



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO ACADÊMICO DO AGRESTE
NÚCLEO DE FORMAÇÃO DOCENTE
QUÍMICA - LICENCIATURA**

ELENILTON HELENO DA SILVA

**ARTICULAÇÃO DE CONCEITOS QUÍMICOS PARA COMPREENSÃO DA AÇÃO
DE ENZIMAS NO ORGANISMO A PARTIR DE UMA ABORDAGEM
EXPERIMENTAL PROBLEMATIZADORA**

Caruaru

2024

ELENILTON HELENO DA SILVA

**ARTICULAÇÃO DE CONCEITOS QUÍMICOS PARA COMPREENSÃO DA AÇÃO
DE ENZIMAS NO ORGANISMO A PARTIR DE UMA ABORDAGEM
EXPERIMENTAL PROBLEMATIZADORA**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Química -
Licenciatura do Centro Acadêmico do
Agreste da Universidade Federal de
Pernambuco, como requisito parcial para
obtenção do título de Licenciado em
Química.

Área de concentração: Ensino de
Química

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Regina Célia Barbosa de Oliveira

Caruaru

2024

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do programa de geração automática do SIB/UFPE

SILVA, Elenilton Heleno da .
ARTICULAÇÃO DE CONCEITOS QUÍMICOS PARA COMPREENSÃO
DA AÇÃO DE ENZIMAS NO ORGANISMO A PARTIR DE UMA
ABORDAGEM EXPERIMENTAL PROBLEMATIZADORA / Elenilton
Heleno da SILVA. - Caruaru, 2024.
65 p.

Orientador(a): Regina Célia Barbosa de Oliveira
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal de
Pernambuco, Centro Acadêmico do Agreste, Química - Licenciatura, 2024.
Inclui referências, apêndices.

1. Ensino de Química . 2. Aprendizagem Significativa . 3. Problemática .
4. Enzimas. 5. Conceitos químicos . I. Oliveira , Regina Célia Barbosa de .
(Orientação). II. Título.

540 CDD (22.ed.)

ELENILTON HELENO DA SILVA

**ARTICULAÇÃO DE CONCEITOS QUÍMICOS PARA COMPREENSÃO DA AÇÃO
DE ENZIMAS NO ORGANISMO A PARTIR DE UMA ABORDAGEM
EXPERIMENTAL PROBLEMATIZADORA**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Química -
Licenciatura da Universidade Federal de
Pernambuco, como requisito parcial para
obtenção do título de Licenciado em
Química.

Aprovado em: 14/10/2024

BANCA EXAMINADORA

Prof.^a Dr.^a Regina Célia Barbosa de Oliveira (Orientadora)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof.^a Dr.^a Ana Paula de Souza de Freitas (Examinadora interna)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof.^a Dr.^a Luana Oliveira dos Santos (Examinadora interna)
Universidade Federal de Pernambuco

A minha mãe (in memoriam), que mesmo não estando mais nesse plano, se faz
presente em espírito durante toda minha vida.
Foi pra você e por você. Te amo, mãe!

AGRADECIMENTOS

A Deus, por ter me dado paciência e sabedoria para sobreviver aos obstáculos da vida e da graduação.

A minha professora e orientadora, Regina Célia, por ter carinhosamente me adotado desde o sétimo período, quando eu sequer sonhava em ser seu orientando. Por toda a dedicação, paciência e empenho desde quando eram só ideias soltas, até tornar-se um TCC. A senhora é incrível, gratidão eterna por tudo.

A minha esposa Gaby, por nunca sair do meu lado e acompanhar o início, meio e fim desse trabalho.

A minha tia Tete, por ter me dado um lar e apoio durante todos esses anos.

Aos meus dois pilares da graduação e meus melhores amigos, Paula e Kleyton, por estarem comigo desde o primeiro período. A Ailton e Paula por dúvidas e compartilhamento de ideias quando estávamos desenvolvendo nossos TCCs, vocês de fato foram meus coorientadores.

Aos meus amigos de curso Duda, Carol e Wesley, por tornarem minha graduação mais leve. Pra sempre seremos os 7 sete pecados capitais. E não poderia deixar de fora Vanessa, Paloma e Thaís, vocês completam nossa turma. Foi muito bom partilhar esses cinco anos de graduação com todos vocês.

Aos mestres Ayron, Luana, Ana Paula Souza, Ricardo e Gilmara, por todos os ensinamentos, aperreios e risadas durante suas aulas.

Aos meus amigos e amigas de vida, que incentivaram e me deram apoio desde o início. A todos que direta ou indiretamente participaram da minha vida desde o ensino fundamental, até o superior.

Enfim, deu certo.

RESUMO

O presente trabalho consiste em identificar quais as possíveis contribuições do uso da problematização aliada a experimentação na construção de uma aprendizagem significativa de conceitos químicos, por parte de um grupo de estudantes da educação básica. Como aporte teórico, foi adotado a metodologia da problematização com o Arco de Maguerez e a Aprendizagem Significativa de Ausubel. Como caminho metodológico, foi escolhido a aplicação de uma Sequência-Didática que contemplou a experimentação e a problematização, buscando relacionar os conceitos químicos a situações diversas. A pesquisa se configura com uma abordagem qualitativa e descritiva, e para sua coleta de dados foram utilizadas entrevistas semi-estruturadas com os estudantes, anotações de campo e observação participante. A análise de dados foi realizada através da categorização dos tipos aprendizagens significativas e pelo uso da associação e assimilação de conceitos e ideias trabalhadas na sequência. Foram evidenciadas as contribuições da inserção da experimentação problematizadora quando os estudantes apresentaram uma compreensão do fenômeno, articulado aos conceitos químicos em contextos diversos da sala de aula, ao mesmo tempo em que demonstraram uma aprendizagem significativa relacionada à temática apresentada. Assim, foi possível observar a aprendizagem conceitual quando: os estudantes apresentaram uma compreensão dos conceitos de cinética química; a representacional quando: os estudantes articularam as reações químicas ao funcionamento das enzimas; e a proposicional quando: os estudantes associaram os experimentos ao funcionamento das enzimas.

Palavras-chave: Problematização; Aprendizagem Significativa; conceitos químicos.

ABSTRACT

This study aims to identify the possible contributions of using problematization combined with experimentation in constructing meaningful learning of chemical concepts by a group of basic education students. As a theoretical framework, the problematization methodology with the Maguerez Arc and Ausubel's Meaningful Learning theory were adopted. The chosen methodological approach was the application of a Didactic Sequence that included experimentation and problematization, aiming to relate chemical concepts to diverse situations. The research follows a qualitative and descriptive approach, and for data collection, semi-structured interviews with students, field notes, and participant observation were used. Data analysis was conducted through categorization of the types of meaningful learning and the use of association and assimilation of concepts and ideas worked on throughout the sequence. The contributions of inserting problematizing experimentation were highlighted when students demonstrated an understanding of the phenomenon, linked to chemical concepts in various classroom contexts, while also showing meaningful learning related to the presented theme. Thus, it was possible to observe conceptual learning when: students showed an understanding of chemical kinetics concepts; representational learning when: students connected chemical reactions to enzyme functions; and propositional learning when: students associated experiments with enzyme functions.

Keywords: Problematization; Meaningful Learning; chemical concepts.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 –	Representação genérica de uma reação química	23
Figura 2 –	Reação de oxirredução do peróxido de hidrogênio	24
Figura 3 –	Gráfico concentração x tempo	25
Figura 4 –	Reação com enzimas x sem enzimas	26
Figura 5 –	Equação de decomposição do peróxido de hidrogênio	26
Figura 6 –	Equação de velocidade média	26
Figura 7 –	Equação da lei de velocidade instantânea	27

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 –	Arco de Maguerez por Berbel (1995)	16
Quadro 2 –	Classificação das enzimas	22
Quadro 3 –	Conceitos que podem ser articulados ao funcionamento das enzimas	23
Quadro 4 –	Definição das categorias baseadas nos tipos de aprendizagens significativas	34

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BNCC	Base Nacional Comum Curricular
PCNEM	Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino médio
SD	Sequência Didática
SP	Situação-Problema
IUBMB	União Internacional de Bioquímica e Biologia Molecular
UEL	Universidade Estadual de Londrina
pH	Potencial Hidrogeniônico

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	13
2	OBJETIVOS.....	15
2.1	OBJETIVO GERAL.....	15
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	15
3	REVISÃO DE LITERATURA.....	16
3.1	EXPERIMENTAÇÃO PROBLEMATIZADORA NO ENSINO DE QUÍMICA	16
3.2	CONTEXTUALIZAÇÃO DE CONCEITOS QUÍMICOS A PARTIR DA ATIVIDADE ENZIMÁTICA NO ORGANISMO HUMANO.....	19
3.2.1	Aspectos da contextualização no ensino de ciências.....	19
3.2.2	Conceitos químicos que podem ser articulados na abordagem do funcionamento das enzimas no organismo.....	21
3.3	TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA.....	28
4	METODOLOGIA.....	31
4.1	PARTICIPANTES DO CAMPO DE PESQUISA.....	31
4.2	CONSTRUÇÃO DE DADOS.....	32
4.3	ANÁLISE DE DADOS.....	34
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	35
5.1	ENTREVISTA SEMI-ESTRUTURADA 1.....	35
5.2	OBSERVAÇÃO PARTICIPANTE E REGISTROS DE CAMPO.....	37
5.2.1	Momento 1: Problematização inicial.....	37
5.2.2	Momento 2: Simulação da enzima catalase no organismo e influência da temperatura na atividade enzimática.....	40
5.2.3	Momento 3: Relação pH x faixa de pH e influência do pH na atividade enzimática.....	43
5.2.4	Momento 4: Retorno ao problema inicial e finalização da SD.....	46
5.3	ENTREVISTA SEMI-ESTRUTURADA 2.....	48
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	52
	REFERÊNCIAS.....	53
	APÊNDICE A - Entrevista semi-estruturada 1.....	56
	APÊNDICE B - Sequência Didática.....	57
	APÊNDICE C - Texto contendo informações das enzimas.....	62

APÊNDICE D - Situação-problema.....	63
APÊNDICE E - Entrevista semi-estruturada 2.....	64

1 INTRODUÇÃO

O processo de ensino e aprendizagem de química tem sido objeto de estudo na área de educação e ensino. Desses estudos, observa-se um consenso entre os autores acerca de contribuições importantes das metodologias ativas, como problematização e experimentação na aprendizagem de conceitos químicos, conforme sinalizam Gonçalves e Goi (2020) e Melo, Oliveira e Nascimento (2021). Contudo, podemos dizer que, apesar de consideráveis investidas nas pesquisas em ensino de química, no cotidiano escolar, ainda observa-se dificuldades de materialização dessas investidas, predominando o ensino tradicional, centrado no professor, prevalecendo processos de memorização de conteúdos pelos estudantes.

Nesse sentido, pensamos que a inserção de metodologias ativas de ensino, podem contribuir para o ensino e aprendizagem na construção dos conceitos químicos por estudantes. Diante disso, os autores Ferreira, Hartwig e Oliveira (2009), apontam que o uso da experimentação no ensino de química, tenderá a ser um recurso pedagógico que irá colaborar com a ilustração de termos e conceitos científicos vistos em sala. Entretanto, segundo os autores, a experimentação ainda é usada de maneira errônea, isto é, grande parte das práticas experimentais utilizadas em salas de aula, demandam o uso de roteiros prontos em que os estudantes apenas seguem um passo-a-passo, sem conexão com os conteúdos vistos anteriormente.

Nesse cenário, a partir das contribuições de Galiazzi e Gonçalves (2004), espera-se que a proposta de atividades experimentais e problematização possa favorecer o protagonismo dos estudantes na construção do seu conhecimento, bem como, estimular o pensamento crítico e a colaboração. Em consonância, Silva e Bedin (2019) defendem que estratégias didáticas cooperativas que fomentem o debate de questões acerca da cidadania, formação humana e favoreçam a autonomia do estudante, podem contribuir para sua formação sociocultural. Dessa forma, Silva e Pires (2020), apontam que é necessário que o professor busque por meios e métodos que incrementem na construção do conhecimento, bem como, na reflexão acerca do conteúdo estudado. Assim, acreditamos que uma das maneiras de materializar o que propõem os autores seria a inserção de metodologias ativas, buscando tornar o ensino e aprendizagem mais dinâmico e eficaz.

Para Batinga e Teixeira (2014), uma possibilidade de atender a essas demandas seria a utilização da metodologia de resolução de problemas, pois, segundo os autores, essa metodologia propicia o envolvimento dos(as) estudantes em um processo reflexivo e argumentativo para tomada de decisões, em articulação com conceitos científicos. Corroborando, os autores ainda propõem que uma estratégia seria utilizar a experimentação articulada à uma situação-problema (SP), no sentido de favorecer a argumentação com o uso de evidências que tornam mais explícitas aos(as) estudantes a visão de uma Ciência em construção.

Dessa forma, entendendo que o modelo de ensino tradicionalista não estimula a curiosidade e criticidade de parte dos estudantes, o presente trabalho considera contribuir com pesquisas em ensino de química, a partir de uma abordagem experimental problematizadora. Com aporte em Berbel (1995, 1998); Galiuzzi e Gonçalves (2002) e em Ferreira, Francisco Jr, e Hartwig(2008), espera-se que atividades experimentais desenvolvidas possam favorecer o protagonismo dos estudantes na construção do seu conhecimento, a partir de uma SP sobre o funcionamento das enzimas no organismo, articulada aos conceitos químicos. Desse contexto, alicerçados em Melo, Oliveira e Souza (2021), em Galiuzzi e Gonçalves (2004), e em Suart (2009) esperamos que a articulação entre problematização e atividades experimentais possa constituir uma alternativa para a construção significativa do conhecimento, a partir de situações propícias à contextualização do conhecimento químico.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Investigar possíveis contribuições de uma abordagem experimental problematizadora na aprendizagem de conceitos químicos, articulados a uma situação contextualizada.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Analisar como o uso de uma abordagem experimental problematizadora pode contribuir para uma aprendizagem significativa de conceitos químicos.
2. Identificar situações que remetem à abstração de conceitos químicos associados à ação das enzimas no organismo.
3. Identificar a compreensão dos estudantes sobre a relação entre a cinética química e a atuação das enzimas no organismo.

3. REVISÃO DE LITERATURA

Essa seção consiste na fundamentação teórica do trabalho, que foi constituída por três tópicos principais: a experimentação problematizadora, a contextualização de conceitos químicos a partir da atividade enzimática no organismo, e a teoria da aprendizagem significativa. Como também, em cada tópico foi discutido as contribuições do uso de cada abordagem apresentada no trabalho.

3.1 EXPERIMENTAÇÃO PROBLEMATIZADORA NO ENSINO DE QUÍMICA

De acordo com Berbel e Colombo (2007), a metodologia da problematização com o Arco de Magueréz, começou a ser utilizada no Brasil no início da década de noventa na Universidade Estadual de Londrina (UEL), mais especificamente em cursos de saúde. A problematização possibilita que os estudantes possam aliar teoria à prática, a partir de problemas reais ou fictícios apresentados em atividades. A partir das contribuições observadas em cursos de saúde, essa metodologia foi inserida de maneira gradual em cursos da área educacional, como as licenciaturas, nas disciplinas de estágio supervisionado e em didática, sendo considerada como uma metodologia de ensino ou pesquisa.

Ainda de acordo com os autores, a utilização do Arco de Magueréz como metodologia educacional, possibilita que os estudantes observem sua realidade para que possam identificar problemas, partindo assim de aspectos que corroboram com a realidade dos estudantes. Desse modo, Berbel (1995), define o Arco de Magueréz em cinco etapas (Quadro 1):

Quadro 1 - Arco de Magueréz por Berbel (1995).

1. **Observação da realidade:** Inicialmente, os participantes da atividade passam a se apropriar das informações apresentadas no problema definido e com auxílio do professor, os estudantes analisam e identificam as situações pertinentes ao problema apresentado da atividade, definindo a problemática.
2. **Pontos Chave:** A partir da definição da problemática, os estudantes passam a refletir sobre os fatores que podem ou não estarem relacionados, ocorrendo um levantamento de ideias para a resolução do problema.
3. **Teorização:** Com os pontos-chaves definidos, será iniciado a construção de argumentos sólidos que firmaram os pontos chaves definidos na etapa anterior da problematização. Esses argumentos são discutidos e analisados para que exista uma espécie de ligação com o problema, dessa maneira servirá de base para a resolução do mesmo.
4. **Hipóteses de Solução:** Nesse momento, são apresentadas as hipóteses que segundo os participantes, podem vir a solucionar o problema abordado. Ainda nesse momento, é importante estimular a discussão entre os estudantes para que exista uma nova filtração das ideias apresentadas

anteriormente.

5. **Aplicação à realidade:** “[...] é aquela que possibilita o intervir, o exercitar, o manejar situações associadas à solução do problema [...]” (Berbel; Colombo, 2007). Dessa forma, a partir das hipóteses apontadas pelos estudantes, ocorrerá a aplicação à realidade, demonstrando aos estudantes que suas teorias e discussões estão ligadas ao problema abordado, permitindo a resolução.

Fonte: Adaptado de Berbel (1995), Berbel e Colombo (2007).

Dessa maneira, conforme os apontamentos dos autores, a utilização da problematização em sala de aula, permite que os estudantes realizem atividades que podem ser conexas com seu cotidiano ou apenas uma simulação do mesmo. Assim, é possível que se crie um ambiente de debate, no qual os estudantes serão desafiados a elencar hipóteses para a resolução de problemáticas propostas durante as atividades.

Diante do exposto, a utilização da metodologia da problematização permite o afastamento de abordagens que não incluam a crítica, o debate, que são focadas apenas na neutralidade dos estudantes. Neste sentido, durante a metodologia da problematização, tendo o professor como principal mediador para a construção das hipóteses de aplicação da realidade, os estudantes tornam-se protagonistas de seu próprio aprendizado na construção do conhecimento, não focando apenas no professor como fonte central de informação. Além disso, durante a problematização, teoria e prática são articuladas do início ao fim da atividade para que os estudantes entendam que ambas as partes podem coexistir, facilitando a aplicação à realidade (Berbel; Gamboa, 2012).

Nesse contexto, um recurso didático que pode fomentar a problematização, seria a experimentação com materiais alternativos e de fácil acesso, buscando construir os conceitos presentes na atividade proposta, tornando-se uma atividade experimental problematizadora, abrangendo tanto a experimentação, quanto a problematização. Entretanto, é comum o uso da experimentação no ensino de química com a expectativa de levar os estudantes a realizarem ligações aos conteúdos vistos em sala. Entretanto, existem incoerências na maneira como a experimentação é utilizada a fim de fomentar a aprendizagem de conceitos. Segundo Ferreira, Harting e Oliveira (2009), atividades experimentais devem permear áreas que vão desde o auxílio na ilustração da teoria, como também, no

levantamento de hipóteses, no desenvolvimento das habilidades e na familiaridade com equipamentos laboratoriais.

Ainda segundo os autores, “A experimentação no ensino de química constitui um recurso pedagógico importante que pode auxiliar na construção de conceitos”(Ferreira; Harting; Oliveira, 2009,p 101). Nesse contexto, quando se pensa na experimentação apenas como uma metodologia educacional com foco no segmento de roteiros prontos e com a finalidade da confirmação de teorias científicas, perde-se o enfoque nos questionamentos e na construção dos conceitos, pois poderá induzir que os estudantes apenas atuem de maneira mecânica e não realizem qualquer reflexão ou associação com sua realidade.

Diante disso, uma abordagem que poderia auxiliar na aprendizagem dos estudantes indo de encontro a experimentação para confirmação de teorias, seria a experimentação problematizadora. Para Melo, Oliveira e Nascimento (2019), ao aliar a experimentação com a problematização, busca-se estimular o protagonismo, como também, tornar o professor como mediador na construção do conhecimento dos estudantes. Em consonância, Ribeiro (2022), Batinga e Teixeira (2014) apontam que a abordagem da resolução de problemas, permite que através da orientação coerente do professor, ocorra socialização para resolução dos problemas propostos.

Corroborando, os autores ainda apontam que, a resolução de problemas permite que os estudantes adquiram a capacidade de construir um conhecimento científico mais firme e conexo com a ciência, como também, levará os estudantes para um estudo mais científico e reflexivo que abrange “Ação e reflexão, capacidade de ouvir, trocar ideias com seus pares, ou de forma coletiva em grupos de trabalho, argumentar, desenvolver habilidades manuais e também habilidades de pensamento e emocionais (Batinga; Teixeira, 2014, p. 30).

Nesse sentido, a conexão entre a resolução de problemas e atividades experimentais, deverá ser elencada de forma clara e objetiva, seguindo uma organização de acontecimentos para que possa despertar o interesse e a curiosidade no aprendizado das ciências. Sendo assim, Galiuzzi e Gonçalves (2004), acrescentam que atividades experimentais que são realizadas em grupos, permitem que os estudantes construam argumentos e formem suas teorias a partir do diálogo com outros, aumentando a coletividade e o respeito por opiniões distintas às suas.

Portanto, ao se propor a experimentação com aporte na resolução de problemas, a investigação dos problemas apresentados permitirá que os estudantes participem e realizem atividades que simulem a realidade, proporcionando a construção do conhecimento, bem como a correlação dos conceitos vistos de maneira anterior e posterior à SP proposta inicialmente na atividade (Santos *et al.* 2020). Como também, se faz necessário que a problematização esteja presente durante todo o processo da atividade experimental, buscando o questionamento por parte dos estudantes sobre as teorias e conceitos vistos em sala (Galiazzi; Gonçalves, 2004).

Dessa maneira, uma possibilidade de experimentação problematizadora seria propor problemas conexos com o cotidiano dos estudantes e que estejam ligados a outras áreas do conhecimento, não apenas a disciplina a ser estudada. Para Francisco Jr., Ferreira e Hartwig (2008), ligar a contextualização a momentos do cotidiano ou a situações próximas aos estudantes, permite uma maior compreensão dos conceitos.

3.2 CONTEXTUALIZAÇÃO DE CONCEITOS QUÍMICOS A PARTIR DA ATIVIDADE ENZIMÁTICA NO ORGANISMO HUMANO

3.2.1 Aspectos da contextualização no ensino de ciências

Indo ao encontro da problematização, a contextualização é uma abordagem de ensino fortemente citada e utilizada em salas de aula, como forma de oportunizar o estudante a construir significados, durante aplicação do conhecimento na compreensão de fatos que o cercam. Nesse sentido, Wartha, Silva e Bejarano (2013), acrescentam que os termos cotidiano e contextualização são utilizados não apenas em sala de aula, como também, em currículos escolares, por autores de livros e pesquisadores do ensino de ciências. Contudo, o termo contextualização ganhou força apenas com a promulgação dos Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio, o PCNEM (Brasil, 1999) que foi dividido em 1999a e 1999b.

Os PCNEM 1999a e 1999b, buscaram promover a importância da contextualização e a interdisciplinaridade ao serem utilizadas como recursos no ensino de ciências, para um aprendizado mais eficaz. Considerando esse fato, muitos professores buscam trazer a contextualização para a sala de aula, com o objetivo de auxiliar os estudantes no entendimento dos conteúdos, mesmo que isso

aconteça de maneira artificial, não deixando claro o que é apresentado e qual a conexão com os conceitos, não atingindo os objetivos do PCNEM, indo de encontro ao que sugerem os parâmetros curriculares, que propõem a contextualização como base fundamental para a construção do conhecimento, e o desenvolvimento de habilidades e competências que permitam aos estudantes uma articulação maior dos conceitos à sua realidade.

Para Faljoni-Alário e Wartha (2005), o PCNEM (Brasil, 1999a e 1999b) propõe que exista uma articulação do conhecimento científico com os valores educativos, sociais e culturais, para que seja possível avançar no aprendizado de conceitos e teorias científicas. Dessa forma, os autores apontam que o documento educacional propõe que o uso da contextualização se fortaleça como um dos pilares para a organização do currículo formativo das escolas de todo o país, como expectativa motivacional e de fortalecimento do ensino de ciências. Entretanto, a ênfase não é baseada em apenas motivar o aluno a permanecer na escola, mas sim, possui foco na formação e no desenvolvimento de valores socioeducacionais e socioambientais, englobando questões que ultrapassam os muros da escola. Nesse sentido, o PCNEM (Brasil, 1999a), aponta que é de suma importância que os educandos consigam apropriar-se dos conhecimentos químicos, físicos e biológicos estudados diariamente, visando aplicá-los em situações diversas vivenciadas de maneira cotidiana.

Entretanto, é importante ressaltar que, ao considerar o ano de criação dos PCNEM, também se torna imprescindível abordar as diretrizes estabelecidas pelo principal documento atual que delinea abordagens e expectativas para o uso da contextualização em sala de aula: a Base Nacional Comum Curricular (BNCC), publicada em 2018. De acordo com a BNCC (Brasil, 2018), a interdisciplinaridade e a contextualização têm como objetivo possibilitar aos estudantes estabelecer conexões entre sua própria realidade e o contexto abordado nas aulas. Essa abordagem atravessa diversas áreas do conhecimento, promovendo uma aprendizagem mais significativa ao incentivar a reflexão e o questionamento por parte dos estudantes. Nesse contexto, Barbosa *et al.* (2000) evidenciam que, quando se deixa a contextualização de lado, perde-se, não apenas o interesse dos estudantes em participarem das aulas, como também, pode resultar em alto índice de rejeição, o que tornaria o ensino-aprendizado ainda mais difícil.

Chassot (2001 *apud* Whartha; Silva; Bejarano, 2013) aponta que, quando o cotidiano e contextualização são utilizados nas escolas, na verdade, o que ocorre é a mera utilização como exemplificação de conceitos, sem que exista uma problematização ou explicação mais aprofundada sobre como está relacionado ao conceito abordado. Em síntese, é necessário que durante a contextualização, deva existir uma relação entre sujeito e objeto, buscando dar novos significados aos conhecimentos que os estudantes adquirem durante as aulas, pois quando isso não ocorre, esses recursos pedagógicos tornam-se algo simplista e secundários no ensino de ciências, afastando-se de maneira significativa dos parâmetros propostos pelo PCNEM (Brasil, 1999) como expectativa de um ensino eficaz.

Em suma, não adianta apenas buscar formas de contextualização com a mera finalidade de entendimento dos conteúdos, pois perde-se o significado da construção do conhecimento durante a atividade. Na verdade, deve-se pensar como um processo que permita os estudantes observarem, questionarem e a partir de diálogos, construir seu conhecimento pela mediação do professor (Faljoni-Alário; Wartha, 2005). Além disso, a contextualização no ensino de ciências, pode ser utilizada permitindo abranger não apenas a disciplina estudada, mas também deve ter o foco na construção do conhecimento ligado a outras áreas do ensino, como Biologia e Física.

3.2.2 Conceitos químicos que podem ser articulados na abordagem do funcionamento das enzimas no organismo

Ao se trabalhar com disciplinas que permeiam as áreas de ciências, o professor deve compreender a importância da contextualização para a preparação de suas aulas, pois a forma que os conteúdos serão mediados, poderá se tornar uma mera abordagem mecânica e sem compromisso com o ensino-aprendizagem, dificultando e afastando o interesse dos estudantes na disciplina (Afonso *et al.* 2012). Nesse sentido, buscando abordagens que possam inserir os estudantes em situações-problemas próximas de seu dia a dia, uma possibilidade seria associar as reações enzimáticas aos conceitos químicos vistos em sala de aula, uma vez que, as enzimas não estão apenas relacionadas a biologia, mas também, o envolvimento dos conceitos químicos e físicos durante a ocorrência das reações no organismo humano. Contudo, para a realização dessa temática, se faz necessário conhecer o

que são as enzimas e como funcionam nos seres humanos. Afinal, o que são enzimas?

Em síntese, as enzimas são catalisadores biológicos que atuam no organismo com a função de controlar a velocidade das reações químicas, atuando no aumento da velocidade para a realização de reações rápidas e eficazes para o corpo humano, sendo influenciadas pelo meio em que a enzima se encontra. De maneira geral, cada enzima apresenta características distintas de outras enzimas, segundo a União Internacional de Bioquímica e Biologia Molecular (IUBMB), elas podem ser divididas em seis classes, conforme apresentado no quadro 2:

Quadro 2 - Classificação das enzimas

Classe enzimática	Característica
1. Óxido-redutases	Realizam reações de Oxirredução
2. Transferases	Realizam reações de transferências de grupos funcionais
3. Hidrolases	Realizam reações de hidrólises
4. Liases	Realizam reações que podem adicionar ou retirar grupos a duplas ligações (reações de adição)
5. Isomerase	Realizam reações que formam isômeros
6. Ligase	Realizam reações que ligam moléculas de energia

Fonte: Adaptado de Marzzoco e Torres, 2017.

Para uma reação química acontecer, se faz necessário alguma fonte de energia para que a reação seja iniciada, isto é, a energia de ativação que varia de reação para reação. Um exemplo de fator que auxilia na redução da energia de ativação, são as enzimas, que por serem catalisadores biológicos, tem função de reduzir a energia de ativação e o tempo que a reação ocorre, proporcionando eficiência nas reações enzimáticas que ocorrem no organismo humano, acontecendo rapidamente, a cerca de 10^{14} segundos. Em suma, por serem proteínas, suas atividades reacionais podem ser influenciadas por três tipos de fatores: 1. O fator termodinâmico como a temperatura, que não podem passar de 40 °C, pois sofrem desnaturação; 2. A influência do pH, pois altera suas cargas, causando alteração de suas ligações entre os aminoácidos; 3. Outras enzimas chamadas de enzimas reguladoras, que regulam as taxas metabólicas (Marzzoco e Torres, 2017).

Complementando a abordagem a partir do uso das enzimas no organismo, cabe a identificação dos conceitos químicos associados. A partir de um levantamento bibliográfico realizado em dois livros: 1. Bioquímica Básica - 4ª ed, de Marzzoco e Torres (2017); e 2. Princípios de Bioquímica - 7ª ed, de Lehninger e Cox (2018); foi possível observar que o tema não se restringe apenas às áreas da biologia, podendo ser utilizado como complemento em aulas de química para que os estudantes possam articular os conceitos para a compreensão do funcionamento das enzimas. O Quadro 3 apresenta conceitos químicos que podem ser articulados para compreensão do funcionamento de enzimas.

Quadro 3 - Conceitos químicos envolvidos no funcionamento das enzimas.

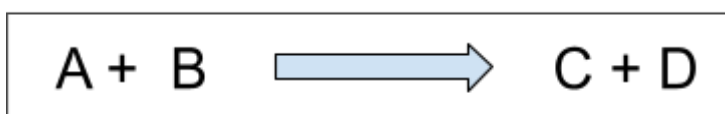
Reações Químicas	Cinética Química
Produtos e Reagentes; ocorrência de uma reação química; ácidos e bases; hidrólise; oxirredução	Velocidade de reação, Catalisadores; Energia de ativação; reatividade;

Fonte: Elaboração própria, 2024.

Nesse sentido, é notório destacar os conceitos que podem ser explorados durante a inserção da temática “funcionamento das enzimas no organismo” como atividade em sala para a construção de conceitos químicos, seja a partir de uma atividade teórica, ou em uma atividade teórico-prática que concilie experimentação e a problematização. Diante do exposto, se faz necessário apresentar as definições conceituais das Reações Químicas e Cinética Química, que estão relacionadas aos processos enzimáticos.

Reações Químicas são processos importantes para a produção de novas substâncias, ocorrendo a transformação de reagentes em produtos. Dessa maneira, essas transformações são obtidas através da quebra de ligações químicas contidas em reagentes, e formação de novas ligações que originam os produtos desejados (Reis, 2016). Existem equações que representam essas reações (Figura 1), com o objetivo de representar de uma maneira simbólica, os reagentes e produtos.

Figura 1 - Representação genérica de uma reação química



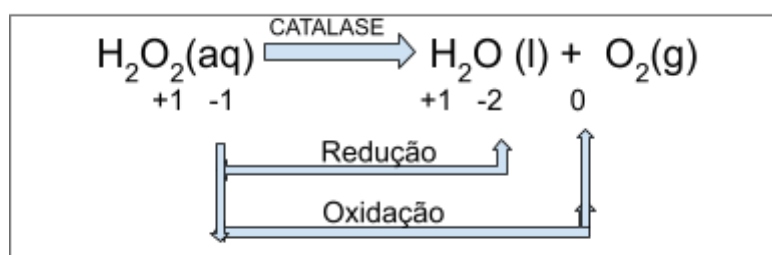
Fonte: Elaboração própria (2024).

As reações químicas podem ser divididas em vários tipos, como por exemplo, em reações contendo ácidos e bases, em hidrólises, oxirredução, dentre outras. Nesse contexto, é importante destacar que é possível realizar um paralelo entre as reações químicas e o funcionamento das enzimas no organismo, com o objetivo de proporcionar uma melhor compreensão dos conceitos e tipos de reações químicas. Considerando a temática apresentada na atividade, iremos nos ater apenas a enzima catalase, como exemplo de abordagem multidisciplinar para o ensino dos conceitos nas reações químicas e na cinética química.

As reações de oxirredução, são as reações em que ocorrem a transferência de elétrons entre diferentes espécies químicas. Essas reações são fundamentais em muitos processos químicos e biológicos, como a fotossíntese, a corrosão de metais, e o funcionamento das enzimas no organismo. Nesse sentido, esse tipo de reação pode ser definida em dois tipos, de oxidação, quando ocorre a perda de elétrons, e de redução, quando ocorre o ganho de elétrons, sendo possível identificar o tipo de reação a partir da variação do estado de oxidação das espécies envolvidas. Além disso, na oxirredução há também o agente oxidante, que sofre redução permitindo que a outra espécie seja oxidada, e o agente redutor, que sofre oxidação permitindo que a outra espécie seja reduzida (Reis, 2016).

Como exemplo de reação de oxirredução, podemos citar a enzima catalase, como substância que realiza a decomposição do peróxido de hidrogênio, propiciando uma reação de oxidação. Assim, a reação de oxidação pode ser observada na Figura 2.

Figura 2 - Reação de oxirredução do peróxido de hidrogênio.



Fonte: Elaboração própria (2024).

É notório destacar que a catalase atua como catalisador nesta reação química, permitindo que o oxigênio possa reduzir e oxidar ao mesmo tempo. Esse tipo de reação mostra-se fundamental para o funcionamento saudável do organismo, através da oxidação do peróxido de hidrogênio (H_2O_2), possibilitando a inativação dessa substância presente no organismo. Nesse mesmo tipo de reação, ocorre

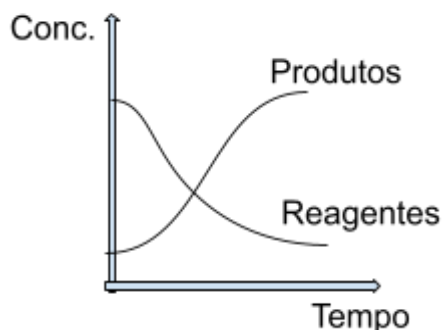
também a hidrólise da mesma substância, permitindo a quebra de uma molécula pela ação da água que quebra uma ou mais ligações químicas.

Dessa maneira, durante o estudo das reações de hidrólises, a catalase mostra-se também como exemplo a ser usado em sala, para a exemplificação desse conceito químico. Além disso, possibilita aos estudantes compreenderem a importância das enzimas no organismo ao mesmo tempo em que constroem os conceitos quimicamente não implícitos nessas reações biológicas. Portanto, compreender como o organismo funciona e observar que suas aplicações não se restringem apenas às áreas de biologia, pode tornar-se um bom exemplo de abordagem para o ensino de química, especificamente no estudo das reações químicas.

De acordo com Bastos, Rodrigues e Souza (2011), a Cinética Química é a área da físico-química que estuda a velocidade das reações químicas, a partir de diversos fatores que a influenciam. Buscando compreender qual a velocidade e o sentido em que reagentes tornam-se produtos, sob a influência de fatores como superfícies de contato e afinidade química, a colisão efetiva entre as moléculas, a energia de ativação, as condições de temperatura e pressão, e o uso de catalisadores.

Considerando o tempo de reação, será possível descobrir qual a concentração dos produtos ao longo do tempo. Desse modo, dependendo do sentido, seja ela direta ou inversa, ocorrerá o aumento ou a diminuição da concentração dos componentes da reação (Bastos; Rodrigues; Souza, 2011). A relação entre a concentração x tempo, pode ser observado na Figura 3.

Figura 3 - Gráfico concentração x tempo

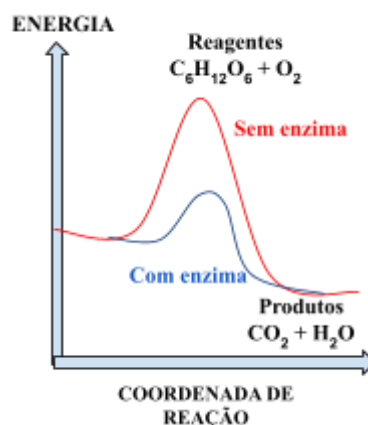


Fonte: Elaboração própria (2024).

Neste contexto, as reações enzimáticas são exemplos do quão importante as enzimas são para o nosso organismo, pois suas atividades catalisadoras permitem que tenhamos uma vida saudável, aumentando a velocidade e a eficácia das

reações químicas no organismo humano. Na Figura 4, é possível observar a importância das enzimas no aceleração das reações.

Figura 4 - Reação do índice de glicose com enzima x sem enzimas



Fonte: Elaboração própria (2024).

Como citado anteriormente, temos a enzima catalase, que atua como catalisador buscando decompor o peróxido de hidrogênio (H_2O_2) presente em substâncias ingeridas durante a alimentação, como o leite. Esse tipo de reação enzimática pode ser observado na Figura 5, onde através da ação da catalase, o peróxido de hidrogênio (H_2O_2) será decomposto em duas substâncias, a água (H_2O) e o gás oxigênio (O_2), não prejudicando o organismo (Gonçalves, 2021).

Figura 5 - Equação de decomposição do peróxido de hidrogênio.



Fonte: elaboração própria (2024).

Em linhas teóricas, esse tipo de enzima pode ser classificada como óxido-redutases e Hidrolases, apresentado anteriormente no quadro 2, pois realizam oxidação de uma substância, para a formação de outras, além da produção da molécula de água. Nesse contexto, as reações cinéticas nos fornecem diversos dados que permitem calcular a velocidade média de uma reação química. A equação desse tipo de velocidade está apresentada na Figura 6.

Figura 6 - Equação da velocidade média de uma reação.

$$V_m = \frac{\text{concentração (f - i)}}{\text{Tempo (f - i)}}$$

Fonte: elaboração própria (2024).

Sendo,

Concentração (f - i) = As concentrações finais e iniciais dos reagentes.

Tempo (f - i) = Tempo final e inicial da reação.

Além disso, também temos a lei de velocidade instantânea, que permite calcular a velocidade das reações químicas que acontecem instantaneamente. A equação pode ser observada na figura 7.

Figura 7 - Equação da lei de velocidade instantânea.

$$V = V_0 + a \cdot T$$

Fonte: elaboração própria (2024).

Sendo,

V = Velocidade instantânea.

V_0 = Velocidade inicial.

a = aceleração.

T = Tempo.

Assim, o ensino da cinética química e das reações químicas mostram-se de fundamental importância para a compreensão dos princípios básicos da química. Englobando questões que abrangem não apenas os conceitos químicos, mas que estão presentes em situações pouco exploradas e conexas a outras áreas do ensino, como o funcionamento das enzimas no organismo, geralmente estudado apenas em Biologia.

3.3 TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA

Muito tem-se discutido sobre os caminhos que podemos trilhar para a obtenção de uma aprendizagem que possua significado e seja reflexiva, visando uma aprendizagem mais significativa que possa contribuir para o aprendizado dos estudantes. Isso nos leva a refletir sobre, o que é e como proporcionar uma aprendizagem significativa?

Ausubel (2003) define que a aprendizagem significativa está relacionada à aquisição de novos significados a conceitos já existentes e de conhecimento do indivíduo. Nesse sentido, os novos significados passam a relacionar-se com símbolos e ideias que antes não era possível estabelecer uma relação entre ambos, seja de maneira natural ou não. Portanto, a obtenção de uma aprendizagem significativa, está ligada ao material potencialmente significativo e ao mecanismo de aprendizagem significativa que será utilizado, buscando relacionar de maneira arbitrária e não arbitrária com a estrutura cognitiva dos estudantes.

Segundo Ausubel (1978) *apud* Moreira (2006), para a obtenção de uma aprendizagem significativa, é necessário que ocorra o incremento de novas informações, a conceitos já existentes na estrutura cognitiva dos estudantes. Nesse sentido, o autor também afirma que novas ideias e conceitos podem ser aprendidos de uma maneira eficaz, através da medição de novas informações, desde que essas informações sejam claras, objetivas e conexas com informações obtidas anteriormente, isto é, os “conceitos subsunçores”¹.

Deste modo, o autor conclui que a aprendizagem significativa é definida como uma interação entre o conhecimento anterior, com novas informações apresentadas em sala. Assim, é possível propor novas informações, devendo-se adequar o uso de organizadores prévios, pois facilitam os caminhos para uma aprendizagem mais significativa, permitindo que existam “pontes cognitivas”. Para Ausubel (1978, p. 57) “[...] Na aprendizagem significativa, o processo de aquisição de informações resulta em mudança, tanto da nova informação adquirida como no aspecto especificamente relevante da estrutura cognitiva ao qual essa se relaciona”.

A priori, ao aliar os organizadores prévios a uma aprendizagem significativa, os conceitos subsunçores tornam-se mais elaborados e concretos, possibilitando a

¹ O termo “subsunçor” não possui tradução na língua portuguesa, sendo uma tradução adaptada por Moreira (2006) do termo inglês “subsumer”, apresentado por Ausubel em seus trabalhos. Para Moreira, a tradução seria “facilitador” ou “inseridor”.

construção de novas informações para formulação dos conceitos. Neste contexto, Ausubel (2003) nos apresenta três tipos de aprendizagem que estão inclusas em uma aprendizagem significativa: a representacional, a conceitual e a proposicional.

De acordo com Ausubel (2003), a aprendizagem representacional pode ser obtida quando ocorre associação de significados, a símbolos e representações, que antes eram sem sentido. Assim, símbolos passam a ter significados que realmente existem, ou seja, ampliam a compreensão do estudante sobre o significado e a representação de um conceito, antes sem sentido. Como também, torna-se uma aprendizagem significativa, pois os símbolos passam a relacionar-se com generalizações presentes na estrutura cognitiva dos estudantes, que são desenvolvidas e aprimoradas ao longo da vida.

Dessa maneira, a aprendizagem representacional mostra-se uma importante aliada na busca por uma aprendizagem significativa, visto que, os “conceitos subsunçores”, são respeitados e adequados a uma nova realidade, apresentando novas informações e contribuindo para a construção de novos significados a símbolos apresentados anteriormente.

Similar à aprendizagem representacional, a aprendizagem conceitual tem foco no estabelecimento de conexões entre múltiplas representações de um único conceito, sem perder o significado do conceito estudado, ou seja, é baseada na ampliação do conhecimento (Moreira, 2006). Nesse sentido, é importante destacar que, para Moreira (2006), os conceitos são adquiridos em processos formativos e assimilativos, sendo os formativos durante a idade pré-escolar, e os assimilativos durante a fase escolar e na fase adulta. Ainda de acordo com o autor:

[...] a aprendizagem de conceitos propriamente dita é um tipo complexo de aprendizagem representacional, pois, para ser significativa, deve ser substantiva e não arbitrária, ao invés de nominalista ou meramente representacional (Moreira, 2006, p. 26).

Entretanto, Ausubel (2006) alerta que, por se tratar de um tipo de aprendizagem complexa, para que seus objetivos sejam alcançados, é necessário que antes exista uma aprendizagem representacional significativa buscando dar significado aos próprios conceitos. Dessa maneira, a aprendizagem conceitual dependerá fortemente da relação entre as representações e os conceitos

subsunções preexistentes nas estruturas cognitivas dos estudantes, para que ocorra de fato uma aprendizagem significativa.

Ausubel (2003) aponta que a aprendizagem proposicional, assim como a representacional, está associada aos conceitos subsunções preexistentes na estrutura cognitiva dos estudantes, ou seja, também pode ser chamada de aprendizagem de subsunção. Assim, a aprendizagem de subsunção ocorre quando o estudante abstrai algum conceito em uma disciplina, e conseqüentemente, faz relação com outros conceitos vistos anteriormente. Segundo o autor:

A aprendizagem proposicional ocorre subordinadamente quando uma nova proposição se pode relacionar ou com ideias subordinadas específicas da estrutura cognitiva existente, ou com um vasto conjunto de ideias antecedentes geralmente relevantes da estrutura cognitiva, que podem subsumir de igual modo (Ausubel, 2003, p. 3).

Em suma, a aprendizagem proposicional poderá ser obtida através da construção de novos significados, a conceitos já existentes. Dessa maneira, mostra-se uma aprendizagem significativa que está fortemente ligada e dependente, a aprendizagem conceitual e representacional, para que ocorra de fato uma aprendizado significativo. Nesse sentido, Moreira (2006), argumenta que para que seus objetivos de aprendizagem sejam alcançados, é necessário que conceitos específicos sejam aprendidos significativamente, para que quando ocorra as discussões, sejam combinados e possam construir uma proposição.

4 METODOLOGIA

A presente pesquisa se caracteriza como qualitativa que, segundo Flick (2009) e Chizzotti (2006), consiste em um trabalho que tenha foco na discussão e reflexão, respeitando as perspectivas dos participantes, como também, que ocorra uma variação metodológica durante a abordagem, além da reflexão por parte do pesquisador. Ainda segundo os autores, o pesquisador deverá desprender-se de preconceitos, não considerando as respostas corretas ou erradas, pois todos os pesquisados podem produzir respostas que auxiliem na resolução do problema proposto.

Nesse sentido, considerando os apontamentos de Godoy (1996, p. 62) *apud* Oliveira (2007), a pesquisa apresenta algumas características principais de uma pesquisa qualitativa: como o caráter indutivo, pela análise de dados específicos durante as entrevistas semiestruturadas e as atividades da sequência; e o caráter descritivo, por apresentar descrições e características de um determinado contexto.

Considerando isso, o trabalho também se apresenta como uma pesquisa exploratória, pois o tema escolhido como base para a formulação da sequência didática, é pouco utilizado e explorado como temática no ensino de conceitos químicos do ensino médio. Sendo, portanto, uma pesquisa de caráter inicial com expectativa de aprofundamento posterior (Oliveira, 2007).

Por fim, devido à interação entre pesquisador e os pesquisados, o procedimento técnico da pesquisa é classificado como intervenção participante, que segundo Gil (2008), é definida pelo envolvimento do pesquisador e dos pesquisados durante o processo de pesquisa. Além disso, o autor caracteriza esse tipo de intervenção pelo papel ativo do pesquisador na construção, análise e interpretação de dados.

4.1 PARTICIPANTES DO CAMPO DE PESQUISA

A pesquisa foi realizada em uma sala de aula em uma Escola de referência em ensino médio, localizada na cidade de São Caetano, município pertencente ao estado de Pernambuco. Os sujeitos de pesquisa foram estudantes do terceiro ano do Ensino Médio, escolhidos por critérios de disponibilidade e por estarem no último ano do ensino médio, é esperado que já tenham visto boa parte dos conceitos abordados na sequência. O campo empírico é um espaço público muito utilizado

pelos cursos de licenciatura da região, para a realização de atividades extracurriculares e de estágio supervisionado.

O tema escolhido como ponto de partida, foi a discussão sobre a intolerância à lactose e a sua relação com o funcionamento das enzimas no organismo humano, dando ênfase aos conceitos químicos presentes. A escolha desse tema se deu pela pouca explicação relacionada às enzimas, no ensino médio, e pela pouca articulação entre os conceitos químicos com outras áreas do conhecimento, como a Biologia. As atividades desenvolvidas foram divididas em quatro encontros, sendo duas entrevistas online e dois encontros para a aplicação da sequência didática.

4.2 CONSTRUÇÃO DE DADOS

Para a construção de dados durante e pós intervenção, foram realizadas duas entrevistas semiestruturadas, baseadas nos apontamentos de Oliveira (2007), que o pesquisador não pode interferir nas respostas dos entrevistados. Segundo a autora, durante a entrevista o pesquisador “jamais deve direcionar as respostas, ou suscitar dúvidas, como *você quis dizer que*” (Oliveira, 2007, p.86). Outro instrumento de coleta de dados foi a observação participante com registro de áudio e anotações de campo, que é definida por Chizzotti (2006) pelo contato direto com os fenômenos observados, onde o pesquisador participa do que está acontecendo, compreendendo e descrevendo as ações dos pesquisados.

Assim sendo, para direcionarmos nossas ações, utilizaremos o Arco de Maguerez, proposto por Berbel e Gamboa (2012), que consiste em cinco etapas: 1. Observação da realidade e definição do problema; 2. Pontos-chave; 3. Teorização; 4. Hipóteses de solução e 5. Aplicação à realidade. Dessa maneira, a partir da problematização descrita por Berbel e Colombo (2007) sobre o Arco de Maguerez, buscamos o favorecimento da compreensão dos conceitos químicos, com aporte em Ferreira, Francisco Jr. e Hartwig(2008), que consistirá em uma metodologia que contemple uma abordagem experimental problematizadora.

As atividades foram divididas em três etapas: 1. Entrevista; 2. Realização da intervenção; 3. Entrevista pós intervenção.

Etapa 1: Foram realizadas entrevistas individuais com seis participantes, buscando conhecer a visão dos estudantes sobre o funcionamento das enzimas e sua relação com a química. Para a garantia do anonimato dos estudantes, eles

foram identificados por códigos compostos pela letra E e a numeração de um a seis. Durante as entrevistas, foram feitas quatro perguntas (APÊNDICE A).

Etapa 2: Foi realizada a intervenção em sala, que teve duração de três aulas em sequência, na primeira aula foi iniciada a sequência didática (APÊNDICE B), com o tema da intolerância à lactose. O tema escolhido tem como objetivo auxiliar os estudantes na compreensão de fenômenos que acontecem no organismo, que necessitam do aporte do conhecimento químico.

Os primeiros passos da sequência didática (SD), ocorreram a partir de uma problematização inicial, através da apresentação da SP (APÊNDICE D) abordando tema trabalhado na SD. Em seguida, houve a leitura de um texto (APÊNDICE C) contendo informações básicas e conceitos químicos sobre o que são enzimas e seu funcionamento. Após a leitura, foi solicitado que os estudantes apresentassem suas ideias sobre o que leram, buscando propiciar um ambiente de debate. Por fim, foram realizados dois experimentos: 1. Simulação da presença da enzima lactase no organismo, através do experimento do efeito da água oxigenada na batata; 2. Influência da temperatura na atividade enzimática. Durante a realização dos experimentos, ocorreram questionamentos aos estudantes, bem como, a discussão dos conceitos químicos necessários para compreensão do experimento e a relação com o tema.

Na aula seguinte, os estudantes realizaram dois experimentos que simulam duas situações que podem acontecer no organismo humano: a influência do pH na atividade enzimática, através da imersão da batata em substâncias com pH distintos; e a identificação do pH de substâncias, através do experimento com o repolho roxo. Durante a realização desses experimentos, houve interações entre os estudantes, propiciando um ambiente de socialização com os demais colegas. Além disso, também ocorreram questionamentos por parte do pesquisador, para que os estudantes formassem hipóteses para explicar os fenômenos, articulando conceitos científicos.

Após a realização dos experimentos, a problemática inicial da intolerância à lactose foi retomada, articulando os conceitos construídos e discutidos pelos estudantes, durante a realização dos experimentos. Assim, os estudantes apresentaram suas anotações e discutiram sua relação com os experimentos, servindo como base para iniciarem uma articulação teórico-prática com cada conceito presente nos experimentos. Em seguida, foi discutido de uma maneira mais

aprofundada todos os conceitos apresentados pelos estudantes, como também, o texto inicial foi retomado, para que possam compreender importância das enzimas no corpo humano, para que exista uma articulação não apenas dos conceitos químicos, mas sim, em como as enzimas são peças importantes na saúde humana. Como também, a situação-problema será retomada, para que os estudantes possam concluir o que causa a intolerância à lactose.

Etapas 3: Foram realizadas novas entrevistas com novas perguntas (APÊNDICE D) com intuito de perceber se houveram mudanças ou aprimoramento de respostas relacionadas às perguntas da primeira etapa. Como também, foi solicitado que expliquem suas anotações realizadas durante a observação dos experimentos nas etapas anteriores.

4.3 ANÁLISE DE DADOS

Para a realização da análise de dados construídos durante a SD, como a observação participante, anotações de campo e as entrevistas, foram considerados os pressupostos de Moreira (2006) *apud* Ausubel (1978), a respeito de uma aprendizagem significativa. Além disso, considerando os três tipos de aprendizagem propostas pelos autores: A aprendizagem conceitual, A aprendizagem representacional e a aprendizagem proposicional, as respostas dos estudantes obtidas durante a entrevista semi-estruturada 2 (APÊNDICE E), foram classificadas conforme a definição de cada tipo de aprendizagem.

Como também, de maneira similar à classificação do tipo de aprendizagem, foram criadas expectativas com base nas aprendizagens significativas, com o objetivo de observar a compreensão, a articulação e a associação dos estudantes, durante e após a intervenção realizada na sala (Quadro 4).

Quadro 4 - Definição das categorias baseadas nos tipos de aprendizagens significativas.

Tipo de Aprendizagem	Expectativa	Classificação
Aprendizagem conceitual	Compreensão dos conceitos de cinética química	Satisfatório Não-satisfatório
Aprendizagem representacional	Articulação de reações químicas ao funcionamento das enzimas	Satisfatório Não-satisfatório
Aprendizagem proposicional	Associação dos experimentos ao funcionamento das enzimas	Satisfatório Não-satisfatório

Fonte: Elaboração própria, 2024.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Inicialmente, foram feitas entrevistas semi-estruturadas com seis estudantes individualmente, que se disponibilizaram a participar de maneira voluntária. Na semana seguinte, a Sequência-Didática (SD) foi iniciada, sendo realizada em um dia em três aulas geminadas. Por fim, uma semana depois, sem aviso prévio aos estudantes, ocorreram mais entrevistas semi-estruturadas, a fim de obter dados após a realização da SD. Em resumo, as atividades metodológicas foram divididas em três etapas: 1. Entrevista semi-estruturada 1; 2. Sequência Didática; 3. Entrevista Semi- estruturada 2.

5.1 ENTREVISTA SEMI-ESTRUTURADA 1

Iniciamos as atividades com uma primeira rodada de entrevistas semi-estruturadas (APÊNDICE A) com os seis estudantes, onde as perguntas foram elaboradas com a expectativa de conhecer e analisar a compreensão sobre a temática da SD, que posteriormente foram analisadas conforme apresentado na metodologia. Considerando isso, para a garantia do anonimato dos estudantes, estes foram apresentados por códigos compostos pela letra E e a numeração de um a seis.

A primeira pergunta da entrevista foi se os estudantes conheciam a expressão “Não recomendado para pessoas que têm intolerância à lactose” e o que essa expressão queria dizer. A partir das respostas obtidas foi possível observar que existia uma variedade de níveis de compreensão e algumas confusões conceituais sobre a intolerância à lactose. Nesse sentido, nota-se que alguns estudantes descrevem corretamente a dificuldade na digestão de leite e derivados, alinhando-se com a definição de intolerância à lactose, como é o caso do E2, que pontua que está relacionada a digestão do leite: *“Para pessoas que não conseguem digerir bem o leite ou derivado de queijo” (E2)*, outros estudantes apresentam uma compreensão incoerente, como os estudantes E1 e E6, que confundem a intolerância com a alergia ao leite, além de trazerem informações fora de contexto, como mencionar “lactobacillus”, que não possui relação com a intolerância à lactose. *“Pessoas que têm alergia, não é o leite, é alguma substância do leite que a pessoa é alérgica” (E1)*.

“Sim, que pessoas que têm alergia ao leite ou lactobacillus não podem tomar ou ingerir o produto.” (E6).

Ainda nesse contexto, o estudante E5, classifica a lactose como proteína do leite, quando, na verdade, a lactose é um carboidrato: *“que é uma pessoa que não aceita a proteína que é a lactose, que é a do leite, não pode tomar.” (E5).*

É notório que apesar de não haver uma similaridade entre todas as respostas, fica evidente a falta de conhecimento dos estudantes não apenas sobre a temática, mas também ao conhecimento sobre as enzimas e em como elas atuam no corpo humano, assim como a confusão entre intolerância à lactose e alergia ao leite. Essa diversidade de respostas sugere uma necessidade de esclarecimento adicional sobre a diferença entre intolerância à lactose e alergia ao leite, bem como uma melhor compreensão dos aspectos da intolerância à lactose.

Posteriormente, foram realizadas mais três perguntas sobre o que os estudantes entendiam a respeito das enzimas, sobre cinética química e sobre os catalisadores. Nesse momento foi possível notar que praticamente nenhum estudante apresentou respostas significativas que demonstrasse algum conhecimento sobre as enzimas ou cinética química, obtendo-se respostas como: *“não sei, mas ouvi falar em biologia”(E1)* ou *“nunca ouvi falar”(E4)* e *“tenho lembrança do que é, porém não sei falar”(E2)*, evidenciando que apesar da cinética química ser um assunto recorrente do ensino médio, o conhecimento não foi construído de maneira adequada e os estudantes não construíram uma aprendizagem significativa. Nesse sentido, isso sugere que durante a aprendizagem que não houve a construção dos “conceitos subsunçores”, proposto por Ausubel (1978) *apud* Moreira (2006), no momento em que o conteúdo químico estava sendo visto em sala, uma vez que os estudantes não conseguiram fazer conexão entre o que estava sendo estudado e o que já conheciam, dificultando um aprendizado significativo.

Fica também evidente que talvez exista falta da interdisciplinaridade, visto que os estudantes não apresentam um conhecimento interligado, mas sim, de maneira fragmentada (Melo; Oliveira; Souza, 2019). Dessa forma, perde-se um dos pilares da BNCC (Brasil, 2018), que trás a interdisciplinaridade como uma oportunidade de mesclar várias áreas do conhecimento, a fim de uma aprendizagem significativa, para que os estudantes estabeleçam conexões entre a realidade e a sala de aula, através da reflexão e do diálogo com os professores.

5.2 OBSERVAÇÃO PARTICIPANTE E REGISTROS DE CAMPO.

Uma semana após as entrevistas individuais, a SD (APÊNDICE B) foi iniciada, na qual a primeira etapa constava na apresentação da SP (APÊNDICE D) e em seguida da leitura de um texto (APÊNDICE C) que continha informações sobre as enzimas. Ambos os textos foram apresentados com objetivo de propiciar um ambiente de discussão, buscando uma problematização inicial para que houvesse um norteamento da SD para os estudantes.

Assim, as atividades da SD foram divididas em quatro momentos: Momento 1: Problematização inicial; Momento 2: Simulação da enzima catalase no organismo e influência da temperatura na atividade enzimática; Momento 3: Relação pH x faixa de pH e Influência do pH na atividade enzimática; Momento 4: Retorno ao problema inicial e finalização da SD.

5.2.1 Momento 1: Problematização inicial

Foi apresentada a SP aos estudantes para que pudessem lê-la, e em seguida, iniciar uma breve discussão sobre o que entenderam do texto e o que achavam que seria a solução da problemática. Durante a discussão, os estudantes trouxeram exemplos de pessoas que conheciam ou já ouviram falar de situações similares a SP, além disso, no primeiro momento o leite foi considerado o “vilão” da história. Como é o caso do Estudante 3, que diz: “...querendo ou não, essas coisas de ser intolerante tem relação com o leite né” (E3), e o Estudante 1 “eu acho que é por conta do leite esses sintomas, [...]” (E1), ou seja, isso caracteriza uma compreensão um pouco equivocada de que a intolerância à lactose está relacionada ao leite, o que indica uma possível falta de conhecimento relacionado ao mau funcionamento das enzimas, não considerando outros fatores ou condições.

Em seguida, os estudantes foram questionados sobre o que quer dizer “ser intolerante”, e houve uma resposta que conseguiu relacionar diretamente com a proposta da sequência, apresentando comentários que não foram mencionados anteriormente durante a discussão, como: “eu acho que deve ter a ver com a pessoa ser intolerante ao leite ou a enzima dele, alguma coisa do leite” (E5), indicando que os estudantes estavam tentando compreender como a intolerância funcionava, buscando relacioná-la a algo específico do leite, como uma enzima. Apesar disso, a resposta do estudante caracteriza uma falta de conhecimento quanto ao que seria a

enzima no organismo, pois ele não consegue caracterizar o conceito exato de enzima, que seria uma substância que está presente nos organismos para atuar na decomposição de lactose, presente no leite.

Durante a discussão, outra ideia foi apresentada para a proteína do leite: *“isso, deve ser a proteína do leite [...] é igual ter alergia ao ovo, você não sabe se é alergia a clara ou a gema”*, disse o Estudante 3. Essas respostas demonstram um avanço na compreensão da atividade, pois estão paralelamente relacionadas, sendo a intolerância à lactose, uma resposta do organismo a falta da enzima lactase para digerir a lactose do leite, e a alergia à proteína do leite, está relacionada à caseína. Entretanto, apesar da possibilidade dessa relação ser feita, os estudantes não apresentam uma resposta que distingue corretamente o que seria intolerância e a alergia à proteína do leite. Essa discussão revela que, embora haja um esforço para entender o que significa ser intolerante, há uma falta de clareza sobre os diferentes componentes do leite e suas relações com intolerância e alergias.

Considerando isso, aproveitando que a ideia de “ter alergia” foi levantada durante a discussão, houve o questionamento se os estudantes sabiam a diferença entre ter alergia e intolerância, sendo possível observar, a partir das respostas, alguns equívocos na distinção de ambas:

“alergia você nasce e intolerância você consegue ao longo da vida” (E1).

“então, você pode adquirir com o tempo né” (E6).

Embora ambas as respostas abordem que a intolerância pode se desenvolver ao longo do tempo, os estudantes não conseguiram formular uma resposta coerente, sendo necessário uma intervenção do pesquisador com o objetivo de desfazer os equívocos. Após esse tempo de discussão, houve um novo questionamento sobre a SP, se eles acreditavam que de fato o problema seria o leite, ocorrendo algumas mudanças nas respostas, quando comparadas às iniciais:

“não, mas aí eu acho que não tem como saber né, pode ter sido outra coisa” (E2).

“eu também acho, não tem como saber se foi o leite mesmo ou foi outra coisa que tava ruim no bolo e fez mal a ele” (E4).

Neste contexto, apesar de ainda não realizarem conexão com os conceitos químicos, as respostas mostram uma mudança significativa em relação às respostas iniciais, que consideravam o leite como vilão. Além disso, fica evidente que os estudantes reconheceram que se tratava de um fator muito mais complexo de se identificar a causa dos sintomas, demonstrando que os estudantes estavam abertos

a novas possibilidades, não se fixando apenas em uma hipótese inicial. Como também, a mudança nas respostas e o levantamento de novas hipóteses, destaca a importância da discussão e da mediação para o aprofundamento dos conceitos e ideias, buscando uma aprendizagem significativa durante as próximas etapas da SD.

Finalizando a etapa de discussão da SP, os estudantes realizaram a leitura do texto que continha as informações sobre as enzimas. Foi possível identificar que os estudantes não possuíam um conhecimento sobre as enzimas, pois apresentaram apenas ideias soltas e sem conexão com o conceito de enzima ou os conceitos químicos, assim como foi observado durante as entrevistas iniciais. Sendo possível notar que os estudantes afirmaram que quando viram o conteúdo em sala, não viram da forma apresentada no texto. Os Estudante 2 e 4 pontuam: *“achei interessante pois eu não lembrava de como as enzimas eram e acho que eu não vi assim quando vi.”* (E2), *“tudo isso aqui é sobre as enzimas? eu não lembro de ser assim na sala não.”* (E4).

Nesse sentido, foi perguntado se relembrou informações vistas em sala a partir do texto lido, e foi possível observar que algumas ideias eram confusas, como é o caso dos Estudantes 5 e 6, que afirmaram que são espécies que “cortam ou destroem” substâncias no corpo humano: *“é pq as enzimas é usada para recortar”* (E6), *“é, ela destroi as coisas no corpo”* (E5), porém quando questionado o que seria “destruir as coisas do corpo”, o estudante 5 traz uma informação presente no texto que está relacionada com a cinética química, porém o estudante faz uma interpretação equivocada sobre as informações contidas no texto: *“é pq aqui tem dizendo que eles aumenta a velocidade das coisas, então eu acho que ajuda a tirar as coisa do corpo da gente”*

Diante do exposto, foi possível perceber que embora “enzimas” não seja um termo desconhecido pelos estudantes, ficou claro a dificuldade de contextualizar ou mesmo de formular argumentos que denotam aprendizagem significativa relacionada ao tema. Como também, fica evidente que talvez não houve uma certa relação entre sujeito e objeto, perdendo-se de maneira significativa o aprendizado e a construção de novos significados ao que foi visto em sala, afastando-se cada vez mais dos parâmetros propostos pela BNCC (2018).

Indo mais adiante na discussão, foi perguntado aos estudantes quais conceitos químicos eles conseguiam observar que estavam presentes no texto, e rapidamente, os estudantes apresentaram quase todos os conceitos químicos ou

trouxeram definições deles: “*velocidade das reações*”, que estava relacionado à cinética química. A partir disso, foi possível trazer para a discussão, o conceito de cinética química e de catalisadores, pois ambos foram citados por todos os estudantes durante a entrevista, que não sabiam ou não lembravam o que seria.

Durante a discussão foi possível perceber que os estudantes observavam o texto o tempo todo, buscando novas informações para complementar suas ideias, porém, apesar de apresentarem dados que estavam presentes no texto, se não houvesse uma mediação por parte do pesquisador para o seguimento da atividade, essas informações seriam soltas e possivelmente não seriam conectadas aos conceitos químicos. Dessa maneira, ficou evidente a importância do professor na mediação dos conteúdos vistos em sala de aula buscando a construção do conhecimento pelos estudantes, sendo possível obter uma boa aprendizagem, através da articulação dos conceitos a diferentes áreas do conhecimento (Berbel; Gamboa, 2012).

5.2.2 Momento 2: Simulação da enzima catalase no organismo e influência da temperatura na atividade enzimática

A partir do que foi discutido na problematização inicial, foi iniciada a segunda etapa da SD, que apresentou alguns conceitos químicos presentes na atividade em articulação com a simulação de como uma enzima age no organismo. Para iniciar a etapa de simulação da enzima, houve uma discussão inicial com todos os estudantes, buscando revisar os conceitos presentes no experimento.

O experimento realizado se tratou da simulação da enzima catalase, a partir da imersão batata inglesa em Peróxido de Hidrogênio (H_2O_2), conhecido comercialmente como água oxigenada. Primeiramente, foi trazido para a discussão o que seriam catalisadores e suas funcionalidades, em seguida, iniciou-se a introdução a algumas ideias do experimento. A partir da identificação dos reagentes que seriam utilizados no experimento, foi iniciada a construção e a explicação da reação química do experimento. Nesse momento, foi possível observar que os estudantes mostraram-se atentos à reação química, visto que estavam curiosos para saber qual seria o resultado da reação química.

Com o experimento iniciado, foram feitos diversos questionamentos, como o que estaria acontecendo e quem estaria reagindo com quem, aos estudantes para que pudessem interagir e comentar suas ideias sobre o que estavam observando.

No decorrer do experimento, ficou evidente que os estudantes estavam muito curiosos sobre o que estaria acontecendo e começaram a discutir entre si:

“por enquanto nada” (E6); “tá sim, tá começando a espumar” (E3); “ta mudando a cor da batata também” (E5); “oxe por que ta ficando branca?” (E2); “isso aí é a reação que você fez no quadro?” (E4);

A partir dessas indagações, foi iniciada a explicação de todo o experimento e sua conexão com a reação química mostrada em sala. Além disso, foi explicado o motivo de trazer aquele experimento de caráter simulatório e a importância das enzimas para o organismo humano. A partir da articulação com o experimento, exemplificando o peróxido de hidrogênio como uma substância tóxica para o organismo, e a necessidade da enzima para sua decomposição. Nesse sentido, na reação do experimento também foi possível articular os conceitos de reações de hidrólise, elétrons e eletroquímica, que terão suas discussões apresentadas posteriormente.

No caso da hidrólise, segundo os estudantes, eles afirmaram que ainda não tinham chegado nessa parte, porém, o estudante E2 ainda trouxe uma ideia sobre: *“É uma coisa que gera água”*. A partir dessa breve resposta, foi explicado que a reação de hidrólise ocorre devido a quebra de uma molécula na presença de água. Ainda no contexto do experimento, o conteúdo de eletroquímica foi introduzido na discussão a partir de perguntas sobre o que seriam reações de oxidação e de redução. Apesar da demora para responderem, em comum acordo, os estudantes afirmaram que estava relacionado aos elétrons:

“é alguma coisa de energia e de elétron” (E5); “é ganhar ou perder elétron” (E1).

Diante da resposta dos estudantes, houve um questionamento sobre isso de ganhar ou perder elétrons, com o objetivo de ouvir melhor os estudantes sobre o que entendiam a respeito do conteúdo. Nesse momento houve uma grande discussão entre eles, pois haviam visto o conteúdo no final do ano anterior, e aparentemente, estava mais presente na memória de quase todos. Durante a discussão, foi possível observar que eles conheciam a eletroquímica e ainda apresentavam bem os conceitos conforme discutiam. Ao longo da discussão, os estudantes trouxeram alguns conceitos da eletroquímica, como energia, definiram o que era oxidação e redução, e até mesmo chegaram a falar sobre o Nox, sem a necessidade de questionamentos, identificando que o Nox está relacionado à oxidação e redução.

Foi possível notar que os estudantes possuem uma boa articulação entre os conceitos inter-relacionados da eletroquímica, como oxidação, redução e Nox. Além disso, o fato dos estudantes apresentarem rapidamente as ideias e conceitos, demonstra que a utilização de atividades contextualizadas talvez facilitem a mobilização de conceitos que estavam presentes na estrutura cognitiva dos estudantes, auxiliando na resignificação desses conceitos

Por fim, é importante destacar que o fato dos estudantes estarem dispostos a trazerem conceitos adicionais para a atividade, caracteriza um ambiente aberto a novas ideias, favorecendo a aprendizagem e o pensamento crítico. Corroborando com os apontamentos de Galiazzi e Gonçalves (2004), pois a realização de uma atividade que faça relação entre atividades experimentais e problematização, tenderá a favorecer o protagonismo dos estudantes na construção de seu conhecimento. Em contrapartida, apesar do bom desempenho dos estudantes na articulação dos conceitos relacionados a eletroquímica durante a atividade, ainda se faz necessário sinalizar sobre o mal desempenho relacionado ao conteúdo da cinética química, que apesar de ser um conteúdo da mesma matriz curricular da BNCC (2018), os estudantes não apresentavam qualquer ideia ou conhecimento prévio desse conteúdo, como foi possível observar na entrevista semi-estruturada 1, demonstrando que haviam conceitos a serem trabalhados na SD.

Mais adiante, foi trabalhado a influência da temperatura na atividade enzimática, apresentando o experimento da batata (enzima catalase), mergulhada em água quente e na água em temperatura ambiente, buscando demonstrar como a temperatura influencia na atividade enzimática. Nesse sentido, o texto apresentado no momento 1 (problematização inicial), foi citado novamente para que os estudantes pudessem observar qual a temperatura ideal para o funcionamento das enzimas, para que fosse possível iniciar o comparativo de temperatura entre os copos de água quente (copo 1) e água em temperatura ambiente (copo 2).

Inicialmente, uma parte da batata foi cortada e adicionada nos copos de água e solicitado que os estudantes esperassem alguns segundos, e em seguida, foram pingadas algumas gotas de água oxigenada e foi solicitado que observassem o que aconteceria. Após o início do experimento, os estudantes observaram os dois copos e começaram a questionar qual o motivo de não estar acontecendo nada no copo 1, enquanto no copo 2, estava ocorrendo o aparecimento de bolhas. Durante a discussão um dos estudantes apontou que o copo 2, era a mesma situação do copo

apresentado no primeiro experimento, ou seja, a catalase iria agir normalmente: *“mas esse caso aqui, é o mesmo do copo do começo que a gente viu [simulação do funcionamento da enzima catalase], aqui tá funcionando tudo normal”*, demonstrando que os estudantes estavam fazendo conexões entre as atividades experimentais.

Além disso, foi questionado por qual motivo que no copo de água 1, não estaria acontecendo nada similar ao copo 2, apesar da demora em responder o questionamento, os estudantes afirmaram que a falta de reação era ocasionada pela alta temperatura da água:

“é pq a temperatura não pode tá muito alta né” (E2); “eu acho que ela... sei lá... não consegue funcionar porque tá muito quente” (E5);

Neste contexto, as respostas dos estudantes sugerem que possivelmente estão começando a compreender como as condições experimentais, como a temperatura, podem afetar a atividade enzimática, causando sua desnaturação. Além disso, é possível notar que os estudantes passaram a articular uma relação entre a observação experimental e o contexto em torno do funcionamento das enzimas. Como também, o uso de experimentos similares e de baixo custo, em atividades experimentais, pode ter facilitado a compreensão e explicação dos estudantes, durante os questionamentos, visto que, não é um experimento de muitas etapas e de difícil interpretação.

5.2.3 Momento 3: Relação pH x faixa de pH e Influência do pH na atividade enzimática

Na penúltima etapa da SD, foi trabalhado outro fator que afeta a atividade enzimática, o pH. Antes de iniciar a atividade, como expectativa de revisão, foi apresentado de maneira experimental pela comparação entre a coloração observada após imersão do extrato de repolho em diferentes soluções, como: água oxigenada, vinagre, leite, HCl e NaOH.

Por ser um experimento comumente utilizado em salas de aula, foi perguntado aos estudantes como ele ocorreria. O estudante 2 pontua que: *“[...] dependendo da... coisa, ele vai mudar a cor. Ele vai saber se vai ser ácido, se é base”*, evidenciando que de fato os estudantes já haviam realizado o experimento em outro momento. Porém, apesar de conhecerem o experimento, eles não sabiam o motivo ou razão para acontecer a mudança de cores, conforme o repolho é

adicionado nas substâncias. Em vista disso, foi explicado que um dos motivos estava relacionado a presença da antocianina do repolho roxo, que possui facilidade de mudar parte de sua estrutura, conforme o pH mudava, a substância absorve parte da radiação visível e reflete alguns comprimentos de onda que ao chegar a nossa retina caracterizam a cor de um objeto.

Em seguida, foi solicitado que os estudantes dessem início ao experimento, posicionando as soluções para medidas de pH. Após a adição do indicador em todas as soluções, os estudantes identificaram o pH de todas elas, dando atenção em especial ao leite, pois estavam muito curiosos para saberem o pH da solução. Com a mudança de cor (vermelho) e comparando com a faixa de pH, os estudantes identificaram o pH do leite, como básico. Assim como outras substâncias que o repolho roxo foi sendo adicionado ao longo do tempo.

Durante essa dinâmica, os estudantes apresentaram uma boa socialização na realização da atividade, devido a mudança de cor das soluções, antes mesmo de iniciar a consulta na faixa de pH, já discutiam entre si qual o possível pH. Dessa maneira, observando os estudantes, ficou evidente que a realização de práticas experimentais em grupo, pôde propiciar um ambiente sadio ao aprendizado, quando ministrado de forma contextualizada e problematizada, conforme sugere Ribeiro (2022) quando defende a inserção do contexto social como uma maneira de favorecer o desenvolvimento de uma aprendizagem colaborativa, em que os(as) estudantes buscam construir conhecimento para resolução de um problema, que pode culminar em abstração de conceitos fundamentais para área de conhecimento abordada. Em alinhamento com Ribeiro (2022), Batinga e Teixeira (2014) propõem que a Resolução de Problemas pode viabilizar um processo de aprendizagem pautado na reflexão, na argumentação, tomada de decisões e no trabalho coletivo. A utilização desse tipo de atividade permite que os estudantes dialoguem entre si, como também, possam fomentar novas ideias a partir do argumento de outros estudantes (Galiazzi; Gonçalves, 2004).

Após a realização do experimento com o indicador ácido-base repolho roxo, foi iniciada a última etapa experimental da SD, que consistia em demonstrar como uma enzima agia em diferentes pH. Assim, foi explicado aos estudantes sobre a influência da temperatura na atividade enzimática, e naquele momento seria discutido como o pH pode influenciar e qual seria a faixa ideal para o funcionamento da enzima, que é entre 6 e 8. O experimento que os estudantes realizaram foi

mergulhar a batata em dois copos diferentes: um copo com vinagre e outro com Hidróxido de Sódio (NaOH), e pingar algumas gotas de peróxido de hidrogênio em ambos os copos, para que observassem o que iria acontecer.

Antes de iniciar o experimento, foi questionado qual seria o pH do vinagre, e todos os estudantes responderam que se tratava de um pH ácido, devido ao sabor azedo da substância. Dois estudantes realizaram o experimento, enquanto os outros quatro observaram o que aconteceria. Após a adição da batata no vinagre, foi solicitado que os estudantes esperassem um momento antes de adicionar a outra substância, houve o questionamento sobre o que deveria acontecer quando o peróxido de hidrogênio fosse adicionado, e segundo os estudantes deveria acontecer como nos experimentos anteriores: *“tem que começar a sair umas bolhas”* (E1), *“é, as bolhas na batata que é o oxigênio né”* (E6), sendo possível observar que mais uma vez, os estudantes estavam realizando conexões entre as atividades experimentais, bem como uma evolução conceitual, ao associarem a presença de bolhas a liberação de gás O₂.

Ao gotejar o peróxido de hidrogênio, os estudante que estavam observando o experimento pediram para olhar o copo mais de perto, e perceberam que ao longo do tempo, não estava acontecendo nada em ambos os copos, e começaram a debater entre si, o que estava “atrapalhando” a enzima. Depois de um certo tempo, eles chegaram a conclusão que em um dos copos, era devido ao pH muito ácido (copo com vinagre):

“não tá acontecendo nada” (E6); *“ta, mas ta pouco, tá criando bolhinhas, mas é bem pequenas”* (E5); *“é por causa do ácido do vinagre”* (E1); *“é, ta muito ácido”* (E3); *“é a mesma coisa do outro experimento de temperatura... ta atrapalhando de funcionar”*. (E2).

A partir dessa discussão, foi explicado que os estudantes estavam coerentes em seus indagamentos. Porém, os estudantes responderam apenas em relação ao copo com vinagre, e não ao copo com NaOH, em vista disso, foi questionado se o NaOH se tratava de uma substância ácida ou básica. Apesar de ser uma substância comumente apresentada em sala através de reações químicas, os estudantes não sabiam qual o pH dela:

“o Na é sodio” (E4); *“é mas aí é ácido”* (E2); *“o NaOH é o ácido”* (E1)

Nesse momento foi explicado o que caracterizava uma base e um ácido, conforme a teoria de Arrhenius, tanto em termos de estrutura molecular, como de

concentração de íons H^+ e/ou OH^- . Contudo, quando questionados se eles viram algum conteúdo que tenha relação com OH^- e H^+ , praticamente todos afirmaram que não viram ou não lembraram. Em síntese, após essa breve explicação, a influência do pH foi trazida para a discussão novamente, na qual foi possível notar que os estudantes estavam compreendendo a proposta da atividade. Surgindo respostas que estavam conectada com as expectativas do pesquisador, como: *“a enzima vai sumir”, “é por conta do pH que ta muito variado”, “porque dissolve catalase”,* e quando questionados em relação ao pH básico: *“o pH básico demais atrapalhou ela [o funcionamento da enzima]”*.

Como também, foi possível debater com os estudantes sobre o pH de substâncias presentes em seu cotidiano, como a própria água sanitária e outros exemplos que os estudantes trouxeram, que segundo eles, estavam relacionados a ideia de pH:

“eu já vi isso na minha maquiagem... do pH da maquiagem” (E2); “não, é o pH que eu vi é onde tem piscina” (E6); “o sabonete também... porque pode manchar a pele né” (E1); “tem que saber né, pra não passar qualquer coisa na cara. Porque se for uma coisa muito forte demais, vai contaminar as coisas” (E3).

Dessa forma, a partir de todas as respostas dos estudantes durante essa etapa da SD, foi possível notar que a utilização da experimentação problematizadora ligada a situações cotidianas, pode ter possibilitado que os estudantes realizassem conexões entre os experimentos e seu cotidiano, visto que, durante as indagações trazidas por todos eles, muitos momentos eram de comparações com situações de seu dia a dia. Validando os argumentos de Francisco Jr., Ferreira e Hartwig (2008), os autores afirmam que a conexão entre situações e momentos do cotidiano, permite que os estudantes compreendam os conceitos de uma maneira mais eficaz.

Além disso, também se faz necessário trazer as contribuições da utilização do Arco de Maguerez proposto por Berbel (1995) durante as atividades experimentais com aporte da problematização, onde a autora afirma que quando se utiliza a problematização em sala, permitirá que os estudantes articulem ao seu cotidiano, propiciando um ambiente de debate, o que foi possível observar em todas as etapas das atividades.

5.2.4 Momento 4: Retorno ao problema inicial e finalização da SD

Na última etapa da SD, antes de dar início a solução da problemática, foi dito aos estudantes os motivos da realização dos experimentos e atividades durante a sequência didática. Além disso, também foi discutido como os experimentos simularam as atividades enzimáticas presentes no nosso organismo e sua relação com os conceitos químicos.

A partir desta discussão, a última etapa da problematização foi iniciada buscando a solução da problemática inicial proposta na SP. Foi questionado aos estudantes o que eles acreditavam que a pessoa tinha e qual teria sido a causa dos sintomas. Nesse momento houve uma grande discussão entre todos, e foi possível observar que os estudantes mudaram suas respostas, quando comparado as de maneira inicial:

“não sei, pode ter acontecido qualquer coisa que fez isso...” (E4); “é, mas talvez o problema não seja o leite e o médico se precipitou” (E1); “a comida também pode estar estragada” (E3); “pode ter sido isso, estragou a comida e variou o pH, aí isso parou de funcionar a enzima” (E2).

Contudo, apesar da boa discussão no momento, foi possível perceber que estava muito amplo e que possivelmente os estudantes não chegariam a uma solução ou “diagnóstico” da SP. Portanto, foi definido que a pessoa tem intolerância a lactose, mas foi solicitado que os estudantes explicassem de uma maneira mais técnica, considerando os aspectos bioquímicos discutidos durante a SD, qual a causa da intolerância à lactose. No qual, os estudantes responderam que:

“...Pode ser também um dos fatores que influenciam, o pH” (E3); “ou a pessoa também pode não ter a enzima, que aí quando a pessoa pega a lactose, ela não vai conseguir dissolver, porque não tem a enzima” (E2); “tem que pensar também em qual tá a temperatura, porque as vezes pode ter a enzima, mas não consegue funcionar porque a temperatura tá errada”(E5).

Em suma, as respostas conseguem se aproximar a uma explicação bioquímica do funcionamento das enzimas, demonstrando que os estudantes podem ter obtido uma aprendizagem significativa durante a atividade. Considerando isso, é possível concluir que a SP foi resolvida, na qual através das etapas de Hipóteses de Solução e Aplicação à realidade, propostas por Berbel (1996) através do Arco de Maguerez, os estudantes apresentaram ideias que estavam relacionadas a SD.

Como também, através da última etapa do Arco de Maguerez, os estudantes podem ter conseguido articular teoria e prática, pois apresentaram respostas que

consideravam os fatores cotidianos em que uma pessoa com intolerância estaria inserida. Em consonância com Suart (2014, p. 74) evidenciamos processos cognitivos e argumentativos propiciados pela reflexão e contextualização dos conteúdos na construção de argumentos e hipóteses para a resolução do problema.

5.3 Entrevista semi-estruturada 2

Uma semana após as atividades realizadas na SD, foram realizadas mais uma entrevista individual (APÊNDICE E) com os seis estudantes. As perguntas foram elaboradas com expectativa de analisar como a SD impactou no aprendizado dos estudantes, quando comparado a Entrevista semi-estruturada 1, realizada antes da SD.

A primeira pergunta teve como objetivo analisar como as atividades realizadas em sala, auxiliaram os estudantes na materialização de dois conteúdos base da SD: A cinética química e as enzimas. A elaboração dessa pergunta se deu a partir dos dados obtidos durante a entrevista semi-estruturada 1, a partir dos quais foi possível observar que os estudantes não lembravam ou não haviam visto os conteúdos citados anteriormente.

Pergunta 1: *A partir do que foi discutido em sala, descreva o que é cinética química e qual sua relação com as enzimas.*

Diante dessa pergunta, foi possível observar que os estudantes apresentaram um bom desempenho relacionado ao conceito de cinética química, visto que, dos seis estudantes, apenas um não descreveu de maneira coerente o conceito. Assim, foi possível obter respostas como:

“cinética química seria basicamente a velocidade da qual ocorre o processo da reação e as enzimas, elas meio que ajudam nesse processo” (E2); “A cinética química é relacionada com a velocidade dos processos é relacionada com que ela é o catalisador que acelera o processo das reações.” (E6).

Assim sendo, a partir dos tipos de aprendizagens significativas definidas por Moreira (2006) *apud* Ausubel (1978), é possível classificar a resposta de ambos estudantes, como uma Aprendizagem Conceitual e Proposicional, visto que, os estudantes apresentam uma definição coerente do conceito de cinética química e conseguem articular com a atuação das enzimas. Além disso, é possível observar um aprendizado satisfatório quando relacionado à expectativa de compreensão do conceito de cinética química e das enzimas, conceitos esses que antes eram

considerados desconhecidos, como observado na primeira entrevista. Ainda no contexto da pergunta, apesar de apresentarem uma melhor compreensão sobre a cinética química e enzimas, dois estudantes apresentaram respostas apenas relacionadas ao conceito de cinética, demonstrando que a atividade ainda precisa de mais aprofundamento relacionado às enzimas, seja em parte experimental ou com discussões, não atingindo complementemente as expectativas de aprendizagem.

Indo para a segunda pergunta, ela consistia em analisar do ponto de vista dos estudantes, como a compreensão da cinética e das reações químicas, auxiliou no entendimento da atividade enzimática no organismo. Bem como, observar se houve um aprendizado satisfatório a partir da articulação de reações químicas ao funcionamento das enzimas.

Pergunta 2: *Descreva a importância da cinética e das reações químicas para compreender o funcionamento das enzimas.*

Analisando a luz do referencial teórico, foi possível obter os dois níveis de aprendizagem significativas nas respostas apresentadas pelos estudantes. Ficou evidente que os estudantes apresentaram respostas tanto relacionadas ao contexto químico, quanto ao cotidiano. Como é o caso dos estudantes 1 e 4, eles apontaram que compreender como uma “atividade química” que acontece no corpo, evita compreensões equivocadas:

“[...]tem muitas coisas básicas que acontecem no nosso dia a dia e a gente não entende e fica sem muita explicação [...], e vendo assim entende mais ou menos como acontece. Podemos dizer que quando vemos uma coisa errada, a gente entende que tá errada aquilo” (E4).

Assim como o estudante 1 aponta que: *“você tem que descobrir como age [...], para ajudar as pessoas (na compreensão)” (E1).*

Diante dessas respostas, considerando os três tipos de aprendizagem significativas, é possível classificá-las em uma aprendizagem conceitual e representacional, visto que, através dos conceitos vistos em sala, como as representações das reações químicas, os estudantes puderam interligar isso ao seu cotidiano. Porém, apesar da identificação de algum tipo de aprendizagem nas respostas dos estudantes, é importante observar que os estudantes não responderam a pergunta, pois não descreveram em como os conceitos de cinética e das reações químicas, ajudou a chegarem a essas conclusões.

Diante do exposto, é possível classificar um aprendizado insatisfatório, relacionado a articulação das reações químicas ao funcionamento das enzimas, pois apesar dos estudantes tentarem relacionar a teoria com a prática, eles não apresentaram em como a compreensão dos conceitos auxiliou na aprendizagem da temática.

Ainda no contexto da pergunta, é preciso observar também a resposta do estudante 2, que apresentou argumentos considerando apenas a parte dos conceitos químicos: *“Porque através da cinética a gente consegue entender as enzimas e também outros fatores que podem influenciar também na utilização [funcionamento] da enzima no corpo”*. (E2)

Esse tipo de resposta evidencia uma aprendizagem conceitual, pois os estudantes podem ter conseguido relacionar o conceito ao funcionamento da enzima, através dos experimentos que representaram os fatores que influenciam na atividade enzimática. Além disso, a fala do estudante corrobora com os argumentos de Ausubel (2006), onde o autor reforça a importância das representações e dos conceitos subsunçores, para que os estudantes obtenham uma aprendizagem significativa. Como também, ainda é possível classificar a resposta dos estudantes de caráter satisfatório, relacionado a expectativa de articulação de reações químicas ao funcionamento das enzimas.

Finalizando a rodada de entrevistas semi-estruturadas, a terceira pergunta teve como objetivo analisar em como os experimentos facilitaram na compreensão do funcionamento das enzimas.

Pergunta 3: *Como os experimentos permitiram compreender o funcionamento das enzimas no organismo?*

Analisando cada resposta individualmente, é notório que existiu um consenso entre todos os estudantes, sobre como o fato das atividades experimentais serem mais simples, facilitou a compreensão da atividade. De maneira análoga, alguns estudantes também apontaram sobre como os experimentos permitiram compreender como os fatores como pH e temperatura influenciam no funcionamento das enzimas. Como é o caso dos estudantes 4 e 6, que afirmaram:

“foram coisas mais do nosso dia a dia de forma mais fácil de entender, e que foram mais fácil de aprender do que se fosse só as coisas teóricas na sala” (E4).

“com eles foi possível entender que vai depender muito de pH, de temperatura, e também qual composto vai reagir com ela, se ela[a enzima] é ativada ou não, vai depender muito dessas influências” (E6).

Em vista disso, é notório observar que os estudantes trouxeram ponderações relevantes sobre a atividade, que confirmam as contribuições de Pompilho e Pinheiros (2011), na qual os autores utilizaram experimentos de baixo custo para simularem o funcionamento das enzimas. Além disso, é possível notar que pode ter ocorrido uma aprendizagem significativa para os estudantes, pois além de expressarem sobre a importância da atividade, os estudantes também trouxeram questões técnicas, como os fatores bioquímicos.

Dessa maneira, considerando os apontamentos de Moreira (2006), as respostas dos estudantes se classificam como uma aprendizagem conceitual e proposicional, em decorrência dos conceitos químicos que novamente surgem na fala dos estudantes e na afirmação das contribuições das representações dos experimentos feitos em sala, como a equação química do experimento de simulação do funcionamento da enzima catalase, realizado Momento 2 da SD. Como também, possível classificar um aprendizado satisfatório relacionado a associação dos experimentos aos funcionamento das enzimas.

Em suma, após a análise dos resultados, é possível concluir que, o uso de conteúdos de outras disciplinas para a significação de conceitos químicos em sala de aula com aporte de uma experimentação problematizadora, pode facilitar a compreensão dos estudantes tanto relacionado aos conceitos químicos, quanto os de outras disciplinas. Diante dos dados obtidos, identificamos que as relações entre enzimas e cinética química, passam despercebidos em sala de aula, pois são conteúdos possivelmente vistos de maneira fragmentada e individual, não realizando conexões entre eles. Assim, o uso dessa atividade poderá facilitar na desfragmentação e articulação dos conceitos químicos ao funcionamento das enzimas, pois os estudantes apresentaram dados condizentes com a proposta da atividade, sendo esperado que tenham obtido uma aprendizagem significativa.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considerando os objetivos propostos e a fundamentação teórica que nortearam a pesquisa, e diante dos dados obtidos e analisados, sugere-se que o uso de uma metodologia que contemple uma experimentação problematizadora com enfoque na articulação de conceitos químicos a partir de uma situação contextualizada, pode ter contribuído para o ensino-aprendizagem de química, devido ao uso de situações que remeteram a abstração de conceitos químicos associados a ação das enzimas no organismo humano.

Através do uso da experimentação problematizadora, os resultados indicam que foi possível estabelecer um aprendizado de conceitos químicos, tornando-os menos abstratos e próximos do cotidiano dos estudantes. Também é importante destacar que a atividade possibilitou que os estudantes mobilizassem conteúdos que estavam presentes em sua estrutura cognitiva, pois ao longo da atividade, os conceitos foram sendo construídos sem a necessidade de inferências. Além disso, os estudantes observaram que o conteúdo estava presente em seu dia-a-dia, permitindo a possibilidade de interferirem em outras situações do cotidiano.

Entretanto, por ser um projeto piloto, pensamos ser necessários novos aprofundamentos na atividade para melhor articulação de novos conceitos químicos a outros tipos e classes de enzimas, para que mais momentos problematizadores, propícios a aprendizagens significativas sejam obtidos de maneira mais eficaz. Podendo, no entanto, ser aprimorada posteriormente em uma situação de pós-graduação.

REFERÊNCIAS

- AFONSO, Julio Cesar; BARRETO, Milena Borges; AGUIAR, Daniel Lima Magalhães de; NOVAES, Fábio Junior Maciel. Atividades Experimentais Simples para o Entendimento de Conceitos de Cinética Enzimática: *Solanum tuberosum* – Uma Alternativa Versátil. **Química Nova na Escola**. Vol. 35, N° 1, p. 27-33, Fevereiro 2013.
- AUSUBEL, David Paul. **Aquisição e Retenção de Conhecimentos: Uma Perspectiva Cognitiva**. Tradução: Lígia Teopisto. 1 ed. Lisboa: Plátano, 2003.
- BARBOSA, Rejane Martins Novais Barbosa; JÓFILI, Zélia Maria Soares; LIMA, Jozária de Fátima Lemos de; PINA, Maria do Socorro Lopes. A Contextualização no Ensino de Cinética Química. **Química Nova na Escola**. N°11, p.26-29. Maio 2000.
- BATINGA, Veronica Tavares Santos; TEIXEIRA, Francimar Martins. A Abordagem de Resolução de Problemas por uma professora de Química: Análise de um problema sobre a Combustão do Álcool envolvendo o conteúdo de Estequiometria. **Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia**. Ponta Grossa, v. 7, n. 1, p. 24-52, 2014.
- BERBEL, Neusi Aparecida Navas. **A problematização e a aprendizagem baseada em problemas: diferentes termos ou diferentes caminhos?** Interface - Comunicação, Saúde, Educação, v.2, n.2, p. 139-154, fev. 1998.
- BERBEL, Neusi Aparecida Navas; GAMBOA, Silvio Ancizar Sánchez. **A metodologia da problematização com o Arco de Magueréz: uma perspectiva teórica e epistemológica**. Filosofia e Educação (online), Campinas, v. 3, n. 2, p. out. 2011/mar. 2012.
- BERBEL, Neusi Aparecida Navas; COLOMBO, Andréa Aparecida. **A Metodologia da Problematização com o Arco de Magueréz e sua relação com os saberes de professores**. Semina: Ciências Sociais e Humanas, Londrina, v. 28, n. 2, p. 121-146, jul./dez. 2007.
- BRASIL (país). Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros Curriculares Nacionais**. Ensino Médio: Bases Legais. Brasília: MEC, 1999a.
- BRASIL (país). Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros Curriculares Nacionais**. Ensino Médio: Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias. Brasília: MEC, 1999b.
- BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília: MEC, 2018. Disponível em: <<http://basenacionalcomum.mec.gov.br/>>. Acesso em: 27 de fev. de 2024.
- CHIZZOTTI, Antonio. **Pesquisa em ciências humanas e sociais**. 8 ed. São Paulo: Cortez, 2006.

SILVA, Camila Simone da; BEDIN, Everton. A Metodologia Cooperativa No Ensino De Química: O Aluno Como Construtor De Sua Aprendizagem. **Revista de Educação, Ciências e Matemática**, v. 9, n. 2, 2019. Disponível em: <http://publicacoes.unigranrio.edu.br/index.php> . Acesso em: 13 set. 2023.

FALJONI-ALÁRIO, Adelaide.; WARTHA, Edson Jose. A contextualização no Ensino de Química através do Livro Didático. **Química Nova na Escola**. N° 22, Novembro 2005.

FERREIRA, Luiz Henrique; HARTWIG, Dácio Rodney; OLIVEIRA, Roberto Carlos. Ensino Experimental de Química: Uma Abordagem Investigativa Contextualizada. **Química Nova na Escola**. Vol. 32, N°2, 101-106. Maio 2010.

FERREIRA, Luiz Henrique; FRANCISCO JUNIOR, Wilmo Ernesto e HARTWIG, Dácio Rodney. Experimentação Problematizadora: Fundamentos Teóricos e Práticos para a Aplicação em Salas de Aula de Ciências. **Química Nova na Escola**. N° 30, NOVEMBRO, p. 34-41, 2008.

FLICK, Uwe. **Introdução à pesquisa qualitativa**. Tradução: Joice Elias Costa. 3. Ed. Porto Alegre: Artmed, 405 p, 2009.

GALIAZZI, Maria do Carmo; GONÇALVES, Fábio Peres. A natureza pedagógica da experimentação: uma pesquisa na licenciatura em química. **Química Nova na Escola**, Vol. 27, No. 2, 326-331, 2004.

GIL, Antonio Carlos. **Métodos e técnicas da pesquisa social**. 6° edição. São Paulo: Editora Atlas S.A - 2008.

GONÇALVES, Raquel Pereira Neves; GOI, Mara Elisângela Jappe. **Experimentação no Ensino de Química na Educação Básica**: Uma revisão de literatura. **REDEQUIM - Revista de Debates em Ensino de Química**. p. 136-152. 2020.

GONÇALVES, Tiago Maretti. Um laboratório de Biologia em casa: simulando a ação da enzima catalase na batata. **Revista Educação Pública**, v. 21, nº 27, 20 de julho de 2021. Disponível em: <https://educacaopublica.cecierj.edu.br/artigos/21/27/um-laboratorio-de-biologia-em-casa-simulando-a-acao-da-enzima-catalase-na-batata>>. Acesso em: 20 de fev. de 2024.

MARZZOCO, Anita; TORRES, Bayardo Baptista. **Bioquímica Básica**. Guanabara Koogan 4°ed. 2017. Disponível em: < <https://bibliotecadebiomedicina.blogspot.com/2019/06/livro-bioquimica-basica-marzzoco-4-ed.html> >. Acesso em: 14 de set. de 2023.

MELO, Carla Carvalho de; OLIVEIRA, Regina Célia Barbosa de; SOUZA, Agilson Nascimento de. A Utilização da Experimentação como aporte de Atividades problematizadoras para a significação de conceitos químicos no ensino médio. **Debates em Educação**. UFAL. Vol 11, N°24, Maio/Ago, 2019.

MELO, Carla Carvalho de; OLIVEIRA, Regina Célia Barbosa de; SOUZA, Agilson Nascimento de. Implicações da experimentação como aporte em atividades por problematização para compreensão do fenômeno corrosão. **Ensino em Re-Vista**. Uberlândia, MG. v.28, p. 1-25, e043, 2021.

OLIVEIRA, Maria Marly. **Como fazer pesquisa qualitativa**. Petrópolis, Rio de Janeiro: Vozes, 2007.

PINHEIRO, William de Azevedo; POMPILO, Wendel Mattos. O Ensino de Enzimas: Uma Abordagem Experimental de Baixo Custo. **Revista Brasileira de Ensino de Bioquímica e Biologia Molecular**. No. 01. A1 a A8. Julho 2011.

RIBEIRO, Luis. Roberto de Camargo. **Aprendizagem Baseada em Problemas (PBL): uma Experiência no Ensino Superior**. São Carlos: EdUFSCar, 2022.

SANTOS, Ariane Nascimento dos; SILVA, Bárbara Lúcia de Oliveira da; LIMA, Tathiane Oliveira; SANTOS, Thomas Fernando Ferreira Tributino dos; AQUINO, Kátia Aparecida da Silva. Problematização em aulas experimentais de química para a promoção da Aprendizagem Significativa Crítica. **20º Encontro Nacional de Ensino de Química** – ENEQ Pernambuco - UFRPE/UFPE. Recife – PE – 13 a 16 de julho de 2020.

SILVA, Rosemary Batista; PIRES, Luciene Lima de Assis. Metodologias Ativas de Aprendizagem: Construção do Conhecimento. **Conedu - VII Congresso Nacional de Educação** - Educação como (re)Existência: mudanças, conscientização e conhecimentos. Maceió - AL. 15, 16, 17 de Outubro de 2020.

SUART, Rita de Cássia; MARCONDES, Maria Eunice Ribeiro. A manifestação de habilidades cognitivas em atividades experimentais investigativas no ensino médio de química. **Ciênc. cogn.** [online]. 2009, vol.14, n.1, pp.50-74.

WARTHA, Edson José; SILVA, Erivanildo Lopes da; BEJARANO, Nelson Rui Ribas. A Contextualização no Ensino de Química Através do Livro Didático. **Química Nova na Escola**. nº 22, p. 42-45, novembro, 2005.

APÊNDICE A – Entrevista semi-estruturada 1

1. Você já ouviu falar na expressão: “Não recomendado para pessoas que têm intolerância à lactose”? O que isso quer dizer para você?
2. O que você compreende por enzimas?
3. O que você entende por cinética química?
4. Em suas palavras, o que seriam catalisadores?

APÊNDICE B – Sequência didática

Sequência didática Intolerância a lactose Duração: 3 aulas de 50 minutos cada		
Conteúdos:		
➤ Reações químicas ➤ Produtos e Reagentes ➤ Construção de uma reação química ➤ Ácidos e bases ➤ Hidrólise ➤ Oxirredução	➤ Cinética Química ➤ Velocidade de reação ➤ Catalisadores ➤ Energia de ativação ➤ Condições normais de temperatura de pressão (CNTP)	
Objetivo Geral: ➤ Compreender a importância das enzimas para o funcionamento do organismo a partir da articulação com conceitos químicos. Objetivos Específicos: ➤ Compreender o funcionamento da enzima lactase no organismo. ➤ Compreender a função do catalisador no processo de digestão. ➤ Estabelecer relação entre a velocidade das reações químicas e a ação de enzimas no organismo. ➤ Reconhecer ácidos e bases e suas influências no organismo. ➤ Relacionar dados experimentais com a atividade enzimática.		
Atividade	Conteúdos/Ideias trabalhadas	Aula

Momento 1: Problematização inicial. Apresentação do texto sobre as enzimas (Apêndice C) e da situação problema (Apêndice D), após a leitura, será realizado uma discussão para que os estudantes possam apresentar seus pontos de vista sobre a situação-problema e conceitos observados no texto.	➤ Conceito de enzima e substrato apresentados durante a leitura do texto (Apêndice C). ➤ Conceitos gerais de reações químicas e cinética química, que estão presentes no texto (Apêndice C). ➤ Observação da realidade através da SP.	1 50 min.
Momento 2: Simulação da enzima catalase no organismo e influência da temperatura na atividade enzimática. Realização de dois experimentos: 1. “o efeito da água oxigenada na batata crua” 2. “batata em água quente e na água fria” com o objetivo de simular o funcionamento da enzima catalase no organismo e identificar a influência da temperatura na atividade enzimática.	➤ Produtos e Reagentes através construção de da reação química envolvendo a oxidação e hidrólise do peróxido de hidrogênio. ➤ Exemplificação do funcionamento da enzima catalase. ➤ Reflexão em como as Condições normais de temperatura de pressão (CNTP), podem influenciar na degradação de	

	substâncias. ➤ Observação e identificação do tipo de catalisador presente na reação, bem como, a reflexão sob a energia de ativação da reação.	
--	--	--

Momento 3: Relação pH x faixa de pH e influência do pH na atividade enzimática.

Atividades experimentais:

1. “batata crua no vinagre e no NaOH” e 2. “Identificação do pH de soluções (leite; vinagre; limão e água sanitária) com o indicador ácido-base repolho roxo” com o objetivo de trabalhar os conceitos de ácidos e bases, através da faixa do pH pela mudança na cor da solução. Além de simular situações relacionadas ao pH do corpo humano. Discussão sobre os experimentos realizados, com o objetivo de propiciar um ambiente de diálogo entre todos os estudantes, apresentando suas ideias e questionamentos.
- Incentivar a explicação dos conceitos químicos que os estudantes acreditam estarem presentes em cada experimento. Além disso, se necessário, ocorrerá o aprimoramento de cada conceito apresentado, através da mediação por

- Ácidos e bases a partir da discussão sob o meio que a batata está inclusa, se é ácido ou básico.
- Velocidade de reação a partir de uma análise do tipo de reação que não ocorre em meio ácido ou básico.
- Relacionar cor da solução, após a adição do indicador, ao pH.
- Funcionamento do indicador ácido-base.
- Demonstrar como o suco de repolho roxo pode ser usado como um indicador de pH para identificar substâncias ácidas e básicas.

**2
50 min.**

parte do pesquisador.		
Momento 4: Retorno ao problema inicial e finalização da SD. • A problemática inicial da intolerância à lactose será retomada, para que através de discussões, exista uma articulação com tudo o que foi lido e realizado, a problemática da atividade para que possam chegar a conclusão do que causa a intolerância à lactose.	➤ Discussão sobre o funcionamento das enzimas e sua importância no organismo humano. Além disso, apresentação de todos os conceitos abordados durante a intervenção. ➤ Reflexão sobre a relação entre as enzimas e os conceitos vistos anteriormente.	3 50 min.
Recursos e materiais utilizados		
• Quadro e pilotos • 2 batatas • 1 faca de serra • 4 copos descartáveis • Água Oxigenada • Hidroxido de sodio • Extrato de repolho roxo • Vinagre • Limão • Leite		

APÊNDICE C – Informações básicas sobre as enzimas

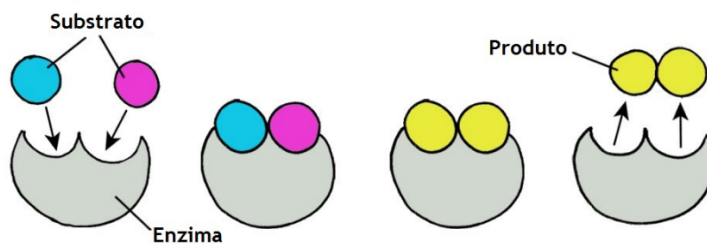
Você sabia?

ENZIMAS



Enzimas são catalisadores biológicos muito importantes para a realização das reações cinéticas do organismo, pois são capazes de aumentar a velocidade das reações químicas, através da diminuição da energia de ativação de uma reação. Para que possam aumentar a velocidade de uma reação, as enzimas devem se ligar a reagentes, os quais são conhecidos como substratos. Há também, algumas enzimas que realizam processos de oxidação e redução, e de hidrólise no corpo humano. Além disso, a atividade enzimática pode ser influenciada por fatores como o pH, que deve estar entre 6 e 8, e a temperatura, que deve estar entre 35 e 40°C.

No corpo humano, existem diversos tipos de enzimas e cada enzima é específica para um tipo de reação. Ou seja, elas atuam somente em um determinado composto e efetuam sempre o mesmo tipo de reação



APÊNDICE D – Situação-Problema



Situação-Problema



Kleiton estava em uma festa de aniversário e decide experimentar um bolo de chocolate delicioso que foi servido. Pouco tempo depois de comer uma fatia, Kleiton começa a sentir desconforto abdominal, gases e até mesmo diarreia.

Após o episódio, Kleiton decide procurar um médico, que prontamente lhe avisa para não ingerir comidas derivadas do leite. Porém, quando chega em casa e conta para sua mãe, ela fica sem entender e questiona o diagnóstico do médico:

“Como pode o leite, um alimento tão forte e rico em nutrientes, ser prejudicial para sua saúde?”



APÊNDICE E – Entrevista Semi-estruturada 2

1. A partir do que foi discutido em sala, descreva o que é energia de ativação e como as enzimas a reduzem durante uma reação química.
2. Descreva a importância da cinética e das reações químicas para compreender o funcionamento das enzimas.
3. Como os experimentos permitiram compreender o funcionamento das enzimas no organismo?