas respostas para a questão 2, em que os estudantes deveriam responder se manteriam os testes propostos na questão 3 da atividade pré-experimento. Após ver o experimento e obter as informações, os estudantes argumentam a partir das evidências apresentadas no vídeo do experimento e confirmam alguns dos testes inicialmente indicados, inserindo outros.

Os estudantes constroem argumentos para dar confiabilidade aos seus dados, assim como os cientistas que “[...] utilizam a argumentação e o raciocínio para

justificar suas ideias [...]” (COSTA, 2021, p. 35). Segundo o NRC (2012), oportunizar aos estudantes argumentar cientificamente, favorece a construção de seu próprio conhecimento, usando-o para justificar uma explicação, ser mais crítico e identificar o ponto fraco dos argumentos alheios.

Na PC8 – Obter, avaliar e comunicar informações – evidenciamos essa prática nas respostas da oitava questão, em que os estudantes são orientados a retornar ao texto inicial e, após visualizar o experimento, repensar suas respostas em relação às apresentadas no momento inicial da atividade.

Evidenciamos a PC8, uma vez que os estudantes, a partir da análise e interpretação das informações do vídeo e das discussões ocorridas ao longo da aula, comunicam suas próprias conclusões quanto aos aspectos distintos das embalagens, diferenciando-as das anteriores.

Para responder a essa questão os estudantes descrevem suas observações com precisão e justificam seus argumentos, tecendo suas conclusões acerca da situação-problema proposta inicialmente. Neste momento os estudantes se engajam na comunicação de seus resultados e conclusões. Portanto, concluem que as embalagens apresentam aspectos diferentes, mais finos e moles, provavelmente devido à densidade, pois esta propriedade influencia na qualidade dos plásticos e com isso apresentará espessuras diferentes.

Na sequência apresentamos a análise dos Conceitos Transversais identificados nas respostas dos estudantes para as questões pós-experimento. Foram evidenciados aspectos relacionados ao CT1 e o CT6, apresentados no Quadro 22.

Quadro 22 – Conceitos Transversais evidenciados no momento pós-experimento de tema Plásticos

Conceitos Transversais	Descrição	Exemplos de respostas
CT1 – Padrões	Trechos em que os estudantes reconhecem padrões entre os objetos analisados, seja por classificações, semelhanças, diferenças. O reconhecimento de padrões é uma ferramenta importante para construir compreensões e para explicar como e o que faz com que o padrão ocorra.	<p><i>Os materiais que não afundaram seriam o Polipropileno (PP) e o Polietileno de Alta Densidade (PEAD), por sua densidade ser menor que a da água. Já o Poliestireno (PS), o Policloreto de Vinila (PVC) e Politereftalato de Etileno (PET) seriam os que afundariam, devido à sua densidade ser maior que a da água. A4-Q6Pós(C)</i></p> <p><i>Primeiramente eu usaria a água para separar em dois grupos, o que afundaria na água e o que não afundaria, então pegaria o grupo que não afundaria, que seria o PP e o PEAD, colocaria ambos na solução de etanol, o que afundaria é o PEAD e o que flutuaria é o PP. Voltando no grupo que afundaria na água, pegaria o PS, PVC e o PET, e colocaria na solução de NaCl, o que flutuaria seria o PS e o que afundaria seria o PVC e o PET, e então pegaria os dois e colocaria na glicerina, o que afundaria seria o PET e o que flutuaria seria o PVC. A1-Q7Pós(C)</i></p>
CT6 – Estrutura e função	Trechos em que os estudantes relacionam aspectos da estrutura e função relacionando-os, pois estão intimamente ligados, um explica o outro, no momento em que os estudantes observam com detalhes a estrutura do material, do que ele é feito, eles passam a entender e a compreender a estrutura microscópica desse material.	<p><i>Os plásticos apresentam diferentes densidades, essa diferença é atribuída às matérias-primas utilizadas na fabricação deles. A8-Q1Pós(C)</i></p> <p><i>Sim. Os plásticos apresentam entre si características físicas e químicas diferentes e o experimento comprova que o método de densidade é válido para determinar a característica do plástico se houve algum tipo de modificação da matéria-prima comprada pela indústria. A7-Q2Pós(C)</i></p>

Fonte: A autora (2023)

O CT1 – Padrões – foi evidenciado nas respostas para as questões 1, 3, 4, 6 e 7. Na primeira questão os estudantes, ao descreverem o que observaram no vídeo do experimento, identificam padrões de semelhança entre os materiais (plásticos) colocados no béquer, ou seja, identificam que alguns flutuaram e outros afundaram, percebendo que a densidade é a propriedade responsável pelo padrão de comportamento entre os diferentes plásticos.

Para a questão de número 3, os estudantes continuam utilizando desse Conceito Transversal (padrão) para explicar esse comportamento; ou seja, um grupo formado pelos materiais que afundaram na água e o outro grupo dos que não afundaram, buscando por características de cada grupo. Neste caso, todos os estudantes mencionam a propriedade densidade como principal característica que favoreceu essa separação.

Para a questão 4, em que deveriam mencionar formas de realizar a separação dos materiais de cada grupo, identificamos, nas respostas, indícios do conceito de padrões no comportamento dos plásticos analisados. Nas respostas os estudantes encontraram características semelhantes entre os materiais, separando-os em dois grupos com densidades próximas. Assim, “observar padrões geralmente é o primeiro passo para organizar e fazer perguntas científicas sobre por que e como os padrões ocorrem” (NRC, 2012, p. 85, tradução nossa).

Da mesma forma, identificamos o CT1 nas respostas para a sexta questão, uma vez que os estudantes usam dos padrões identificados no comportamento dos diferentes materiais para realizar as separações dos plásticos. Os estudantes, ao analisarem os dados contidos na tabela com os valores de densidade de cada material, conseguem identificar semelhanças e diferenças no comportamento desses plásticos ao serem comparados com a densidade da água, desta maneira conseguem separá-los dos materiais que têm densidade maior que a água dos que têm a densidade menor que a água. Raciocínio semelhante usado para responder à questão 7.

Outro Conceito Transversal evidenciado foi o CT6 – Estrutura e função –, identificado nas respostas para as questões 1 e 2. Na primeira questão os estudantes deveriam relatar o que haviam observado no vídeo do experimento científico. Neste caso, alguns estudantes mencionam que alguns plásticos podem flutuar ou afundar em água, dependendo da densidade do material, sendo assim relacionam que a estrutura do material influencia em suas propriedades, características e funções. Raciocínio semelhante foi evidenciado nas respostas para a questão 3.

De acordo com NORA (2017), os aspectos estrutura e função estão intimamente ligados, um explica o outro, quando os estudantes observam com detalhes a estrutura do material, do que ele é feito passam a entender e a compreender a estrutura microscópica desse material.

No Quadro 23 apresentamos as análises das Ideias Centrais Disciplinares identificadas nas respostas dos estudantes para as questões pós-experimento.

Quadro 23 – Ideias Centrais Disciplinares evidenciadas no momento pós-experimento de tema Plásticos

Ideias Centrais Disciplinares	Descrição	Exemplos de respostas
IDC1 – Ciências físicas	Trechos em que os estudantes mencionam sobre os fenômenos químicos e físicos que ocorrem ao nosso redor. Com essa IDC1 o estudante consegue entender e reconhecer as propriedades físicas e químicas de cada material.	<p><i>Saber quais substâncias foram usadas na fabricação, as propriedades físicas (principalmente ponto de fusão) e mecânicas (valores de tensão de deformação). Tendo conhecimento dessas propriedades é possível entender qual é o comportamento em temperatura ambiente e quanto de força a garrafa suporta receber sem extraviar. A8Q3Pós(C)</i></p> <p><i>utilizando diferentes solventes com diferentes densidades daria para separar estes materiais. Os que flutuam tem densidade menor que o do solvente utilizado e os que afundam tem densidade maior que o solvente utilizado. A5Q4Pós(C)</i></p>

Fonte: a autora (2023)

Com relação às Ideias Centrais Disciplinares a IDC1 – Ciências físicas – evidências desse grupo foram identificadas em todas as respostas da atividade pós-experimento, uma vez que as questões abordavam aspectos da estrutura e propriedades físicas da matéria.

De certo modo, todas as questões envolviam conceitos relacionados às características físicas dos materiais, e a partir do experimento o foco central da atividade recaiu sobre o conceito de densidade, a partir dos fenômenos de flutuação, o que caracteriza o grupo de ideias centrais disciplinares Ciências Físicas.

No Quadro 24 apresentamos as DAC evidenciadas nas respostas dos estudantes para as questões pós-experimento e a porcentagem de estudantes que fizeram uso dessas dimensões.

Quadro 24 – DAC evidenciadas nas questões pós-experimento de tema Plásticos

DAC	Questões							
	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8
PC	PC4 100%	PC7 100%	PC6 100%	PC3 100%	PC6 100%	PC4 100% PC5 100%	PC3 100% PC5 100%	PC8 100%
CT	CT1 37,5% CT6 12,5%	CT6 37,5%	CT1 62,5 %	CT1 50%	--	CT1 100%	CT1 87,5%	--
IDC	ICD1 50%	ICD1 62,5%	ICD1 75%	ICD1 100%	ICD1 100%	ICD1 100%	ICD1 100%	ICD1 100%

Fonte: a autora (2023)

Para a primeira questão pós-experimento, evidenciamos indícios da PC4 em todas as respostas dos licenciandos que fizeram uso dessa prática para analisar e interpretar as informações advindas do vídeo, para isso descreveram o que observaram no vídeo. O CT1 aparece nas respostas de três estudantes, que ao descreverem o que observaram citaram padrões entre os materiais, e o CT6 em apenas uma resposta, onde o estudante observa que a diferença entre as embalagens pode ser por causa da matéria-prima utilizada na fabricação da embalagem.

Na segunda questão identificamos a PC7 em todas as respostas, pois os estudantes argumentaram sobre a resposta dada na questão pré sobre os testes propostos por eles. Identificamos a ICD1 em cinco das oito respostas, que ao descrever os testes mencionam a respeito de análises estruturais, composicional, ensaios de interações intermoleculares, propriedades físicas que são interferidas pela densidade, testes de temperatura e elasticidade. E quanto ao Conceito Transversal, o CT6 foi evidenciado em três respostas, em que os estudantes comentam sobre os testes, dizendo serem necessários para analisar a estrutura do material.

Nas respostas para a terceira questão, todos os estudantes construíram explicações para descrever as características que possibilitaram a separação dos materiais. Evidenciamos também o CT1 nas respostas, em que os estudantes identificaram as semelhanças entre alguns plásticos, sendo que alguns afundaram e outros flutuaram, e a ICD1 foi evidenciada em quase todas as respostas, identificada no parecer de seis estudantes, onde comentam sobre a densidade dos materiais.

Já na quarta questão, a PC3 esteve presente em todas as respostas, pois os estudantes planejam formas de separação dos materiais. Para isso fazem uso da CT1 em algumas respostas, classificando e separando os materiais em dois grupos. A

ICD1 esteve presente em todas as respostas, pois mencionaram sobre aspectos da densidade dos materiais.

Na quinta questão, em todas as respostas identificamos a PC6 e a ICD1, os estudantes explicam a partir de seus conhecimentos e observações o que poderia acontecer no experimento se fosse adicionado outro líquido no lugar da água, respondendo que o resultado seria diferente, mencionando informações a respeito da densidade. Com relação ao Conceito Transversal nenhum deles foi identificado.

Nas respostas para a sexta questão evidenciamos a PC4, PC5 e o CT1 e a IDC1 em todas as respostas, ou seja, os estudantes ao analisarem e interpretarem a tabela com as informações da densidade dos materiais, fizeram uso do pensamento matemático para interpretar a tabela. Os plásticos foram classificados em grupos, desta maneira podemos dizer que os estudantes encontraram padrões entre os materiais, podendo ser separados devido às densidades serem próximas.

Na sétima questão evidenciamos a PC3 em todas as respostas, porque os estudantes planejaram uma separação para conseguir identificar todos os plásticos. Eles fazem uso da PC5 ao analisar as informações da tabela. Conseguimos identificar o CT1 na resposta de sete estudantes e a ICD1 em todas as respostas.

Na última questão identificamos a PC8 e a ICD1 em todas as respostas dos estudantes. Depois de realizarem as questões pré, assistirem ao vídeo e responderem as questões pós, os estudantes comunicam suas conclusões quanto aos aspectos das embalagens estarem diferentes, mais finos e moles. Neste caso, a partir de suas observações os estudantes respondem a respeito da qualidade das embalagens mencionando aspectos químicos. Sendo assim, identificamos a ICD1.

Diante das análises realizadas, notamos que as questões que compuseram a atividade experimental, abordando o tema Plásticos, possibilitaram que os estudantes se engajassem em várias das Dimensões da Aprendizagem Científica propostas pelo NRC (2012).

No que diz respeito às Práticas Científicas, foram evidenciadas a PC3, PC4, PC5, PC6, PC7 e a PC8, ou seja, os estudantes se envolveram no planejamento e realização de investigações; em analisar e interpretar dados; fizeram uso do pensamento matemático; construíram explicações, argumentaram a partir de evidências e comunicaram suas conclusões a seus pares.

Desta maneira,

“[...] o engajamento dos alunos nas práticas envolveu também o fazer ciência, os alunos não só aprendem conhecimentos da ciência, mas também sobre a ciência, o que pode causar interesse e motivação, e permitir que os alunos percebam a criatividade envolvida no trabalho do cientista” (COSTA; BROIETTI; OBARA, 2021, p. 183).

No que diz respeito aos Conceitos Transversais, foram evidenciados o CT1, CT2, CT5 e CT6. Os estudantes puderam analisar e identificar padrões, observaram e identificaram a causa e o efeito, desenvolveram concepções relacionadas a energia e matéria, ao analisar as transferências de massa e energia presentes nos sistemas e reconheceram que a forma de um objeto pode ser afetada pela sua estrutura, analisaram e examinaram como os materiais são feitos e como eles funcionam, para compreender suas propriedades.

Por fim, foram evidenciados o grupo ICD1 Ciências físicas, em respostas a todas as questões pré e pós-experimento. Essa incidência se deu pelo fato de as questões contemplarem um assunto diretamente relacionado com as propriedades e interações com a matéria, “as Ideias Centrais Disciplinares reforçam o princípio de que o conhecimento do conteúdo científico é essencial para a compreensão de fenômenos quaisquer” (NORA, 2017, p. 197).

4.3 ATIVIDADE EXPERIMENTAL DE TEMA COMBUSTÃO

Nesta seção apresentamos as análises da terceira atividade experimental, abordando o tema Combustão. No Quadro 25 apresentamos a estrutura da atividade experimental.

Quadro 25 – Estrutura da atividade experimental de tema Combustão

Momentos	Descrição
Situação-problema	Ao se queimar a madeira podemos notar a formação de cinzas. Essas cinzas são compostas por uma grande quantidade de nutrientes, que permitem seu uso como fertilizantes para o solo. Miguel é dono de uma grande pizzaria, que é famosa pelo sabor diferenciado de suas pizzas assadas em forno a lenha. Devido ao grande número de pizzas assadas por dia, Miguel queima em seus fornos uma grande quantidade de lenha, o que resulta em uma grande quantidade de cinzas. Ao saber que as cinzas podem ser utilizadas como fertilizantes, Miguel resolveu vender essas cinzas para um agricultor local por 5 reais o quilograma de cinza. Dessa forma, para cada quilograma de lenha queimado Miguel espera produzir 1 quilograma de cinza. Porém, não foi isso que ele obteve.
Questões pré-experimento	1. Qual a questão principal do texto? 2. Por que você acha que Miguel não teve a mesma quantidade de cinzas, para cada quilograma de lenha queimada?

	<p>3. Você acha que Miguel obteve uma quantidade maior ou menor de cinzas ao queimar a lenha? Justifique.</p> <p>4. Como você montaria a reação que ocorre durante a queima da lenha? Considere que a composição geral da madeira é 50% carbono, 6% de hidrogênio, 44% oxigênio, dentre outras substâncias de porcentagens insignificantes.</p> <p>5. Vamos imaginar a queima de outro material no lugar da lenha, você acha que o comportamento em relação à massa do produto da reação seria o mesmo? Por quê?</p> <p>6. Imagine a seguinte situação: em uma balança simples (culinária) queima-se 10 g de determinados materiais e monitora-se simultaneamente o que acontece com o valor de massa medido. O que você acha que aconteceria com o valor da massa, caso os materiais fossem: A) papel; B) algodão; C) esponja de aço. Explique:</p> <p>7. Há alguma possibilidade de realizar a queima de um material e não observar diminuição ou aumento do valor medido pela balança? Se sim, como?</p>
Vídeo do experimento científico	<p>Em uma aula síncrona, de forma coletiva, foram discutidas as respostas dadas para as questões pré-experimento.</p> <p>Na sequência, foi sugerido que os licenciandos assistissem a um vídeo de um experimento científico. Link de acesso: https://www.youtube.com/watch?v=qQGSniZ4e3k&t=38s</p>
Questões pós-experimento	<p>1. O que você observou?</p> <p>2. Por que o papel e o algodão apresentam comportamentos iguais quando queimados?</p> <p>3. Como você justificaria o comportamento diferente da palha de aço em relação ao papel e algodão?</p> <p>4. Como base no que foi observado, você mudaria sua resposta para a questão 7 do momento pré-experimento?</p> <p>5. Com base no que você observou no vídeo do experimento científico, mudaria sua resposta para as questões 2 e 3 do momento pré-experimento?</p>

Fonte: adaptado do material disponibilizado pela docente da disciplina

A terceira atividade experimental de tema Combustão abordou acerca da conservação das massas em processos químicos. Essa atividade teve duração de 3 dias de aulas, organizadas em momentos síncronos e assíncronos.

A atividade teve início com uma aula síncrona, mediante a leitura da situação-problema com os licenciandos e em seguida uma breve discussão, na sequência fez-se a leitura das questões pré-experimento. Posteriormente, em momento assíncrono, os licenciandos responderam e postaram suas respostas na Plataforma do Google Classroom.

Na aula síncrona seguinte as respostas para as questões pré foram debatidas e na sequência a professora indicou um vídeo de um experimento científico, bem como fizeram a leitura das questões pós-experimento. O vídeo sugerido abordava a respeito da conservação de massas observadas em reações de combustão.

No experimento do vídeo é construída uma balança com um suporte em formato de T com dois pratos, um em cada extremidade. São utilizados três tipos de materiais: papel, algodão e palha de aço. Primeiramente coloca-se uma folha de papel em cada prato até equilibrá-los. Depois, em um dos pratos queima-se o papel presente em um dos lados e observa-se o que acontece com o equilíbrio da balança.

Após o término da combustão limpa-se a balança e esse processo é repetido com os outros materiais: algodão e palha de aço. No caso da queima do algodão a alteração observada foi a mesma da queima do papel, a balança se desequilibra ficando a extremidade que foi queimada mais leve, ou seja, o prato da balança onde ocorreu a combustão eleva-se. Já o processo utilizando a palha de aço acontece o contrário, após queimar a palha de aço o prato onde ocorreu a queima desce.

Após assistirem ao vídeo do experimento os licenciandos deveriam responder às questões pós-experimento e postá-las na Plataforma do *Google Classroom*. Por fim, na aula síncrona seguinte as respostas para as questões pós-experimento foram discutidas com toda a turma.

4.3.1 DAC para a atividade experimental de tema Combustão

As respostas dos estudantes para as questões pré e pós-experimento foram categorizadas e agrupadas de acordo com as DAC estabelecidas como categorias *a priori*, buscando por evidências das Práticas Científicas, dos Conceitos Transversais e das Ideias Centrais Disciplinares.

A partir da análise das respostas dos estudantes para as questões pré e pós-experimento, identificamos quatro Práticas Científicas: PC4, PC5, PC6, PC7 e PC8. Quanto aos Conceitos Transversais evidenciamos quatro: CT2, CT3, CT4 e o CT7. Com relação às Ideias Centrais Disciplinares identificamos apenas a ICD1. Nas próximas subseções apresentamos, separadamente, as análises das respostas dos licenciandos para as questões pré-experimento, seguidas das análises das respostas para as questões pós-experimento.

4.3.1.1 Combustão: análises das respostas para as questões pré-experimento

Organizamos nossas análises em três quadros distintos, um para cada uma das dimensões investigadas – as Práticas Científicas, os Conceitos Transversais e as Ideias Centrais Disciplinares.

Cada quadro é composto por três colunas, em que na primeira apresenta-se a dimensão evidenciada nas respostas dos estudantes, na segunda tem-se uma descrição justificando a classificação nessa dimensão, e na terceira coluna apresentam-se alguns exemplos de respostas.

Foram evidenciadas nas respostas dos licenciandos para as questões pré-experimento, as seguintes Práticas Científicas: PC4, PC5 e PC6. Apresentamos no Quadro 26 uma descrição das Práticas e exemplos de respostas.

Quadro 26 – Práticas Científicas evidenciadas no momento pré de tema Combustão

Práticas Científicas	Descrição	Exemplos de respostas
PC4 – Analisar e interpretar dados	Trechos em que os estudantes analisam as informações contidas na situação-problema, interpretando os dados de maneira que consigam testar suas hipóteses sobre o fenômeno científico investigado.	<p><i>A diferença da massa [da madeira e das cinzas], as duas são diferentes inicial e final.</i> A1-Q1Pré(A)</p> <p><i>A fórmula mínima que melhor representa essas porcentagens são $C_9H_{13}O_6$ e a partir dela se pode esquematizar as reações de combustões completa e incompleta.</i></p> <p>$C_9H_{13}O_6(s) + O_2(g) \rightarrow CO(g) + H_2O(l) + C(s)$ $C_9H_{13}O_6(s) + O_2(g) \rightarrow CO_2(g) + H_2O(l) + C(s)$. A3-Q4Pré(C)</p>
PC5 – Uso do pensamento matemático e computacional	Trechos em que os estudantes usam a compreensão matemática para reconhecer quantidades em aplicações científicas para analisar os dados.	<p><i>Combustão completa:</i></p> $C_{50}H_6O_{44} + \frac{59}{2}O_2 \rightarrow 3 H_2O + 50 CO_2$ <p><i>Combustão incompleta:</i></p> $C_{50}H_6O_{44} + \frac{47}{2} O_2 \rightarrow 3 H_2O + 44CO_2 + 6C.$ <p>A5-Q4Pré(C)</p> <p>$C_xH_yO_z \rightarrow qC + wCO_2 + pH_2O.$ <i>Fazendo para uma amostra de 100 g, teremos 50 g de carbono, 6 g de hidrogênio e 44 g de oxigênio. Se dividirmos pelas massas moleculares, iremos obter o número de mols, todos pelo menor valor encontrado chegamos até a fórmula empírica $C_{1,5}; H_{2,75}; O_1$, e multiplicando por 4, obtemos a fórmula molecular $C_6H_{11}O_4$.</i> $C_6H_{11}O_4 + calor \rightarrow qC + wCO_2 + pH_2O$. A6-Q4Pré(C)</p>

PC6 Construir explicações	– Trechos em que os estudantes constroem explicações sobre o fenômeno investigado.	<p><i>Porque no processo de combustão há a formação de outros compostos, como gás carbônico, o que faz com que haja perda de massa. A2-Q2Pré(C).</i></p> <p><i>Não, pois a reação de combustão pode tanto “aumentar” a massa quanto “diminuir”, na queima da madeira como o sistema é aberto e há a formação de gás este é perdido para a atmosfera, porém, durante a queima de um metal, por exemplo o Fe[ferro], seria possível observar a formação do óxido de ferro, sendo que este teria uma massa maior que a inicial pois seria necessário adicionar a massa do oxigênio da atmosfera. A4-Q5Pré(C)</i></p>
---------------------------------	--	---

Fonte: a autora (2023)

A PC4 – Analisar e interpretar dados – foi evidenciada nas respostas dadas para as questões 1 e 4. Na primeira questão pré-experimento os estudantes analisaram a situação-problema para conseguir responder à questão principal do texto. A fim de chegar a uma conclusão a respeito do que observaram, os estudantes interpretaram as informações fornecida no texto.

Desta maneira, todos os estudantes analisaram as informações e interpretaram indicando que estava ocorrendo reações químicas de combustão, e que ao final do processo a quantidade de cinzas seria diferente da quantidade de lenha, ou seja, o valor de massa inicial e final não seria a mesma.

Na questão de número 4 solicitava-se que os estudantes representassem a reação de queima da lenha considerando que esta é formada por 50% carbono, 6% hidrogênio, 44% oxigênio. Sabendo dessas informações o estudante precisava analisar e interpretar os dados e chegar em uma solução para responder à questão.

Considerando os valores acima referentes à composição da madeira, os estudantes representaram as porcentagens a partir de uma fórmula percentual, esquematizando a reação que ocorre durante a queima da lenha, das reações de combustões completas e incompletas.

Nessa questão evidenciamos também outra prática científica nas respostas dos estudantes, a PC5 – Fazer uso do pensamento matemático e computacional –, que diz respeito ao uso de relações matemáticas, uma vez que o estudante precisava compreender e raciocinar matematicamente, percebendo o valor percentual de cada elemento para representar a fórmula da reação durante a queima da lenha.

A PC6 – Construir explicações –, foi evidenciada nas respostas dos estudantes para cinco questões: 2, 3, 5, 6 e 7. A segunda questão perguntava por que Miguel não teve a mesma quantidade de cinzas, para cada quilograma de lenha queimada. Nessa questão foi solicitado que o estudante explicasse a entre a quantidade de cinzas e a de lenha.

Os estudantes partiram de seus conhecimentos científicos para construir uma explicação e responder a essa questão. Nas respostas, encontramos diversas explicações, alguns estudantes descreveram que essa diferença estava relacionada com a quantidade de lenha queimada; que esse fato poderia ser consequência da liberação de gases; outros responderam que o processo de combustão faz com que ocorra essa diferença; e outros estudantes explicam que a perda de massa se deve a formação de outros compostos justificando a diferença na quantidade de cinzas e de lenha.

Na terceira questão os estudantes deveriam dizer se achavam que Miguel obteve uma quantidade maior ou menor de cinzas ao queimar a lenha. De oito estudantes, sete responderam que Miguel teria uma quantidade menor, explicando que a quantidade seria menor porque aconteceria uma perda de massa durante a combustão, ou seja, a reação formaria como um dos produtos substâncias gasosas.

Na quinta questão os estudantes construíram explicações para dizer o que aconteceria caso fosse utilizado outro material no lugar da lenha, qual seria o comportamento em relação à massa do produto formado, comparado a massa dos reagentes antes da combustão. A maioria dos estudantes respondeu que dependia da composição do outro material que estaria sendo utilizado, pois os materiais apresentam comportamentos distintos em função da sua composição.

Na questão 6 foi sugerida a queima de diferentes materiais: em uma balança simples (culinária) queima-se 10 g de determinados materiais e monitora-se, simultaneamente, o que acontece com o valor de massa medida antes e após a queima. Diante dessas informações os estudantes deveriam explicar o que poderia acontecer com o valor da massa, caso os materiais fossem o papel, o algodão e a esponja de aço.

Assim, todos os estudantes explicaram, que os materiais papel e algodão teriam o mesmo resultado, ambos perderiam massa, e a esponja de aço ganharia massa, concluindo que o papel e o algodão teriam comportamentos semelhantes

porque liberam gases durante a queima e a esponja de aço teria a massa aumentada, porque a queima resulta na formação de um óxido.

Na sétima questão os estudantes deveriam responder se existia alguma possibilidade de realizar a queima de um material e não observar a diminuição ou o aumento do valor medido pela balança. Seis estudantes responderam que sim, que era possível observar a queima de um material sem observar a alteração do valor de massa, mas para isso o sistema em que ocorre a reação teria de estar fechado. Se o sistema não for controlado, não for feito em um ambiente fechado, haveria no valor expresso na balança a perda/ou ganho de massa.

Na sequência, apresentamos a análise dos Conceitos Transversais identificados nas respostas dos estudantes para as questões pré-experimento. Foram evidenciados aspectos relacionados ao CT2, CT3, CT4 e CT7, apresentados no Quadro 27.

Quadro 27 – Conceitos Transversais evidenciados no momento pré de tema Combustão

Conceitos Transversais	Descrição	Exemplos de respostas
CT2 – Causa e efeito: mecanismo e previsão	Trechos em que os estudantes identificam a causa ou efeito de um fenômeno, buscando responder a duas perguntas: o porquê e como as coisas acontecem?	<i>Porque no processo de combustão há a formação de outros compostos, como gás carbônico, o que faz com que haja “perda” de massa. A2-Q2Pré(C)</i> <i>Pois quando ocorre um processo de combustão há a formação de cinzas, gases e água. A relação entre os reagentes e produtos de uma reação química se dá através da quantidade de matéria (mol), assim é necessário saber a quantidade de matéria da lenha para saber a quantidade de cinzas que serão formadas. A8-Q2Pré(C)</i>
CT3 – Escala, proporção e quantidade	Trechos em que os estudantes reconhecem relações matemáticas. Envolve a compreensão de escalas de objetos, escalas relativas a tempo, quantidade de peso, temperatura, levando à compreensão do quente e frio, grande e pequeno.	<i>1 kg de lenha queimada não equivale a 1 kg de cinza. A madeira apresenta outros compostos na queima, libera outras substâncias. A7-Q2Pré(C)</i> <i>O papel e o algodão vão perder peso, porque são feitos de carbono, hidrogênio e oxigênio. Já a esponja de aço vai aumentar o peso, devido a reação que o ferro vai fazer com o oxigênio e formar óxido de ferro, que tem massa molecular maior que o ferro. A1-Q6Pré(C).</i>
CT4 – Sistemas e modelos	Trechos em que os estudantes compreendem o	<i>Não, pois a reação de combustão pode tanto “aumentar” a massa quanto “diminuir”, na queima da madeira como o sistema é aberto</i>

sistemas	funcionamento de um sistema e as interações físicas, químicas e biológicas que ocorrem nos sistemas.	<i>e há a formação de gás este é perdido para a atmosfera.</i> A4-Q5Pré(C). <i>[...] a massa anterior a combustão e a posterior a combustão deve ser a mesma considerando um sistema fechado.</i> A5-Q7Pré(A).
CT7 – Estabilidade e mudança	Trechos em que os estudantes compreendem as mudanças que ocorrem nos fenômenos científicos e como controlar essas mudanças.	<i>Devido à perda de matéria, que foi transformada no estado gasoso.</i> A1-Q2Pré(A). <i>Miguel não terá a mesma quantidade pois ao queimar a madeira, o carbono desta reage com o oxigênio do ar, liberando CO₂(g), sendo assim, parte da massa inicial da madeira é liberada em forma gasosa.</i> A4-Q2Pré(A).

Fonte: a autora (2023)

O CT2 – Causa e efeito: mecanismo e previsão – foi identificado apenas na segunda questão, no momento em que os estudantes responderam por que Miguel não teve a mesma quantidade de cinzas, para cada quilograma de lenha queimada.

Para responder a essa questão os estudantes descrevem a causa provável da diferença na quantidade de cinzas em relação à lenha. Desta maneira respondem que isso ocorre por conta do processo de combustão, e que a formação de gases e vapor de água, que dissipam no ambiente, resultam em perda da massa inicial.

O CT3 – Escala, proporção e quantidade – foi identificado nas respostas para todas as questões pré-experimento. Na primeira questão, ao responderem sobre a questão principal do texto, os estudantes respondem que o texto trata de assunto relacionado à quantidade de cinzas formadas na reação de combustão da lenha, outros responderam que o texto diz respeito à diferença entre a massa inicial e final da madeira após a queima, e alguns estudantes escreveram em suas respostas que o texto diz sobre a relação de proporção entre a lenha queimada e as cinzas formadas após a combustão.

Na segunda questão, ao responder por que Miguel não teve a mesma quantidade de cinzas comparada à lenha queimada, evidenciamos o CT3 em algumas respostas, pois os estudantes mencionaram sobre a quantidade de massa que é liberada de forma gasosa, pois quanto mais CO₂ (gás carbônico) e H₂O (vapor de água) são liberados, estes se espalham no ambiente e menor será o valor da massa medida ao final da reação.

Na terceira questão, os estudantes deveriam justificar o porquê da quantidade maior ou menor de cinzas obtidas por Miguel ao queimar a lenha. Nas respostas os estudantes citaram relações matemáticas para explicar sobre a perda de massa ao se queimar a madeira. Nas respostas os estudantes mencionaram que a quantidade menor de cinzas ocorre devido à perda de gás carbônico e vapor de água. Sendo assim, os estudantes usaram o raciocínio matemático para afirmar que uma certa quantidade de massa (gases formados na reação) é perdida durante o processo de reação de combustão, e isso confirma a quantidade menor de cinza quando relacionado à quantidade de lenha.

O CT3 esteve presente em apenas uma resposta da questão 4, na qual o estudante descreveu sobre a proporção de lenha queimada para uma certa quantidade de cinza. Nesse caso o estudante explica que, ao usar uma amostra de 100 g, teremos 50 g de carbono, 6 g de hidrogênio e 44 g de oxigênio. O estudante usa o raciocínio matemático para conseguir chegar em uma equação que expressa a reação durante a queima da lenha.

Na quinta questão alguns estudantes estabelecem relações de quantidade para explicar se a queima de um outro material, no lugar da lenha, provocaria resultados semelhantes ou diferentes do observado por Miguel. Para isso, os estudantes responderam dizendo que o aumento ou diminuição da massa do sistema se altera dependendo do material, além do fato da reação acontecer em um sistema fechado ou aberto.

Na sexta questão, ao analisar as informações os estudantes descreveram o que aconteceria com o valor da massa se fosse usado o papel, algodão e esponja de aço, no lugar da lenha. Os estudantes explicaram utilizando relações matemáticas de quantidade, para explicar que o valor da massa aumentaria ou diminuiria, de acordo com o material utilizado na queima. Os estudantes explicaram que o papel e o algodão perderiam massa, pois ambos apresentam em sua composição átomos de carbono, hidrogênio e oxigênio, portanto, são compostos orgânicos⁵⁵. Já a esponja de aço

⁵⁵ Compostos orgânicos são aqueles que possuem carbono (C) e ligações covalentes (com compartilhamento de elétrons), podendo se associar em estruturas mais complexas. Por exemplo, aminoácidos, que são compostos de carbono, hidrogênio, oxigênio e nitrogênio, podem se associar em macromoléculas chamadas de proteínas. Tais substâncias são extremamente importantes para os metabolismos de seres vivos. Disponível: <https://www.ufrgs.br/amlef/glossario/compostos-organicos/>. Acesso em: 31 jan. 2023.

ganharia massa, pois durante a reação com oxigênio do ar, formaria óxido metálico, que neste caso apresenta massa molecular maior.

Na última questão, os estudantes respondem se há alguma possibilidade de realizar a queima de um material e não observar diminuição ou aumento do valor medido pela balança, mencionando que seria possível observar a diminuição ou aumento do valor medido na balança, se conseguissem quantificar o oxigênio do ar incorporado ao metal, antes da reação.

O CT4 – Sistemas e modelos de sistemas – foi identificado nas respostas dos estudantes para as questões 5 e 7. Na quinta questão, os estudantes deveriam responder o que aconteceria se fosse utilizado outro material no lugar da lenha, qual seria o comportamento desse outro material, se seria o mesmo ou diferente em relação à conservação da massa antes e após a queima, ou seja, nas respostas os estudantes mencionam que o comportamento dependerá do tipo de sistema (aberto ou fechado).

Na sétima questão identificamos nas respostas indícios do CT4, no momento em que os estudantes explicam que quando a reação acontece em um sistema fechado, não ocorre o contato direto com o ambiente externo, não ocorrendo perda ou ganho de massa expresso no valor da balança. Neste caso, o estudante reconhece que se a reação acontecer em um sistema aberto ocorrerá trocas com o meio.

O CT7 – Estabilidade e mudança – foi evidenciado nas respostas em que os estudantes compreendem as alterações que ocorrem nos fenômenos científicos. Esse conceito foi identificado nas respostas para a questão 2, onde os estudantes demonstram compreender as mudanças que ocorrem durante o processo de combustão da madeira, ocorrendo a transformação do material, ou seja, formando novas substâncias e alterando a composição inicial.

A seguir, no Quadro 28, apresentamos uma síntese das análises em relação à terceira dimensão as Ideias Centrais Disciplinares. Nas respostas para as sete questões do pré-experimento identificamos apenas o grupo da ICD1.

Quadro 28 – Ideias Centrais Disciplinares evidenciadas no momento pré de tema Combustão

Ideias Centrais Disciplinares	Descrição	Exemplos de respostas
ICD1 – Ciências Físicas	Trechos em que os estudantes explicam os processos químicos e físicos que ocorrem no sistema em estudo.	<p><i>Miguel não terá a mesma quantidade pois ao queimar a madeira o carbono desta reage com o oxigênio do ar liberando CO₂(g), sendo assim, parte da massa inicial da madeira é liberada em forma gasosa. A4-Q2Pré(C)</i></p> <p><i>Segundo a lei de Lavoisier a massa sempre é conservada durante as reações, porém devemos pesar todos os reagentes, se estivéssemos em um sistema fechado e soubéssemos a quantidade de oxigênio presente no mesmo, se queimássemos papel e conseguíssemos pesar esse sistema todo inicialmente e após a reação teríamos a conservação da massa. A4-Q7Pré(C).</i></p>

Fonte: a autora (2023)

Aspectos da ICD1 foram identificados em todas as respostas, os estudantes responderam as questões utilizando conceitos da Lei de Lavoisier, de reações de combustão, conservação de massa em processos químicos, composição percentual, estados da matéria e leis ponderais.

No Quadro 29 apresentamos as DAC evidenciadas nas respostas dos estudantes para as questões pré-experimento e a porcentagem de estudantes que fizeram uso dessas DAC.

Quadro 29 – DAC evidenciadas nas questões pré-experimento de tema Combustão

DAC	Questões						
	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7
PC	PC4 100%	PC6 100%	PC6 100%	PC4 37,5% PC5 100%	PC6 100%	PC6 100%	PC6 87,5%
CT	CT3 50%	CT2 62,5% CT3 50% CT7 62,5%	CT3 75%	CT3 12,5%	CT3 37,5% CT4 12,5%	CT3 100%	CT3 25% CT4 62,5%
ICD	ICD1 75%	ICD1 100%	ICD1 87,5%	ICD1 100%	ICD1 87,5%	ICD1 100%	ICD1 75%

Fonte: a autora (2023)

Evidenciamos a PC4 em todas as respostas para a primeira questão, nela os estudantes analisam e interpretam as informações advindas da situação-problema. O CT3 aparece nas respostas de quatro estudantes, ao mencionarem relações matemáticas ao responder à questão principal do texto e a ICD1 esteve presente em todas as respostas, pois incluíram em suas respostas aspectos da conservação de massa em reações de combustão.

Na segunda questão identificamos indícios da PC6 em todas as respostas, os estudantes construíram explicações a respeito da diferença na quantidade de lenha e de cinzas obtidas após a queima. Quanto ao Conceito Transversal, evidenciamos indícios do CT2, CT3 e CT7, quando os estudantes explicam a causa pela qual Miguel não teve a mesma quantidade de cinzas quando queima 1kg de lenha; quando descrevem relações matemáticas para diferenciar a quantidade de lenha em relação à quantidade de cinzas e, quando mencionam a respeito da mudança que ocorre no material após a combustão, respectivamente. Aspectos da ICD1 foram identificados em todas as respostas.

Nas respostas para a terceira questão identificamos indícios da PC6 em todas as respostas, uma vez que os estudantes construíram explicações referentes a quantidade de cinzas ao queimar a lenha. Quanto ao Conceito Transversal evidenciamos o CT3 em seis respostas, quando os estudantes mencionam aspectos relacionados à quantidade menor ou maior de cinzas formadas após a combustão. A ICD1 foi evidenciada em sete respostas.

Para a quarta questão, identificamos a PC4 em apenas duas respostas em que os estudantes analisaram os dados da situação-problema interpretando-os. A PC5 esteve presente em todas as respostas em que os estudantes descrevem a fórmula percentual dos átomos em uma molécula. Também evidenciamos o conceito CT3 em apenas uma resposta, quando o estudante ao escrever a fórmula comenta a proporção entre os átomos que compõe a fórmula molecular. A ICD1 esteve presente em todas as respostas, uma vez que respondem as questões fazendo uso de conceitos sobre reações de combustão.

Na quinta questão identificamos a PC6 em todas as respostas, pois os estudantes construíram explicações para responder acerca da queima de outro material em análise. Com relação ao conceito identificado, o CT3 esteve presente em três respostas, em que os estudantes escrevem sobre a variação de massa de um material comparado a outro. Também foi identificado o CT4 em apenas uma resposta

em que o estudante explica que em um sistema aberto há uma perda de gases durante a queima. E quanto à ICD1, esta foi identificada em sete respostas.

Na sexta questão evidenciamos a PC6 em todas as respostas, os estudantes explicaram o que aconteceria com o valor da massa caso fosse queimado o papel, o algodão ou a espoja de aço no lugar na lenha. Identificamos o conceito CT3 em oito respostas, em que os estudantes responderam sobre as diferenças e similaridades no comportamento da queima do papel, do algodão e da palha de aço.

Na última questão identificamos sete respostas em que encontramos indícios da PC6, nas explicações da possibilidade de realizar uma queima de material e não evidenciar o aumento ou diminuição da massa do sistema. Em relação aos conceitos transversais identificamos indícios do CT3 e CT4. E, quanto as Ideias Centrais Disciplinares evidenciamos indícios da ICD1 em todas as respostas.

Na continuidade passamos a analisar as respostas dos licenciandos ao resolverem as questões pós-experimento. Vale lembrar que, para respondê-las, antes os estudantes assistiram a um vídeo de um experimento científico que abordava acerca da conservação de massa em processos químicos.

4.3.1.2 Combustão: análises das respostas para as questões pós-experimento

Organizamos as informações de forma similar aos resultados apresentados anteriormente, nossas análises aparecem organizadas em três quadros, um para cada uma das dimensões identificadas – Práticas Científicas, Conceitos Transversais e Ideias Centrais Disciplinares.

Cada quadro é composto por três colunas, na primeira apresenta-se a dimensão evidenciada nas respostas dos estudantes, na segunda tem-se uma descrição justificando a classificação nessa dimensão, e na terceira coluna apresentam-se alguns exemplos de respostas.

Foram evidenciadas nas respostas dos licenciandos para as questões pós-experimento as seguintes Práticas Científicas: PC4, PC6, PC7 e PC8. Apresentamos no Quadro 30 uma descrição das Práticas Científicas evidenciadas e exemplos de respostas.

Quadro 30 – Práticas Científicas evidenciadas no momento pós de tema Combustão

Práticas Científicas	Descrição	Exemplos de respostas
PC4 – Analisar e interpretar dados	Trechos em que os estudantes analisam os dados resultantes da observação e interpretam os seus significados. Esses dados podem ser organizados e interpretados por meio de tabulação, gráficos ou análise estatística para serem usados como evidência.	<p><i>Ao queimar o papel a balança perdia seu equilíbrio, onde o lado com o papel sendo queimado foi elevado, sua massa diminuiu. Ademais, para o algodão ocorreu o mesmo processo, onde o lado queimado perde massa e eleva-se. Porém, para a queima da palha de aço, onde há a formação de um óxido através do processo de queima a massa aumenta e esse lado desce, representando um aumento da massa final.</i> A4-Q1Pós(C)</p> <p><i>Que os materiais ao entrarem em combustão podem ter sua massa aumentada ou diminuída. O papel e o algodão ao entrarem em combustão têm sua massa diminuída, a balança “sobe”. E a palha de aço tem sua massa aumentada, a balança “desce”.</i> A8-Q1Pós(C)</p>
PC6 – Construir explicações	Trechos em que os estudantes constroem explicações a partir de sua observação sobre o fenômeno investigado.	<p><i>Porque ambos reagem com o oxigênio presente na atmosfera, de forma que parte de sua massa seja perdida em forma de CO₂.</i> A4-Q2Pós(C)</p> <p><i>A palha de aço tem em sua composição o Fe, que em combustão reage com o oxigênio do ar e forma um óxido, por isso sua massa aumenta.</i> A8-Q3Pós(C)</p>
PC7 – Argumentar a partir de evidências	Trechos em que os estudantes argumentam a partir de um raciocínio baseado em evidências para apoiar uma afirmação, respondendo a uma pergunta a partir de princípios científicos ou evidências vindas de suas observações.	<p><i>Não, o processo de combustão sempre irá promover uma oxidação e tal fato, acarreta a diminuição do peso para materiais constituídos de carbono, hidrogênio e oxigênio e aumento da massa para metais facilmente oxidantes.</i> A3-Q4Pós(C)</p> <p><i>Não, pois variação da massa das reações de combustão segue a lei de Lavoisier como citado.</i> A4-Q4Pós(C)</p>
PC8 – Obter, avaliar e comunicar a informação	Trechos em que os estudantes são capazes de interpretar o significado do texto e suas ideias, descrevendo suas observações com precisão, esclarecendo seus pensamentos e justificando suas conclusões.	<p><i>[...]como comentado nas questões pré-laboratório e evidenciado durante o experimento, parte da massa do papel e do algodão é dispersada em forma de CO₂(g) na atmosfera.</i> A4-Q5Pós(C)</p> <p><i>Manteria, pois o experimento comprovou que em uma reação de combustão, com material comburente contendo carbono em sua composição, e o experimento sendo</i></p>

		<i>executado em um ambiente aberto, tem massa menor, por ter como um dos produtos o gás carbônico, “perdido” para o ambiente A6-Q5Pós(C)</i>
--	--	--

Fonte: a autora (2023)

A PC4 – Analisar e interpretar dados – foi evidenciada nas respostas para a primeira questão pós-experimento, que solicitava que os estudantes descrevessem o que observaram no vídeo do experimento científico. Portanto, os estudantes analisaram os dados advindos do vídeo e interpretaram suas observações, mencionando que a queima do papel e do algodão tiveram resultados semelhante, em que foi observada a diminuição da massa do sistema após a queima. Em relação à esponja de aço, esta apresentou resultado diferente, uma vez que após a queima, a massa do sistema ficou maior.

A PC6 – Construir explicações – foi identificada nas respostas das questões 2 e 3. Na segunda questão os estudantes buscaram explicar os prováveis motivos para o aumento ou a diminuição da massa do sistema após a queima, descrevendo que isso se deve a semelhança ou diferença dos materiais. O algodão e o papel são compostos de celulose, compostos orgânicos, e ao reagirem com o oxigênio do ar, formam gás carbônico e água. Sendo assim, ao entrarem em combustão ambos têm sua massa diminuída, visto que liberam gases, fazendo com que a extremidade da balança onde ocorre a queima fique mais leve.

Na questão de número 3, os estudantes deveriam justificar o comportamento diferente da palha de aço em relação ao papel e algodão. Os estudantes explicam que, neste caso, ocorre a incorporação do oxigênio do ar ao metal, formando um óxido, observando-se um aumento de massa no sistema final.

A PC7 – Argumentar a partir de evidências – foi identificada nas respostas dos estudantes para a questão 4. Na quarta questão os estudantes deveriam responder se mudariam a resposta dada para a questão 7 no momento pré-experimento, depois de ter observado o vídeo do experimento científico. Os estudantes respondem que a variação da massa das reações de combustão segue a lei de Lavoisier; que em um sistema fechado as massas antes e após a reação devem se manter constante, conforme enunciado na lei de conservação de massas; outros argumentaram que para não ocorrer alteração na massa aferida pela balança, seria necessário que a reação acontecesse em um sistema fechado (isolado), sem troca de matéria e energia com o meio.

Quanto a PC8 – Obter, avaliar e comunicar a informação – evidenciamos essa prática nas respostas dos estudantes para a questão 5, que solicitava que os estudantes (re)pensassem as respostas dadas para as questões 2 e 3 do pré-experimento, neste momento, levando em consideração o vídeo do experimento científico. Muitos estudantes comunicam suas conclusões com base nas suas observações do fenômeno estudado, respondendo que não mudariam e que manteriam suas respostas, argumentando que parte da massa do material (neste caso, a lenha) foi perdida para a atmosfera em forma de CO₂, o que justifica Miguel não ter encontrado massa semelhante de cinzas.

Na sequência, apresentamos a análise dos Conceitos Transversais identificados nas respostas dos estudantes para as questões pós-experimento. Foram evidenciados aspectos relacionados aos CT2, CT3, CT4 e CT7, apresentados no Quadro 31.

Quadro 31 – Conceitos Transversais evidenciados no momento pós de tema Combustão

Conceitos Transversais	Descrição	Exemplos de respostas
CT2 – Causa-efeito, mecanismo e previsão	Trechos em que os estudantes reconhecem a causa de um fenômeno. Esse conceito está ligado aos aspectos estrutura e função do material, onde um explica o outro, para compreender a causa de um fenômeno é importante conhecer sua estrutura e os mecanismos que podem influenciar esse objeto.	<i>Ambos [papel e algodão] são constituídos, principalmente, de carbono. Assim, em contato com o fogo há a reação de queima e a liberação de CO₂ e H₂O, além de sobrar cinzas na balança. Por isso que a balança “sobe”, a massa do que sobrou no recipiente é menor do que no momento inicial. A8-Q2Pós(C)</i> <i>Porque ambos [papel e algodão] reagem com o oxigênio presente na atmosfera de forma que parte de sua massa seja perdida em forma de CO₂. A4-Q3Pós(C)</i>
CT3 – Escala, proporção e quantidade	Trechos em que os estudantes reconhecem relações entre diferentes quantidades. Este conceito CT3 diz respeito a comparar os objetos, processos ou propriedades em escalas de tamanho, tempo ou energia estabelecendo relações.	<i>Na queima do papel e do algodão a massa após a combustão diminui, e no caso da esponja de aço a massa aumenta. A5-Q1Pós(C)</i> <i>Não, o processo de combustão sempre irá promover uma oxidação e tal fato acarreta a diminuição da massa para materiais constituídos de carbono, hidrogênio e oxigênio e aumento da massa para metais facilmente oxidantes. A3-Q4Pós(C)</i>
CT4 – Sistemas e modelos	Trechos em que os estudantes compreendem o	<i>Que o papel e o algodão, depois da combustão em um sistema aberto, apresentam peso menor. E a palha de aço,</i>

sistemas	funcionamento de um sistema e as interações físicas, químicas e biológicas que ocorrem nos sistemas.	<i>após o mesmo processo, apresenta maior peso. A6-Q1Pós(C)</i> <i>Como há liberação de CO₂ e H₂O na queima da lenha há diminuição de massa. Assim Miguel deveria esperar uma massa menor uma vez que seu sistema não é um sistema isolado. A5-Q5Pós(C)</i>
CT7 – Estabilidade e mudança	Trechos em que os estudantes compreendem as mudanças que ocorrem nos fenômenos científicos e como controlar essas mudanças.	<i>Na queima da palha de aço ocorre um desequilíbrio observado na balança, pois quando o ferro entra em combustão forma produtos com peso molecular maior, por isso o desequilíbrio. A7-Q1Pós(C)</i> <i>Não, em um sistema fechado a massa deve se manter constante conforme a lei de conservação de massas. A5-Q4Pós(C)</i>

Fonte: a autora (2023)

O Conceito Transversal CT2 – Causa efeito, mecanismo e previsão – foi identificado nas respostas para as questões 2 e 3. Os estudantes fazem uso do CT2, ao mencionarem a causa principal do papel e do algodão apresentarem comportamentos semelhantes quando queimados, uma vez que são compostos orgânicos. Assim, ao serem queimados liberam gases como um dos produtos da reação.

Na terceira questão os estudantes respondem sobre o comportamento diferente da palha de aço em relação ao papel e algodão. Evidenciamos o CT2 quando os estudantes respondem que, no caso da palha de aço há a incorporação do oxigênio e a formação de um óxido, originando ganho de massa.

Evidenciamos o CT3 – Escala, proporção e quantidade, nas respostas para as questões 1 e 4. Em ambas as questões os estudantes estabeleceram relações matemáticas, descrevendo suas observações citando que a quantidade de massa aumentou e/ou diminuiu durante a queima da lenha.

O CT4 – Sistemas e modelos de sistemas – foi evidenciado, nas questões de número 1, 4 e 5. Em todas essas questões os estudantes, em suas respostas, mencionaram aspectos referentes ao sistema estar aberto. Dessa forma, eles apontam que a conservação ou não da massa do sistema dependerá se a reação acontece em sistema aberto ou fechado.

O conceito CT7 – Estabilidade e mudança –, foi identificado nas respostas para todas as questões, principalmente quando os estudantes descrevem as

mudanças que ocorreram durante o processo de combustão dos materiais analisados e as variáveis envolvidas durante esse processo químico.

A seguir, no Quadro 32, apresentamos as análises das respostas dos estudantes para as questões pós-experimento e as Ideias Centrais Disciplinares identificadas. Sendo assim, evidenciamos a ICD1 em todas as respostas das questões pós-experimento.

Quadro 32 – Ideias Centrais Disciplinares evidenciadas no momento pós de tema Combustão

Ideias Centrais Disciplinares	Descrição	Exemplos de respostas
IDC1 – Ciências físicas	Trechos em que os estudantes explicam os processos químicos e físicos que ocorrem em todos os sistemas.	<p><i>Pois os dois [papel e algodão] possuem celulose, $(C_6H_{10}O_5)_n$, e liberam gás carbônico como um dos produtos da combustão CO_2, assim parte de sua massa é perdida em forma de gases diminuindo a massa do sistema resultante da queima. A5-Q2Pós(E)</i></p> <p><i>[...] o processo de combustão sempre irá promover uma oxidação e tal fato acarreta a diminuição da massa para materiais constituídos de carbono, hidrogênio e oxigênio, e aumento da massa para metais facilmente oxidantes. A3-Q4Pós(E)</i></p>

Fonte: a autora (2023)

Procurando por indícios da terceira dimensão, identificamos a ICD1– Ciências físicas – nas respostas de todas as questões pós-experimento uma vez que os estudantes utilizaram conceitos químicos para explicar as reações químicas, mencionando sobre o conceito de combustão, conservação de massa em processos químicos, composição percentual, estados da matéria e leis ponderais.

No Quadro 33 apresentamos as DAC evidenciadas nas respostas dos estudantes para as questões pós-experimento e a porcentagem de estudantes que fizeram uso dessas dimensões.

Quadro 33 – DAC evidenciadas nas questões pós-experimento de tema Combustão

DAC	Questões				
	1	2	3	4	5
PC	PC4 100%	PC6 100%	PC6 100%	PC7 87,5%	PC8 87,5%
CT	CT3 75% CT4 12,5% CT7 50%	CT2 100% CT7 37,5%	CT2 100% CT7 25%	CT3 25% CT4 25% CT7 37,5%	CT4 25% CT7 25%
ICD	ICD1 87,5%	ICD1 100%	ICD1 100%	ICD1 87,5%	ICD1 87,5%

Fonte: a autora (2023)

Para a primeira questão pós-experimento, evidenciamos indícios da PC4 em todas as respostas dos estudantes, que fizeram uso dessa prática ao responder o que observaram no vídeo do experimento científico. Quanto aos Conceitos Transversais, identificamos aspectos do CT3, CT4 e CT7. O CT3 foi identificado em seis respostas, o CT4 em apenas uma resposta e o CT7 em quatro respostas e aspectos da ICD1 em sete respostas dos estudantes.

Na segunda questão identificamos a PC6 em todas as respostas, pois para responder a essas questões os estudantes tiveram que construir explicações sobre o fenômeno observado no vídeo do experimento científico. Quanto ao Conceito Transversal identificamos o CT2, quando os estudantes descreveram as causas para o comportamento observado, mencionando sobre as mudanças que ocorrem para cada um dos diferentes materiais, quando submetidos ao processo de combustão. Também identificamos o CT7 em três respostas, quando os estudantes mencionam em suas respostas a respeito das mudanças que ocorrem nos materiais durante a reação de combustão. Aspectos da ICD1 foram evidenciados em todas as respostas dos estudantes.

Nas respostas para a terceira questão identificamos o PC6 e a ICD1 em todas as respostas, quanto aos conceitos transversais evidenciamos o CT2 em todas as respostas e o CT7 esteve presente na resposta de apenas dois estudantes.

Nas respostas para a quarta questão identificamos indícios da PC7 em sete respostas, em que os estudantes fizeram uso da argumentação para afirmar suas respostas descritas na questão pré-experimento. Quanto aos Conceitos Transversais,

identificamos o CT3 e o CT4 em apenas duas respostas e o CT7 em três respostas. Índícios da ICD1, foram evidenciados em sete respostas.

Na quinta e última questão identificamos aspectos da PC8 e a ICD1 em sete respostas em que os estudantes procuraram comunicar suas informações e conclusões do fenômeno químico investigado. Quanto aos Conceitos Transversais, identificamos o CT4 e o CT7 em apenas duas respostas.

Concluimos que as questões pré e pós-experimento de tema Combustão possibilitaram aos estudantes o engajamento em cinco Práticas Científicas, sendo elas a PC4, PC5, PC6, PC7 e PC8. Os estudantes mediante as atividades propostas se envolveram na análise e interpretação de dados; fizeram uso do pensamento matemático ao estabelecer relações quantitativas entre as grandezas analisadas; construíram explicações acerca dos fenômenos investigados, argumentaram a partir de evidências e comunicaram suas conclusões aos pares.

Com relação aos Conceitos Transversais, a atividade proporcionou o engajamento nos conceitos CT2, CT3, CT4 e o CT7. Os estudantes puderam observar e identificar a causa do fenômeno ocorrido, identificaram as variáveis presentes em um sistema, compreendendo as mudanças que ocorrem nos fenômenos científicos.

E por fim, evidenciamos o grupo de Ideias Centrais Disciplinares, ICD1 Ciências físicas, em respostas a todas as questões das atividades pré e pós-experimento, pois os estudantes fizeram uso de conceitos químicos para responder às questões e explicar a lei da conservação das massas em processos químicos de combustão.

4.4 ATIVIDADE EXPERIMENTAL DE TEMA MAR MORTO

Nesta seção apresentamos as análises para a quarta atividade experimental analisada abordando o tema Mar Morto. No Quadro 34 apresentamos a estrutura da atividade experimental.

Quadro 34 – Estrutura da atividade experimental de tema Mar Morto

Momentos	Descrição
Situação-problema	<p>O Mar Morto está localizado no Oriente Médio, na divisa dos territórios de Israel, Palestina e Jordânia. Ele recebe esse nome devido à quase ausência de vida que nele há, ocasionada por algumas características químicas de sua água.</p> <p>O Mar Morto se tornou um ponto turístico conhecido devido à dificuldade de afundar nesse mar. A fim de investigar sobre esse fenômeno, João decidiu pesquisar mais a fundo sobre as propriedades do Mar Morto, e descobriu que a densidade da água é mais elevada do que os outros mares, e começou a elaborar hipóteses que justificassem tal observação.</p>
Questões pré-experimento	<ol style="list-style-type: none"> 1. Quais hipóteses você acha que João levantou para explicar a alta densidade do Mar Morto? 2. Que testes seria possível realizar para averiguar tais hipóteses? Descreva com detalhes cada um, justificando sua escolha. 3. Quais fatores você acha que podem influenciar na densidade da água do Mar Morto? Explique. 4. Além da densidade, você acha que a água do Mar Morto apresenta alguma outra diferença se comparado aos outros mares? Se sim, quais e por quê.
Vídeo de experimento científico	<p>Em uma aula síncrona, de forma coletiva, foram discutidas as respostas dadas para as questões pré-experimento.</p> <p>Na sequência, foi sugerido que os licenciandos assistissem a um vídeo de um experimento científico.</p> <p>Link de acesso: https://gepeqiusp.wixsite.com/gepeq/experimentos</p>
Questões pós-experimento	<ol style="list-style-type: none"> 1. O que você observou? 2. Com base em suas observações, avalie sua resposta para a questão 1 pré-experimento. 3. Com base em suas observações, avalie sua resposta para a questão 3 pré-experimento. 4. Como você acha que a maior quantidade de sal pode influenciar a densidade do Mar Morto? 5. Estabeleça uma relação entre a quantidade do sal encontrado no Mar Morto, sua densidade e o fato de as pessoas não conseguirem afundar nesse mar. 6. Com base no observado, identifique diferenças existentes entre o Mar Morto e os outros mares. 7. Com base no experimento, o que você pode concluir sobre a quase ausência de vida observada no Mar Morto? 8. Proponha uma definição para salinidade. 9. Com base nos dados obtidos do experimento, calcule a salinidade da água do mar utilizada na realização do experimento. Apresente e explique seus cálculos. 10. Ao misturarmos uma pequena quantidade de sal em um copo de água, percebemos que na solução formada o sal não fica visível, entretanto, se continuarmos adicionando sal ele começa a se tornar visível. Com base nos seus conhecimentos, explique esse fenômeno.

Fonte: adaptado do material disponibilizado pela docente da disciplina

A atividade experimental de tema Mar Morto abordou o conteúdo de salinidade, ou seja, a medida de sais dissolvidos em água. Essa atividade teve duração de 3 dias de aulas, organizadas em momentos síncronos e assíncronos.

No momento síncrono fez-se a leitura da situação-problema com os licenciandos e em seguida uma breve discussão. Na sequência foram lidas as questões pré-experimento e os licenciandos foram solicitados a respondê-las em um momento assíncrono e postar as suas respostas na Plataforma do Google *Classroom*.

Na aula síncrona seguinte as respostas para as questões pré-experimento foram debatidas no coletivo e na sequência a professora sugeriu um vídeo de um experimento científico que deveria ser assistido antes de serem respondidas as questões pós-experimento. O vídeo em questão abordava a respeito da salinidade da água do mar. O experimento apresentado no vídeo foi realizado utilizando-se uma balança digital em que foram medidas 10 gramas de água do mar, em um erlenmeyer. Em seguida essa água foi aquecida, iniciando-se o processo de evaporação, até que se formassem cristais, os quais foram pesados para posteriormente se efetuar o cálculo da salinidade. Após assistirem ao vídeo do experimento os licenciandos deveriam responder às questões pós-experimento e postá-las na Plataforma do *Google Classroom*.

Por fim, na aula síncrona seguinte as respostas para as questões pós-experimento foram discutidas com toda a turma.

4.4.1 DAC para a atividade experimental de tema Mar Morto

As respostas dos estudantes para as questões pré e pós-experimento foram categorizadas e agrupadas de acordo com as DAC estabelecidas como categorias *a priori*. As respostas dos estudantes para as questões pré e pós-experimento foram analisadas, buscando por evidências das Práticas Científicas, dos Conceitos Transversais e das Ideias Centrais Disciplinares.

A partir da análise das respostas dos estudantes, para as questões pré e pós-experimento, identificamos seis das oito práticas citadas no NRC (2012), sendo elas: PC3, PC4, PC5, PC6, PC7 e PC8. Quanto aos Conceitos Transversais, evidenciamos três deles: CT1, CT2 e o CT3. Com relação às Ideias Centrais Disciplinares, identificamos a ICD1 e a ICD2.

Nas próximas subseções apresentamos, separadamente, as análises das respostas dos licenciandos para as questões pré-experimento seguidas das análises das respostas para as questões pós-experimento.

4.4.1.1 Mar Morto: análises das respostas para as questões pré-experimento

Organizamos nossas análises em três quadros distintos, um para cada uma das dimensões identificadas. Cada quadro é composto por três colunas, sendo que na primeira apresenta-se a dimensão evidenciada nas respostas dos estudantes, na segunda tem-se uma descrição justificando a classificação nessa dimensão, e na terceira coluna apresentam-se alguns exemplos de respostas.

Foram evidenciadas nas respostas dos licenciandos para as questões pré-experimento, as seguintes Práticas Científicas: PC3, PC4 e a PC6. Apresentamos no Quadro 35 uma descrição das Práticas Científicas e exemplos de respostas.

Quadro 35 – Práticas Científicas evidenciadas no momento pré de tema Mar Morto

Práticas Científicas	Descrição	Exemplos de respostas
PC3 – Planejar e realizar investigações	Trechos em que os estudantes planejam um método experimental que tem por objetivo responder a uma questão científica ou testar uma afirmação ou hipótese.	<i>Então, eu coloquei que eu não sabia o soluto, que era alguma coisa que tinha na água. É aí eu falei que ia colocar no espectro de UV para verificar a composição desse grande soluto, para ver o que ele está fazendo essa solução com a água. Então eu queria saber a composição. A1-Q2Pré(A)</i> <i>Poderia ser realizada a evaporação de uma amostra coletada deste mar, obtendo assim o sal presente para determinada quantidade de amostra. A4-Q2Pré(C)</i>
PC4 – Analisar e interpretar dados	Trechos em que os estudantes analisam as informações contidas na situação-problema, interpretando os dados de maneira que consigam testar suas hipóteses sobre o fenômeno científico investigado.	<i>Considerando que a temperatura e salinidade alteram a densidade da água, é provável que João tenha suposto que a água do Mar Morto seja mais fria, e tenha um maior nível de salinidade. A5-Q1Pré(C)</i> <i>Uma hipótese seria que a concentração de NaCl na água do Mar Morto influenciando sua alta densidade. A7-Q1Pré(C)</i>

PC6 Construir explicações	– Trechos em que os estudantes constroem explicações, são relatos que ligam a teoria científica com observações dos fenômenos científicos.	<p><i>A alta concentração de soluto de NaCl possibilita uma alteração na densidade da água do mar. A7-Q3Pré(C)</i></p> <p><i>A quantidade de sal presente no Mar Morto é mais elevada que o normal, isso faz com que a densidade deste mar seja maior do que o normal, fazendo com que determinados materiais flutuem nele. A4-Q4Pré(C)</i></p>
---------------------------------	--	---

Fonte: a autora (2023)

A PC3 – Planejar e realizar investigações – foi identificada nas respostas dos estudantes para a questão de número 2, no momento em que descreveram alguns testes para averiguar suas hipóteses, em relação à explicação de João sobre a alta densidade do Mar Morto.

Para isso, os estudantes sugeriram testes e justificaram sua escolha, como sendo os mais apropriados para responderem à pergunta ou suas hipóteses. Em suas respostas descreveram sobre os testes de: densidade, temperatura, evaporação, concentração de NaCl e um teste utilizando um espectro de UV (Ultravioleta).

O teste de evaporação foi o mais mencionado, esteve presente na resposta de quatro estudantes, que justificam o teste por ser o mais apropriado para conseguir quantificar o sal presente na água do mar. Na sequência estão o teste de temperatura para averiguar a temperatura da água na superfície e o teste de concentração de NaCl, para comparar com o sal de outros mares.

A partir das respostas notamos que os estudantes planejam meios de investigar a alta densidade do Mar Morto. O ato de planejar e projetar tais investigações requer do estudante a capacidade de identificar variáveis que devem ser tratadas como resultados e quais devem ser controladas (NRC, 2012).

A PC4 – Analisar e interpretar dados – foi identificada nas respostas para a primeira questão, uma vez que os estudantes deveriam interpretar as informações da situação-problema para dizer quais foram as hipóteses que João poderia levantar para determinar a densidade do Mar Morto.

Nessa questão, ao analisar as informações da situação-problema, os estudantes construíram suposições sobre qual foi o fator responsável pela densidade do Mar Morto. Portanto, em suas respostas os estudantes supõem que a concentração de NaCl e a temperatura são dois fatores que poderiam ser responsáveis pela alta densidade do Mar Morto.

No que diz respeito à PC6 – Construir explicações – esta foi evidenciada nas respostas para as questões 3 e 4. Na terceira questão os estudantes construíram explicações para dizer quais fatores poderiam influenciar na alta densidade do Mar Morto.

Nas respostas os estudantes explicaram que esse fenômeno pode ocorrer a partir de três variáveis: temperatura, pressão e a quantidade de sais dissolvidos. Dos oito estudantes, seis indicaram que a quantidade de sais dissolvido nesse mar é que estaria ocasionando esse fenômeno, dois acrescentaram que além da quantidade de sais a pressão e a temperatura são também fatores que podem alterar a densidade.

Podemos observar que os estudantes constroem suas explicações considerando algumas variáveis que podem influenciar diretamente na densidade do Mar Morto.

Na sequência apresentamos a análise dos Conceitos Transversais identificados nas respostas dos estudantes para as questões pré-experimento. Foram evidenciados aspectos relacionados ao CT1, CT2 e CT3 apresentados no Quadro 36.

Quadro 36 – Conceitos Transversais evidenciados no momento pré de tema Mar Morto

Conceitos Transversais	Descrição	Exemplos de respostas
CT1 – Padrões	Trechos em que os estudantes observam padrões na classificação dos objetos, de acordo com sua similaridade ou diferença.	<p><i>Uma forma qualitativa, apenas para confirmar ou descartar a hipótese, seria a medida de densidade dessa água, utilizando “corpos” de densidade conhecidas, “padrões de densidade”, começando por objetos mais leves e indo crescendo essa escala, até um que se apresente mais denso que a água. O mesmo pode ser repetido com a água “comum”, e então compara-se os resultados. A6-Q2Pré(C)</i></p> <p><i>Temperatura – diminuindo a temperatura diminui o volume e a massa não, aumentando a densidade.</i></p> <p><i>Pressão – aumenta a pressão, diminui o volume e aumenta a densidade.</i></p> <p><i>Sais dissolvidos – aumenta a massa, interação entre as moléculas. A2-Q3Pré(C)</i></p>
CT2 – Causa e efeito: mecanismo e previsão	Trechos em que os estudantes identificam a causa ou efeito de um fenômeno, buscando responder a duas perguntas: por que e como as coisas acontecem?	<p><i>A alta concentração de soluto de NaCl possibilita uma alteração na densidade da água do mar. A7-Q3Pré(C)</i></p> <p><i>Eu coloquei dois fatores. Pressão e temperatura. A5-Q3Pré(A)</i></p>

CT3 – Escala, proporção e quantidade	Trechos em que os estudantes reconhecem relações matemáticas. Envolve a compreensão de escalas de objetos, escalas relativas a tempo, quantidade de peso, temperatura, levando à compreensão do quente e frio, grande e pequeno.	<p><i>Coletar uma garrafa de 1000 ml de água do Mar Morto. Em seguida, aquecer a garrafa até evaporar toda água e pesar a quantidade de NaCl. A7-Q2Pré(C)</i></p> <p><i>Creio que a concentração de sal, visto que a densidade é a relação de quantidade de matéria em um determinado volume, logo, se há o aumento da massa e o volume permanece o mesmo, haverá o aumento da densidade. A3-Q3Pré(C)</i></p>
--------------------------------------	--	---

Fonte: a autora (2023)

No que diz respeito ao CT1 – Padrões –, este conceito foi evidenciado nas respostas para as questões 2 e 3. Na segunda questão os estudantes apresentaram testes que ajudariam a esclarecer as hipóteses levantadas por João. Nesta questão, ao descreverem os testes, os estudantes relatam padrões de comportamento dos materiais analisados, como no teste de temperatura, no qual o estudante comenta sobre a diferença na temperatura da água, em que a água quente é menos densa e a água fria mais densa. Nessa resposta o estudante consegue identificar um padrão de diferença entre a água fria e a quente, assimilando que a água da superfície é mais quente que a das profundezas.

Outro exemplo é o teste com padrões de densidade, em que o estudante sugere o teste utilizando uma medida de densidade com objetos diferentes, partindo dos mais leves aos mais densos que a água. Desta maneira conseguiria identificar que os objetos de maior densidade por possuírem uma força peso maior seriam direcionados para o fundo dos recipientes em que estão, enquanto os objetos de menor densidade ficariam submersos.

Na questão de número 3, evidenciamos o CT1, quando os estudantes mencionam que a temperatura é uma das causas da variação da densidade do mar, explicando que quando a temperatura aumenta, a água fica quente alterando assim sua densidade, permanecendo com uma menor densidade quando comparada com a água fria, ou seja, a água fria apresenta maior densidade que a água quente.

Evidenciamos indícios do CT2 – Causa e efeito: mecanismo e previsão – nas respostas para a questão 3, quando os estudantes explicaram quais fatores influenciam na densidade do Mar Morto. Os estudantes indicaram três fatores que

seriam a causa principal da alta densidade do Mar Morto, destacando efeitos da pressão, temperatura e a quantidade de sais dissolvidos.

A temperatura causa uma alteração na densidade, pois com o aumento da temperatura da água do mar a água fica mais quente, alterando sua densidade em relação à água fria. Quanto à pressão, quando ela aumenta o volume diminui e, em consequência, aumenta a densidade. Com relação aos sais, quanto maior a quantidade de sais presentes nas águas, maior será sua densidade.

O Conceito Transversal CT3 – Escala, proporção e quantidade – foi evidenciado nas respostas para as questões 2 e 3. Ao descreverem sobre os testes os estudantes fazem uso de relações matemáticas para testar a quantidade de sal na água do Mar Morto. Os estudantes fizeram uso do CT3 ao reconhecerem escalas relativas à temperatura, em que diminuindo a temperatura provavelmente a densidade aumentará. Outro exemplo é quando os estudantes mencionaram que o aumento da pressão faz com que o volume diminua e, em consequência, a densidade aumente.

Identificamos o CT3 nas respostas em que os estudantes descreveram as relações entre massa, volume e densidade, para explicar que a alta densidade do Mar Morto é resultado da quantidade de matéria (neste caso, sais dissolvidos) em um determinado volume (água do mar).

A seguir, no Quadro 37 apresentamos uma síntese das análises em relação à terceira dimensão, as Ideias Centrais Disciplinares. Nas respostas para as quatro questões do pré-experimento identificamos apenas o grupo da ICD1.

Quadro 37 – Ideias Centrais Disciplinares evidenciadas no momento pré de tema Mar Morto

Ideias Centrais Disciplinares	Descrição	Exemplos de respostas
ICD1 – Ciências Físicas	Trechos em que os estudantes explicam os processos químicos e físicos que ocorrem em todos os sistemas.	<p><i>Poderia ser feita uma quantificação do sal presente em 100 ml de água do mar, através da evaporação da água. Seria possível, também, pesquisar a concentração de outros mares salinos e comparar a concentração de NaCl, para apontar diferenças. A3-Q2Pré(E)</i></p> <p><i>Os sais dissolvidos podem alterar o pH, ponto de fusão e ebulição, pois a variação da concentração dos reagentes pode alterar as características físico-químicas da solução. A2-Q4Pré(E)</i></p>

Fonte: a autora (2023)

Aspectos da ICD1– Ciências físicas – foram identificados nas respostas para todas as questões. Os estudantes mencionaram conceitos relacionados a concentração de NaCl em soluções, densidade, solvente, massa do soluto. Além de fenômenos físicos como: aquecimento, evaporação, temperatura, pressão, ponto de fusão e ebulição, condutividade elétrica.

Para que os estudantes pudessem investigar como os fatores influenciaram na densidade do Mar Morto, foi necessário compreender as interações e quais mecanismos estão envolvidos para entender como esse fenômeno científico se dá. A ICD1 ajuda os estudantes a compreenderem a influência da estrutura em um sistema, identificando os mecanismos que ocorrem, e se estes por sua vez podem ser compreendidos através de um conjunto comum de princípios físicos e químicos (NRC, 2012).

Na sequência apresentamos, no Quadro 38, todas as DAC evidenciadas nas respostas dos estudantes para as questões pré-experimento de tema Mar Morto e a porcentagem de estudantes que fizeram uso dessa DAC.

Quadro 38 – DAC evidenciadas nas questões pré-experimento de tema Mar Morto

DAC	Questões			
	1	2	3	4
PC	PC4 100%	PC3 100%	PC6 100%	PC6 100%
CT	-	CT1 25% CT3 50%	CT1 25% CT2 100% CT3 62,5%	-
ICD	ICD1 100%	ICD1 100%	ICD1 100%	ICD1 100%

Fonte: a autora (2023)

De acordo com o Quadro 38, diante da primeira questão a PC4 foi identificada nas respostas dos oito estudantes, assim como a ICD1. Os estudantes fizeram uso da PC4 ao analisar as informações da situação-problema para responder quais hipóteses João levantou em relação à densidade do Mar Morto, portanto mencionaram conceitos químicos para explicar o fenômeno.

Na segunda questão, por se tratar dos testes sugeridos pelos estudantes, a PC3 foi identificada em todas as respostas, pois os estudantes planejaram uma investigação, ou seja, sugeriram testes para investigar suas hipóteses em relação à

densidade do Mar Morto. Com relação aos Conceitos Transversais identificamos dois deles, o CT1 no momento em que os estudantes descrevem os testes detalhando padrões observáveis e o CT3 nas respostas de quatro estudantes ao estabelecerem relações quantitativas entre variáveis. A ICD1 também esteve presente em todas as respostas.

Na terceira questão evidenciamos a PC6 em todas as respostas, quando os estudantes buscam explicar os fatores que influenciam na densidade do Mar Morto. O CT1 foi identificado em duas respostas, em que os estudantes mencionam sobre temperatura, pressão e sais dissolvidos, fazendo comparações de maior e menor quantidade.

O CT2 esteve presente em todas as respostas, uma vez que os licenciandos descrevem as possíveis causas que explicam o fenômeno em questão. O CT3 foi identificado em cinco respostas, quando os estudantes estabelecem relações de proporcionalidade entre a quantidade do sal presente na água do mar. A ICD1 foi evidenciada nas respostas de todos os estudantes.

Por fim, na última questão, identificamos a PC6 e a ICD1 em todas as respostas e nenhum Conceito Transversal. Os estudantes fizeram uso da PC6 para construir explicações citando outras características do Mar Morto, aos compará-lo com outros mares.

Na continuidade passamos a analisar as respostas dos licenciandos ao resolverem as questões pós-experimento. Vale lembrar que, para respondê-las, antes os estudantes assistiram a um vídeo de um experimento científico que abordava a respeito da salinidade da água do mar.

4.4.1.2 Mar Morto: análises das respostas para as questões pós-experimento

Organizamos as informações de forma similar aos resultados apresentados anteriormente, nossas análises aparecem organizadas em três quadros, um para cada uma das dimensões identificadas.

Cada quadro é composto por três colunas, na primeira coluna apresenta-se a dimensão evidenciada nas respostas dos estudantes, na segunda coluna tem-se uma descrição justificando a classificação nessa dimensão, e na terceira coluna apresentam-se alguns exemplos de respostas.

Foram evidenciadas nas respostas dos licenciandos para as questões pós-experimento as seguintes Práticas Científicas: PC4, PC5, PC6, PC7 e PC8. Apresentamos no Quadro 39 uma descrição das Práticas Científicas evidenciadas e exemplos de respostas.

Quadro 39 – Práticas Científicas evidenciadas no momento pós de tema Mar Morto

Práticas Científicas	Descrição	Exemplos de respostas
PC4 – Analisar e interpretar dados	Trechos em que os estudantes analisam os dados resultantes de uma observação e interpretam os seus significados. Esses dados podem ser organizados e interpretados por meio de tabulação, gráficos ou análise estatística para serem usados como evidência.	<i>Eu observei que é possível medir a quantidade de sal na água, tendo a massa a água do mar antes e depois do processo de evaporação [...]. A6-Q1Pós(A)</i>
PC5 – Uso do pensamento matemático e computacional	Trechos em que os estudantes usam a compreensão matemática para reconhecer quantidades em aplicações científicas para analisar os dados.	<i>Sabendo que 28% de salinidade corresponde a 28 g de sal presente em 1000 g de água, então 270% será: 28% 28 g 270% x x= 270 g Então o Mar Morto apresenta 270 g de sal em 1000 g de água. A1-Q9Pós(E) Peso da água do mar (antes da ebulição): 10,04 g Peso dos sais (após a ebulição): 0,24 g Tem-se que, 10,04 g de água apresenta 0,24 g de sais, ou 2,4 g de sais em 100 g de água, uma porcentagem de 2,4% de sais. A6-Q9Pós(C)</i>
PC6 – Construir explicações	Trechos em que os estudantes constroem suas próprias explicações a partir de sua observação sobre o evento ou fenômeno, identificando as variáveis que possam interferir nesse fenômeno.	<i>Pensando que o conceito de densidade é a quantidade de massa em um determinado volume, quando tem-se uma maior concentração de sais, conseqüentemente tem-se também uma maior massa, e em um volume constante, faz com que a densidade seja maior. A6-Q4Pós(C) A explicação para esse fenômeno está no coeficiente de solubilidade da solução, no caso a água consegue formar uma solução com o sal até certa quantidade dele, passando disso começa a ter corpo de fundo. A1-Q10Pós(C)</i>

PC7 – Argumentar a partir de evidências	Trechos em que os estudantes argumentam a partir de um raciocínio baseado em evidências para apoiar uma afirmação, respondendo a uma pergunta a partir de princípios científicos ou evidências vindas de suas observações.	<p><i>A questão 1 foi correta, uma vez que a hipótese citada é realmente o que influencia no aumento da densidade da água. A4-Q2Pós(C)</i></p> <p><i>Eu coloquei que mantém a resposta que eu dei, que a densidade do Mar Morto é maior do que a concentração de sais. A6-Q3Pós(A)</i></p>
PC8 – Obter, avaliar e comunicar informações	Trechos em que os estudantes são capazes de interpretar o significado do texto, descrevendo suas observações com precisão, esclarecendo seus pensamentos e justificando suas conclusões.	<p><i>Como o Mar Morto apresenta um teor de salinidade alto, são poucas formas de vida que se adaptam a viver em tal local, pois para que tenha muita vida precisa de um ecossistema. A1-Q7Pós(C)</i></p> <p><i>A grande concentração de sais pode ser prejudicial a alguns tipos de vida que possivelmente poderiam existir neste mar, pois estes não conseguem se adaptar a estas condições. A4-Q7Pós(C)</i></p>

Fonte: a autora (2023)

A PC4 – Analisar e interpretar dados – foi evidenciada nas respostas dos estudantes para a primeira questão, em que os estudantes deveriam dizer o que observam no vídeo do experimento científico. Os estudantes descreveram suas observações mencionando que a partir do aquecimento do béquer com a água do mar foi possível observar a formação de cristais de sais; notaram que a salinidade varia de acordo com o mar e que é possível medir a quantidade de sal a partir do processo de evaporação da água. Para essas respostas identificamos a presença da PC4, pois os estudantes observaram o vídeo do experimento científico, analisando os dados sistematicamente e fizeram suas interpretações.

No que diz respeito à PC6 – Construir explicações – esta prática foi identificada nas respostas das questões 4, 5, 8 e 10. Na quarta questão os estudantes explicaram como uma quantidade maior de sal pode influenciar na densidade do Mar Morto. Todos os estudantes fazem uma comparação dizendo que se a quantidade de sal aumenta, provavelmente a densidade aumentará, uma vez que teremos maior quantidade de sal em um volume constante, conseqüentemente um aumento da densidade.

Na quinta questão os estudantes deveriam estabelecer uma relação entre a quantidade de sal encontrado no Mar Morto, a densidade e o fato de as pessoas não conseguirem afundar nesse mar. Para responder a essa questão os estudantes

explicam estabelecendo relações entre as variáveis. Ou seja, quando maior a quantidade de sais dissolvidos, maior será a densidade, uma vez que são grandezas diretamente proporcionais e, portanto, os objetos apresentam dificuldade em afundar, motivo pelo qual o corpo flutua na água.

Na oitava questão os estudantes responderam a definição de salinidade, neste caso, evidenciamos a PC6 em todas as respostas. A partir de seus conhecimentos científicos e de suas observações do vídeo, os estudantes em geral explicaram que salinidade é a quantidade de sal presente em uma certa quantidade de água.

A última questão solicitava que os estudantes explicassem por que ao misturar um pouco de sal em um copo de água, o sal não fica visível, mas se adicionarmos mais sal ele começa a se tornar visível. Identificamos a PC6, pois os estudantes desenvolveram explicações para esclarecer esse fenômeno científico. Todos os estudantes explicam que há um limite de sal a ser adicionado à água, tornando-a saturada, ou seja, significa que a solução atingiu o coeficiente de solubilidade. Qualquer quantidade adicionada de soluto, que exceda esse limite, tornará a água saturada com corpo de fundo, ou seja, a solução deixará de ser homogênea e apresentará um precipitado no fundo do recipiente.

A PC7 – Argumentar a partir de evidências – foi evidenciada nas respostas para as questões 2, 3 e 6. Nas duas primeiras questões os estudantes deveriam (re)avaliar suas respostas dadas à questões anteriores, tomando como base o vídeo do experimento e momentos anteriores das aulas. Identificamos indícios da PC7 nas respostas, uma vez que os estudantes argumentaram, a partir das evidências observadas no vídeo, apontando informações que ajudam a sustentar as afirmações. Ao argumentar cientificamente o estudante não está apenas usando seu conhecimento científico para justificar uma explicação, mas está construindo seu próprio conhecimento e compreensão sobre um determinado fenômeno científico (NRC, 2012).

Com relação às respostas para a questão 6, a partir da observação do vídeo do experimento científico, os estudantes deveriam relatar as diferenças entre o Mar Morto com os outros mares. Para responder a essa questão, os estudantes fizeram uso da PC7, quando trazem argumentos a partir de suas observações do vídeo do experimento científico, dizendo que essa diferença se dá pela quantidade de sal

presente no Mar Morto, quanto maior a salinidade maior será a densidade desse mar. Já em outros mares, a salinidade é bem menor quando comparada ao Mar Morto.

A PC8 – Obter, avaliar e comunicar informações – foi identificada nas respostas para a questão 7. Os estudantes deveriam dizer o que concluem em relação à quase ausência de vida no Mar Morto. Diante dessa pergunta os estudantes comunicaram seus conhecimentos e suas conclusões sobre as características das águas no Mar Morto. Os estudantes mencionam que a quantidade excessiva de sal acarreta uma quase impossibilidade de vida aquática, dificultando a adaptação das espécies marinhas a estas condições.

Na sequência apresentamos a análise dos Conceitos Transversais identificados nas respostas dos estudantes para as questões pós-experimento. Foram evidenciados aspectos relacionados ao CT1, CT2 e CT3, apresentados no Quadro 40.

Quadro 40 – Conceitos Transversais evidenciados no momento pós de tema Mar Morto

Conceitos Transversais	Descrição	Exemplos de respostas
CT1 – Padrões	Trechos em que os estudantes identificam padrões para fazer a classificação, a partir da observação das semelhanças e diferenças entre os objetos	<i>Quanto maior a massa do soluto, maior será a densidade. A7-Q4Pós(C)</i> <i>[...] quanto maior a quantidade de sal em um mesmo volume, maior será a densidade. A8-Q4Pós(C)</i>
CT2 – Causa-efeito, mecanismo e previsão	Trechos em que os estudantes reconhecem a causa de um fenômeno. Esse conceito está ligado aos aspectos estrutura e função do material, onde um explica o outro, para compreender a causa de um fenômeno é importante conhecer sua estrutura e os mecanismos que podem influenciar esse objeto.	<i>No caso do Mar Morto, apesar da pressão e temperatura também influenciar na densidade da água, o fator principal é certamente a salinidade. A5-Q3Pós(C)</i> <i>O Mar Morto apresenta uma quantidade salina muito maior que os outros mares, pois a sua formação ocorreu pela elevação da porção de terra continental, depositando a água do mar ao fundo do mar, este mar não é "ligado" a um oceano como os mares mediterrâneo, báltico, arábico, entre outros, resultando em uma alta concentração salina. A3-Q6Pós(C)</i>
CT3 – Escala, proporção e quantidade	Trechos em que os estudantes reconhecem relações entre diferentes quantidades. Este conceito CT3 diz respeito a comparar os objetos, processos ou	<i>Evaporou-se 10,04 g de água do mar e obteve-se 0,28 g de sal, assim foi possível determinar a salinidade desta água, que é de 28%. A5-Q1Pós(C)</i>

	propriedades em escalas de tamanho, tempo ou energia estabelecendo suas relações.	<i>Quantidade de sal em gramas), por quantidade de água (em gramas), assim determina-se a salinidade.</i> A6-Q8Pós(C)
--	---	---

Fonte: a autora (2023)

Identificamos que o CT1 – Padrões – esteve presente nas respostas para a questão 4. Nesta questão os estudantes respondem como uma maior quantidade de sal pode influenciar na densidade do Mar Morto. Para isso, os estudantes identificam padrões e variações na quantidade de sal que pode estar presente nas águas do mar.

Desta maneira, os estudantes reconheceram um padrão, uma vez que identificaram uma variação, e que quanto maior a quantidade de sal maior também será a densidade da água do mar.

O CT2 – Causa efeito, mecanismo e previsão – foi evidenciado nas respostas para as questões 2, 3, 5 e 6. Nas questões 2 e 3 os estudantes avaliaram suas respostas dadas no momento pré-experimento. Portanto, identificamos o CT2 nas respostas em que os estudantes mencionaram fatores que causam influência na densidade do mar. O principal fator indicado pelos estudantes foi a salinidade, e assim descrevem que quanto maior a quantidade de sal dissolvido na água maior será sua densidade.

Na questão de número 5 identificamos o CT2, nas respostas em que os estudantes estabelecem uma relação entre a quantidade de sal encontrado no Mar Morto, sua densidade e o fato de as pessoas não conseguirem afundar nesse mar.

Na questão 6 os estudantes responderam acerca das diferenças existentes entre o Mar Morto e os outros mares, além de mencionar a salinidade como responsável pelo fenômeno, eles ainda mencionam a respeito da posição geográfica, temperatura da água e a densidade. Desta maneira, percebemos nas respostas que os estudantes reconheceram e identificaram que o motivo pelo qual o Mar Morto recebe esse nome, uma vez que apresenta uma grande quantidade de sal dissolvido na água, o que dificulta a vida marinha nesse ambiente.

O CT3 – Escala, proporção e quantidade foi evidenciado nas respostas dos estudantes em sete questões, sendo elas: 1, 3, 4, 5, 8, 9 e 10. Na primeira questão, em algumas respostas identificamos o CT3, quando os estudantes mencionam acerca da quantidade de água que evaporou e comparam com a quantidade de sal que cristalizou no fundo do erlenmeyer. Na terceira questão os estudantes deveriam avaliar a resposta dada na questão pré, sendo assim respondem que mantêm suas

hipóteses sobre a salinidade do Mar Morto, reafirmam em suas respostas sobre os valores da salinidade do mar mencionado no vídeo, afirmando que suas respostas continuam corretas.

Nas respostas para a quarta questão também evidenciamos o CT3, quando os estudantes respondem por que a quantidade de sal pode influenciar na densidade do Mar Morto. Para isso, explicam que há uma razão entre a massa de sal e o volume de água e esta razão nos fornece o valor da densidade da solução, sendo assim, quanto maior a quantidade de sal em um mesmo volume, maior a salinidade e maior também será a densidade. O reconhecimento dessas relações é importante para que os estudantes consigam interpretar os dados científicos e compreender o fenômeno em estudo.

Na quinta questão os estudantes fizeram uso do CT3, ao explicar a relação entre a quantidade de sal encontrado na água do Mar Morto, sua densidade e o fato de as pessoas não conseguirem flutuar nesse mar. Os estudantes, ao explicar a questão, estabelecem relações entre as diferentes variáveis (salinidade, densidade, flutuação dos corpos).

Nas respostas para a questão de número 8 também encontramos indícios do CT3. Os estudantes explicaram que o conceito de salinidade se refere a quantidade de sal dissolvido em uma certa quantidade de água. Ou seja, a salinidade é medida pela razão entre a quantidade de sais dissolvidos em um determinado volume de água.

Na nona questão, os estudantes apresentaram cálculos para mostrar a salinidade da água do mar utilizada na realização do experimento. Desta maneira identificamos o CT3, uma vez que os estudantes usam os conceitos de quantidade e proporção para definir as medidas em porcentagem utilizadas no experimento.

Na última questão identificamos também indícios do CT3, uma vez que os estudantes relacionaram a proporção entre solvente e soluto, explicando sobre o fenômeno da solubilidade. Os estudantes descreveram que ao misturar uma pequena quantidade de sal em um copo com água, o sal não fica visível, uma vez que ele se solubiliza em água. Entretanto, ao se adicionar uma quantidade maior de sal ele se torna visível. Os estudantes explicam esse fenômeno mencionando que ao atingir a saturação, capacidade máxima de dissolução do soluto em determinado solvente, a uma certa temperatura, o sal em excesso precipita, tornando-se visível.

No Quadro 41, apresentamos as análises das respostas dos estudantes para as questões pós-experimento, em relação às Ideias Centrais Disciplinares.

Quadro 41– Ideias Centrais Disciplinares evidenciadas no momento pós de tema Mar Morto

Ideias Centrais Disciplinares	Descrição	Exemplos de respostas
IDC1 – Ciências físicas	Trechos em que os estudantes explicam os processos químicos e físicos que ocorrem nos sistemas em estudo.	<p><i>Pensando que o conceito de densidade é quantidade de massa em um determinado volume, quando tem-se uma maior concentração de sais, conseqüentemente tem-se também uma maior massa, e em um volume constante, faz com que a densidade seja maior. A6-Q4Pós(C)</i></p> <p><i>A densidade é uma propriedade dependente da fração molar dos constituintes da solução pois, o fator resultará em características únicas de interações intermoleculares das moléculas em questão. A3-Q5Pós(C)</i></p>
ICD2 – Ciências da vida	Trechos em que os estudantes compreendem as relações entre os organismos vivos e os processos que ocorrem entre eles. A ICD2 diz respeito ao estudo da vida, que vai desde escalas de moléculas a partir de organismos e ecossistemas até a biosfera integrando toda vida na Terra.	<p><i>Não há vida no Mar Morto, pois as células que constituem os seres vivos não se manteriam saudáveis e ficariam murchas perdendo muita água em um tempo curto, logo, funções como transporte de substâncias, hidratação e lubrificação de órgãos estariam comprometidas, causando o definhamento da célula. A3-Q7Pós(C)</i></p> <p><i>A quase ausência de vida no Mar Morto está relacionada à alta salinidade do mar, uma vez que as células animais e vegetais sofrem osmose, e perdem água para o meio altamente concentrado, plasmolisando-se. A5--Q7Pós(C)</i></p>

Fonte: a autora (2023)

A IDC1 – Ciências físicas – foi identificada nas respostas de todas as questões, quando os estudantes ao responderem as questões mencionam acerca das propriedades físicas e químicas da água, citam sobre as mudanças dos estados físicos da água, ligações de hidrogênio, interações intermoleculares das moléculas, assim como definições de soluções, cálculos de concentração, solubilidade, massa, volume e densidade. Dessa forma, observamos que tais ideias auxiliaram os estudantes a compreenderem determinados aspectos do fenômeno científico investigado, neste caso, explicar a alta densidade do Mar Morto.

A IDC2 – Ciências da vida – foi identificada nas respostas para a questão 7, ao responder sobre a quase ausência de vida marinha observada no Mar Morto, os estudantes mencionam questões biológicas, acerca das funções essenciais de uma célula, que ficam comprometidas em função do ambiente marinho ter uma alta concentração de sais.

Desta maneira, os estudantes reconheceram que a salinidade é um fator que afeta a vida dos organismos presentes naquele mar. Eles explicaram que como as células são responsáveis em realizar as funções essenciais à vida, a alta quantidade de sal acaba inviabilizando o processo osmótico, em consequência, impossibilitando a vida de espécies nesse mar.

Na sequência apresentamos, no Quadro 42, as DAC evidenciadas nas respostas dos estudantes para as questões pós-experimento e a porcentagem de estudantes que fizeram uso dessa DAC.

Quadro 42 – DAC evidenciadas nas questões pós-experimento de tema Mar Morto

DAC	Questões									
	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9	Q10
PC	PC4 100%	PC7 100%	PC7 100%	PC6 100%	PC6 100%	PC7 100%	PC8 100%	PC6 100%	PC5 62,5%	PC6 100%
CT	CT3 12,5%	CT2 12,5%	CT2 37,5%	CT1 25%	CT2 12,5%	CT2 37,5%	-	CT3 75%	CT3 100%	CT3 87,5%
ICD	ICD1 100%	ICD1 100%	ICD1 100%	ICD1 100%	ICD1 100%	ICD1 100%	ICD1 100%	ICD1 100%	ICD1 100%	ICD1 100%

Fonte: a autora (2023)

Na primeira questão identificamos a PC4 em todas as respostas de todos os estudantes, pois para descreverem o que observaram, tiveram que primeiro analisar e interpretar as informações e dados do vídeo do experimento científico. Em uma resposta identificamos o CT3, quando os estudantes descreveram a quantidade de sal e água apresentados no experimento. Aspectos da IDC1 foram evidenciados em todas as respostas, uma vez que mencionam sobre densidade e concentração de sais em água.

Quanto à segunda questão, identificamos a PC7 nas respostas de todos os estudantes ao argumentarem sobre as respostas que deram na questão pré. Com relação ao Conceito Transversal, indícios do CT2 foram evidenciados em uma

resposta, em que o estudante menciona que a densidade do mar é causada pela alta concentração de sal. A ICD1 foi identificada em todas as respostas.

Na terceira questão os estudantes também deveriam avaliar a resposta dada à questão 3 pré-experimento, desta maneira também evidenciamos a PC7 em todas as respostas, pois os estudantes argumentam a partir de suas observações. Quanto ao Conceito Transversal, identificamos o CT2 em três respostas e o CT3 em duas respostas. E a ICD1 esteve presente em todas as respostas dos estudantes.

Na quarta questão evidenciamos a PC6 em todas as respostas, uma vez que explicam por que uma quantidade maior de sal influencia na densidade do Mar Morto.

O CT1 foi evidenciado em duas respostas, nas quais os estudantes identificaram padrões e o CT2 esteve presente nas respostas de sete estudantes que responderam a causa da alta densidade do Mar Morto, afirmando que a grande quantidade de sal dissolvido é responsável por esse fenômeno. Quanto à ICD1, esta foi evidenciada em todas as respostas, que mencionaram aspectos sobre massa, volume, solvente, densidade, concentração de NaCl.

Com relação às respostas para a quinta questão, identificamos a PC6 em todas as respostas visto que os estudantes tiveram que explicar a relação entre a quantidade do sal encontrado no Mar Morto, sua densidade e o fato de as pessoas não conseguirem afundar nesse mar. Nas respostas encontramos o CT1 em apenas uma resposta e aspectos do CT3 foi mencionado por dois estudantes. A ICD1 esteve presente em todas as respostas para essa questão.

Quanto à sexta questão, evidenciamos a PC7 em todas as respostas em que os estudantes argumentam a partir das evidências sobre as diferenças existentes entre o Mar Morto e os outros mares. Encontramos em três respostas indícios do conceito CT2, mencionando sobre a causa pela qual as pessoas não afundam no Mar Morto e a ICD1 quando explicam o fenômeno relacionando com o conceito de densidade.

Na sétima questão, ao mencionar sobre a quase ausência de vida observada no Mar Morto, todos os estudantes fazem uso da PC8, ao comunicar suas conclusões após assistir ao vídeo do experimento científico. Nenhum conceito transversal foi identificado, mas em relação à ICD evidenciamos a ICD1 e a ICD2 em todas as respostas, pois mencionam tanto aspectos químicos como biológicos para justificar o fenômeno em estudo.

Com referência à oitava questão, identificamos a PC6 em todas as respostas em que os estudantes explicam o que significa salinidade, seis estudantes fazem uso da CT3 para responder a essa questão, e a ICD1 estava presente em todas as respostas.

Na penúltima questão, a PC5 esteve presente em cinco respostas, em que os estudantes apresentaram os cálculos observados no vídeo, fazendo uso de relações matemáticas para calcular a salinidade em alguns mares. O CT3 foi evidenciado em todas as respostas, pois para explicar os cálculos os estudantes mencionaram a respeito de massa, volume, solução, concentração e o processo de ebulição. Desta maneira, a ICD1 esteve presente em todas as respostas dessa questão.

Na última questão identificamos o PC6 em todas as respostas, pois todos os estudantes explicaram sobre a diferença da solução formada (solução saturada, insaturada ou saturada com corpo de fundo) quando se mistura uma quantidade pequena de sal comparada a uma quantidade grande. Quanto ao Conceito Transversal, o CT3 foi identificado nas respostas de sete estudantes que mencionaram relações entre a quantidade de sal presente na água do mar para explicar o fenômeno da densidade do Mar Morto. Aspectos da ICD1 foram evidenciados em todas as respostas para essa questão.

A partir das análises, podemos constatar que ao responder as questões pré e pós-experimento os estudantes se envolveram em seis práticas científicas: PC3, PC4, PC5, PC6, PC7 e a PC8, mediante o planejamento e realização de investigações para investigar a causa desse fenômeno; analisaram e interpretaram dados fornecidos na situação-problema e no vídeo do experimento científico; fizeram uso do pensamento matemático; construíram explicações; fizeram uso das argumentações para expor suas ideias aos seus pares; e, por fim, comunicaram suas conclusões sobre o fenômeno científico investigado.

Acerca dos Conceitos Transversais foram evidenciados o CT1, CT2 e o CT3 nas respostas das questões pré e pós-experimento. Assim, os estudantes identificaram padrões; reconheceram os fatores responsáveis pela causa do fenômeno em estudo e encontraram as variáveis e os mecanismos que influenciaram no evento.

Quanto às Ideias Centrais Disciplinares conseguimos identificar indícios da ICD1 e da ICD2. Ao responderem as questões pré e pós-experimento os estudantes

mencionaram fatores físicos para explicar o fenômeno científico investigado, assim como fizeram uso da ICD2 ao mencionar sobre os fatores biológicos envolvidos.

4.5 SÍNTESE DAS ANÁLISES: INTEGRANDO OS DADOS

A seguir, no Quadro 43, apresentamos um resumo das DAC evidenciadas, bem como suas porcentagens nas respostas dos estudantes para as questões pré e pós-experimento, referentes às atividades experimentais 1, 2, 3 e 4.

Quadro 43 – DAC evidenciadas nas respostas dos licenciandos para as atividades experimentais 1, 2, 3 e 4

		Atividades Experimentais				
		Plantação de Feijão	Plásticos	Combustão	Mar Morto	
Dimensões da Aprendizagem Científica	Práticas Científicas ⁵⁶	PC1				
		PC2				
		PC3				
		PC4				
		PC5				
		PC6				
		PC7				
		PC8				
	Conceitos Transversais ⁵⁷	CT1				
		CT2				
		CT3				
		CT4				
		CT5				
		CT6				
		CT7				
	Ideias Centrais Disciplinares ⁵⁸	ICD1				
		ICD2				
		ICD3				
		ICD4				

Fonte: a autora (2023)

⁵⁶ Práticas Científicas: PC1 – Fazer perguntas; PC2 – Desenvolver e usar modelos; PC3 – Planejar e realizar investigações, PC4 – Analisar e interpretar dados; PC5 – Fazer uso do pensamento matemático e computacional; PC6 – Construir explicações; PC7 – Argumentar a partir de evidências; e PC8 – Obter, avaliar e comunicar a informação.

⁵⁷ Conceitos Transversais: o CT1 – Padrões, CT2 – Causa e efeito: mecanismo e previsão, CT3 – Escala, proporção e quantidade, CT4 – Sistemas e modelos de sistemas, CT5 – Energia e matéria, CT6 – Estrutura e função e o CT7 – Estabilidade e mudança

⁵⁸ Ideias Centrais Disciplinares: ICD1 – Ciências físicas, ICD2 – Ciências da vida, A ICD3 – Ciências da Terra e espaciais ICD4 – Engenharia, Tecnologia e aplicações da Ciência

A partir das informações expostas no Quadro 43 notamos que ao responderem as questões pré e pós presentes nas quatro atividades experimentais os estudantes puderam se envolver em seis das Práticas Científicas citadas no NRC (2012), a saber: PC3 – Planejar e realizar investigações, PC4 – Analisar e interpretar dados; PC5 – Fazer uso do pensamento matemático e computacional; PC6 – Construir explicações; PC7 – Argumentar a partir de evidências; e PC8 – Obter, avaliar e comunicar a informação.

Não foram identificadas, nas respostas dos licenciandos, indícios das Práticas Científicas, PC1 – Fazer perguntas e a PC2 – Desenvolver e usar modelos. A PC1 diz respeito à situações em que os estudantes são solicitados a elaborar uma pergunta científica sobre um evento, observação, fenômeno, cenário ou modelo do mundo real. A PC2 refere-se a situações em que os estudantes são solicitados a construir uma representação gráfica, computacional, simbólica ou pictórica e usá-la para explicar ou prever um evento, observação ou fenômeno, respectivamente.

Evidências da PC3 foram identificadas nas respostas dos estudantes em questões das atividades experimentais 1, 2, e 4, uma vez que os estudantes foram solicitados a projetar um método experimental ou identificar um conjunto de observações que podem ser usadas para responder a uma questão científica ou testar uma afirmação ou hipótese, como nos casos quando os estudantes planejaram vários métodos de separação dos diferentes tipos de plásticos, ou quando indicaram procedimentos para identificar as características ácidas e/ou básicas de um solo, ou ainda no momento em que sugeriram testes para investigar a alta densidade do Mar Morto.

Evidências da PC4 foram identificadas nas respostas dos estudantes em questões das atividades experimentais 1, 2, 3 e 4, uma vez que os estudantes foram solicitados a analisar e interpretar as informações de todas as situações-problema, assim como analisar e interpretar as informações contidas nos vídeos dos experimentos científicos. Quando os estudantes interpretam o texto dizendo seu o pH o assunto principal do texto, ou no momento em que analisam as informações do vídeo e descreveram que foi possível observaram a mudança de cor no momento em que foi adicionado o indicador, outro momento foi quando os estudantes analisaram as informações da questão para representar a reação de queima da lenha, assim quando eles analisaram o vídeo e identificaram a formação de cristais de sais durante o aquecimento.

Evidências da PC5 foram identificadas nas respostas dos estudantes em questões das atividades experimentais 2, 3, e 4 uma vez que os estudantes foram solicitados a usar o raciocínio matemático, efetuar cálculos e interpretar os resultados de um determinado evento, observação ou fenômeno, como nos casos quando os estudantes a partir dos valores de densidade de vários polímeros definem os materiais que afundariam ou não em água; ou quando determinam a fórmula percentual na reação de combustão da queima da lenha, ou ainda quando determinam a salinidade da água de alguns mares.

Evidências da PC6 foram identificadas nas respostas dos estudantes em questões das atividades experimentais 1, 2, 3 e 4, uma vez que os estudantes foram solicitados a explicar um determinado evento, observação ou fenômeno, como quando os estudantes constroem explicações acerca da produção de feijão em terras próximas a uma indústria de calcário, ou quando explicam porque determinados tipos de plásticos afundam ou não em um certo solvente, ou quando os estudantes buscam explicar a diferença no valor da massa, verificado na balança, resultante da reação de combustão de alguns materiais (papel, algodão e esponja de aço) e, quando buscam explicar a alta densidade do Mar Morto.

Evidências da PC7 foram identificadas nas respostas dos estudantes em questões das atividades experimentais 1, 2, 3 e 4, uma vez que os estudantes foram solicitados a fornecer um raciocínio baseado em evidências para apoiar uma afirmação, como no caso quando os estudantes argumentam a partir das evidências apresentadas nos vídeos dos experimentos científicos que abordam sobre a diferença do pH de alguns materiais, a densidade de sólidos em líquidos, a conservação de massas em processos químicos, e a concentração de sais em soluções aquosas.

Evidências da PC8 foram identificadas nas respostas dos estudantes em questões das atividades experimentais 1, 2, 3 e 4, uma vez que os estudantes foram solicitados a dar sentido às informações ou ideias apresentadas, expressando suas conclusões sobre os fenômenos em estudo.

Quanto aos Conceitos Transversais, identificamos nas respostas dos estudantes, indícios de todos eles, no que diz respeito as quatro atividades experimentais propostas.

Evidências do CT1 foram identificadas nas respostas dos estudantes em questões das atividades experimentais 1, 2 e 4, uma vez que os estudantes foram solicitados a identificar padrões ou tendências emergentes de eventos, observações

ou dados, como nos casos quando observam padrões entre as embalagens que flutuavam ou afundavam na água, padrões nas colorações dos diferentes materiais ao utilizarem indicadores ácido-base ou ainda quando identificam padrões em relação a concentração de sais dissolvidos na água e o valor da densidade da água do mar.

Evidências do CT2 foram identificadas nas respostas dos estudantes em questões das atividades experimentais 1, 2, 3 e 4, uma vez que os estudantes foram solicitados a identificar aspectos que ligam as causas aos efeitos dos fenômenos em estudo, como quando os estudantes buscam identificar as causas da baixa produção de feijão em alguns terrenos, ou quando identificam características específicas de embalagens plásticas, ou quando buscam as causas das massas aumentarem ou diminuírem após a combustão de alguns materiais, ou ainda quando buscam explicar a alta densidade do Mar Morto.

Evidências do CT3 foram identificadas nas respostas dos estudantes em questões das atividades experimentais 3 e 4, uma vez que os estudantes foram solicitados a comparar escalas ou proporções entre objetos, processos ou propriedades e/ou a identificar relações entre duas ou mais variáveis a partir dos dados, como quando os estudantes mencionam quantificar íons H^+ a fim de investigar a acidez do solo; ou quando mencionam acerca da massa da lenha antes de ser queima e da quantidade de cinzas formadas após a combustão, ou ainda quando buscam determinar a relação entre a concentração de sais dissolvidos na água do mar e o valor da densidade.

Evidências do CT4 foram identificadas nas respostas dos estudantes em questões da atividade experimental 3 uma vez que os estudantes foram solicitados a explicar acerca da conservação da massa em processos químicos, considerando que elas ocorram em sistemas abertos ou fechados, ou seja, com ou sem transferência de energia e matéria para o meio. Na atividade de combustão os estudantes responderam que a reação de combustão também vai depender do sistema ser aberto ou fechado, onde haverá perda de massa para o meio externo.

Evidências do CT5 foram identificadas nas respostas dos estudantes em questões da atividade experimental 2, uma vez que os estudantes foram solicitados a descrever acerca das transformações de energia ou matéria dentro ou entre sistemas, ou entre um sistema e seus arredores, com reconhecimento explícito de que a energia e/ou matéria são conservados, como no caso quando os estudantes mencionam a luz como uma fonte de energia, que interage com a matéria modificando sua estrutura.

Evidências do CT6 foram identificadas nas respostas dos estudantes em questões das atividades experimentais 1 e 2, uma vez que os estudantes foram solicitados a prever ou explicar uma função ou propriedade com base em uma estrutura, ou que descreva qual estrutura poderia levar a uma determinada função ou propriedade, como quando os estudantes explicam que a produção de feijão depende das características ácidas ou básicas do solo, além dos nutrientes, ou quando mencionam que a flutuabilidade dos materiais depende da densidade.

Evidências do CT7 foram identificadas nas respostas dos estudantes em questões da atividade experimental 3, uma vez que os estudantes foram solicitados a determinar se um sistema é estável e fornecer evidências para isso, ou quais forças, taxas ou processos tornam um sistema estável ou ainda sob quais condições um sistema é desestabilizado, por exemplo, quando os estudantes descrevem as mudanças que ocorreram, nos materiais analisados, durante o processo de combustão e as variáveis envolvidas nesse processo químico.

Quanto às Ideias Centrais Disciplinares, identificamos nas respostas dos estudantes, conceitos associados aos grupos ICD1 e ICD2. A maior ocorrência relaciona-se aos conceitos do grupo ICD1 – Ciências físicas –, devido às atividades experimentais abordarem temas correlacionados aos conceitos de acidez e basicidade de substâncias, densidade dos materiais, conservação de massas em processos químicos e concentração de sais.

Em relação ao grupo ICD1, encontramos conceitos relacionados à esse grupo nas respostas dos estudantes para as questões pré e pós-experimento de todas as atividades experimentais, uma vez que ao responderem às questões os estudantes fundamentavam suas respostas em conceitos como: matéria e suas interações, concentrações de íons H^+ e OH^- , alteração de pH, conceitos de ácidos e bases, dissociação e ionização, propriedades físicas e químicas dos materiais, temperatura, densidade, conservação das massas em processos químicos, reações químicas, leis ponderais, composição percentual, estados da matéria, concentração de sais em soluções.

Evidenciamos alguns poucos indícios da ICD2, nas respostas dos estudantes para as questões pré e pós-experimento das atividades experimentais 1 e 4, por exemplo quando os estudantes mencionam a respeito dos fatores biológicos que afetam a planta ou quando os estudantes respondem que a quantidade de sal presente nas águas impossibilita a vida marinha no Mar Morto.

Não identificamos, nas respostas dos estudantes, indícios relacionados aos grupos ICD3 e ICD4. A ICD3 – Ciências da Terra e espaciais, relaciona-se com os processos ocorridos na Terra, ao sistema solar e a galáxia, abrangendo o tamanho, idade, estrutura, composição e comportamento da Terra, do Sol e da Lua. A ICD4 – Engenharia, Tecnologia e aplicações da Ciência – diz respeito à compreensão de práticas de engenharia para serem utilizadas em sala de aula, na busca de aplicar o conhecimento científico para ensinar os estudantes em como a Ciência é utilizada.

Diante das análises realizadas, podemos observar que ao se envolverem nas atividades experimentais propostas na disciplina, principalmente ao responderem as questões pré e pós-experimento, os estudantes puderam lidar com diferentes Dimensões da Aprendizagem Científica, uma vez que se engajaram em diferentes Práticas Científicas, abordaram diversos Conceitos Transversais e fizeram uso de alguns grupos de Ideias Centrais Disciplinares. De um modo geral, podemos apontar que as atividades experimentais propostas possibilitaram que os estudantes se envolvessem com as distintas dimensões. Houseal (2016), em seu estudo, mostra a importância em trabalhar o ensino tridimensional como ferramenta para ajudar o estudante a fazer ciência, pois “os alunos aprendem ciência engajando-se ativamente nas práticas da ciência” (HOUSEAL, 2016, p. 01).

Esse “fazer” da ciência compete a combinação das três dimensões, “quando as dimensões são combinadas e funcionam juntas, como fios de uma corda, o aprendizado é mais forte” (KRAJCIK *et al.*, 2014, p. 123). Participar de atividades de ensino que relacionem as três dimensões ajuda os estudantes a construir uma compreensão mais ampla e sólida das ideias da Ciência, quanto maior a conexão entre as dimensões maior será a capacidade do estudante em resolver problemas, tomar decisões, explicar fenômenos, além de adquirir uma extensa rede de ideias interligadas, o que acaba contribuindo para ajudar a compreender e explicar os fenômenos científicos (KRAJCIK, 2014).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Mediante as análises realizadas das respostas dos estudantes para as questões pré e pós experimento para as atividades experimentais propostas aos licenciandos em Química e considerando nossa questão de pesquisa: Quais Dimensões da Aprendizagem Científica são manifestadas por licenciandos ao participarem de atividades experimentais em aulas remotas de química? Apresentamos uma síntese dos principais resultados.

Ao analisar as respostas dos estudantes para as questões pré e pós-experimento dos temas: Plantação de feijão, Plásticos, Combustão e Mar Morto, evidenciamos indícios de seis das oito Práticas Científicas mencionadas no referencial do NRC (2012), sendo elas: a PC3 – Planejar e realizar investigações, PC4 – Analisar e interpretar dados; PC5 – Fazer uso do pensamento matemático e computacional; PC6 – Construir explicações; PC7 – Argumentar a partir de evidências; e PC8 – Obter, avaliar e comunicar a informação. Com relação aos Conceitos Transversais identificamos indícios dos sete: o CT1 – Padrões, CT2 – Causa e efeito: mecanismo e previsão, CT3 – Escala, proporção e quantidade, CT4 – Sistemas e modelos de sistemas, CT5 – Energia e matéria, CT6 – Estrutura e função e o CT7 – Estabilidade e mudança; e conceitos relacionados a dois grupos de Ideias Centrais Disciplinares: a ICD1 – Ciências físicas e a ICD2 – Ciências da vida.

Ao se envolver em tais dimensões, os estudantes são instigados a repensar uma visão de educação científica muitas vezes difundida, passando a conceber que aprender Ciências consiste em se envolver ativamente nas práticas da Ciência, incluindo a realização de investigações, compartilhamento de ideias, modelagem dos fenômenos e a comunicação das nossas ideias aos colegas.

Destacamos a importância de oportunizar a conexão das três Dimensões da Aprendizagem Científica em situações de ensino, ressaltando que o professor pode explorar cada uma delas em momentos oportunos e/ou integrá-las sempre que possível.

A relevância em integrar tais dimensões consiste no fato de que, embora o conteúdo (ICD) sozinho possa ser muito interessante, quando apresentado isoladamente, os alunos não têm a oportunidade de participar plenamente da Ciência ou fazer conexões dentro de temas unificadores mais amplos que conectam as disciplinas científicas.

Quanto aos temas unificadores (CT), estes sozinhos não fornecem conexões com as maneiras como os cientistas trabalham, explorando novas ideias e as compreensões já estabelecidas.

Por sua vez, ensinar as Práticas Científicas de forma isolada acaba reforçando os alunos a entender o design experimental ou o “método científico” apresentado de forma sequencial e não explorando relações com temáticas e conceitos científicos interessantes.

Neste sentido, acreditamos que pensar em situações de ensino, a partir destas dimensões, pode levar os estudantes, neste caso, também futuros professores, a pensar e propor ações de ensino e aprendizagem que ajudam a compreender como os conceitos científicos são construídos.

Vale ressaltar que tal integração não ocorre em apenas uma aula, ou uma única atividade, e sim várias aulas com o uso de atividades experimentais ou não, são necessárias para que os estudantes possam vivenciar distintas dimensões.

Como limitações desse estudo, destacamos que não foram identificadas todas as dimensões, considerando as quatro atividades experimentais analisadas. Esse fato, pode ser justificado, uma vez que as atividades não foram pensadas previamente a partir destas dimensões, o que poderia garantir uma maior diversidade e o engajamento dos estudantes em um maior número delas.

Como perspectiva futura pretendemos realizar outros estudos em que os planejamentos de ensino considerem as dimensões previamente, oportunizando o engajamento dos estudantes em diferentes Dimensões da Aprendizagem Científica.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, F. G.; BROIETTI, F. C. D.; ARRIGO, V.; ASSAI, N. D. S. Integração entre o método Jigsaw e a experimentação investigativa para o estudo de Cinética Química. **Revista da Sociedade Brasileira de Ensino de Química**, [s. l.], v. 2, n. 1, p. e022109-20, 2021.
- ALMEIDA, F. G.; BROIETTI, F. C. D. Explorando o pensamento químico de licenciandos em aulas experimentais remotas. **Química nova na escola**. [No prelo].
- ARRUDA, S. M. PASSOS, M. M.; PIZA, C. A. M.; FELIX, R. A. B. O aprendizado científico no cotidiano. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 19, p. 481-498, 2013.
- ASSAI, S. N. D.; FREIRE, L. I. F. A utilização de atividades experimentais investigativas e o uso de representações no ensino de cinética química. **Experiências em Ensino de Ciências**, [s. l.], v. 12, n. 6, p. 153-172, 2017.
- BARDIN, L. Análise de conteúdo. São Paulo: Edições 70, 2011.
- BOGDAN, R. C.; BIKLEN, S. K. **Investigação qualitativa em educação**. Portugal: Porto Editora, 1994.
- BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília: MEC, 2017.
- BROIETTI, F. C. D.; FERRACIN, T. P.; ARRIGO, V. Explorando o conceito “Densidade” com estudantes do ensino fundamental. **Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias**: Góndola, Ens Aprend Cienc, [s. l.], v. 13, n. 2, p. 201-217, 2018.
- BROIETTI, F. C. D.; NORA, P. S.; COSTA, S. L. R. Dimensions of Science Learning: a study on PISA test questions involving chemistry content. **Acta Scientiae**, [s. l.], v. 21, n. 1, p. 95-115, 2019.
- BYBEE, R. W. Scientific and engineering practices in K-12 classrooms: Understanding a framework for K-12 science education. **Science and Children**, [s. l.], v. 49, n. 4, p. 10, 2011.
- CHARLES W. A.; GANE B.; HMELO-SILVER C. E.; MOHAN, L; VO, T. CCCs as epistemic heuristics to guide student sense-making of phenomena. *In*: **Summit for Examining the Potential for Crosscutting Concepts to Support Three-Dimensional Learning**: Conference Proceedings. 2018, p. 51-65. University of Virginia – Darden Sands Family Grounds Arlington, VA., 2018.
- COSTA, S. L. R. **Práticas Científicas no Ensino de Ciências**: Características, Entendimentos e Contextos das Publicações. 2021, 107 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Educação Matemática) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2021.

COSTA, S. L. R.; BROIETTI, F. C. D.; OBARA, C. E. Identifying Scientific Practices in a Science, Technology and Society Themed Workshop. **Acta Didactica Napocensia**, [s. l.], v. 14, n. 2, p. 181-193, 2021.

DUSCHL, R. A. The second dimensión – crosscutting concepts. **The Science Teacher**, [s. l.], v. 9, n. 2, p. 34-38, 2012.

DUSCHL, R. A.; BYBEE, R. W. Planning and carrying out investigations: An entry to learning and to teacher professional development around NGSS science and engineering practices. **International Journal of STEM education**, [s. l.], v. 1, n. 1, p. 1-9, 2014.

ESTEVIÃO, A. COVID-19. **Acta Radiológica Portuguesa**, [s. l.], v. 32, n. 1, p. 5-6, 2020.

FANTINI, L. H. **O uso de vídeos em aulas de Química**. 2016. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Ciências) – FaE-UFMG, Belo Horizonte, 2016.

FERREIRA, L. H.; HARTWIG, D. R.; OLIVEIRA, R.C. Ensino experimental de química: uma abordagem investigativa contextualizada. *Química nova na Escola*, v. 32, n. 2, p. 101-106, 2010.

FICK, S. J. What does three-dimensional teaching and learning look like?: Examining the potential for crosscutting concepts to support the development of science knowledge. **Science Education**, [s. l.], v. 102, n. 1, p. 5-35, 2017.

FICK, S. J.; COHEN, L. B.; RIVET, A.; COOPER, M.; BUELL, J.; BADRINARAYAN, A. Summit for Examining the Potential for Crosscutting Concepts to Support Three-Dimensional Learning: Conference Proceedings. *In: Summit for Examining the Potential for Crosscutting Concepts to Support Three-Dimensional Learning: Conference Proceedings*. 2019.

FLICK, U. **Métodos de pesquisa**: introdução à pesquisa qualitativa. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.

FRANCISCO JUNIOR, W. E.; FRANCISCO, W. Leitura e demonstração de experimentos por meio de vídeos: análise de uma proposta a partir da escrita dos estudantes. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, [s. l.], v. 13, n. 2, p. 049-065, 2013.

GARCÍA-CARMONA, A. From inquiry-based science education to the approach based on scientific practices. **Science & Education**, [s. l.], v. 29, n. 2, p. 443-463, 2020.

GONÇALVES, F. P.; MARQUES, C. A. A experimentação na docência de formadores da área de ensino de química. **Química Nova na Escola**, [s. l.], v. 38, n. 1, p. 84-98, 2016.

GONÇALVES, R. P. N.; GOI, M. E. J. A experimentação investigativa no ensino de Ciências na educação básica. **Revista Debates em Ensino de Química**, [s. l.], v. 4, n. 2 (esp.), p. 207-221, 2018.

HARRIS, C. J.; KRAJCIK, J. S.; PELLEGRINO, J. W.; MCELHANEY, K. W. **Constructing assessment tasks that blend disciplinary core ideas, crosscutting concepts, and science practices for classroom formative applications**. Menlo Park, CA: SRI International, 2016.

HOUSEAL, A. K. A visual representation of three-dimensional learning: A model for understanding the power of the framework and the NGSS. **The Electronic Journal for Research in Science & Mathematics Education**, [s. l.], v. 20, n. 9, 2016.

KRAJCIK, J.; CODERE, S.; DAHSAH, C.; BAYER, R.; MUN K. Planning instruction to meet the intent of the Next Generation Science Standards. **Journal of Science Teacher Education**, [s. l.], v. 25, n. 2, p. 157-175, 2014.

LAVERTY, J. T.; UNDERWOOD S. M.; MATZ, R. L.; POSEY, L. A.; CARMEL J. H.; CABALLERO, M. D.; HARTLEY, C. L. F.; EBERT-MAY, D. E.; JARDELEZA, S. E.; COOPER, M. M. Characterizing college science assessments: The three-dimensional learning assessment protocol. **PloS one**, [s. l.], v. 11, n. 9, p. e0162333, 2016.

LEIRIA, T. F.; MATARUCO, S. M. C. O papel das atividades experimentais no processo ensino-aprendizagem de física. *In*: EDUCERE – Congresso Nacional de Educação, 12., 2015, São Paulo. **Anais** [...]. São Paulo, 2015.

LÔBO, S. F. O trabalho experimental no ensino de química. **Química Nova**, [s. l.], v. 35, p. 430-434, 2012.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **A framework for K-12 science education: Practices, crosscutting concepts, and core ideas**. [S. l.]: National Academies Press, 2012.

NGSS LEAD STATES. **Next generation science standards: For states, by states**. Washington: The National Academies Press, 2013.

NORA, P. S. **As dimensões da aprendizagem científica em questões do PISA que abordam conteúdos químicos**. 2017. 202 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Educação Matemática) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2017.

NORA, P. S.; BROIETTI, F. C. D. Práticas Científicas identificadas nas ações docentes em aulas de Química. **REXE: Revista de estudios y experiencias en educación**, [s. l.], v. 21, n. 46, p. 113-139, 2022.

NRC – NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas**. Committee on Conceptual Framework for the New K-12 Science Education standards, 2012. 320 p. Disponível em: <https://www.nap.edu/read/13165/a-framework-for-k-12-science-education-practices-crosscutting-concepts>. Acesso em: 18 jan. 2022.

NRC – NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **National Science Education Standards**. Washington-DC: National Academic Press, 1996.

ÖBERG, G.; CAMPBELL, A. Navigating the divide between scientific practice

and science studies to support undergraduate teaching of epistemic knowledge. *International Journal of Science Education*, v. 41, n. 2, p. 230–247, 2019.

OECD – ORGANIZATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT. **Matriz de avaliação de ciências**. Tradução do documento: Pisa 2013. Draft Science Framework, 2015. Tradução Leonice Medeiros – Daeb/Inep. Disponível em: https://download.inep.gov.br/acoes_internacionais/pisa/marcos_referenciais/2015/matriz_de_ciencias_PISA_2015.pdf. Acesso em: 22 jun. 2022.

OSBORNE, J. Teaching scientific practices: meeting the challenge of change. *Journal of Science Teacher Education*, [s. l.], v. 25, n. 2, p. 177-196, 2014.

PISA. Programme International for Student Assessment. 2018. Disponível em: www.oecd.org/pisa/. Acesso em: 14 jun. 2022.

PRINS, G. T.; BULTE, A. M.; PILOT, A. Designing context-based teaching materials by transforming authentic scientific modelling practices in chemistry. *International Journal of Science Education*, v. 40, n. 10, p. 1108–1135, 2018.

REISER, B. J.; NOVAK, M.; MCGILL, T. A. W. Coherence from the students' perspective: Why the vision of the framework for K-12 science requires more than simply “combining” three dimensions of science learning. *In: Board on Science Education Workshop “Instructional Materials for the Next Generation Science Standards”*. 2017.

RICKETTS, Amy. Preservice elementary teachers' ideas about scientific practices. *Science & Education*, [s. l.], v. 23, n. 10, p. 2119-2135, 2014.

RIVET, A. E.; WEISER, G.; LYU, X.; LI, Y.; ROJAS-PERILLA, D. **What are crosscutting concepts in science?** Four metaphorical perspectives. Singapore: International Society of the Learning Sciences (ICLS), 2016. v. 02.

SALESSE, A. M. T. **A experimentação no ensino de química**: importância das aulas práticas no processo de ensino-aprendizagem, 2012. p. 0-40. Graduação em Educação: Métodos e Técnicas de Ensino, Modalidade de Ensino a Distância, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR – Medianeira, 2012.

SILVA, V. G. **A importância da experimentação no ensino de química e ciências**. 2016. p. 0-42. Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Estadual Paulista – UNESP, Bauru, 2016.

SOUZA, F. L.; AKAHOSHI, L. H.; MARCONDES M. E. R.; CARMO M. P. **Atividades experimentais investigativas no ensino de química**. São Paulo: EDUSP, 2013.

SUART, R. C.; MARCONDES M. E. R. Atividades experimentais investigativas; habilidades cognitivas manifestadas por alunos do ensino médio. *In: ENCONTRO NACIONAL DE ENSINO DE QUÍMICA*, 14., 2008, Curitiba. **Anais** [...]. Curitiba, UFPR, 2008.

TENREIRO-VIEIRA, C.; VIEIRA, R. M. Literacia e pensamento crítico: um referencial para a educação em ciências e em matemática. **Revista Brasileira de Educação**, [s. l.], v. 18, n. 52, p. 163-188, 2013.

WATANABE, A.; BALDORIA, T.; AMARAL, C. L. C. O vídeo como recurso didático no ensino de química. **RENOTE**, [s. l.], v. 16, n. 1, 2018.

ZANON, D. A. V.; FREITAS, D. A aula de ciências nas séries iniciais do ensino fundamental: ações que favorecem a sua aprendizagem. **Ciências & Cognição**, Rio de Janeiro: UFRJ, v. 10, p. 93-103, mar. 2007.