

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM QUÍMICA**

**A aprendizagem de Catálise Enzimática por meio de Casos:
proposta para o Ensino de Química**

Thiago Pereira Goulart

São Carlos - SP

2018

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM QUÍMICA

**“A aprendizagem de Catálise Enzimática por meio de
Casos: proposta para o Ensino de Química”**

Thiago Pereira Goulart

Dissertação apresentada como parte dos requisitos para obtenção do título de MESTRE PROFISSIONAL EM QUÍMICA, área de concentração: ENSINO DE QUÍMICA.

Orientadora: Prof^a. Dr^a Clelia Mara de Paula Marques

São Carlos - SP

2018



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS

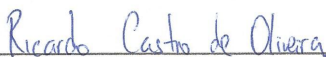
Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia
Programa de Pós-Graduação em Química

Folha de Aprovação

Assinaturas dos membros da comissão examinadora que avaliou e aprovou a Defesa de Dissertação de Mestrado do candidato Thiago Pereira Goulart, realizada em 09/11/2018:



Profa. Dra. Cleia Mara de Paula Marques
UFSCar



Prof. Dr. Ricardo Castro de Oliveira
IFSP - Catanduva



Profa. Dra. Salette Linhares Queiroz
USP

*“...Eu não estou interessado em nenhuma teoria,
Em nenhuma fantasia, nem no algo mais,
nem em tinta pro meu rosto ou oba-oba ou melodia,
amar e mudar as coisas me interessa mais...”*

BELCHIOR. **Alucinação**. Polygram, LP. São Paulo: 1976.

À memória de minha amabilíssima Mãe, Neusa Milane Pereira Goulart, minha
primeira e maior Professora;

Ao meu Amado Pai, Francisco Pereira Goulart Filho,

Dedico.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus e a todas as pessoas com quem pude conviver e partilhar de todas as oportunidades e desafios dessa caminhada;

À minha estimada orientadora, Prof^a Dr^a Clelia Mara de Paula Marques, por sua dedicação e paciência e também por todas as oportunidades de aprendizado e reflexão, pelo companheirismo e pela afabilidade de todo tempo;

À Prof^a Dr^a Dulcimeire Aparecida Volante Zanon e à Prof^a Dr^a Salete Linhares Queiroz pelo inestimável apoio desde o início da realização do estudo e, igualmente, por todas as oportunidades de reflexão;

Ao Prof Dr Ricardo Castro de Oliveira pela imensa gentileza de auxiliar na reflexão e construção do presente estudo.

Ao Prof Dr Romeu Cardozo Rocha Filho, pelo brilhantismo e excelência de exímio Professor em suas Aulas de (pensar e ensinar) Química;

Aos estudantes que participaram da Pesquisa, ao Colégio Cristo Rei e aos Instituto dos Irmãos do Sagrado Coração no Brasil;

Às Secretárias do PPGQ/UFSCar, Ariane, Cristina e Luciani, pela imensa solicitude e gentileza com que me auxiliaram nesse percurso;

À Universidade Federal de São Carlos e ao Programa (UFSCar) de Pós-graduação em Química (PPGQ) de seu Departamento de Química (DQ);

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM)

Ensino Médio (EM)

Casos Investigativos (CI)

Portfólios Reflexivos (PR)

Colégio Cristo Rei (CCR)

Problem Based Learning (PBL)

Termo de Consentimento Livre e Esclarecido - TCLE

Análise Textual Discursiva (ATD)

Ensino Superior (ES)

Educação Básica (EB)

LISTA DE QUADROS

QUADRO 3.1	Classes de enzimas e suas principais aplicações.....	21
QUADRO 4.1	Apresentação geral das três etapas do estudo.....	33
QUADRO 4.2	Etapas fundamentais da aplicação do método de Análise Textual Discursiva.....	40
QUADRO 5.3	Orientações aos estudantes para a segunda etapa.....	42
QUADRO 5.4	Caraterísticas gerias das três categorias iniciais.....	43
QUADRO 5.5	Orientações aos estudantes específicas para a terceira etapa.	47
QUADRO 5.6	Características finais da organização das etapas do estudo e seus conteúdos específicos	79

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 3.1	Representação estrutural do catalisador de Wilkinson.....	16
FIGURA 3.2	Utilização dos parâmetros Velocidade máxima e constante de Michaelis na pesquisa pela afinidade de uma enzima por um substrato específico.....	22
FIGURA 3.3	Representação gráfica de Lineweaver-Burk para determinação das constantes cinéticas K_m e $V_{m\acute{a}x}$	24
FIGURA 5.1	Hidrólise da lactose e as estruturas das substâncias envolvidas nessa reação.....	42
FIGURA 5.2	Identificação do fenômeno químico em uma situação do cotidiano.....	51
FIGURA 5.3	Forma de identificação de redes causais para explicar o problema do caso.....	52
FIGURA 5.4	Retomada da situação inicial durante as passagens de etapas.	53
FIGURA 5.5	Aprofundamentos apresentados a respeito da situação inicial...	57
FIGURA 5.6	Representação pictórica do modelo chave-fechadura.....	58
FIGURA 5.7	Representação da ligação entre a superfície de uma enzima com seu substrato.....	58
FIGURA 5.8	Representação da região do sítio ativo em uma enzima.....	59
FIGURA 5.9	Representação direcionalidades de ligantes na molécula de lactose.....	59
FIGURA 5.10	Representações estruturais para organização espacial da lactose e de um de seus monossacarídeos constituintes.....	61
FIGURA 5.11	Representação do encaixe específico na estrutura de uma enzima.....	61
FIGURA 5.12	Apresentação de um modelo continuista em relação ao modelo chave-fechadura.....	62
FIGURA 5.13	Representação da estrutura geral de um aminoácido utilizada para explicar a formação da estrutura geral de uma enzima.....	63
FIGURA 5.14	Representação de arranjos conformacionais possíveis para a estrutura de uma proteína.....	63

FIGURA 5.15	Entendimentos sobre o processo de hidrólise.....	65
FIGURA 5.16	Definição de variáveis termodinâmicas associadas as reações de hidrólise.....	71
FIGURA 5.17	Discussão de espontaneidade de reações a partir do conceito de variação de entropia.....	73
FIGURA 5.18	Surgimento de questionamentos como forma de organização da aprendizagem.....	76
FIGURA 5.19	Ocorrência de registros de fontes de informação.....	77

RESUMO

A APRENDIZAGEM DE CATÁLISE ENZIMÁTICA POR MEIO DE CASOS: PROPOSTA PARA O ENSINO DE QUÍMICA. O intuito fundamental de suscitar formas inovadoras de construção de conhecimento em Química durante a educação básica exige a instrumentalização de estratégias que possam mostrar ressignificações das práticas pedagógicas e dos entendimentos sobre a aprendizagem em Química, assim como nas demais Ciências Naturais. Dessa forma, o presente estudo partiu dos fundamentos das estratégias de resolução de Casos Investigativos e dos Portfólios Reflexivos a fim de propor uma situação de aprendizagem a partir das reações químicas enzimáticas. O trabalho propôs a resolução de um Caso Investigativo escrito com a finalidade específica de que estudantes da Segunda Série do Ensino Médio de um colégio particular, abordando uma situação relacionada ao cotidiano de uma estudante da mesma série. A escrita do caso buscou valorizar a construção da empatia dos estudantes que o resolveriam, como forma de dinamizar a identificação e construção de significados pelos mesmos a respeito da situação problema apresentada no caso. As etapas de resolução foram registradas em Portfólios Reflexivos, sendo que da totalidade desses relatos produzidos extraiu-se o corpo de dados utilizados para análise dos relatos. O trabalho de orientações, discussão e resolução dos casos envolveu etapas individual e de trabalho e discussões em grupo. O objetivo central do presente estudo é a caracterização de formas como podem ser possíveis o desenvolvimento de estratégias que valorizem a autonomia, o caráter reflexivo e a identificação dos objetos de aprendizagem dentro do cotidiano dos estudantes. Da análise dos resultados surgiram quatro categorias analíticas que caracterizam tal estratégia: a identificação das reações enzimáticas no cotidiano da personagem do caso; uma discussão progressivamente complexa a respeito da estrutura das substâncias e das reações químicas das quais as mesmas participam; a identificação e a discussão das características de distribuição de quantidades de energia na determinação da ocorrência de reações químicas específicas; e, por último, uma análise da forma de construção de julgamentos críticos realizados pelos sujeitos da aprendizagem a respeito das fontes e da qualidade das informações de que se valem para fundamentar seus discursos. A partir das análises realizadas, pretende-se a formulação de um guia com orientações para docentes e estudantes a respeito do como utilizar os casos investigativos e os Portfólios reflexivos em suas estratégias de aprendizagem, o que conclui o estudo. Uma das possibilidades é que se junte das características, dados e discussões presentes no Estudo, elementos para uma fundamentação epistemológica a respeito de como pode ser possível suscitar conhecimentos em Química a partir dos dois instrumentos apresentados no Estudo - os Casos e os Portfólios - permitindo instrumentalizar práticas de Ensino que permitam visões ampliadas sobre os conhecimentos, englobando diversas áreas e diversas formas de Linguagem. O estudo transcorreu por etapas orientadas, sendo que em cada uma delas as orientações do docente-pesquisador surgem das demandas próprias do grupo de estudantes. Dessa forma, foi possível descrever percursos e mecanismos de aprendizagens a partir das formas de relatos e reflexão apresentadas nos Portfólios Reflexivos.

ABSTRACT

THE LEARNING OF ENZYMATIC CATALYSIS BY CASES: PROPOSAL FOR THE TEACHING OF CHEMISTRY. The fundamental aim of provoking innovative forms of knowledge construction in Chemistry during basic education requires the instrumentalization of strategies that can show re-significances of pedagogical practices and understandings about learning in Chemistry, as well as in the other Natural Sciences. Thus, the present study started from the foundations of the strategies of resolution of Investigative Cases and Reflexive Portfolios in order to propose a situation of learning from the enzymatic chemical reactions. The paper proposed the resolution of an Investigative Case written for the specific purpose of which Secondary School students of a private college, approaching a situation related to the daily life of a student of the same series. The writing of the case sought to value the construction of the empathy of the students who would solve it, as a way to dynamize the identification and construction of meanings by them regarding the problem situation presented in the case. The resolution steps were recorded in Reflective Portfolios, and from the totality of these reports produced the body of data used to analyze the reports was extracted. The work of orientations, discussion and resolution of cases involved individual and work steps and group discussions. The main objective of the present study is the characterization of ways in which the development of strategies that value the autonomy, the reflexive character and the identification of the learning objects within the daily life of the students can be possible. From the analysis of the results, four analytical categories emerged that characterize this strategy: the identification of the enzymatic reactions in the daily life of the character of the case; a progressively complex discussion about the structure of the substances and the chemical reactions in which they participate; the identification and discussion of the energy distribution characteristic in determining the occurrence of specific chemical reactions; and, finally, an analysis of the way in which critical judgments are made by the subjects of learning about the sources and the quality of the information they use to support their discourses. Based on the analyzes carried out, it is intended the formulation of a guide with guidelines for teachers and students on how to use investigative cases and reflexive Portfolios in their learning strategies, which concludes the study. One of the possibilities is to join the characteristics, data and discussions present in the Study, elements for an epistemological foundation regarding how it may be possible to raise knowledge in Chemistry from the two instruments presented in the Study - the Cases and the Portfolios - teaching practices that allow expanded views on knowledge, encompassing several areas and different forms of language. The study was carried out in a step-by-step manner, with each one of them orienting the teacher-researcher to the students' own demands. In this way, it was possible to describe learning paths and mechanisms from the forms of reports and reflection presented in the Reflective Portfolios.

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	1
2.	QUESTÃO DE PESQUISA E OBJETIVOS.....	7
2.1.	Questão de pesquisa.....	7
2.2.	OBJETIVOS.....	8
2.2.1.	Objetivos específicos.....	8
3.	REFERENCIAIS TEÓRICOS.....	9
3.1.	Casos Investigativos.....	9
3.2	Catálise.....	13
3.2.1	A linguagem da Catálise.....	14
3.3.2	Catálise Homogênea e Heterogênea.....	15
3.3	Catálise Enzimática	17
3.3.1	Enzimas.....	17
3.4	PORTFÓLIOS.....	25
4	PERCURSO METODOLÓGICO.....	30
4.1	O percurso de resolução de Casos Investigativos	35
4.2	A forma de apresentação dos dados	37
4.3	Da Análise Textual Discursiva (ATD).....	39
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	41
5.1	Primeira Etapa.....	41
5.2	Segunda Etapa.....	44
5.3	Terceira Etapa	48
5.3.1	Categoria I - As reações enzimáticas e o Cotidiano	66
5.3.2	Categoria II: A estrutura das substâncias e suas propriedades químicas.....	57
5.3.3	Categoria III: As reações químicas e suas quantidades de energia.....	67
5.3.4	Categoria IV: Julgar informações, produzir conhecimento.....	73

6	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	84
7	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	86
	APÊNDICE A - Caso Investigativo utilizado no estudo.....	90
	APÊNDICE B - Parecer do Comitê de Ética em Pesquisa (CEP/UFSCar) B...	91
	APÊNDICE C -Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE).....	92
	APÊNDICE D - Termo de Assentimento (Carta de Autorização).....	93

1. INTRODUÇÃO

As reações enzimáticas fazem parte de diversos sistemas naturais, estando diretamente relacionadas ao funcionamento dos seres vivos e do meio ambiente de forma geral. Tais reações são caracterizadas pela participação das enzimas como fator determinante ou facilitador (OLIVEIRA e MONTOVANI, 2009), tanto do ponto de vista estrutural quanto energético. As características fundamentais das enzimas justificam a grande especificidade do papel que elas exercem ao participarem de reações químicas em seres vivos (GESSER et al., 1997), sobretudo no controle geral do metabolismo e na otimização do tempo e das quantidades de energia necessários para que uma reação química ocorra no interior de uma célula viva.

As especificidades das reações enzimáticas mostram o quanto certas reações químicas podem atender a objetivos específicos em um determinado meio, existindo grande complexidade de mecanismos (ARANTES, 2008). O entendimento das formas de ocorrência das reações enzimáticas pode mostrar, a um só tempo, o quanto as especificidades estruturais, do meio reacional e a integração entre diversas reações químicas concomitantes (KRAUT, 1998), nos auxiliam a compreender de forma ampla, contextualizada (MACHADO et al., 2004) e individualizada reações químicas e bioquímicas.

Não faria sentido abordar um tema de tamanha relevância e, ao mesmo tempo, com aplicações em campos tão diversos relacionados a reações que ocorrem em seres vivos, sem um entendimento ampliado e contextualizado a respeito do significado (COSTA et al., 2015) dessas reações em nossas vidas diárias. Dessa forma, o presente estudo almeja suscitar um campo de aprendizagens no qual fosse possível partir para um percurso processual, contextualizado e, fundamentalmente, interdisciplinar, que permita se apropriar dos fundamentos das reações enzimáticas para aprendizagens em Química (LEITE e LIMA, 2015).

Partimos de referenciais centrados na necessidade de contextualização e interdisciplinaridade como paradigmas fundamentais da Educação Química atual, propondo-se uma situação de aprendizagem pela qual fosse possível caracterizar, refletir e contextualizar a proposta apresentada com o intento de prover novas ferramentas que possam ser aplicadas pelos educadores químicos (KATO e

KAWASAKI, 2011), levando-se em consideração as abordagens da Disciplina Química (LOPES, 2005) no Ensino Médio (E.M.), e o percurso de preparação e desenvolvimento de habilidades necessárias para um entendimento das diversas áreas do conhecimento em nível de Ensino Superior (ES).

O estudo parte do entendimento do caráter processual de construção de conhecimento (SCHNETZLER, 2002) e ampara-se em uma perspectiva ampliada das funções do percurso educacional ao longo do Ensino Básico, sobretudo no E.M., e no papel da compreensão da atividade científica para a formação de cidadãos críticos e que possam reconhecer a construção histórica e social da atividade científica (SILVEIRA e BAZZO, 2009).

Tal ampliação da perspectiva da construção do conhecimento ao longo do EM passa por uma resignificação do entendimento e do papel do professor na Educação Química no tempo presente e, dessa forma, dos percursos possíveis para a construção de novas práticas docentes no Ensino de Química (CASSIANO, MESQUITA e RIBEIRO, 2016).

Tal reconstrução demanda uma reflexão sobre os paradigmas atuais presentes no ensino de Química e nas práticas docentes hegemônicas, a fim de buscar novos sentidos e novas possibilidades para os entendimentos sobre as aprendizagens.

As características como o ensino disciplinar, a partir de apostilas, com a preponderância de aulas expositivas, a permanência da passividade dos sujeitos e a ausência de uma crítica a respeito do próprio percurso da aprendizagem, foram fatores de grande influência para a determinação e planejamento do presente estudo.

Isso, porque grande parte dos esforços de orientação a redirecionamento dados ao ensino de Química durante toda a educação básica passa pela dimensão prática do que é abordado e escolhido enquanto conteúdo e prática pedagógica a partir dos materiais didáticos disponíveis, tanto no ensino público quanto privado (LOGUERCIO e DELPINO, 2001).

A literatura em Ensino de Química e de Ciências tem apontado para a crescente importância do reconhecimento dos discursos dos sujeitos (SÁ e QUEIROZ, 2007) em seus percursos de aprendizagem. As formas de argumentação nos registros de aprendizagem são abordadas de forma sistemática, nos permitindo

realizar novos e ampliados entendimentos a partir dos discursos dos sujeitos da aprendizagem.

Campos importantes dentro das áreas de Ensino de Química e Ensino de Ciências têm discutido características fundamentais para os percursos de aprendizagens como as abordagens interdisciplinares e a necessidade de contextualização dos objetos de aprendizagem para que os mesmo tomem sentidos reais para os sujeitos.

Os respectivos dois conceitos, de contextualização e de interdisciplinaridade, aparecem como pontos axiais no documento que busca nortear os fundamentos de educação a partir da esfera federal, sendo o que ocorre com a proposta de avaliação do Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM). Pela forma de avaliação do ENEM, podem ser delineadas as características fundamentais que têm sido desejadas pelos documentos oficiais para a educação nacional e, dessa forma, entender os paradigmas atuais da educação em Química, tanto no setor público quanto no setor privado.

As discussões a respeito do lugar da interdisciplinaridade (ANDRADE et al., 2004) nas aprendizagens tem se centrado, tanto nos documentos oficiais quanto na literatura específica sobre o Ensino de Química e de Ciências, na busca por formas de instrumentalizar tal conceito dentro de uma prática pedagógica possível no nosso contexto educacional. Essa tem sido uma questão desafiadora ao longo de anos para toda a comunidade de educadores químicos, pesquisadores e gestores dos nossos sistemas educacionais.

Parte significativa desse esforço é advinda da necessidade de construir um sentido real para a interdisciplinaridade, trazendo-a para uma dimensão de componente efetiva de uma prática pedagógica (VILLANI e PACCA, 1997). Tal dimensão excede, evidentemente, uma aplicação tangenciada desse conceito apenas como acessório a uma prática pedagógica já pré-determinada, rígida e sobre a qual os questionamentos e reflexões não têm produzido um efeito de ressignificação dos conceitos em Química.

A concepção dos educadores a respeito dessa interdisciplinaridade pode nos informar bastante sobre o quanto o mesmo tem sido efetivo como parte das práticas pedagógicas em si ou, em via contrária a essa, o quanto ainda permanece como caráter meramente exemplificador de conceitos científicos.

Caso duplamente indesejável para o que se espera de uma Educação Química entendida de forma ampliada o suficiente para atender as demandas de aprendizagem próprias do tempo presente (LIMA et al., 2000); isso porque, não bastasse a ausência do caráter interdisciplinar dentro da Química como disciplina curricular, o que já se figura como outro possível grave dano às aprendizagens, também reforça as noções relacionadas a atividade científica de forma pronta, inalterável e inacessível, outro possível grande dano.

O presente trabalho busca dar importância ao reconhecimento que os sujeitos da aprendizagem fazem a respeito dos objetos de produção científica e de sua produção a partir de fatores, minimamente, social e economicamente determinados.

Tal perspectiva está relacionada a uma identificação de que a proposição de um objeto de aprendizagem tido apenas como um “conceito” ou um “conteúdo” que se encerra em si mesmo, não produz modificações no entendimento dos estudantes a ponto de lhes agregar o desenvolvimento de habilidades que o constituam um sujeito crítico.

A crítica para a centralidade do “conteúdo” como quesito fundamental para a construção de uma prática pedagógica engloba toda a organização do EM, não apenas em seu caráter estrutural, mas também como impedimento para a construção do que a literatura mais tem se preocupado enquanto função da educação, a de formar cidadãos (BRASIL, 1998).

Assim decorre, evidentemente, a necessidade de fazer com que os protagonistas da aprendizagem construam em si mesmos uma atitude reflexiva e, dessa forma, construa autonomamente as relações, significados, apropriações e atitudes que caracterizam o que entendemos por conhecimento.

De tal forma que construímos, ao longo do estudo, uma dupla observação a respeito do entendimento e da caracterização que os próprios participantes fazem de seus conhecimentos: tanto da forma que o entendem enquanto construção pessoal, quanto na identificação que fazem a respeito de sua construção enquanto fruto da atividade científica.

A reflexão e a crítica a respeito da atividade científica e da atuação das pessoas que operam seus fundamentos e aplicações, permite um exercício de construção de um ponto de vista a partir de conhecimentos que embasam atitudes e

permitam a tomada de decisões de modo consciente, o que caracterizam um sujeito igualmente crítico (ALTARUGIO, 2010).

A própria sistematização em torno de uma disciplina no EM é algo limitador para a expansão dos entendimentos no que diz respeito à uma prática pedagógica, sobretudo pela centralidade do paradigma do conteúdo por estar fortemente ligada às formas de seleção utilizadas para o acesso ao Nível Superior de educação. De fato, exemplos como o ENEM e dos Exames Vestibulares, agregam em si a direção obrigatória para o sucesso ao longo do EM, segundo o ponto de vista hegemônico. Atitude não apenas prática, simplista no sentido de desestruturar a importância de todo o percurso, e que valoriza um produto final representado pelo acesso ao Nível Superior.

Não caberia, portanto, a intenção de entender o processo de construir conhecimento sem a caracterização de um percurso pessoal, algo que possa mostrar de que maneira pode ser possível que ocorra a construção de conhecimentos dentro da área específica de Química, sem perder de vista a relação direta e obrigatória que tais conhecimentos possuem com a determinação de nossas características de vida, tanto enquanto seres biológicos, como enquanto seres sociais, em constante processo de entendimento e modificação do universo no qual estamos inseridos (ROSA e TOSTA, 2005).

Sendo assim, as dimensões de contextualização e interdisciplinaridade se conjugam a fim de produzir uma leitura ampla da realidade, mais que a atitude contemplativa frente a um fenômeno ou fato observado.

Ao longo do percurso de planejamento, execução e análise relativos ao presente estudo, buscamos manter tais dimensões sendo entendidas e caracterizadas como partes de um mesmo processo de construção do conhecimento de forma autônoma e reflexiva.

Nesse mesmo sentido, a escolha dos C.I. (PINHEIRO et al., 2010, SÁ et al., 2007) e dos Portfólios Reflexivos (GAUCHE, 2017; VILLAS BOAS, 2004) agrega-se na escolha tanto do percurso de estudo adotado quanto das formas de registro com as quais fosse possível coletar uma totalidade de dados suficiente para realizar uma leitura aprofundada sobre o percurso poderia se dar na prática e quais considerações poderiam surgir a partir da observação do mesmo.

Como uma síntese prévia, haurida do caminho inicial de planejamento e início do estudo, descrevemos o mesmo em seu percurso, sendo que a partir de

sucessivas observações, registros e pela participação enquanto sujeito do processo de construção do mesmo, apresentamos uma análise processual que se transforma a cada nova experiência de aprendizagem observada, sendo possível chegar a um processo de síntese final, na qual ocorre uma caracterização e uma análise a partir de pontos fundamentais do percurso do presente estudo. São, igualmente, caracterizados os CI bem como os PR como ferramentas conjuntas utilizadas no presente estudo, e cujas descrições e análises são apresentadas com maior profundidade e em suas diretas relações com o estudo.

A própria escolha de ambos os instrumentos se deu pela afinidade com o que os mesmos se apresentam em relação aos pressupostos fundamentais em relação ao processo de construção de conhecimento, da atividade docente, de um entendimento a respeito da aprendizagem e da construção do conhecimento, com as quais o presente estudo se identifica.

A motivação principal para o desenvolvimento deste estudo partiu da atividade do autor como docente na Disciplina de Química na Educação Básica, principalmente pelo aspecto ceifador do desenvolvimento das autonomias e das aprendizagens preponderante nas formas hegemônicas do Ensino de Química em instituições privadas sobretudo a partir da pressões relacionadas ao desempenho dos estudantes nos exames vestibulares e no ENEM, seguida de uma conseqüente pressão de mercado para gerir esse acesso.

2. QUESTÃO DE PESQUISA E OBJETIVOS

2.1 Questão de pesquisa

A partir do processo de reflexão a respeito de propostas de ressignificar as estratégias de aprendizagem em Química, chegou-se ao seguinte questionamento:

“De que forma podem ocorrer formas de aprendizagem em Química a partir da utilização de Casos Investigativos e do uso de Portfólios reflexivos?”

Dando seguimento à referida questão, buscou-se estruturar o estudo a fim de buscar responder à questão de pesquisa dentro do contexto no qual a mesma deve ser realizada. Como próximos passos, buscou-se selecionar e organizar os objetivos de estudo a fim de que fosse possível lançar mão de estratégias específicas para que os mesmos fossem atingidos.

2.2 Objetivos

A fim de sistematizar cada uma das etapas necessárias para se galgar respostas para o referido questionamento, decidiu-se pontuar e especificar os objetivos do mesmo da seguinte maneira:

2.2.1 Objetivos Gerais

Dessa forma, o presente estudo pretende verificar de que maneira pode ser possível aliar os dois instrumentos propostos, os CI e os PR, a fim de motivar os estudantes para a construção de conhecimentos em Química que surjam a partir de seus cotidianos e que se relacione diretamente com suas realidades.

2.2.2 Objetivos Específicos:

- Caracterizar a utilização de um Caso Investigativo no que diz respeito à construção da autonomia, da argumentação crítica e das reflexões apresentadas pelos estudantes participantes do estudo;, sobretudo a partir do entendimento das reações enzimáticas;
- Caracterizar a utilização do PR no que diz respeito à sua possível utilidade, além da função de registro, como instrumento de acompanhamento das aprendizagens individuais e registro das reflexões apresentadas pelos sujeitos em relação às suas próprias aprendizagens;
- Caracterizar as formas de busca, obtenção e usos das informações que os estudantes se valem a fim de fundamentar seus discursos nos portfólios.

Uma vez estabelecidos tais objetivos específicos, buscou-se construir uma fundamentação teórica que, para cada uma das questões suscitadas ao longo da construção dos questionamentos, existam bases fundamentais para o acompanhamento do percurso e análise dos resultados.

3. REFERENCIAIS TEÓRICOS

3.1 Casos Investigativos

O uso dos CI como estratégia de ensino e aprendizagem foi iniciado em meados da década de 1960, na Universidade de Harvard com a aplicação do estudo de casos na Escola de Medicina. Uma das primeiras formas de organização da metodologia do Estudo de Casos ocorreu na Universidade de McMaster, Canadá, aproximadamente ao mesmo tempo, sendo que os primeiros exemplos de ampla utilização dos CI ocorreram nas Faculdades de Medicina das Universidades de Maastricht (Holanda) e New Castle (Austrália), a partir da estratégia da *Problem Based Learning* (PBL) ou Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP).

A perspectiva central que caracteriza a PBL como uma possibilidade de aplicação enquanto prática pedagógica é o desenvolvimento de habilidades para resolver problemas e aprender com a resolução dos mesmos. Assim, os CI se fundamentam nessa perspectiva, na medida em que propõem situações de aprendizagem tendo como principal referência a realidade dos sujeitos, proporcionando uma ressignificação da aprendizagem.

Os CI são histórias criadas com o objetivo específico de suscitar uma situação de aprendizagem, de onde surjam discussões, questionamentos, construção de novos conhecimentos e habilidades. A construção de um Caso está intimamente relacionada com as características esperadas para sua resolução e para o percurso de aprendizagens planejadas pelo docente (HERREID, 1998).

O contato que os estudantes tomam com o CI por meio da leitura e discussões sobre o texto, os obriga a desenvolver uma atitude de reconhecimento daquilo que desconhece, daquilo de que necessita para compreender o caso e de valores e habilidades que são identificados durante a resolução do mesmo.

A proposta de tomar contato com situações possivelmente desconhecidas coloca os sujeitos da aprendizagem na possibilidade de redirecionar seus percursos de aprendizagem e refletir sobre ele (WATERMAN, 1998).

Construir conhecimento e desenvolver habilidades a partir de um ponto de vista pessoal, autoral, coloca os sujeitos da aprendizagem em um papel central, contrariamente ao que ocorre com as aulas expositivas que centralizam as práticas pedagógicas tradicionais brasileiras ao longo de toda a educação formal.

Além disso, os conhecimentos prévios e a própria visão de mundo dos sujeitos da aprendizagem devem ser levados em consideração para o planejamento dos percursos pelos quais se darão as situações de busca de informações e construção de novos conhecimentos de maneira colaborativa na resolução de um CI (HERREID, 2003).

Os CI se inserem em um todo do qual fazem parte juntamente com um replanejamento das atitudes docente e discente, posto que a resolução dos casos articula diversos recursos desenvolvidos durante a aprendizagem (SÁ e QUEIROZ, 2007), tais como a autonomia, o senso crítico, a reflexão contínua sobre sua aprendizagem, além de possibilitar o desenvolvimento de habilidades de identificar, resolver problemas e aprender com tal resolução. Tal aprendizagem engloba o desenvolvimento de habilidades relacionais dentro de um grupo e obriga os sujeitos a se posicionarem enquanto participantes de grupos e, portanto, reconhecendo seus papéis enquanto seres sociais.

Francisco e Benite (2016) identificaram diversos fatores relacionados ao desenvolvimento de habilidades e aprendizagens com os CI, tais como a introdução de conceitos específicos, a tomada de decisão, a aplicação de conceitos químicos na prática, resolução de problemas, habilidade de se comunicar de forma oral e escrita, trabalhar em grupo e o desenvolvimento do senso crítico.

Tais características balizam os primeiros fundamentos para o planejamento de atividades de aprendizagem efetivamente diferentes das aulas expositivas, e que possam nortear uma também nova prática docente, não somente em nível de Educação Básica (EB), mas também ao longo da Ensino Superior (ES).

Quanto ao formato de aplicação dos CI, a literatura aponta para a existência de certos formatos categorizados, como HERREID (1998) que os classifica em aula expositiva, discussão, pequenos grupos, tarefa individual ou mesmo aqueles que ocorrem sem a especificação de um formato.

Para o presente estudo, ainda mais importante que localizar as atividades de aprendizagem em uma dos formatos categorizados, é tornar o mesmo factível a ponto de ser capaz de suscitar aprendizagens a partir de uma realidade de prática pedagógica e organizacional na EB atual, tomando como exemplo o EM, embora possa ser categorizado no formato de discussão em pequenos grupos e etapas de estudo individual.

O formato de organização de aulas expositivas em sequência como ocorre hegemonicamente no EM é um fator desafiador para dar sequência de forma adequada aos trabalhos com os CI.

Ainda que com tais adaptações e encontros em contraturno existam fortes barreiras, sobretudo organizacionais, para a aplicação e desenvolvimento das propostas de ensino a partir de CI, o presente estudo pretende suscitar características de aplicação dos CI dentro do atual contexto de organização curricular hegemônico do EM.

Dentre as barreiras a serem rompidas enquanto práxis de uma prática pedagógica estão as necessidades de readequação e de reposicionamento quanto ao perfil de atuação e identificação da função docente, além do reposicionamento dos sujeitos diretos da aprendizagem, os discentes.

A identificação do professor para a proposta de aplicação dos CI está fundamentada nas estratégias de organização, acompanhamento e, por vezes, na proposição de um direcionamento intencional para as aprendizagens. O docente não se relaciona exatamente como representante central no processo de construção de conhecimento, mas sim de orientador da aprendizagem pessoal e autônoma.

Nesse sentido, é necessário o rompimento com a identificação da função do professor, supostamente como um ser transmissor; sobretudo quando o componente relacionado ao conteúdo, informação ou dado, venha a ser equivocadamente tido como conhecimento (CABRAL et al, 2017). A própria noção de conhecimento, sua construção ou mesmo ressignificação, é algo de grande importância para o trabalho com CI.

A identificação de um panorama social, econômico e pessoal contextualizando a produção e a descoberta de informações científicas, auxiliará os sujeitos da aprendizagem a realizar ponderamentos mais racionais e identificar uma possibilidade de olhar crítico para aquilo que entende como conhecimento, e o quanto o mesmo faz parte de sua vida.

Aliás, a necessidade de reflexão e entendimento sobre uma natureza real para o conhecimento, como algo de construção pessoal, exige entendimentos mais específicos nas identificações errôneas entre informação e conhecimento.

Para as propostas centradas na autonomia dos sujeitos, com identificação das aprendizagens ativas, como ocorrer, com os CI, o domínio dos sujeitos sobre a construção de seu conhecimento e a construção conjunta de suas

autonomias estão no centro de uma proposta organizacional (SÁ et al, 2007) enquanto uma prática pedagógica para utilização dos CI.

O reposicionamento das funções docente e discente para as perspectivas de resolução de CI enquanto proposta pedagógica e direcionamento metodológico requer que um esforço conjunto ocorra no sentido de propiciar meios de que as mudanças surjam de forma a estimular aprendizagens.

Isso porque não seria possível e nem racional, sugerir ou mesmo tentar a adoção de uma forma padronizada de aplicação dos CI, fundamentalmente pelo caráter contextual que atribui validade aos mesmos.

Cada diferente situação, dentro das relações docente e discente, desses com as organizações nas quais se interrelacionam e mesmo das características sociais e econômicas de seu tempo, modelam os fundamentos para a factibilidade de construir conhecimento a partir dos CI.

3.2 Catálise

O conhecimento atual sobre os fundamentos e aplicações da Catálise começaram a ser descritos e estudados há séculos. Sabe-se que os primeiros trabalhos de pesquisa envolvendo a função de catalisadores em reações químicas devem ter ocorrido por autoria dos alquimistas. Entretanto, o primeiro registro escrito a respeito de catálise data de 1800, tendo sido publicado independentemente por Joseph Priestly e Martius Van Marum, ambos tratando da desidrogenação do álcool etílico a partir de uma superfície metálica aquecida. Interessante que, até o momento da publicação desses trabalhos, nenhum de seus autores cogitavam sobre o papel da superfície metálica na determinação da reação analisada, nem mesmo havia um corpo de informações que pudesse explicar em maior complexidade essa reação.

O primeiro trabalho a reconhecer a importância de um catalisador metálico na determinação de uma reação química foi publicado em 1813 por Louis Jacques Thénard na Escola Politécnica de Paris, reportando sobre a possibilidade de decomposição térmica da amônia.

O mesmo Thénard em 1823, juntamente com Pierre Dulong descobriram que tal decomposição poderia ocorrer com a participação de diversos tipos de metais além do ferro, como cobre, prata, ouro e platina; e que a eficiência da decomposição ocorria em ordem decrescente nessa mesma ordem de metais.

Outro trabalho de grande relevância para o estabelecimento dos fundamentos da catálise foi publicado em 1817 no *Royal Institute* de Londres, onde Hampry Davy, ao lado de Michael Faraday, concluiu que uma superfície aquecida de platina podia gerar produtos a partir de carvão e do monóxido de carbono sem a ocorrência de reação de combustão.

O termo “Catálise” foi introduzido por J. J. Berzelius em um comunicado à Academia de Ciências de Estocolmo em 1835. O termo tem origem no grego clássico *katálusis* - dissolver, destruir - em referência às decomposições de substâncias observadas até aquele momento.

Michael Faraday (1855), trabalhando com eletrólises foi o primeiro a concluir que a estrutura espacial de ligações na moléculas e nos catalisadores é fator determinante para a ocorrência de uma reação catalítica, tendo dado os

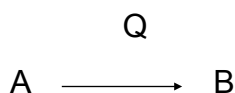
primeiros passos para a compreensão do processo de adsorção, bastante importante em catálise heterogênea.

3.2.1 A Linguagem da Catálise

O conhecimento atual sobre Catálise está fundamentado em um conhecimento amplo e de vasta aplicação em inúmeras áreas. Desde a produção de produtos químicos para a indústria de base, processamento de combustíveis fosseis, reforma de hidrocarbonetos, até na produção de alimentos e fármacos de grande complexidade estrutural, as reações catalíticas são estudadas e descritas a partir de aspectos fundamentais que as caracterizam e as particularizam dentre as demais reações.

As reações catalíticas ocorrem em uma sequência de consumo de reagente, formação de produtos e regeneração do catalisador ao final do ciclo. Os ciclos catalíticos podem ser caracterizados por meio da determinação das leis de velocidade da reação ou por meio de uma elucidação estereoquímica (BERTINI et al., 2007). Quando ocorrem intermediários na reação, os mesmos podem ser detectados por ressonância magnética nuclear ou por espectroscopia no infravermelho. Nos casos em que envolvem etapas com transferência de átomos específicos, isótopos marcados podem servir para testar a eficiência dos ciclos catalíticos e, por extensão, a eficiência do catalisador.

A funcionalidade e especificidade de um catalisador podem ser levadas em conta por meio da cinética de suas reações. Reações catalíticas de alta eficiência são caracterizadas por grande rapidez, mesmo com pequenas concentrações do catalisador (DIAS, 2012). Outra forma de aferir sua eficiência é a medida da frequência de rotação de um catalisador, considerada a partir do número de ciclos catalíticos completos que o mesmo realiza por unidade de tempo.



$$v = d[B]/d[A] \quad (1)$$

Catalisadores de elevada seletividade produzem grande quantidade do produto desejado com pequenas quantidades de produtos secundários, indesejados, como indica uma forma de cálculo de velocidade de reação para um catalisador em batelada, cuja velocidade média pode ser obtida pela equação 1.

Com o aumento do conhecimento dos resultados experimentais com catalisadores, tem ocorrido o emprego de catalisadores cada vez mais seletivos (CARDOSOS et al, 2009). O próprio conhecimento crescente sobre uma rota específica de reações químicas ou bioquímicas em sequências, as enzimas que participam da mesma passam a explicitar suas especificidades e seletividade estruturais (LIMA, 1997).

3.2.2 Catálise Homogênea e Heterogênea

Uma forma ampla de caracterização e classificação dos mecanismos de catálise é abordada com a diferenciação entre catálise homogênea e heterogênea (LUNA e SCHUCHARDT, 2001).

Mais que puramente uma noção sobre a forma de apresentação dos reagentes e catalisadores em relação a seus estados de agregação de fluidos, essa diferenciação mostra as formas fundamentais de como os dois mecanismos se distinguem e, ainda, as muitas semelhanças encontradas nos mecanismos gerais (WOLKE e BUFFON, 2002) de ocorrência de catálise em cada caso.

Classifica-se como Catálise Homogênea às reações catalíticas que ocorrem com os substratos e catalisadores no mesmo estado de agregação, sendo comumente ambos encontrados como solutos em uma mistura reacional. Uma das vantagens desse tipo de reação é que, em geral, conta-se com uma maior seletividade na obtenção de um produto específico. As espécies em solução são de

caracterização mais fácil, se comparadas com meios reacionais heterogêneos; da mesma maneira, as formas de caracterização das velocidades de reação são facilitadas quando ocorrem puramente espécies em solução. Já nas formas de Catálise Heterogênea, os reagentes e o catalisador encontram-se em distintas fases de agregação, geralmente catalisadores sólidos e substratos gasosos ou em solução. Nesse tipo específico de Catálise, existe a necessidade de caracterização das especificidades da área superficial dos sólidos, além de possíveis sítios ácidos e básicos, além da presença de possíveis sítios metálicos na superfície, da ocorrência de quimissorção e deserção.

Ainda a respeito da classificação de formas de Catálise em relação às fases de agregação, pode-se classificar a Catálise Híbrida, que ocorre quando existem associações de alta seletividade de catalisadores homogêneos a um suporte sólido. Ainda que, a rigor, um catalisador homogêneo imobilizado a uma superfície sólida seja, também, classificado como heterogêneo.

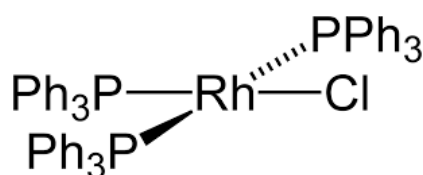


FIGURA 3.1 - Representação estrutural do catalisador de Wilkinson FILGUEIRAS (1998).

Um exemplo dessa ocorrência é a associação do Catalisador de Wilkinson, representado na Figura 3.1, a uma superfície porosa de silício, por meio da associação de hidrocarbonetos como meio ligante.

A escolha de cada tipo de catalisador ocorre segundo uma série de variáveis, dentre as quais a especificidade do produto desejado, a facilidade para separação dos resíduos indesejados e a assimetria na síntese obtida são fatores de grande relevância.

Mais adiante, nos atemos mais especificamente às formas de Catálise Homogênea, pois as enzimas atuam preferencialmente dessa maneira em seus mecanismos racionais.

3.3 Catálise Enzimática

Exemplos como a fermentação de açúcares contidos em sementes e na uva para produção de álcool etílico são conhecidos há pelo menos 8000 anos, como indicam registros das regiões da Mesopotâmia e do Egito Antigo (OLIVEIRA e MONTOVANI, 2009).

A compreensão dos princípios sobre a natureza e especificidades de atuação das enzimas em sistemas reacionais estendeu-se desde o século XIX, chegando até o início do século XXI quando suas constituições e mecanismos fundamentais foram estabelecidos e passaram a ser compreendidos (JUSTO, 1997).

De constituição essencialmente proteica, embora possam ser constituídas por ácido ribonucleicos (RNA), a atividade das enzimas apresenta importância crescente em diversas áreas, desde a produção de produtos alimentícios até a produção de medicamentos, a compreensão sobre doenças humanas e a terapêutica destas, poluição ambiental, ocupando lugar de destaque em diversas áreas das Ciências Naturais, notadamente na Química, nas Ciências da Saúde e Ambientais (GONÇALVES e MARSAIOLI, 2013).

3.3.1 Enzimas

As enzimas constituem uma classe de substâncias de complexa organização estrutural; tal complexidade de estruturas e, por extensão, de seus mecanismos racionais, são fruto de um longo processo de constituição e seleção dos meios biológicos, tanto em vegetais quanto em animais (RAMPELOTTO, 2013).

A relevância dessa classe de moléculas, não obstante o controle do funcionamento global das reações químicas que ocorrem no interior de todos os seres vivos, possuem importância histórica relacionada à produção de alimentos, bebidas e materiais de interesses diversos (BATISTETI et Al., 2009).

O termo “Enzima” foi sugerido por Wilhelm Kuhne, tendo surgido de um termo grego relacionado a “fermentar”. Os primeiros trabalhos de pesquisa sobre a atividade de leveduras possibilitou o início de um conhecimento mais detalhado na natureza, estrutura e origem das enzimas.

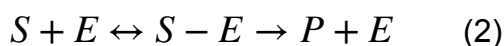
Um resultado de grande importância nesse sentido foi obtido por Louis Pasteur em 1850, ao concluir que a fermentação da molécula de açúcar ocorrida na

formação do álcool etílico era devida a atividade de algo diretamente relacionado a organismo vivos de leveduras.

O mesmo Pasteur conclui, ainda, que a fermentação que dá origem ao ácido láctico poderia ser por bactérias e, também, que espécies de fungo do gênero *Penicillium* permitem uma síntese enantiosseletiva do ácido tartárico, com maior excesso enantiomérico do produto dextrógiro.

Em relação à elucidação dos mecanismos de reações característicos das enzimas, o primeiro resultado foi obtido em 1902, quando Victor Henri postulou que as reações enzimáticas ocorriam segundo etapas, sendo que a primeira delas seria por meio de ligações específicas entre a enzima e seu substrato.

Ainda sobre um estado transicional envolvendo a enzima ligada a seu substrato, Leonor Michaelis e Maud Lenora Menten utilizaram os conceitos de Velocidade inicial de reação, chegando ao cálculo da Velocidade máxima de reação ($V_{m\acute{a}x}$) de uma reação catalisada, além do cálculo da constante de afinidade (K_m) para uma enzima e seu substrato.



$$\frac{1}{v} = \frac{K_m}{V_{max}[S]} + \frac{1}{V_{max}} \quad (3)$$

O valor de velocidade inicial de uma reação enzimática é importante para a elucidação dos mecanismos de ocorrência desta. Esse valor é obtido por um ajuste linear da equação de Michaelis-Menten (3), dada a partir de um substrato (S), uma enzima (E), de um complexo enzima-substrato (E-S) e, por fim, um produto formado (P).

Após esses passos fundamentais no esclarecimento da cinemática e dos mecanismos reacionais das enzimas é possível caracterizar a estrutura e a função das enzimas.

O conceito de Enzimas Alostéricas, modificando o entendimento fornecido pela chamada teoria “Chave-Fechadura”, onde não havia uma identificação das modificações estruturais na estrutura da enzima de natureza não

covalente. Para essas enzimas, o modelo de Michaelis-Menten (3) não pode ser utilizado.

Diferentemente do padrão hiperbólico nos gráficos de velocidade variando com a concentração de um substrato [S], as Enzimas Alostéricas exibem curvas sigmoides para as mesmas medidas. Tal diferença é resultado direto da modificação que estas sofrem por meio da modulação a partir de ligações com componentes do metabolismo local alterando sua própria atividade. Tal mecanismo está diretamente relacionado ao entendimento sobre a regulação de diversos processos biológicos, como nos casos de controle por retroalimentação.

A equação de Lineweaver-Burk (3) apresenta uma interpretação para a dependência dos fatores velocidade máxima de reação ($V_{m\acute{a}x}$) e a constante de Michaelis (K_m) e o inverso da velocidade inicial ($1/V_0$) de reação em uma relação linear, ou seja, possível de ser modelada e interpretada à partir de equações polinomiais do 1º grau, tal qual as abordadas no conteúdo de Matemática a partir do Ensino Fundamental II da Educação Básica.

Tais relação de dependência entre variáveis pode ser utilizada para construir um entendimento das velocidades e formas de ocorrência específicas das reações enzimáticas, além de permitir uma discussão mais ampla a respeito das variações de velocidade em cada etapa de uma reação enzimática, além da especificidade das enzimas a cada substrato.

A especificidade estrutural das enzimas decorre de suas estruturas essencialmente proteicas, com arranjos ternários ou quaternários desses peptídeos, além da estrutura do RNA. Tais estruturas, associadas a possíveis co-fatores, como certos metais, ácidos e bases de Lewis e de Bronsted-Lowry, e também grupamentos orgânicos diversos.

Tal arranjo tridimensional confere às enzimas a capacidade de se associarem a rotas reacionais específicas, por meio da localização espacial de cada parte das moléculas de substrato - sua regioseletividade, além de suas propriedades como isômeros ópticos - estereoespecificidade, como ocorre nas sínteses enantiosseletivas, ou assimétricas.

A assimetria como característica fundamental de moléculas orgânicas e, dessa forma, das enzimas, já havia sido postulada em 1848 por Louis Pasteur, quando este conseguiu diferenciar dois sólidos cristalizados à partir do ácido tartárico, separando-os manualmente com o auxílio da microscopia.

A ideia de que seria possível extrair esses princípios, tidos como fermentos, e de que seriam formados por seres biológicos, como fungos e bactérias, já havia sido proposto em 1830 por Augustin-Pierre Dubrunfaut. Em 1833 Paer e Persouz apresentaram uma enzima chamada “*diastase*”, hoje conhecida como amilase, por meio de precipitações a partir do extrato do malte em meio alcoólico. Esses mesmos químicos foram os responsáveis pela proposição da nomenclatura de enzimas por meio do sufixo “-ase”, utilizado ainda hoje em nomenclatura não oficial.

A possibilidade de que enzimas fossem produzidas, também, no organismo de animais, foi proposta por Theodor Schwann em 1837, após identificar a peptidase como parte constituinte do suco gástrico. Parte importante do trabalho de identificação de enzimas animais fora realizado por Jönes Jacob Berzelius. A partir dos trabalhos publicados por Eduard Buchner e Hans Buchner em 1897, os termos “fermento” e “enzima” passaram a figurar como sinônimos na literatura.

O trabalho de obtenção de uma enzima pura cristalizada ocorreu pela primeira vez por meio das pesquisas de James B. Sumner em 1926, com a obtenção de urease purificada a partir de sementes de feijão.

Em relação às possibilidades de classificação de enzimas, identificam-se três classes fundamentais: enzimas constituídas exclusivamente por moléculas proteicas, as enzimas formadas pela ligação entre uma estrutura proteica e um íon metálico associado, além daquelas formadas por estruturas proteicas e grupos orgânicos ligados entre si.

Os grupos formados pelas estruturas de sacarídeos ocupam posição central na interpretação da situação problema apresentada no CI do presente estudo, sendo as enzimas envolvidas na clivagem e na transferência de grupos orgânicos glicosídicos nomeadas de glicosidase e glicosiltransferase.

Na verdade, essa forma de classificação e nomenclatura é adotada pela *Internacional Union of Biochemistry* (IUB), a partir de seis categorias classificatórias para as enzimas e dos tipos de reações nas quais cada um desses seis grupos participam. Cada grupo encontra-se dividido em número variável de sub grupos (de 4 a 14, por categorias).

Ainda como parte dessa sistemática adotada pela IUB, cada enzima recebe um nome composto de duas partes, a primeira caracterizando o substrato sobre o qual atua a enzima e a segunda caracterizando o tipo de reação química específica sofrida pelo substrato.

Ainda, cada uma das enzimas recebe um número (Enzyme Commission - EC) constituído de quatro dígitos: o primeiro caracterizando a classe à qual pertence a enzima, o segundo e o terceiro número caracteriza a sub classe e a subdivisão de uma subclasse da

enzima; o quarto, e último dígito, representa um número de série em relação a sub sub classe da qual pertence a enzima.

Classe de enzimas	Subclasses mais utilizadas	Reações mais comuns	Aplicação
Hidrolases	esterases, lipases, amidases (proteases e acilases), fosfatases e epóxido hidrolases	Hidrólise e formação de ésteres, amidas, fosfato e hidrólise de epóxidos	60%
Oxidoredutases	desidrogenases, mono e dioxigenases, peroxidases	Oxidação e redução de álcoois, epoxidação, hidroxilação de alcenos e alcanos	25%
Transferases	quinases	Fosforilação (dependente de ATP)	5%
Ligases	aldolases, transaldolases, glicosidases, transaminases	Reação aldólica, formação de ligação glicosídica, formação de ésteres sulfato e ligação C-N	1%
Liases	carboxilases, amônia-liases, hidrolases	Adição e eliminação em ligações como C=C, C=O, C=N	5%
Isomerases	racemases, epimerases	Isomerizações como racemização, epimerização, rearranjos	1%

QUADRO 3.1 - Classes de enzimas e suas principais aplicações. OLIVEIRA e MONTOVANI (2009).

O Quadro 3.1 apresenta um panorama geral da classificação das classes de enzimas, juntamente com situações comuns de atuação destas como moduladoras de fenômenos químicos e bioquímicos.

Existe a possibilidade, ainda, de que duas ou mais estruturas diferentes possam ocorrer para uma mesma enzima, são as chamadas isoenzimas. Nesses casos, ocorrem variações estruturais a partir da associação de diferentes cadeias laterais de peptídeos, resultando em um mesmo desempenho de papel funcional em reações químicas.

Suas estruturas essencialmente proteicas associam-se a macromoléculas com caráter anfótero, em razão de suas terminações constituídas por grupamento amino (-NH₂) e carboxílicos (-COOH).

Ainda, devido às elevadas dimensões de suas estruturas, e conseqüentemente, suas elevadas massas moleculares, as enzimas possuem comportamento de colóides em soluções aquosa.

Ainda em razão da construção proteica, as estruturas enzimáticas podem sofrer alterações significativas com alterações em temperatura e acidez do meio, em geral estando condicionadas a uma estreita faixa de temperatura e pH, fora das quais sofre a desnaturação e conseqüente inativação. A ativação ou mesmo inativação do efeito de enzimas específicas para a obtenção de um ambiente altamente organizado em relação às reações químicas que ocorrem em uma célula, por exemplo, podem ser obtidas graças às

variações controladas na temperatura e no pH do meio no qual a enzima atua, além da concentração do substrato sobre o qual atua a enzima.

A constante de Michaelis (K_m) mede a afinidade de uma enzima com um substrato específico, correspondendo ao valor numérico da concentração do substrato quando a velocidade de reação é igual à metade da velocidade máxima para aquele processo ($V_{m\acute{a}x}$), conforme Figura 3.2.

Nesse caso, o diagrama mostra uma medida da afinidade da enzima a um substrato, permitindo um maior detalhamento da atuação desta na estrutura de uma carboxila em um ácido graxo. Assim, valores baixos de K_m refletem altas afinidade entre substrato e enzima. Já altos valores de K_m refletem uma pequena afinidade entre os ambos, posto que se faz necessária uma alta concentração do substrato para se atingir a metade de velocidade máxima permitida para aquele processo.

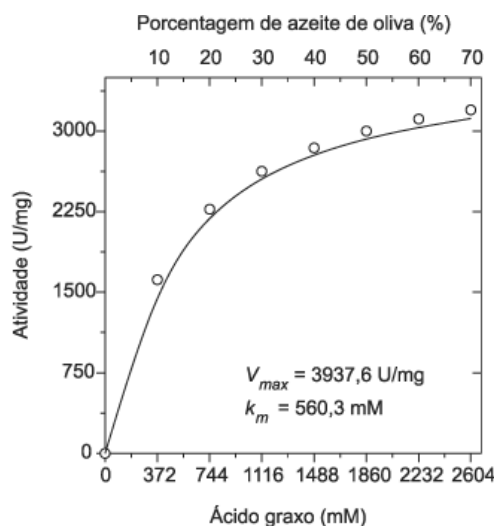


FIGURA 3.2 - Utilização dos parâmetros Velocidade máxima e constante de Michaelis na pesquisa pela afinidade de uma enzima por um substrato específico. GOMES et al. (2006).

Os parâmetros V_o e K_m , podem ser obtidos por meio da linearização da equação de Michaelis-Menten, o que resulta na equação de um gráfico de duplo recíproco, o qual caracteriza a equação de Lineweaver-Burk (MRTINS et al., 2010). Graficamente, a dependência entre esses dois parâmetros é mostrada na Figura 3.2.

Dessa forma, nos apoiamos em uma construção bastante detalhada a respeito da constituição e funcionalidade das enzimas e partimos para a construção de um ponto de vista histórico e social a respeito da compreensão da atividade das

destas, como forma de compreensão geral a respeito de reações químicas e bioquímicas (CAMEL et al., 2009).

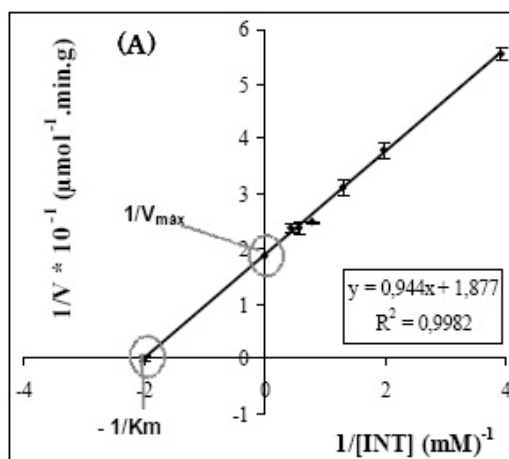


FIGURA 3.3 - Representação gráfica de Lineweaver-Burk para determinação das constantes cinéticas K_m e $V_{\text{máx}}$ da reacção de desidrogenases (A) MARTINS et al. (2010).

Mesmo sem esperar envolver a totalidade do que se conhece a respeito das enzimas, suscitamos com essa descrição uma possibilidade para que, da importância das enzimas em nossas vidas diárias e mesmo na história do desenvolvimento da humanidade, seja possível construir conhecimentos interdisciplinares a partir de um ponto de vista químico e, portanto, também interdisciplinar.

Por meio das classificações e caracterizações, tanto estruturais, quanto energéticas das enzimas e das reações enzimáticas, são conhecidas um número imenso dessas moléculas e suas reações, com as mais diversas áreas de aplicações em nossa sociedade atual.

A partir de tais características fundamentais das estruturas e mecanismos das enzimas, o presente estudo fundamentou-se em uma caracterização da atividade das enzimas que leve em conta, minimamente, os fatores estruturais, as quantidades de energia envolvidas na determinação de uma reação enzimática, além do entendimento da importância de tais reações na vida cotidiana dos estudantes envolvidos nesta pesquisa.

A descrição realizada em uma abordagem sobre uma enzima específica pode abordar desde enfoque fechados a respeito de reações químicas descritas isoladamente (como comumente ocorre) até o entendimento de suas reações a partir de um ponto de vista amplo de possibilidades.

Essa ampliação da leitura que se faz a respeito da atividade de uma enzima pode ilustrar de forma significativa uma possível estratégia para construir conhecimentos de forma mais abrangente, real e partindo-se de um olhar individual a respeito do que ocorre ao redor dos sujeitos da aprendizagem.

Essas características se unem em possíveis explicações para a situação problema apresentada e se ressignificam de diferentes maneiras em relação ao olhar de cada um dos sujeitos. Esses conceitos são discutidos e refletidos a partir das reações enzimáticas que ocorrem no centro da situação descrita no CI proposto.

3.4 PORTFÓLIOS REFLEXIVOS

O caráter processual de construção de conhecimento sobre o qual se fundamenta as concepções fundametais do presente estudo demanda um instrumento que dê conta de ser utilizado como forma de registro do percurso no qual ocorreram as aprendizagens, além de possuir um espaço para reflexão sobre o que foi aprendido (ADAMCHIK JR, 1996). Esses dois aspectos, o registro das etapas e a reflexão sobre o percurso, se relacionam a uma concepção de aprendizagem centrada na construção da autonomia dos sujeitos da aprendizagem.

Os PR foram utilizados em todas as etapas do presente estudo, sendo entendido como um instrumento de registro, acompanhamento e avaliação das aprendizagens. Segundo WEAVER (1997), o uso do Portfólio já ocorria desde de 1940 no Alabama, USA, tendo caído em desuso, após a segunda Guerra Mundial, retornando na década de 1980.

A própria identificação do Portfólio como uma forma de construir reflexões e de avaliação pessoal dos sujeitos da aprendizagem é apontado por BIZZARRO (2001), o qual indica uma predisposição para que sujeitos reflexivos construam suas autonomias no percurso de suas aprendizagens.

O caráter processual presente na escrita dos Portfólios foi agregado à própria forma como ocorreu o presente estudo. Isso porque, o registro contínuo em cada uma das etapas foi uma das estratégias para buscar imprimir um caráter reflexivo ao longo de cada delas.

Ainda, outra dimensão associada à utilização dos PR é a integração que o este propicia entre o sujeito da atividade, os docentes (entendidos como tutores ou orientadores do percurso da aprendizagem) e mesmo demais envolvidos como a família ou os colegas, dentro de uma mesma atividade e de diversas reflexões diferentes a respeito de uma mesma situação de aprendizagem, como aponta HERNANDEZ (2000).

Especificamente sobre o desenvolvimento de habilidades de construir críticas a respeito do percurso de aprendizagens, SÁ-CHAVES (1998) relaciona os PR a instrumentos direcionados para a construção e ao estímulo do pensamento reflexivo e auto-reflexivo, permitindo o desenvolvimento de habilidades que se centram, se fundamentam e se reorganizam segundo as características pessoais dos sujeitos da aprendizagem.

Ainda mais que um instrumento de registro e acompanhamento, VILLAS BOAS (2004) aponta para o caráter avaliativo dos PR, o inserindo em uma perspectiva de instrumento de avaliação formativa para as aprendizagens. O entendimento de um instrumento relacionado a uma atividade formativa se insere em uma perspectiva de que as aprendizagens ocorrem em um crescente de desenvolvimento de habilidades, de conhecimento de si enquanto sujeito da aprendizagem e de que a mesma ocorre sempre a partir de um contexto e de personalidades específicas (VIEIRA, 2002).

De tal forma que os PR são utilizados no presente estudo como forma de reorientação para o percurso total das aprendizagens no EM na disciplina Química, o que envolve a possibilidade de repensar a atividade docente e o posicionamento dos sujeitos da aprendizagem, a partir de reflexões contínuas e que una os envolvidos nos percursos das aprendizagens (SELDIN et al., 1998).

A forma de utilização dos PR enquanto instrumento, também, de avaliação e acompanhamento pode se desdobrar para a ocorrência de outras atividades paralelas, como a ocorrência de aulas expositivas conjuntas, a realização de atividades específicas para discutir o tema, a orientação para os registros e mesmo a correção permanente dos registros quando for necessário (SHORES e GRACE, 2001).

Outro fator de importância para a qualidade dos registros é a espontaneidade como ponto de partida para que os registros sejam construídos de forma reflexiva. Smith (1986) propõe um ciclo para interpretar as situações de aprendizagem que ocorrem de forma reflexiva; segundo o autor, tal ciclo envolve descrever, informar, confrontar e reconstruir ações e entendimentos sobre o objeto da aprendizagem.

O fato é que o caráter crítico e reflexivo desejável para a atividade com o PR é, também, fator desafiador para a aplicação de tal instrumento na prática.

Práticas docentes construídas a partir de concepções de que os sujeitos da aprendizagem são receptores de informação e não exercem uma papel importante nas suas próprias aprendizagens tornaram-se facilmente mecânicas tanto para o docente como para os estudantes.

A despeito de uma forte limitação quanto ao tempo e forma de organização do presente estudo, posto que este ocorreu a partir do contato do docente com os pequenos grupos no horários das aulas, foi necessário um

movimento contínuo de estímulo para que os relatos trouxessem, como parte uma reflexão sobre como a atividade ocorreu, ou mesmo sobre quais são as concepções dos sujeitos da aprendizagem sobre suas aprendizagens pessoais (VIEIRA, 2002).

Outro importante componente na busca pela reflexividade nos relatos dos estudantes é a própria atividade docente que, hegemonicamente, está fundamentada em processos mecânicos, fundamentados na repetição de aulas expositivas, já evidenciando uma tendência contrária à reflexividade enquanto componente do próprio processo de aprendizagem (PIMENTA, 2006).

De tal forma que, a partir dos atributos fundamentais do PR é possível fundamentar, à partir destes, duas dimensões fundamentais enquanto instrumento e, igualmente, ponderar seus usos na EB, principalmente no EM: a comunicação por meio da linguagem escrita e fruto da participação de diversos sujeitos dentro de um mesmo grupo e seus diferentes pontos de vista; além da reflexão que os sujeitos demonstram ao tomarem contato com objetos específicos de aprendizagem - como a atribuição de significados e suas importâncias.

O primeiro componente diz respeito a uma formação longa a respeito da relação dos sujeitos com as diversas formas de linguagem. A linguagem enquanto forma de comunicação, legitimação e mesmo caracterização de uma Ciência. O componente linguístico fundamental associado às características de linguagem adotada em cada parte dos relatos produzidos nos PR está associado à atribuição de valor que os sujeitos evidenciam em seus relatos a respeito da validade e da importância das informações com que tomam contato para construir uma explicação racional para um fenômeno observado ou relatado.

Nessa construção de enunciados pelos sujeitos da aprendizagem, os relatos tendem a evidenciar uma forma de aceitar ou de questionar fatos e evidências que são propostas por diversos autores.

Os discursos tendem a serem críticos na medida que consideram como parte de sua aceitação um questionamento fundamental sobre suas características. Já os discursos não críticos, não demonstram atribuição de importância para tais questionamentos, aceitando as informações e não as julgando quanto a relevância, significado ou racionalidade destas.

Há diversas ocorrências em que a proposta da reflexão enquanto parte do percurso da aprendizagem se esgota antes de ocorrer na prática; ou seja, não se

legitimam enquanto práticas pedagógicas em si, nem mesmo podem ser associadas diretamente como parte fundamental da construção do conhecimento.

A estratégia fundamental presente na utilização dos PR deste estudo é de que a cada etapa os sujeitos apresentem seus pontos de vista a respeito do como esta ocorrera e quais seus pontos de vista a respeito disso. Isso inclui a abertura para que ocorram mudanças durante esse percurso e que os papéis desempenhados pelo pesquisador e pelos sujeitos da aprendizagem se modifiquem segundo as necessidades de cada etapa, em cada contexto específico.

A proposta inicial para o trabalho com os CI e PR já partem do pressuposto de que o entendimento da função do docente nesse percurso está centrada na função de orientação do trabalho ativo efetuado pelos sujeitos da aprendizagem, realizando intervenções direcionais quando forem necessárias.

Nesse sentido, não existe lugar para uma suposta construção de conhecimentos a partir da “transmissão” de algo do pesquisador para os estudantes. O espaço ocupado pela transmissão de informações do docente para os estudante para as práticas hegemônicas de aulas expositivas, pode ser ocupado, dentro dos pressupostos da PBL, pela oportunidade de diálogo e questionamentos.

O que, por um lado, entende-se como aceitação das informações pelos sujeitos, nas aulas expositivas, pode dar lugar a um espaço de construção de formas de diálogo docente-estudante e que, por meio dos entendimentos e questionamentos suscitados destes possam construir formas pessoais de entendimento para fenômenos e ocorrências abordados nos CI.

Fundamentalmente, a valorização do caráter questionado associado à relação dos sujeitos da aprendizagem com as situações de aprendizagem é característica própria do nosso tempo atual.

Passada uma primeira etapa de crescimento exponencial de meios e formatos de comunicação, o início do século XXI apresenta um panorama em que as questões fundamentais se voltam para o significado da informação, já que a problemática das formas de acesso já se configuram de forma bem menos desafiadora que no século anterior.

Das características fundamentais das formas de construção de conhecimento do EM ou mesmo na EB como um todo não ocorreram mudanças significativas nesse mesmo século. A preponderância de aulas expositivas, e a suposta validade de entender a aprendizagem como “transmissão de informações”.

O modelo pelo qual se admite tal possibilidade de transmissão não se sustenta mais, tão menos serviria igualmente para nossa possível pretensão de formar sujeitos críticos e reflexivos por meio dos objetos de aprendizagem de cada uma das disciplinas nas quais se enquadram as “Ciências Modernas”.

Mesmo a despeito desse enquadramento disciplinar ainda muito presente nos fundamentos das práticas pedagógicas hegemônicas atuais, os PR instrumentalizam a possibilidade de imprimir um caráter reflexivo e interdisciplinar de forma processual, como parte de uma reformulação gradual e necessária para nossos entendimentos a respeito de como viabilizar meios de aprendizagem de Química e de outras Ciências que abrangem suas relações interdisciplinares.

4. PERCURSO METODOLÓGICO

A realização do presente estudo, dado sua natureza exploratória a respeito das aplicações dos CI no Ensino de Química, foi pautada nas características específicas de cada uma das três etapas pelas quais ocorreu.

A descrição cronológica e organizacional do estudo ocorreu com o ensejo de obter, na descrição minuciosa de cada etapa, subsídios para caracterizar a ocorrência de cada uma delas de forma ampla e contextualizada.

O presente estudo ocorreu na prática docente na disciplina Química no Ensino Básico, sobretudo nas séries finais do Ensino Médio em um colégio particular - Colégio Cristo Rei (CCR) - no Município de Marília (SP).

Marília é uma cidade do Centro-Oeste Paulista situada a 442 km da capital. Possui uma população estimada de aproximadamente 220 mil habitantes, e situa-se no extremo ocidental da Serra de Agudos. A cidade está situada em região montanhosa, de altitude de 650 metros. O território sobre o qual encontra-se a cidade foi, há 70 milhões de anos, região de grande concentração de dinossauros, o que faz as escavações e achados paleontológicos da região ocuparem lugar de destaque em âmbito nacional e internacional.

Os habitantes originais do território onde hoje está Marília foram Indígenas da Etnia Caignangue, os quais passaram a ser dominados a partir do início do século XX, por incentivo do Governo Paulista. O massacre contra essa Etnia deixou vastas áreas livres para a exploração agropecuária estimulada pelo governo estadual. Na região de Marília, as maiores extensões de terras passaram a ser propriedade do Deputado São-Carlense Bento de Abreu Sampaio Vidal, o qual doou terras para a fundação do Município de Marília em 1928.

Em 1958 o Colégio Cristo Rei (CCR) é inaugurado por iniciativa de religiosos canadenses do Instituto dos Irmãos do Sagrado Coração a fim de atender à demanda de oferecer formação Católica na Educação Básica Mariliense.

Atualmente o CCR conta com aproximadamente 3000 estudantes matriculados, englobando toda a Educação Básica (Maternal, Infantil, Ensino Fundamental I e II, Ensino Médio), além de Curso Pré-Vestibular, Programa de formação Internacional, Middle School e High School, estando associado à Universidade do Misoure do estado americano de Columbia.

O CCR rei possui certificação internacional ISO 9001 (gestão) e ISO 14001 (ambiental). Os estudantes são originários, fundamentalmente, de famílias de classe média e alta, tanto de Marília como de municípios da Região. Dentre os ex-alunos do Colégio Cristo Rei existem nomes de destaque nacional e internacional em diversas áreas, desde a Medicina, aviação, esportes olímpicos até a Diplomacia Internacional, membros do Congresso Nacional e o Supremo Tribunal Federal, da indústria e das Artes Plásticas.

Para constituir o conjunto universo para o estudo, considerou-se as quatro turmas da 2ª Série do EM, totalizando 119 estudantes. Esse total foi dividido em pequenos grupos, sendo recomendado que estes se constituíssem de 3 a seis estudantes.

O convite para participação no estudo ocorreu por meio de uma apresentação realizada nas quatro turmas da 2ª Série do EM do CCR. A apresentação ocorreu no decorrer de aproximadamente 30 minutos em cada uma das quatro turmas.

Na mesma ocasião do convite para participação, os estudantes receberam o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido - TCLE - que fora aprovado pelo Comitê de Ética da UFSCar (APÊNDICE II), sendo que os que aceitassem participar deveriam levar ao conhecimento de seus pais ou responsáveis e o trouxessem assinado no período de duas semanas.

Nesse primeiro momento de apresentação foram enfatizados os CI como uma ferramenta alternativa para a construção de conhecimentos em Química, sendo uma aposta para promover melhorias na aprendizagem em Química, além de outras Ciências.

Também foram apresentados as noções iniciais a respeito dos PR e sobre a forma como construir os relatos que o compõem; além desses dois instrumentos, iniciou-se uma primeira discussão a respeito de como uma situação problema poderia orientar o início de um processo de busca por informações e construção de novos conhecimentos, assim como a importância de se construir autonomia nos percursos pessoais de aprendizagem.

As práticas predominantes de ensino dos componentes curriculares de Química no ensino Médio, assim como tem ocorrido no CCR, ocorrem de forma que os estudantes são caracterizados como sujeitos estritamente passivos, receptores de um conjunto de informações, por vezes confundidas com conhecimentos, sem

que estes participem ativamente de seus próprios percursos de aprendizagem, tornando o processo de aprendizagem altamente impessoal, desprovido de caráter reflexivo e fortemente centrado no objetivo de preparar estudantes para aprovação no exame vestibular.

Outro enfoque, ainda, bastante explorado no percurso de formação dos estudantes do CCR é a preparação para o seguimento de carreiras universitárias no exterior, representado pelo oferecimento do programa de High School e consultorias educacionais internacionais.

A prática docente diária propiciou um processo de questionamento a respeito de o quanto as formas utilizadas na disciplina Química no EM do CCR podem ser eficazes para a formação de sujeitos críticos, reflexivos e que consigam contextualizar os conteúdos abordados em suas vidas cotidianas, imprimindo em si mesmos uma crescente autonomia enquanto sujeito que aprende.

A busca na literatura e o transcorrer dos questionamentos nos fizeram enveredar para a busca por estratégias que tragam em sua própria constituição o desenvolvimento das habilidades que acima questionamos em relação à aprendizagem de Química no CCR.

Nesse percurso de busca e reflexão, as metodologias ativas de ensino e aprendizagem surgem como propostas bastante afins ao questionamento que a prática docente suscitou. Assim, os CI, proposta de aprendizagem fundamentada na PBL, foram considerados como possibilidade viável para galgar-se êxito em relação ao que consideramos desejável ao questionar tal prática.

Ao mesmo tempo, os PR, instrumentos utilizados para dar um caráter de reflexão aos processos de registro, acompanhamento e avaliação das aprendizagens, foram considerados como forma significativa para agregar ao processo de resolução de CI o caráter questionador necessário às aprendizagens.

Uma vez realizadas delimitações metodológicas a respeito do uso dos CI e dos PR e do espaço temporal pelo qual poderia ser viável a resolução, dispôs-se cada uma das etapas em um cronograma iniciado no primeiro semestre de 2016.

Dado tal planejamento, iniciou-se com a escrita do CI, tomando como fundamento as recomendações de Herreid (1998) e discutidas por Queiroz et al. (2007) tendo sido construído o caso intitulado “É só uma Enzima?” (APÊNCIDE I). Durante a escrita do caso, e levando-se em conta as discussões apontadas pelos

referidos autores, optou-se por promover um direcionamento na estratégia geral de resolução deste.

A forma pela qual as etapas de resolução do caso e as respectivas orientações que precedeu cada uma delas são apresentadas a seguir

ETAPA	ORIENTAÇÃO realizada pelo docente	PRODUÇÃO realizada pelos estudantes
Primeira	Apresentação e definição de CI, seus objetivos e formas de interpretá-lo; Estudantes devem realizar uma leitura crítica buscando o que lhe é conhecido e o que não é a fim de levantar questionamentos e realizar buscas.	Os relatos apresentados descrevem uma primeira identificação com o caso, apresentando as primeiras dúvidas e suas primeiras hipóteses.
Segunda	A partir das hipóteses iniciais, os estudantes são solicitados a descreverem as estruturas das substâncias apresentadas como parte de suas hipóteses, a fim de compreender suas propriedades e funções;	São apresentadas formas de representação estrutural das substâncias tratadas no caso, somadas às que julguem importantes para suas narrativas.
Terceira	As características estruturais das substâncias descritas na segunda etapa devem ser acompanhadas de uma explicação energética que determine as reações específicas de que participam;	Os motivos energéticos que podem determinar a ocorrência de uma reação química são apresentados em termos de Termodinâmica com algumas descrições de seus significados.

QUADRO 4.1 - Apresentação geral das três etapas do estudo de Caso.

No presente estudo foram utilizadas atividades em pequenos grupos, discussões e orientações no decorrer das aulas expositivas, além de encontros dos pequenos grupos com o docente, sempre de maneira a intercalar as atividades do currículo do EM no CCR.

Os questionamentos que deram origem ao presente estudo foram construídos à partir de observações e das vivências da experiência docente e levam em consideração, portanto, as características de uma realidade presente e vivenciada.

Assim, partimos das características fundamentais das práticas docentes hegemônicas para a Disciplina de Química no EM brasileiro, levando em

consideração os papéis assumidos pelo docente e pelo estudante ao longo do enquadramento que as performances de cada um desses agentes assumem durante o processo de aprendizagem.

A partir de tais perspectivas e características, os CI e o PR surgiram como proposta possível de intervenção nas práticas pedagógicas dentro do panorama atual do Ensino de Química, principalmente às formas de organização curricular e aos papéis exercidos pelos estudantes e educadores segundo uma perspectiva ampliada da aprendizagem enquanto algo processual e fruto da construção pessoal a respeito de um objeto a ser aprendido. Tal objeto, seja qual for sua origem ou a qual Ciência pertencer, só fará parte de uma construção significativa de aprendizagem enquanto parte da vida dos sujeitos da aprendizagem; sendo, portanto, necessário que os objetos de aprendizagem sejam emergidos do cotidiano dos estudantes. Isso porque, ao realizar uma identificação entre o objeto da aprendizagem e os fatos e ocorrências que caracterizam o cotidiano, os sujeitos podem atribuir verdadeira validade e importância ao que se espera ser compreendido.

E tal validade atribuída pelo sujeito da aprendizagem passa a figurar como uma forma de realizar julgamentos e tomar decisões a partir de uma Ciência específica, a partir dos termos e dos fundamentos desta.

Nesse percurso, o objeto da aprendizagem passa a figurar como parte de um todo reconstruído a partir de novos conhecimentos constituídos pelo sujeito da aprendizagem em um processo conjunto de construção de autonomia.

Tais pressupostos deram uma validade real ao papel dos portfólios enquanto instrumento de registro, acompanhamento e avaliação. Cada um desses componentes deram lugar a características fundamentais do presente estudo, como a avaliação a partir das produções pessoais ao longo do percurso de resolução de um problema. O CI proposto envolveu, ainda, a construção autônoma de identificações entre os conhecimentos próprios da Química e a situação do cotidiano apresentada.

4.1 O percurso de resolução dos Casos Investigativos

Quanto ao formato metodológico associado à resolução dos casos, seguiu-se as recomendações predominantes da literatura, sobretudo pelas proposições de Sá, Francisco e Queiroz (2007) e Herreid (1998).

É necessário contextualizar que o presente estudo não adotou e buscou o segmento de uma variável específica dentro da sistematização apresentada pelos autores acima. A construção de um percurso no presente estudo se deu por meio da aquisição e segmentos de recomendações fundamentais apresentados pelos mesmos autores; entretanto, o percurso exato encontra-se descrito ao longo da descrição do estudo, seus dados e resultados, não estando associado a uma variante específica dentro da sistematização apresentada nas referências acima.

Foram convidados para o estudo um total de 119 estudantes matriculados nas quatro turmas do EM do CCR, sendo que 87 destes concordaram em participar do estudo, mas chegaram até a terceira etapa completa, 44 estudantes.

Dessa forma, dos dados coletados em cada uma das etapas, analisou-se os que estão contidos na terceira e última etapa do estudo, por se tratar de uma etapa de conclusão, evidenciando um conjunto substancial de informações por meio das quais se construiu uma análise dos significados da resolução dos CI como um todo.

É importante destacar que a análise centrada na terceira etapa, não deixou de ser diretamente influenciada pelas duas etapas que a precedem, principalmente no que diz respeito às características específicas das etapas anteriores que muito revelaram a respeito das características da aplicação dos CI. Ressaltou-se, previamente, o valor das características do percurso como um todo, sem a valorização de um produto final no processo de ensino e aprendizagem em Química e tal característica foi levada em consideração no que diz respeito aos dados contidos nessas duas primeiras etapas, uma vez que estas são descritas a seguir como forma de caracterização do surgimento dos dados analisados na terceira etapa.

Foram analisadas as 44 produções textuais dos PR dos estudantes que concluíram as três etapas do estudo, englobando 11 diferentes pequenos

grupos de diferentes turmas. Não foram discutidas diferenças entre as produções textuais específicas de cada turma, posto que na divisão dos estudantes em grupo, os mesmo se organizaram com a possibilidade de existirem grupos formados por estudantes de diferentes turmas.

As atividades de cada uma das etapas, tanto individual quanto em grupo, foram precedidas de orientações aos estudantes no sentido de direcionar a construção de novos conhecimentos e habilidades específicas. Uma síntese geral das orientações realizadas pelo docente em cada etapa é apresentada como parte da descrição da ocorrência das três etapas.

4.2 A forma de apresentação dos dados

O conjunto que constitui os dados do presente estudo é formado pela totalidade dos enunciados emitidos pelos estudantes e descritos nos portfólios. Tais enunciados são considerados como unidades de significação, sendo que a presença destes deve ser levada em conta dentro de um conjunto maior, do qual faça parte por seu significado e da categoria analítica que representa o significado desses dados.

Os dados unitarizados surgiram ao longo de todo o percurso de resolução dos casos, sendo que em cada uma das três etapas foi possível a entrada de novos dados dentro de uma categoria inicial, podendo inclusive modificar tal categoria inicial.

Ainda que, em certos momentos da apresentação e análise de dados, em alguns momentos fora convenientes a apresentação das porcentagens de cada argumento dentro da totalidade dos argumentos emitidos; ainda assim, tal característica faz parte de uma análise qualitativa, não estando no escopo deste trabalho um tratamento estatístico detalhado a respeito da caracterização que objetiva.

O percurso total de resolução dos casos envolveu três sucessivas etapas, sendo que para cada uma delas foi apresentada a análise dos discursos unitarizados constituindo ou modificando uma categoria analítica inicial. Toda a análise realizada no estudo levou em consideração a produção textual dos sujeitos no PR.

Desde o primeiro contato dos estudantes com a proposta de estudo de casos até a finalização da resolução do caso apresentado decorreu um tempo de aproximadamente dois meses e meio (aproximadamente 10 semanas letivas).

Uma característica importante para o planejamento e execução do estudo foi o fato de não ser possível realizar alterações no calendário acadêmico para a série participante do estudo. Sendo assim, foram realizadas orientações iniciais em períodos curtos de tempo durante a aula (no máximo de 10 minutos) e as atividades de pesquisa, escrita e discussão em grupo, ocorreram sempre em contra turno, com organização do próprio grupo não precisando ocorrer, obrigatoriamente, dentro do Colégio.

Foi disponibilizado um horário semanal, durante o período da tarde para que os estudantes fossem orientados quanto ao andamento de cada uma das

etapas do estudo e ainda dirimir dúvidas mais específicas, valorizando o caráter pessoal da produção de cada um.

Para cada uma das etapas, realizou-se o tabelamento dos dados unitarizados sendo que destes buscou-se relações de sentido entre cada um deles e o conjunto do qual emergiu para, por fim, dar origem a uma categoria inicial ou modificar uma dessas categorias.

Para a apresentação dos dados e das categorias analíticas originadas pela análise dos mesmos, serão apresentadas as características que justificam o surgimento das duas categorias iniciais e, a seguir, nas demais categorias, apresenta-se os dados, as modificações das categorias iniciais, bem como o surgimento de novas categorias iniciais.

Na primeira etapa os dados foram oriundos dos discursos dos estudantes sobre suas primeiras impressões e identificações a respeito do caso, apenas a partir da leitura e de seus conhecimentos prévios. Nessa etapa, os estudantes foram estimulados a apresentarem, sempre que possível, além da descrição do que haviam entendido sobre o caso e sobre o problema apresentado, uma reflexão pessoal sobre cada etapa de sua aprendizagem.

Nesse sentido, estimulou-se o registro das dificuldades encontradas, das identificações realizadas de assuntos que já haviam estudado, bem como a compreensão que faziam a respeito de cada um dos assuntos específicos estudados em cada etapa.

Essa reflexão sobre como ocorreu a compreensão de cada um durante o percurso de resolução do caso pode ser associada a um componente de crítica às construções de significado por meio de uma Ciência oficial, com uma linguagem fechada e inacessível para grande parte dos estudantes. Procurou-se identificar tais formas de discurso e formas de linguagem utilizadas para descrever os fenômenos químicos presentes no caso, como uma forma de caracterizar a apropriação dos conceitos e suas definições.

4.3 Da Análise Textual Discursiva (ATD)

O procedimento de análise textual fundamenta-se na interpretação de significados, tendo sua origem nos fundamentos da Análise de Conteúdo (BARDIN, 1977).

A identificação e categorização de signos próprios dentro de um objeto de investigação dão origem à possibilidade de que esses sejam interpretados e contextualizados a fim de que se conheça o significado que possuem para cada sujeito que o emite e o utiliza como parte da descrição de seu próprio entendimento e aprendizagens em seu cotidiano.

No caso do presente estudo, a opção pelo dado escrito veio do objetivo de caracterizar a forma de emissão do discurso a fim de construir uma interpretação sobre as formas de apropriação de símbolos e formas de representação próprias da Química, a partir de sua forma de linguagem e das construções permitidas a partir desta (ROCHA e DEUSDARÁ, 2005).

Essa identificação a respeito das formas de representação podem, ainda, ser relacionada à forma de entendimento da Química como uma Ciência e, por extensão, a respeito do entendimento sobre a natureza da Ciência de forma geral.

Assim, a ATD aproxima-se ainda mais do objetivo de caracterizar o entendimento dos sujeitos a respeito da química como Ciência; e sobre como esses mesmos sujeitos reconhecem na atividade científica como uma construção histórica e social.

Isso porque a ATD constitui uma forma de construção de significados a partir de discursos de sujeitos em relação a quatro quesitos fundamentais: o do entendimento dos sujeitos a respeito de Ciência e dos percursos que desencadeiam sua produção; da compreensão dos sujeitos a respeito do objeto da pesquisa; da avaliação da produção escrita e do julgamento de sua competência; além da inserção da visão do sujeito pesquisador no percurso e nas reconstruções que levam a uma análise final.

No que diz respeito ao componente procedimental, a ATD se constitui pelo encadeamento de três etapas fundamentais: a unitarização, a categorização e o surgimento de uma meta-texto interpretativo, de onde surgem categorias analíticas

que descrevem o percurso total de identificação de significados a respeito do objeto investigado (MORAES, 2003).

Unitarização	Categorização	Comunicação
Identificação de núcleos de significado extraídos do texto de forma isolada. Ganha maior especificidade à medida em que decorre do processo de imersão nos discursos emitidos pelos sujeitos.	Agrupamento dos núcleo de significado surgidos da unitarização segundo o tipo de significado mais amplo a que se relaciona, dando origem a um conjunto de categorias iniciais que poderão ser modificadas a todo momento.	O percurso de análise se conclui com a formulação de um conjunto de categorias analíticas que, juntas, levam a uma caracterização ampla e profunda a respeito do objeto de investigação.

Quadro 4.2 - Etapas fundamentais da aplicação do método de ATD.

Como forma de identificação dos sujeitos da pesquisa, utilizou-se de um código constituído da letra maiúscula 'E' seguida de um número que identifica o estudante (tabela com numeração de 01 a 87, seguidos da letra maiúscula 'G' juntamente a um número de identificação do grupo ao que o estudante pertence, de 01 a 11).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A seguir, apresenta-se cada uma das etapas e suas características específicas como forma de descrição a respeito de como os dados analisados na terceira etapa tiveram origem nos discursos dos estudantes. Importante ressaltar que os dados analisados e que, efetivamente, constituem os resultados do presente estudo são, especificamente, os da terceira etapa.

As duas etapas precedentes são apresentadas em relação à suas características gerais enquanto partes de um percurso. Ademais, a opção de realizar uma caracterização de forma qualitativa, possui como um pressuposto fundamental o detalhamento e aprofundamento sobre o objeto de análise, sendo estes importantes marcadores de qualidade em um estudo qualitativo (DUARTE, 2002; GALEFFI, 2009).

A leitura final dos resultados e a análise que se espera realizar dos destes tendem a enveredar o estudo para o levantamento de fundamentos Epistemológicos a respeito do processo de aprendizagem e o quanto o conhecimento desses fundamentos nos auxiliam no planejamento e organização das situações de aprendizagem, agregando outras características desejáveis ao que é, atualmente, no Ensino de Química.

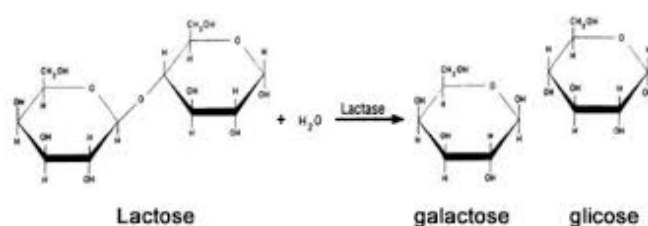


FIGURA 5.1 - Equação de hidrólise da lactose representada por fórmulas estruturais espaciais. Adaptado de FERREIRA et al (2009).

5.1 PRIMEIRA ETAPA

Os estudantes realizaram uma leitura do caso, tanto individualmente, quanto em grupo, e à partir daí, iniciaram um processo de identificação do que lhes era conhecido e do que ainda precisavam entender sobre o caso. Nesse primeiro momento, ocorreram discussões a partir de uma leitura do Caso Investigativo (CI) proposto (ANEXO 1) em grupo e nessas discussões ocorreram levantamentos de fatores já conhecidos previamente, os quais poderiam colaborar para mostrar uma possível resolução para o caso.

Tais conhecimentos prévios (SILVA e SOARES, 2013) já evidenciam uma apropriação sobre a situação problema, bem como uma identificação da situação apresentada com a vida real e com a Química; o que também já mostra certa capacidade de articular seus conhecimentos para resolver uma situação problema relacionada à vida real.

Nos relatos prevalecem os discursos em texto corrido, sem demais formas de representação estruturais ou energéticas (ROQUE e SILVA, 2008) a respeito das substâncias envolvidas no caso, principalmente a lactose, a glicose e a galactose.

Uma vez considerados os relatos contidos nos PR ao final dessa primeira etapa, os estudantes foram orientados a se questionarem a respeito das estruturas das substâncias citadas, correlacionando seus conhecimentos prévios a respeito da estrutura das moléculas com a situação apresentada no caso, identificando e descrevendo as reações químicas que poderiam estar ocorrendo e apresentando justificativas a respeito da situação problema apresentada, como mostrado na equação representada na figura 5.1, a seguir.

Cada um dos relatos apresentados recebeu uma orientação geral padronizada, contida no quadro a seguir

Para a segunda etapa: como podemos descrever a estrutura das enzimas, à partir da estrutura fundamental de moléculas de proteínas? Isso envolve caracterizar moléculas de aminoácidos e a forma específica de ligações entre os mesmos para formar a estrutura das proteínas. Uma explicação razoável sobre a estrutura de uma enzima deve incluir uma descrição do arranjo tridimensional dessas moléculas.
Não se esqueçam de anotar as fontes de onde tiraram as informações que forem

Quadro 5.3 - Orientações aos estudantes para a segunda etapa.

As características fundamentais que poderiam descrever essa etapa inicial do estudo apresentam-se resumidas no quadro a seguir

Como uma síntese dessa primeira etapa são apresentadas as categorias iniciais desta, propostas no início do processo de categorização, cujos fundamentos se apresentam no Quadro 5.4:

Identificação do fenômeno catalítico em uma situação do cotidiano	Estrutura e propriedades das substâncias	Identificação das reações de hidrólise à partir de quantidades de energia
Existe uma identificação, ainda que incipiente, entre os fenômenos biológicos/de saúde e a ocorrência de uma reação química catalisada por uma enzima com a situação problema apresentada no caso.	Identificação de características estruturais como fator importante na determinação da ocorrência de uma reação química (hidrólise da lactose)	A hidrólise da lactose é descrita como “quebra” de uma molécula, sem qualquer fundamentação ou caracterização a respeito do significado de tal ocorrência, nem qualquer menção a quantidades de energia.

Quadro 5.4 - Características gerais das três categorias iniciais.

i) Existe uma identificação inicial da ocorrência de uma reação química motivando uma situação do cotidiano. A hidrólise da lactose ainda é descrita como *quebra*, não havendo descrições estruturais nem mesmo qualquer tipo de representação para as substâncias e as reações de “quebra” senão por meio de um discurso textual no portfólio;

ii) Não existem representações estruturais específicas a respeito das substâncias e das reações químicas que ocorrem com estas. Ainda não existem referências à descrição da estrutura de polissacarídeos e monossacarídeos, nem às condições estruturais para a ocorrência da reação de hidrólise;

iii) A explicação para a ocorrência ou não da hidrólise da lactose ocorre de maneira incipiente, sem descrições a respeito das quantidades de energia que venham a ser necessárias para que tal reação ocorra. Tal descrição ocorre, pontualmente, em 2 (dois) dos 44 (quarenta e quatro) relatos totais.

Uma primeira aproximação com os dados e as categorias na primeira etapa evidencia uma limitação na construção de articulações entre conhecimentos

prévios e de diversas áreas para interpretar um fenômeno químico no cotidiano. Mesmo a proposição da identificação de uma situação de aprendizagem no cotidiano parece estar de certa forma limitada, algo que pode estar relacionado ao componente central dado aos materiais apostilados, onde os estudantes entram em contato com disciplinas essencialmente separadas e desarticuladas.

5.2 SEGUNDA ETAPA

A partir das proposições das três categorias iniciais, descritas anteriormente, iniciou-se uma segunda etapa, fundamentada no que havia sido produzido na primeira e, também, nas necessidades específicas de novas informações e de construções de novos conhecimentos para o entendimento e discussão sobre os motivos da ocorrência de uma reação de hidrólise, como a da lactose.

Em seguida, ao analisarmos as produções textuais da segunda etapa, levamos em consideração os questionamentos e os registros de novas informações e novas apropriações feitas pelos sujeitos a respeito da ocorrências das reações químicas tratadas no caso.

Ainda assim, nessa segunda etapa, a análise levou em consideração a construção realizada a partir das três categorias iniciais para dar prosseguimento a uma análise processual da resolução do caso pelos sujeitos. A caracterização dos discursos continua levando como referência as formas de representação mais utilizadas na Química atual como as representações estruturais das substâncias e as características termodinâmicas destas ao participarem de reações químicas, considerando as características fundamentais da chamada “Teoria das Colisões” (CIRINO et al., 2009) e os fundamentos da Termodinâmica.

Tendo ocorrido o processo de buscas individuais e em grupo durante a segunda etapa, as referidas categorias passaram a ser modificadas pela entrada de novos discursos, os quais passam a dar um significado mais aprofundado a respeito da forma como está ocorrendo o percurso.

Dessa mesma forma, buscou-se analisar, nessa segunda etapa, o quanto os discursos relacionados a cada um dos objetos tratados nas categorias iniciais foram se transformando e, assim, identificar como ocorreram tais transformações nesses discursos.

Ainda em relação à decisão das formas de análise estarem fundamentada na ATD, analisar os discursos escritos na sequência das três etapas nos auxiliará a construir um entendimento a respeito do quanto foi possível adequar os discursos produzidos em relação à forma de apresentação da linguagem específica utilizada em Química, e como essa linguagem pode ter se desenvolvido ao longo da resolução do caso apresentado.

Após o processo de leitura exaustiva da totalidade dos relatos dessa segunda etapa, foi possível identificar ressignificações em relação à estrutura e descrição das substâncias e das reações de hidrólise.

A categoria inicial que surge nessa etapa relaciona-se ao processo de questionamento que direcionou os sujeitos a buscarem estratégias para construir novos conhecimentos bem como de julgamentos que fazem sobre as fontes de informação de que fizeram uso ao longo da etapa.

A seguir, descreve-se as categorias Intermediárias I, II e III, resultantes da segunda etapa, das modificações que sofreram em relação às respectivas categorias iniciais, bem como a categoria inicial emergida da segunda etapa:

Categoria intermediária i) Na segunda etapa, a principal modificação ocorrida nessa categoria foi no sentido de mobilizar recursos que dessem conta de explicar a situação identificada em termos de reações químicas, fazendo uma ligação direta entre o fenômeno químico e a situação ocorrida no cotidiano. Houve um pequeno avanço nesse sentido, sendo que tais identificações ocorreram de forma a construir uma identificação entre as reações químicas em si (descritas com o uso de equações químicas e fórmulas estruturais), e o evento do cotidiano na qual são identificadas;

Categoria intermediária ii) ocorre uma caracterização estrutural ainda incipiente, relacionando as substâncias e materiais segundo uma visão contínua da matéria (sem um entendimento sobre a constituição dos átomos e das substâncias. Não existem detalhamentos estruturais que ultrapassem a descrição pontual sobre estruturas de moléculas como os mono e polissacarídeos, os aminoácidos e as proteínas. As noções estruturais a respeito de enzimas ocorrem por meio de representações pictóricas, não incluindo discussões mais detalhadas a respeito destas. Embora já exista alguma familiaridade na descrições estruturais citadas, há a possibilidade de que tais descrições sejam rediscutidas no sentido de mostrar ligações entre as características estruturais das substâncias e a forma como estas podem se transformar quimicamente, auxiliando na identificação e interpretação dos fatos encontrados em nossa vida cotidiana.

Categoria intermediária iii) Em mais essa ocasião, foi possível identificar uma necessidade de reelaboração dos fenômenos contemplados no caso, no sentido de construir um significado energético. A identificação inicial do processo de hidrólise da lactose ainda mostra carência de um significado energético. Sendo assim, a presente categoria chega ao final da segunda etapa evidenciando a necessidade de inter-relacionar dados das variações das quantidades de energia das reações com características próprias de cada uma delas, como é caso da reação de hidrólise da lactose.

Categoria inicial iv) a presente categoria surge, na segunda etapa, evidenciando o aspecto dos questionamentos feitos pelos sujeitos da pesquisa e, também, sobre a forma de julgamento que estes fazem a respeito da qualidade e confiabilidade das fontes de informações que utilizam. Tal categoria evidencia um perfil de desenvolvimento de suas autonomias enquanto sujeitos de suas próprias aprendizagens. Assim, foi possível iniciar um reflexão a respeito de quanto uma visão crítica (ou não crítica) em relação às fontes de informação podem estar relacionadas com uma visão de Ciência como um discurso único, sem a contribuição de diversos sujeitos, com suas diversas visões de mundo. Ainda na terceira etapa, a presente categoria deve servir para repensar as possibilidades de entendimento da atividade científica como algo histórica e socialmente determinado.

No segmento da terceira etapa, realizou-se a seguinte orientação, anexada em cada um dos portfólios, conforme mostra o Quadro 5.5

Para a terceira Etapa

Para concluirmos nosso estudo, e considerando o que já foi possível aprender com o caso até esse momento, precisamos caracterizar uma reação que envolve a participação de enzimas por meio das quantidades de energia que a caracterizam. Como pode ser possível descrever o papel da enzima lactase em termos das quantidades de energia necessárias para que essa reação de hidrólise ocorra? Para dar sua resposta, procure entender as grandezas termodinâmicas envolvidas na caracterização das quantidades de energia, como a variação da entropia e da Energia Livre de Gibbs.

Não se esqueça de registrar como esse estudo tem ocorrido para você e em que medida você acha possível construir conhecimento com o estudo de caso, ou quais foram suas dificuldades.

Bom Estudo!

Quadro 5.5 - Orientações aos estudantes para terceira etapa.

5.3 TERCEIRA ETAPA

Essa etapa conclui o estudo no sentido de abarcar três componentes fundamentais da análise: o reconhecimento das transformações químicas específicas no cotidiano, a estrutura e propriedades das substâncias envolvidas nessas transformações junto às quantidades de energia que as caracterizam e, também, as críticas a respeito das informações com as quais os estudantes trabalharam para construir conhecimentos.

Assim, a partir desse momento procedemos a uma descrição detalhada do procedimento de análise dos discursos dos sujeitos, buscando construir um entendimento a respeito de cada uma das etapas que iniciaram suas construções ao longo das etapas anteriores.

Como diretriz geral, iniciou-se o percurso a partir das três etapas descritas no Quadro 5.6, a seguir:

<p><u>Formulação do Problema</u></p> <p>Reconhecer assuntos em potencial</p> <p>Levantar as conexões e definir o espaço do problema</p> <p>Identificar o material a ser aprendido</p> <p>Formular perguntas específicas</p> <p>Definir e especificar o foco</p> <p>Definir mais problemas através de consulta com colegas</p> <p><u>Resolução do Problema</u></p> <p>Obter referências/fontes adicionais</p> <p>Gerenciar informação</p> <p>Definir mais o problema (compartilhando pontos de vista / info.)</p> <p>Projetar e conduzir investigações</p> <p style="padding-left: 40px;">com softwares de simulação (modelos)</p> <p style="padding-left: 40px;">com métodos de campo/laboratório</p> <p style="padding-left: 40px;">com novas fontes (mais referências, entrevistas, etc.)</p> <p><u>Persuasão de Colegas</u></p> <p>Apresentar conclusões das investigações</p> <p>Desenvolver análises ou relatórios científicos para persuadir os colegas</p> <p>Conduzir debates de pontos de vista ou resultados opostos</p> <p>Produzir outros materiais que mostrem a compreensão das conclusões</p>
--

Quadro 5.6 - Passos específicos esperados para cada uma das etapas de resolução do caso.

5.3.1 Categoria I - As reações enzimáticas e o Cotidiano

Uma das orientações fundamentais contidas tanto na apresentação inicial a respeito do estudo de casos e do uso do portfólio como nas orientações feitas pelo pesquisador durante as aulas, ou em horário de contra turno, foi o registro das identificações gerais. Tais identificações podem caracterizar a forma como os sujeitos incluem suas visões iniciais sobre as ocorrências de reações catalisadas por enzimas e seus conhecimentos prévios, bem como suas vivências e experiências.

A identificação do fenômeno catalítico a partir de uma situação do cotidiano e com a qual se possa identificar certa importância, ou mesmo empatia em relação à personagem central do caso, dá início a uma etapa fundamental de construção de conhecimento contextualizado e, fundamentalmente, interdisciplinar.

O caráter interdisciplinar se concretiza na medida em que o fenômeno em si se constitui e se define na vida real a partir das características pelas quais fazemos uma leitura destes, envolvendo diversas áreas da ciência.

Daí a importância de que o objeto de aprendizagem, centrado no fenômeno da catálise enzimática, surja a partir de uma situação do cotidiano. Uma vez que tal situação provoca questionamentos, a partir destes buscou-se construir novos conhecimentos para compreendê-la na forma como a aprendizagem se constituiu como parte da própria experiência e existência dos sujeitos.

A presente categoria surgiu de uma relação estabelecida entre os discursos dos sujeitos ao descrever o caso de uma maneira geral, mostrando suas identificações iniciais a respeito do que estava sendo discutido no caso, sem a preocupação com as características de linguagem, nem de teorias e informações específicas a respeito das reações catalíticas.

As orientações específicas que os sujeitos receberam previamente à produção desses discursos foram a de produzirem discursos livres, para que não houvesse a preocupação com o que supostamente deveriam saber a respeito de reações catalíticas ou qualquer outro fenômeno a que eles poderiam se associar em nossa vida diária. Isso porque, também, tornar os discursos livres exige lidar com os entendimentos que cada sujeito faz a respeito da atividade científica em si.

Na presente categoria já é possível identificar certa insegurança dos sujeitos a emitirem um discurso livre e pessoal a respeito de um fenômeno natural.

Mais adiante, esse fato será retomado para construirmos uma análise a respeito de o quanto pode ser importante estimular um posicionamento pessoal dos fenômenos naturais, representando um entendimento mais amplo da atividade científica e da construção do conhecimento em si.

Como uma primeira impressão sobre o caso, *E42G05* refere “[...] notei que o problema de Marina foi motivado pela deficiência da enzima lactase e por uma junção de fatores emocionais [...]”, mostrando algum entendimento inicial relacionado ao estresse.

E38G05 refere-se, também, à possibilidade de que por meio do estresse houvesse uma alteração na funcionalidade da enzima lactase:

Marina por, por conta do stress, pode ter lesionado a mucosa intestinal por meio de uma gastrite, ou algo do gênero, o que atrapalhou a produção da enzima lactase, que se encontra no suco entérico, que quebra a lactose em: 1 galactose e 1 glicose, sendo absorvido pelo organismo.

Em outros relatos, ainda, surgem associações entre o estresse e possíveis alterações na funcionalidade da enzima lactase explicada por razões diferentes, como *E39G05*, que afirma ser “[...] possível afirmar que a sua intolerância não seja o principal causa, ou a causa exclusiva das alterações de suas enzimas [...]”.

De modo significativo, os discursos mostraram alguma identificação entre eventos da vida cotidiana e a ocorrência de reações químicas específicas; Isso mostra uma abertura em relação à forma como os conteúdos próprios da Química podem ser apresentados aos estudantes, resignificando a forma como estes estabelecem um contato inicial ou mesmo constroem suas próprias motivações para elaborar conhecimentos em Química ou em qualquer outra área do conhecimento que possam se relacionar na determinação de um fenômeno de nossa vida diária.

Isso implica em levar em consideração um entendimento ampliado da função do cotidiano como possibilidade de instrumentalizar as propostas de ensino e de aprendizagem de Química. Lufti (1988) já apresentava a função do cotidiano como algo mais que puramente uma exemplificação de possíveis aplicações para o que já se conhece sobre Química, ou mesmo sobre qualquer outra área do conhecimento.

Tal trabalho propõe a função do cotidiano como forma de problematizar os fenômenos químicos, permitindo que fique claro a relação do fenômeno em si, estritamente definido pelas características na forma de linguagem própria da Química, com demais áreas do conhecimento que possa mostrar uma maior amplitude na identificação, na compreensão e e na elaboração de um entendimento a respeito dos fenômenos químicos.

Além de um entendimento ampliado sobre o lugar dos fenômenos químicos em nosso cotidiano e as interpretações desses com os diversos aspectos de nossa vida cotidiana, esse entendimento permite que os sujeitos procurem estabelecer identificações, relações e mesmo construir um conhecimento autônomo a respeito do explicação dos fenômenos naturais que permeiam suas existências.

Da totalidade dos discursos que compuseram essa etapa do estudo, apenas 1 sujeito não identificou a situação apresentada no caso à ocorrência de um fenômeno químico. Dos demais 43 discursos, houve pelo menos uma referência ao fato de existir uma reação química relacionada à transformação da lactose em outras substâncias.

Tal identificação das reações químicas na determinação da situação de saúde da estudante foi acompanhada por possíveis explicações a respeito das peculiaridades dessa reação química que poderia desencadear os problemas de saúde descritos no caso.

A Figura 5.2 mostra a composição percentual dos relatos que identificam a ocorrência de reações químicas ocorrendo na situação problema descrita no Caso.

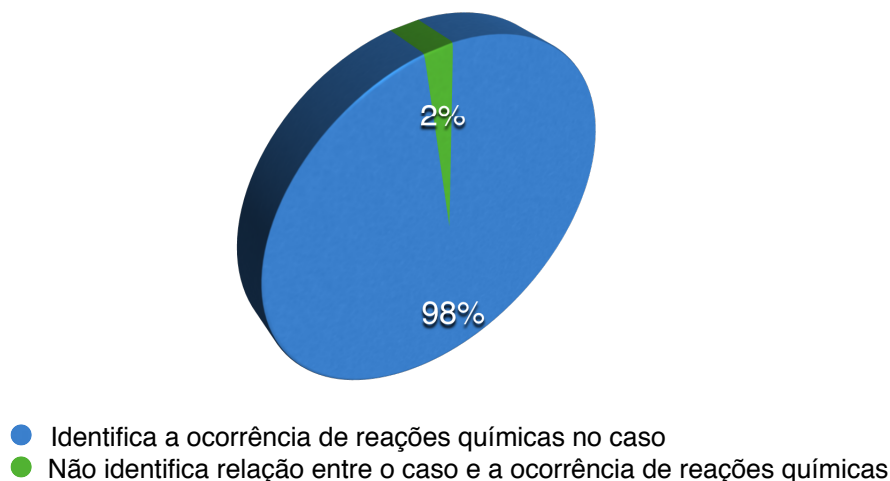


FIGURA 5.2 - identificação do fenômeno químico em uma situação do cotidiano.

A seguir, observa-se que essas explicações ganham mais sentido e, das possíveis relações entre as estas, se integram às outras categorias, estando relacionadas à estrutura e às quantidades de energia que caracterizam, ou mesmo, determinam a ocorrência de uma reação química.

Outras evidências da terceira etapa mostram modificações na identificação da situação apresentada no caso e em sua ligação com reações químicas possíveis de serem identificadas e estudadas.

O aspecto de continuidade da produção textual foi importante para manter uma maior possibilidade de visão do todo já produzido por cada sujeito da pesquisa.

Tal visão contínua sobre a produção de cada um auxilia os sujeitos da aprendizagem, posto que são estabelecidos referenciais para si mesmos, orientando suas necessidades futuras de construções de novos conhecimentos, como também para àquele que avalia ou acompanha como ocorre esse processo, o que envolve diretamente o PR. Nesse sentido, o PR se configura em um todo constituído, obrigatoriamente, por um aspecto de acompanhamento, de registro e de auxiliar formas de identificação de aprendizagem.

Registros como o de E38G05: “Nesta parte do trabalho irei me aprofundar mais em descrever as estruturas das enzimas e suas relações com os aminoácidos e proteínas que causam o problema de Marina [...]” evidenciam um maior aprofundamento na identificação das reações químicas envolvidas no caso dentro de sua origem na situação cotidiana.

Outros Portfólios, ainda, usaram descrições mais amplas, e voltaram a situar o problema de modo a desconsiderar substâncias e reações químicas, mesmo

após já ter feito uma discussão bastante relevante em relação às substâncias envolvidas no caso.

É o que ocorreu no relato do E13G10 ao esquematizar um forma de descrever as relações de significado de cada situação identificada no problema, conforme mostrado na figura a seguir:

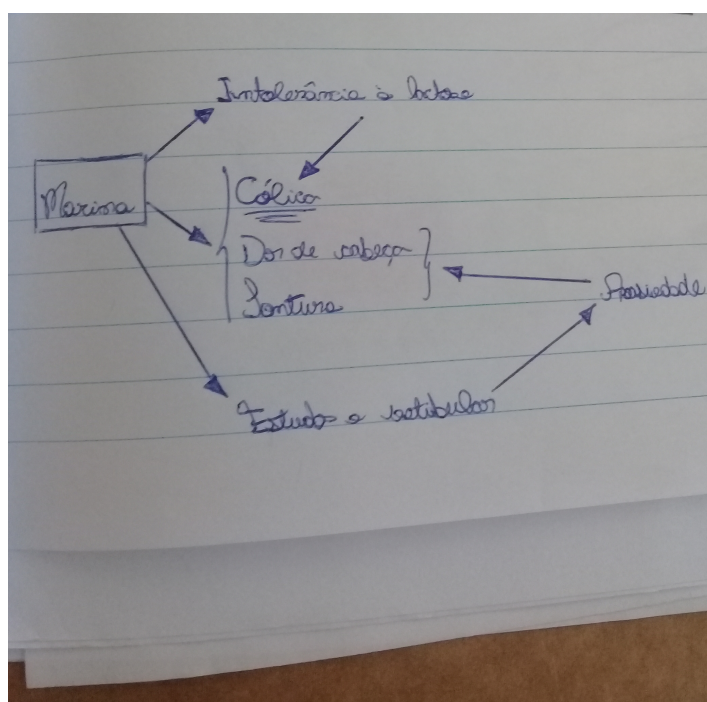


FIGURA 5.3 - Forma de identificação de redes causais para explicar o problema do caso, do E33G0.

Demais relatos mostram o estabelecimento de outra possível relação de causalidade no que diz respeito ao papel das enzimas na determinação do problema, como ocorre com E29G09: “[...] eu também vi uma vídeo-aula que fala de uma exceção, na qual a enzima não será uma proteína e sim uma ribozima que pode estar causando o problema [...]”.

O relato do E39G05 cogita a possibilidade de que a situação de saúde da personagem seja unicamente provocado por “[...] estresse, ansiedade e ao modo de estudar de Marina [...]”.

De forma semelhante, um total de 5 (cinco) relatos do 44 (quarenta e quatro) fazem referências no sentido de aplicar as discussões das etapas anteriores à uma interpretação geral do que está ocorrendo com a situação problema apresentada. Ainda em 12 (doze) dos discursos aparecem referências à situação inicial descrita no caso, como hipóteses sobre o problema de saúde de Marina, a

pressão que os exames vestibulares podem causar e o estresse da rotina de estudos.

Dessa maneira, a presente categoria evidencia uma forte tendência de os discursos focarem nas discussões centradas no objeto específico de cada etapa, perdendo parte de seu caráter interdisciplinar intrínseco, algo com o qual se possa estabelecer forte relação com a disciplinarização do EM.

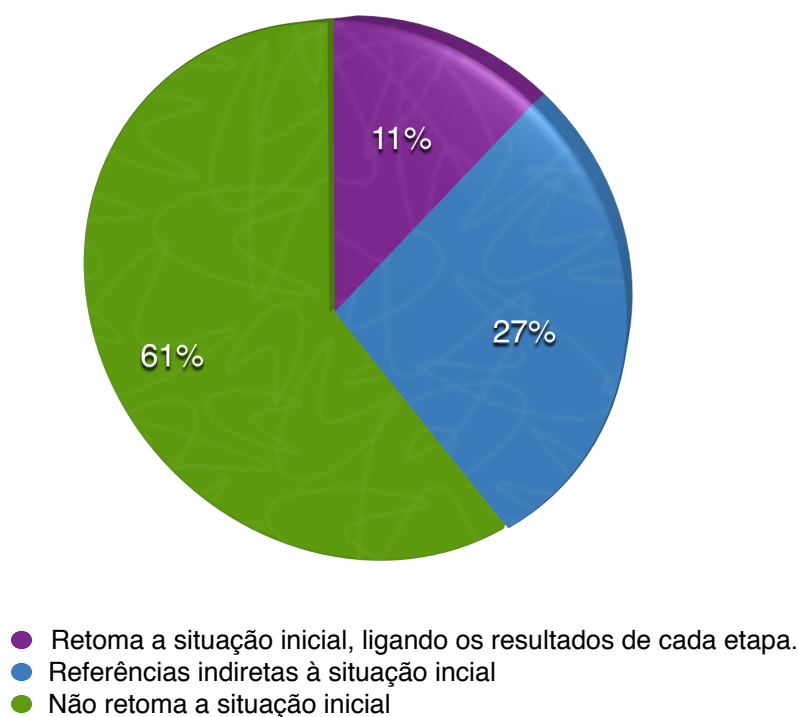


FIGURA 5.4 - Retomada da situação inicial durante as passagens de etapa.

Rapidamente a referência direta em relação a situação inicial, de onde o percurso de estudos partiu passa a ocorrer em alguns relatos. Essa característica vem a confirmar um caráter essencialmente disciplinar das formas de organização do ensino e das aprendizagens nos diversos segmentos educacionais.

Uma das consequências diretas dessa forma de organização de conteúdos e habilidades em todo o percurso educacional dos sujeitos da aprendizagem acaba por atrofiar suas capacidades de estabelecer relações com o todo de onde os fenômenos são observados, percebidos e tomam parte em seus cotidianos.

Dessa forma, o que parece caracterizar o que seria conhecimento, consiste simplesmente em aceitar supostas verdades prontas. Esse posicionamento põe fim a qualquer possibilidade de identificações futuras entre demais situações vivenciadas em suas experiências sejam factíveis de serem lidas segundo os referenciais de uma ciência como a Química.

Em contrapartida, tais conclusões nos abrem possibilidades de planejamento e organização, de tal forma propormos possíveis direcionamentos de percursos e de realização das discussões dos casos de modo a incluir em cada etapa uma referência para servir como retomada da situação inicial em cada etapa.

Ainda assim, existe a possibilidade de caracterizar a inserção de uma situação do cotidiano como fundamento para estudo de reações químicas, pois em todos os relatos houve uma ou mais referências, ao longo das três etapas, no sentido de levar em consideração uma situação do cotidiano e uma reação química que lhe seja associada em sua rede de causalidades.

Foram considerados para constituir a presente categoria argumentos que possam evidenciar a identificação das transformações químicas que ocorrem com enzimas.

A categoria inicial foi constituída à partir de dados que indicassem uma identificação da situação ocorrida no caso e as ocorrências de reações químicas enzimáticas. Um primeiro aspecto relevante para a análise da presente categoria ao longo das etapas é a quase total ausência da formulação de questões a respeito dos fatos não conhecidos ou bem esclarecidos.

A formulação de questões de aprendizagem deve seguir o percurso de identificação geral do problema, sendo pertinente em qualquer etapa do estudo de caso. Isso devido ao caráter essencialmente reflexivo necessário para se construir conhecimentos a partir de um CI.

Durante todo o percurso de resolução do caso, os sujeitos da pesquisa foram orientados a registrarem suas experiências e construções no portfólio, buscando refletir sobre o que concluíam em cada etapa.

Uma das possibilidades foi a de que os sujeitos, reunidos em grupos, ou mesmo de forma pessoal, formulassem questões que pudessem representar suas principais dúvidas em cada etapa; o que representa uma participação fundamental dos sujeitos no planejamento sobre como poderia ocorrer um percurso factível para construir novos conhecimentos em Química de forma progressivamente autônoma.

A proposta do Estudo de Casos encontra-se fundamentada em argumentos que ligam as necessidades atuais ao desenvolvimento da autonomia dos sujeitos da aprendizagem. Sendo assim, a frequência e a forma como as questões de aprendizagem ocorram nessa segunda etapa, podem evidenciar o quanto os sujeitos identificaram no cotidiano da personagem apresentada no caso um percurso para construir novos conhecimentos em Química.

Quanto à forma dos questionamentos presentes nessa segunda etapa, ocorreram dúvidas sobre tópicos específicos presentes nas discussões do caso na primeira etapa, como no discurso do E21G07: “Tópicos para Pesquisa: - explicação sobre o que é, e como ocorre a hidrólise da lactose; - descrição tridimensional da lactose, galactose e glicose.” Tais afirmações estão relacionadas a algum direcionamento dado pelo autor do discurso no sentido de buscar uma estratégia definida para construir novos conhecimentos a partir do que ela já construía previamente.

A forma preponderante de questionamentos apresentados nessa mesma etapa na totalidade das produções textuais formam as questões diretas no sentido de definir um termo específico. Questionamentos do tipo: “O que é uma enzima?”; “O que são proteínas”; “O que é aminoácido?”; “Qual a estrutura de uma enzima?” repetem-se em diferentes PR, como nas produções textuais dos E35G16, E32G15, E16G10 e E42G05. Ou, “Por que a enzima pode ter essa deficiência?”, em E17G11.

Daí obteve-se duas características: a baixa incidência da formulação de questões de aprendizagem e, nas situações em que surgiram as questões, a existência de questionamentos diretos, evidenciando o procedimento factual, pontual, instrumentalizado pela questão formulada.

Tal questionamento poderia, ainda, ocorrer de forma a valorizar as ressignificações construídas a partir de novas informações, evidenciando um domínio procedimental e metacognitivo no discurso emitido. Para fundamentar

nossa análise especificamente a respeito da amplitude dos questionamentos e dos direcionamentos que podem conferir nas futuras aprendizagens de seus próprios sujeitos, utilizamos os referenciais da taxonomia revisada de Bloom, conforme descrito por Bloom, Hastings e Madamus (1971).

Dessa forma, podemos indicar os dados fundamentais para a construção dessa categoria a partir da categoria inicial correspondente: uma incidência pequena de formulação de questões e a baixa taxonomia dos questionamentos, quando são formulados (FERRAZ e BELHOT (2010).

O primeiro dado, evidencia o caráter de receptividade com o qual se caracteriza grande parte das práticas de aprendizagem no Brasil, e neste nosso caso, uma necessidade de orientação direta para que se formule, obrigatoriamente, questões de aprendizagem para que ocorra o avanço de uma etapa para outra na resolução do caso. A habilidade para a formulação de questões de aprendizagem, tomando como base sua capacidade pessoal confere aos sujeitos da aprendizagem um maior grau de autonomia e lhe possibilita, progressivamente a desenvolver seus projetos de aprendizagem de forma autônoma e contextualizada.

Do total de 44 discursos, apenas em 5 cinco deles existiram questões de aprendizagem formuladas. Dos cinco discursos que incluíam questões, a totalidade destes apresentaram questões de baixa taxonomia, deixando de levar em conta qualquer possibilidade de construção de significado amplo sobre o objeto da aprendizagem (FIGURA 5.5), como seu significado contextualizado e valorizado segundo suas concepções pessoais e temporais.

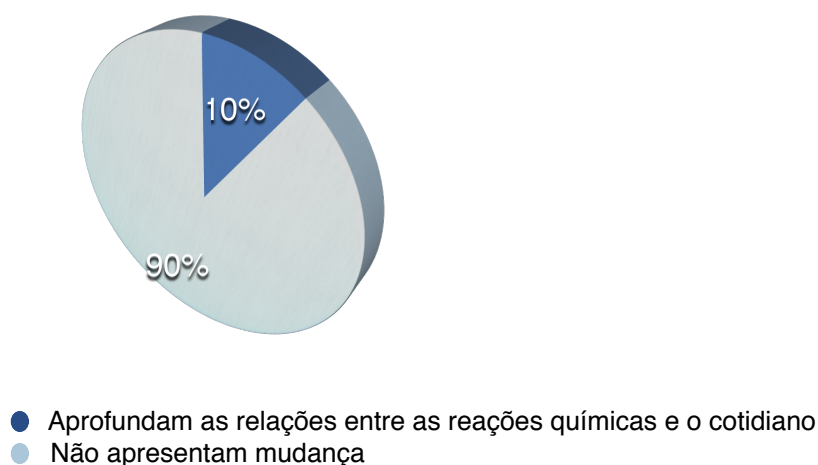


FIGURA 5.5 - Aprofundamentos apresentados a respeito da situação inicial.

5.3.2 Categoria II: A estrutura das substâncias e suas propriedades químicas.

Nas discussões apresentadas em seus discursos a respeito das estruturas das substâncias e das características estruturais das reações ocorridas, predominam as representações planares, não incluindo a especialidade das substâncias como característica que participe da explicação do problema apresentado no caso, especificamente a ocorrência de uma reação enzimática como a hidrólise da lactose.

Nesse sentido, quanto à natureza e características das reações enzimáticas, ocorrem frequentes referências à explicação conhecida como “Modelo Chave-Fechadura”. Esse modelo propôs a noção da atividade biológica de algumas substâncias, ganhando bastante relevância (VERLI e BARREIRO, 2005).

Ao construírem afirmações considerando tal modelo, os sujeitos não incluíam em seus discursos quaisquer características estruturais a respeito das substâncias envolvidas nas reações enzimáticas.

Nesse ponto da produção dos sujeitos nos PR foram frequentes as representações pictóricas reproduzidas junto aos textos escritos, sem a abordagem direta das especificidades estruturais das substâncias descritas.

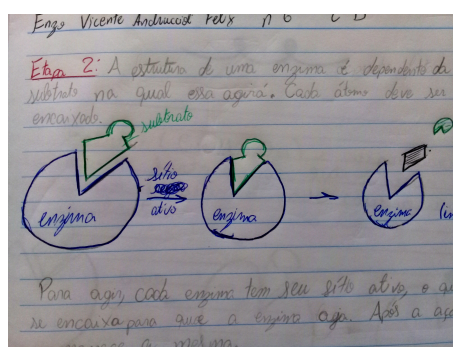


Figura 5.6 - Representação pictórica do modelo chave-fechadura.

Essa forma de representação ainda evidencia uma lacuna no entendimento de como tais ligações entre enzimas e moléculas específicas podem estar relacionadas entre si. A discussão ocorreu entorno da representação do

processo global, sem levar em consideração peculiaridades das substâncias específicas, nem de estruturas de enzimas igualmente específicas.

Tais representações de encaixe enzima-substrato supostamente perfeito das estruturas das enzimas e das moléculas do substrato parece concluir a discussão a esse respeito, sem referências diretas das peculiaridades das estruturas de nenhum tipo de substância. Foram frequentes as referências a “ligações”, sem maior detalhamento no texto dos relatos.

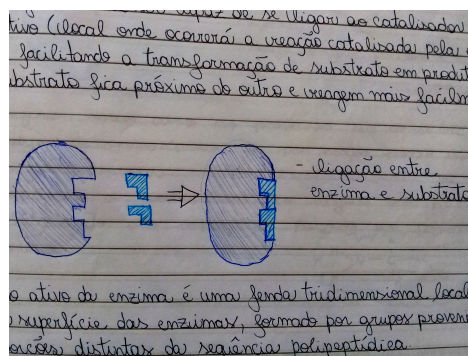


FIGURA 5.7 - Representação da ligação entre a superfície de uma enzima com seu substrato.

Em um único discurso aparece a representação de regiões específicas na representação da enzima, como a referência do centro (ou sítio) ativo na representação da enzima.

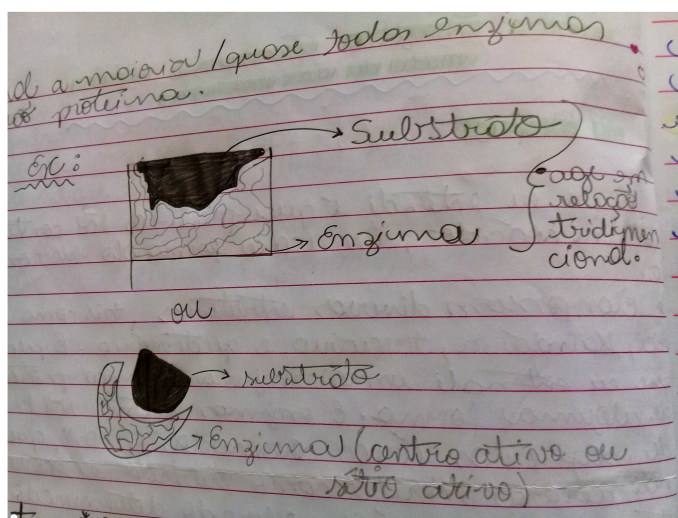


FIGURA 5.8 - Representação da região do sítio ativo em uma enzima.

A figura 5.9 revela uma maior grau de detalhamento em relação às representações pictóricas mais frequentes, semelhantes às apresentadas na Figura 5.8; isso porque, ainda que não evidencie qualquer aprofundamento na descrição das substâncias já mostra uma maior especificidade estrutural.

Observou-se também maior especificidade nos relatos ao descreverem as estruturas espaciais da lactase, da lactose e dos monossacarídeos glicose e galactose.

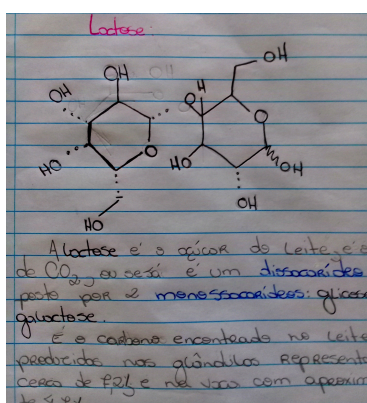


FIGURA 5.9 - Representação de direcionalidades de ligantes na molécula de lactose.

As referências às configurações estruturais das substâncias ocorreu por meio da reprodução de fórmulas moleculares; em casos em que a representação reproduzida indica espacialidade não há uma correlação entre a estrutura e as características das substâncias representadas, como poderia ocorrer nas formas de projeções de Newman, que indicariam posicionamentos relativos de ligantes em uma representação tridimensional.

As representações projetionais, como a indicada na figura 5.9, evidenciam, também, certo detalhamento estrutural, ainda que não seja explicitado seu entendimento. A partir de representações como estas, em que existe a intencionalidade de representar especificidades estruturais, inicia-se um processo de maior elaboração em relação ao conhecimento que se construiu.

Tais representações evidenciam um processo de resignificação e construção de conhecimentos, tal qual depende-se da teoria semiótica de Pierce, conforme mostram Góis e Giordan (2007), p.27.

“Os símbolos dependem do interpretante porque é nele que reside a lei de associação ao objeto. Não dependem de si mesmos, como no caso dos ícones, para promover o significado, porque não tem qualquer semelhança com o objeto.” (GOIS e GIORDAN, 2007, p.27)

Os símbolos pelos quais se representam as estruturas dos monossacarídeos e da lactase evidenciam a associação de um significado atribuído pelo sujeito que o representa, passando tal representação a fazer parte de seus domínios de entendimento e, conseqüentemente, de seus discursos.

Tais associações de significado aparecem em representações como as das figuras 5.8 e 5.9 apresentam as estruturas dos monossacarídeos lactose e galactose e da enzima lactase.

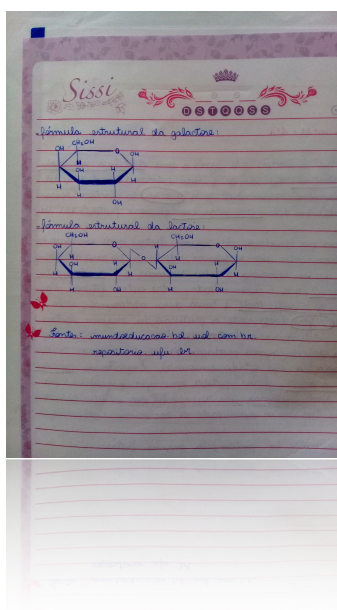


FIGURA 5.10 - Representações estruturais para organização espacial da lactose e de um de seus monossacarídeos constituintes, do relato de E37G16.

Já na representação da Figura 5.11, existe a intenção de relacionar a estrutura da enzima com a especificidade de encaixe do seu substrato.

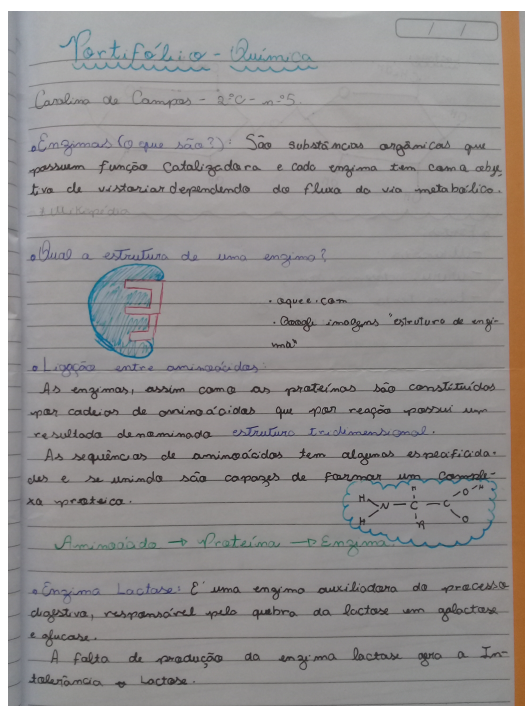


FIGURA 5.11 - Representação do encaixe específico na estrutura de uma enzima (E26G09).

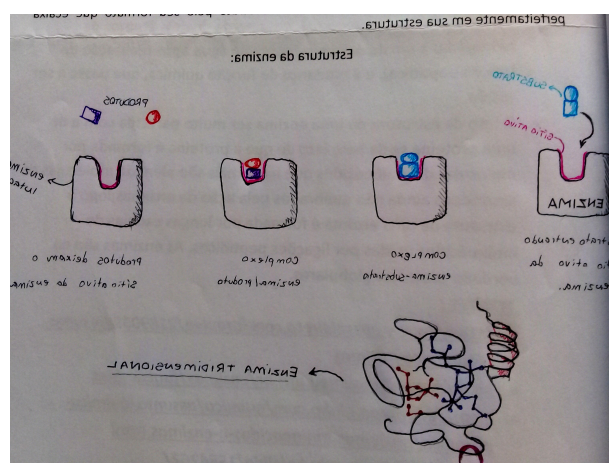


FIGURA 5.12 - Apresentação de um modelo continuista em relação ao modelo chave-fechadura (E27G09).

A repetição de representações desse tipo evidenciam a permanência de uma forma hegemônica de representação na qual se atribui um significado ainda incipiente e cujo entendimento ainda não é total.

As formas de linguagem na Química como uma Ciência e, em todas as demais Ciências, a forma de linguagem que lhe são próprias evoluem historicamente, a partir da contribuição de diversos representantes sociais, ganhando um status de identificação e de delimitação (CHOMSKY, 1997). Tal delimitação de linguagem pode, por sua vez, manter um distanciamento constante entre os sujeitos, com a incompreensão que os mantém longe de um entendimento amplo sobre a atividade científica em si, bem como dos diferentes motivos que a ensejam.

No que diz respeito à caracterização das estruturas das enzimas, propriamente, os relatos apontam fundamentalmente para a composição geral das proteínas e da forma como as proteínas podem se estruturar a partir de uma sequência específica de aminoácidos, através da formação de diversas ligações peptídicas.

Em mais esse caso, existe a referência direta para algumas definições, limitando-se ao que é uma proteína ou um aminoácido para explicar o que é uma enzima.

Representações gerais da estrutura dos aminoácidos, como a da figura 5.12, repete-se expressivamente construindo, também, uma visão unificada a respeito da forma de descrição da estrutura das enzimas, enquanto proteínas específicas.

Não houve referências às características específicas de sua estrutura, nem dos constituintes orgânicos e inorgânicos que podem fazer parte e caracterizar cada proteína específica.

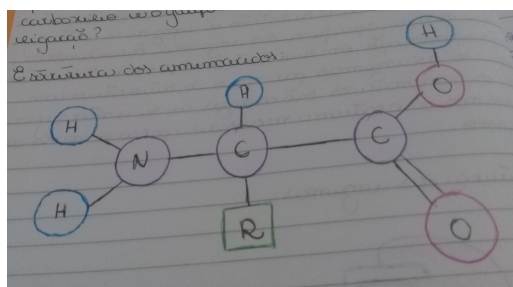


Figura 5.13- Representação da estrutura geral de um aminoácido utilizada para explicar a formação da estrutura geral de uma enzima.

Referências mais específicas a respeito da natureza estrutural das enzimas, a partir dos arranjos conformacionais possíveis para as enzimas foram encontrados somente em um relato, onde se encontra a representação contida na figura 5.14.

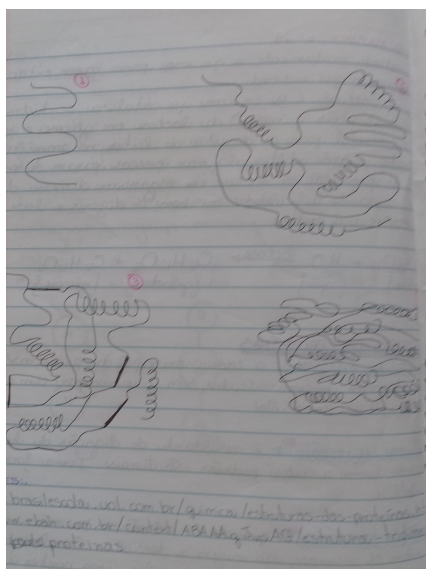


FIGURA 5.14 - Representação de arranjos conformacionais possíveis para a estrutura de uma proteína.

A presente categoria constituiu-se, ao final dessa etapa, em uma limitada discussão a respeito da inter-relação entre as características estruturais

específicas de cada substância e das propriedades que estas possuem ao reagirem quimicamente.

Foram frequentes as representações apontando significados diretos, sem a construção de relações de maior complexidade, no sentido de associar as características das substâncias à ocorrências de outras reações químicas específicas, dentro do cotidiano.

Desde os discursos produzidos na primeira etapa de resolução do caso, houve uma incidência significativa de identificação da situação apresentada com a ocorrência de uma reação descrita como “quebra” na molécula de lactose.

Da leitura exaustiva desses discursos, além da busca pelas relações entre cada um deles na produção de uma explicação para a situação descrita, surgiu a necessidade de compreender mais detalhadamente tal reação de “quebra”, inclusive mostrando o detalhamento estrutural que deveria ser feito para que o processo fosse compreendido.

Isso porque as representações estruturais ocupam lugar central nas explicações sobre a atividade e funcionalidade das enzimas, assim como em grande parte do corpo teórico da Química (CAMEL, KOEHLER e FILGUEIRAS, 2009).

Dessa forma surgiram evidências de entendimentos mais estruturados, com argumentos centrados na noção de hidrólise das substâncias estando relacionada, ainda que de forma incipiente, à atividade de uma enzima, como a lactase. Dos 44 relatos toais, 42 fazem referência a “quebra” ou utiliza verbos equivalentes para descrever tal ação ou para sugerirem mecanismos para a atuação das enzimas sobre seus substratos ao catalisarem reações químicas.

E42G05 refere-se a essa quebra apontando que “[...] é necessário que o corpo quebre, no intestino, a lactose em glicose e galactose [...]”, o que, de certa forma, se repete em diversos outros discursos, como no relato do E31G15, que relata ser “[...] necessária a digestão da molécula de lactose antes de chegar ao intestino delgado, onde será fermentada, gerando os sintomas [...]”. No texto de E30G23 encontra-se a ligação entre a ocorrência de uma deficiência na função da enzima lactase, pois esta teria a “[...] função de quebrar as moléculas desse açúcar, em açúcares menores [...]”

Em alguns casos já existe uma primeira hipótese a respeito dessa quebra como uma reação química de hidrólise da molécula de lactose [...] a enzima tem a função de quebrar as moléculas para ajudar no processo digestivo, ela é

responsável pela hidrólise da lactose (quebra da molécula através da água) [...]”, segundo E38G05.

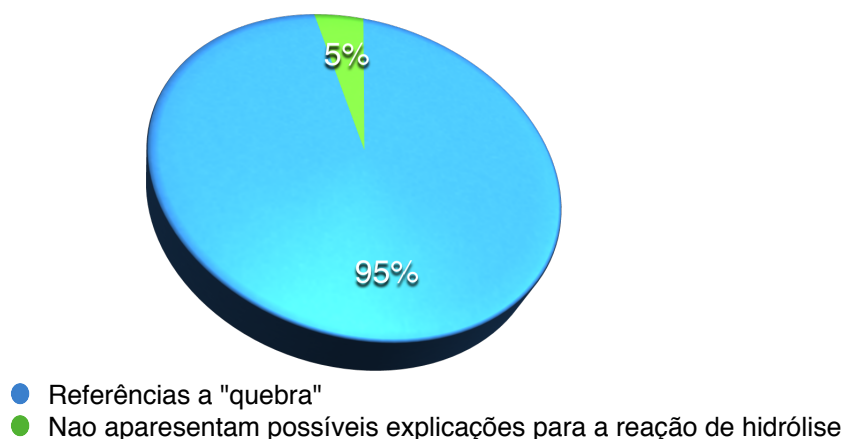


Figura 5.15 - Entendimentos sobre o processo de hidrólise.

O mesmo processo descrito como uma quebra é suscitado para identificar os sintomas descritos no caso com argumentos da Biologia, como refere E18G11 “Nas últimas aulas de Biologia, descobri que a enzima lactase é uma das enzimas do suco entérico e que a função dessa enzima é quebrar o dissacarídeo lactose em glicose e galactose”. Em alguns casos, a função da enzima chega a ser proposta, porém não aparecem argumentos que se construam em uma relação lógica para o funcionamento da enzima lactase, principalmente pelo fato de não apresentarem descrições coerentes para a estrutura das moléculas, e tão menos uma relação entre a estrutura que possuem e as peculiaridades das reações químicas das quais as estas participam.

As concepções a respeito da representação das substâncias ocupam o pensamento humano desde a Grécia antiga, com os esforços de Leucipo de Demócrito ao desenvolverem as teorias relacionadas ao atomismo grego. Entretanto, apenas a partir da obra de inglês John Dalton (1808) as representações passaram a ser feitas a partir de sólidos geométricos, relacionando possíveis estruturas com as propriedades das substâncias.

No caso específico da linguagem Química, a questão toma maior importância se contextualizada em seu caráter histórico. As definições mais

específicas e as mais utilizadas atualmente possuem uma origem não mais remota que meados do século XVIII.

Nesse sentido, o desenvolvimento da linguagem acompanhou diretamente o desenvolvimento de novos conhecimentos a respeito das estruturas das propriedades químicas das substâncias. A aprendizagem de uma Ciência como a Química está condicionada à aquisição de um mínimo de habilidade de reconhecer e interpretar símbolos e construir significados contextualizados para os estes.

A partir de 1850, quando a Química Orgânica passa a utilizar de forma particular as representações estruturais dentro da Química, tais representações passam a estruturar hegemonicamente os resultados que se obtinham a partir do conhecimento da estrutura e propriedades das substâncias.

As representações estruturais fundamentais utilizadas até hoje tiveram sua origem na necessidade de padronizar as representações estruturais das substâncias, o que ocorreu, em um primeiro momento, à partir do Congresso de Karlsruhe, em 1865, principalmente, a partir dos resultados de Kekulé e Hoffman. (ROQUE e SILVA, 2008)

Nesse sentidos, as representações apresentadas ou apenas pelas concepções estruturais esboçadas pelos sujeitos, mostram não somente a apropriação que os estes possuem em relação às estruturas das substâncias como também a forma como as concepções científicas são assimiladas em seus discursos, mesmo com a evidência de uma pequena compreensão sobre tais concepções.

Os maiores detalhamentos evidenciados nas representações das estruturas das substâncias que aparecem nos relatos dos PR, mostram fórmulas estruturais planares, sem qualquer destaque para a presença de funções orgânicas específicas ou associação de propriedades químicas específicas a cada uma dessas.

Um maior detalhamento ocorreu na descrição da ligação peptídica. Embora diversos relatos tenham elaborado explicações bastante detalhadas a respeito das ligações peptídicas, ainda assim, sem qualquer referência à organização espacial das moléculas formadas.

A ocorrência de uma forma essencialmente escrita de representações para as substâncias abordadas nos discursos evidencia uma limitação na apropriação que os sujeitos possuem ao relacionar propriedades estruturais às

propriedades químicas que observa; Isso porque, a habilidade de realizar e discutir representações estruturais em Química é algo de que se necessita desenvolver minimamente para compreendê-la como Ciência. Sendo assim, os discursos apresentam uma certa restrição no conteúdo da linguagem de que se utilizam para enunciar seus significados a respeito dos fenômenos estudados.

5.3.3 Categoria III: As reações químicas e suas quantidades de energia

A construção de um entendimento sobre a atividade das enzimas ou como ocorrem as reações químicas em si, considerando o nível de profundidade esperado para estudantes do EM, deve ocorrer de tal forma que os fenômenos químicos são descritos, também, por variações em quantidades de energia. Posto que as possíveis trocas de energia podem estar diretamente relacionadas à determinação da ocorrência de uma transformação química. O conhecimento atual sobre as reações enzimáticas está fundamentado em parâmetros termodinâmicos como a variação de entropia e da energia livre de Gibbs no estado de transição, que caracteriza o que se conhece por complexo ativado em um mecanismo reacional.

A utilização dos parâmetros termodinâmicos e dos fundamentos da Termodinâmica em si, fundamentam um entendimento mais amplo sobre as transformações químicas e as possibilidades de ocorrência das destas. Nesse sentido, estando diretamente relacionada à segunda categoria inicial, motivada pelas concepções que os sujeitos apresentam a respeito da determinação e da ocorrência da reação de hidrólise da lactose e, conseqüentemente, a respeito da atuação da enzima lactase.

Em nenhum dos relatos houve uma referência direta a qualquer dado termodinâmico, como valores de referência de grandezas, nem havendo menção e estas grandezas logo no início do estudo. Ainda como resultado da imersão nos discursos dos sujeitos, a terceira categoria inicial que apresenta as concepções sobre as quantidades de energia que caracterizam as ocorrências das reações ou os motivos energéticos pelos quais as reações são determinadas ou ocorrem.

As referências encontradas nas produções textuais dos PR, em um primeiro momento aparentam, apenas, concepções que tangenciam o conhecimento

atual sobre a atividade e a ocorrência das reações químicas em geral e, dentro desse conjunto, as reações enzimáticas.

Ao aventar possibilidades sobre o que pode estar ocorrendo para a determinação da situação apresentada no caso, os relatos mostraram possibilidades para que uma reação química não ocorra ou para que esta ocorra de forma diferente do que seria esperado; ou, ainda, que a ocorrência de certas reações químicas possam ser prejudiciais para a saúde humana, estando relacionado a doenças.

Entretanto, não aparecem evidências de que tais discursos sejam fundamentados em argumentos racionais, em termos estruturais ou energéticos.

Para fundamentar as concepções apresentadas a respeito dos fatores que podem determinar a ocorrência da reação de hidrólise da lactose, aparecem ligações entre diversas variáveis, condicionando um problema de saúde.

O estresse, as variações hormonais próprias da adolescência, dentre outros fatores; não aparecendo evidências de uma compreensão sobre os motivos termodinâmicos que podem levar uma reação química a ocorrer, principalmente pelas características estruturais e pelas quantidades de energia de que se necessita em cada reação específica.

Segundo o E01G19, “Em situações adversas, como o estresse, ocorrem reações químicas no cérebro que podem levar à desnaturação de enzimas; com a desnaturação, a enzima não consegue quebrar seu substrato”.

De acordo com o E15G10 aponta que um conselho adequado para uma pessoa que passa por uma intolerância à lactose seria interromper a ingestão de produtos derivados de leite, pois se não o fizer “[...] a enzima reage de maneira ruim [...]”.

Em diversos outros discursos, em sua maioria apareceram, apenas cogitações vagas a respeito dos motivos que poderiam estar levando à não ocorrência da reação de hidrólise da lactose, conforme descrito no caso.

Outros relatos apresentaram um posicionamento de concluir não haver nenhuma relação com a ocorrência de reações químicas no caso da não ocorrência da hidrólise da lactose, como aponta o E17G11: “[...] E para ela (a personagem do caso) ter intolerância (à lactose), algo está ocorrendo em uma enzima, mas não pude pensar nada em relação a Química para isso estar ocorrendo.”

Ou, ainda, E08G08: “[...] não percebi nada em relação à Química no caso [...]”; ou, ainda, identificando uma situação já conhecida em outras áreas do

conhecimento, como a Biologia, como no caso do E38G05 “[...] lembrei do que o professor de Biologia disse sobre as enzimas [...]”.

Como um eixo central de significado para tal categoria estão a necessidade de compreensão sobre os fatores energéticos que determinam a ocorrência das reações químicas e, mais especificamente, buscar utilizar tais características para descrever a reação de hidrólise da lactose.

Nesse sentido, a presente categoria abre um precedente para que seja examinado o quanto pode ser possível desenvolver um raciocínio crítico em relação à possibilidade de ocorrência de reações químicas a partir dos entendimentos mais aceitos atualmente em relação aos mecanismos das reações.

Sendo assim, consideramos como hegemônicas as ideias sintetizadas na chamada “Teoria das Colisões” como um modelo para a interpretação da ocorrência de reações químicas.

Mais uma vez, as concepções sobre a ocorrência das reações químicas e os fatores que as determinam, mostram, conjuntamente, uma concepção sobre a atividade científica e a atividade da Química como uma Ciência.

Essas concepções serão relacionadas, mais adiante, à identificação das construções históricas e sociais associadas à formação da Química como uma ciência.

Do total de 44 discursos apresentados pelos sujeitos nessa etapa, apenas 8 apontaram alguma hipótese a respeito dos motivos que poderiam justificar a ocorrência ou não da hidrólise da lactose, levando em consideração as quantidades de energia que estão relacionadas a tal ocorrência.

Ainda desse total, dois discursos apontaram relações diretas entre a ocorrência da reação de hidrólise e, ao menos, a necessidade da variação na quantidade de energia total.

A construção de um entendimento sobre a atividade das enzimas ou como ocorrem as reações químicas em si, considerando o nível de profundidade esperado para estudantes do EM deve ocorrer de tal forma que os fenômenos químicos são governados, também, por variações em quantidades de energia; as possíveis trocas de energia e as consequências dessas na determinação da ocorrência de uma transformação química.

Nesse sentido, tais concepções se relacionam diretamente à segunda categoria, motivada pelas concepções que os sujeitos apresentam a respeito da

determinação e ocorrência da reação de hidrólise da lactose e, conseqüentemente, a respeito da atuação da enzima lactase.

Como um eixo central de significado para tal categoria estão a necessidade de compreensão sobre os fatores energéticos que determinam a ocorrências das reações químicas e, mais especificamente, buscar utilizar tais características para descrever a reação de hidrólise da lactose.

Assim, a presente categoria abre um precedente para que seja examinado o quanto pode ser possível desenvolver um raciocínio crítico em relação às possibilidades de ocorrência de reações químicas a partir dos entendimentos mais aceitos atualmente em relação à ocorrência das reações.

Do total de 44 discursos apresentados pelos sujeitos nessa etapa, apenas 8 apontaram alguma hipótese específica a respeito dos motivos que poderiam justificar a ocorrência ou não da hidrólise da lactose, levando em consideração as quantidades de energia que poderiam estar relacionadas a tal ocorrência.

Isso apreço, de forma clara, em discursos como o do E32G15: “[...] a lactase faz uma quebra de ligações, há um ganho de energia, sendo um processo endotérmico [...]”

Dessa forma fica caracterizada uma situação de grande limitação na capacidade de apresentar um raciocínio termodinâmico para a determinação de uma reação química; e, ainda, uma deficiente habilidade para julgar o quanto pode ser plausível ou não esperar pela ocorrência de uma reação química de hidrólise, como a da lactose, apresentada no caso, a partir dos dados termodinâmicos que caracterizam tal reação.

Ao longo da terceira etapa, após as orientações específicas na etapas anteriores, as discussões foram hegemonicamente voltados para os conceitos de variação de energia livre de Gibbs (ΔG), de variação de entalpia (ΔH) e de variação de entropia (ΔS).

A recorrência a essas variáveis termodinâmicas ocorreu preponderantemente em relatos que apresentam a equação que define a energia de Gibbs a partir de valores de temperatura e das variações de entalpia e entropia.

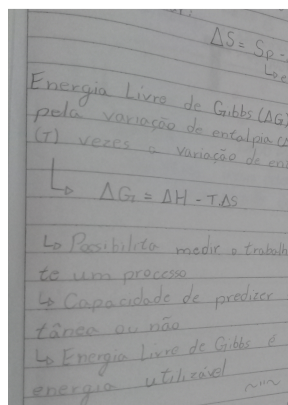


FIGURA 5.16 - Definição de variáveis termodinâmicas associadas as reações de hidrólise.

A apresentação das equações químicas, na maioria dos relatos, veio acompanhada de uma discussão de possíveis valores de ΔG , que relacionaram-se com o conceito de espontaneidade de uma reação à dada temperatura com valores de $\Delta G < 0$.

Em relatos como E08G08, ocorre uma definição para energia livre de Gibbs como “[...] a medida da quantidade de energia utilizável [...]”, evidenciando um referencial do significado dessa quantidade de energia para seu entendimento global sobre o caso.

Em outros relatos ocorrem questionamentos mais específicos em relação aos termos que aparecem em seus próprios discursos, como no de E07G03: “[...] achei fácil compreender as funções da enzima, porém achei mais difícil de entender a relação entre sua forma geométrica, assim como a energia livre de Gibbs [...]”. De fato persistem em muitos discursos a mera definição dos termos associados às variáveis de estado termodinâmicas como ΔH , ΔG e ΔS , sem, entretanto, oferecer uma interpretação da função desses valores na caracterização de uma reação química, como a descrita no caso.

Essencialmente, persiste a interpretação de cada uma dessas funções de forma isolada, sem uma interpretação direta que leve em consideração o fenômeno com um todo, sem perder de vista as características de cada uma das variáveis termodinâmicas.

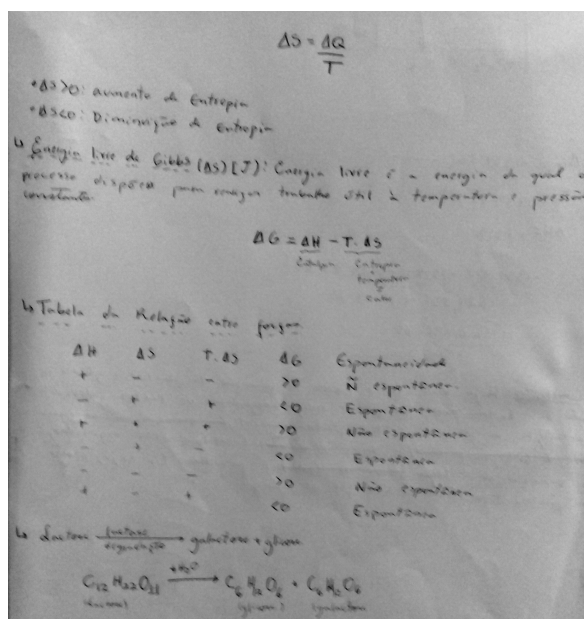


FIGURA 5.17 - Relato sobre espontaneidade das reações a partir do conceito de variação de entropia.

A recorrência a essas variáveis termodinâmicas ocorreu preponderantemente em relatos que apresentam a equação que define a energia de Gibbs, à partir de valores de temperatura e das variações de entalpia e entropia.

5.3.4 Categoria IV: Julgar informações, produzir conhecimento.

A presente categoria surge como uma categoria inicial, na segunda etapa, evidenciando o aspecto dos questionamentos feitos pelos sujeitos da pesquisa. A forma de julgamento que os sujeitos fazem a respeito da qualidade e confiabilidade das fontes de informações de que dispõem evidenciam um perfil no desenvolvimento de suas autonomias enquanto sujeitos de suas próprias aprendizagens.

Ainda nessa categoria, foi possível iniciar uma reflexão a respeito de o quanto uma visão crítica (ou não crítica) a respeito das fontes de informação podem estar relacionadas com uma visão de Ciência constituída por um discurso único, sem a contribuição de diversos sujeitos, com suas diversas visões de mundo.

Ainda na terceira etapa, a presente categoria deve servir para repensar sobre as possibilidades de entendimento da atividade científica como algo, histórico e socialmente construído.

O surgimento dessa categoria inicial na segunda etapa agregou um ponto de vista interpretativo para a ocorrência de discursos diretos, sem contextualizações ou sem a apresentações de questionamentos ou quaisquer outras evidências de um posicionamento crítico e reflexivo em relação ao objeto de estudo e ao percurso metodológico em si.

Quanto à ausência de questionamentos em relação ao que estava sendo descrito em termos de substâncias e suas reações e funções no organismo, não houve relatos significativos que se posicionassem de forma crítica em relação à informação encontrada e, assim, reproduzida nos discursos.

O que evidencia uma forte tendência de permanecer com uma visão de ciência como uma atividade pronta, isenta de questionamentos ou de interferências de diversos setores e grupos sociais ao longo do tempo.

Algum avanço, em relação à necessidade de um caráter questionador para a aprendizagem, ocorreu nos discursos em que os sujeitos apresentavam um posicionamento pessoal para a forma como construiu novos entendimentos a respeito das reações catalisadas por enzimas. É o que ocorre no relato de E04G03, “[...] achei válido estudar pesquisando, foi mais leve e prazeroso, só tive dificuldade na parte da termodinâmica [...]”

São importantes e significativos os posicionamentos críticos dos sujeitos em relação a suas próprias aprendizagens; sendo que estes lhes permitirão maior desenvolvimento de suas próprias habilidades para identificar e resolver problemas, como aponta Schnetzler (2004).

Evidencia-se ainda, um campo aberto em relação a atual forma hegemônica dos currículos de Química para a inserção de componentes curriculares que possam desenvolver o caráter questionador dos sujeitos da aprendizagem.

Toda atividade científica possui, em seu intuito essencial, provocar modificações na vida humana, nos ambientes em que exista vida ou mesmo onde não existe vida no moldes que a conhecemos. Em essência, a atividade científica é de origem humana com o intuito de servir, igualmente, a melhorias aos seres humanos e ao meio ambiente.

Nesse sentido, é requisito fundamental para entender a atividade e a natureza da atividade científica, que se compreenda a Ciência como atividade social, histórica e culturalmente determinada. Sendo assim constituída, tal atividade deve estar ininterruptamente condicionada a nossos questionamentos e julgamentos.

Como uma atividade racional, as pesquisas científicas e a utilização de dados resultantes das destas devem estar abertas para que os sujeitos possam considerá-las segundo suas próprias experiências, conhecimentos e visões a respeito do universo que nos cerca.

Uma das maneiras de instrumentalizar as possibilidades de leitura autônoma e ativa a respeito da atividade científica é a aproximação de seus fundamentos e o reconhecimento da presença destes em eventos que caracterizam nosso cotidiano.

Nesse sentido ocorreram questionamentos a respeito da validade de quaisquer das informações apresentadas; seja pelo caso, com suas hipóteses e contexto, seja pelas novas informações buscadas por cada dos sujeitos da pesquisa.

Pontualmente, em 2 dos 44 relatos, apareceram considerações dos sujeitos no sentido de evidenciar um posicionamento pessoal ao conteúdo do caso e dos resultados que obteve em suas buscas.

Nesse sentido, E10G08 argumenta “[...] Não consegui ligar nenhuma grandeza termodinâmica com o que encontrei no caso, não sei se essa relação existe [...]” e, ainda nessa mesma produção o mesmo sujeito aponta para o que acredita que poderia melhorar a forma de resolução do caso: “[...] a ideia é ótima,

mas os intervalos entre as etapas deveriam ser menores. O sistema de notas com a escola deveria ser diferente [...]”.

Um segundo discurso que apresenta um posicionamento a respeito do assunto estudado e da forma de abordagem do assunto no caso, foi o do E02G19, que registra: “Não sinto que possuo grandes avanços ainda, mas de alguma forma, ficou mais claro o funcionamento delas (enzimas). As diversas formas de estruturação das enzimas são interessantes [...]”.

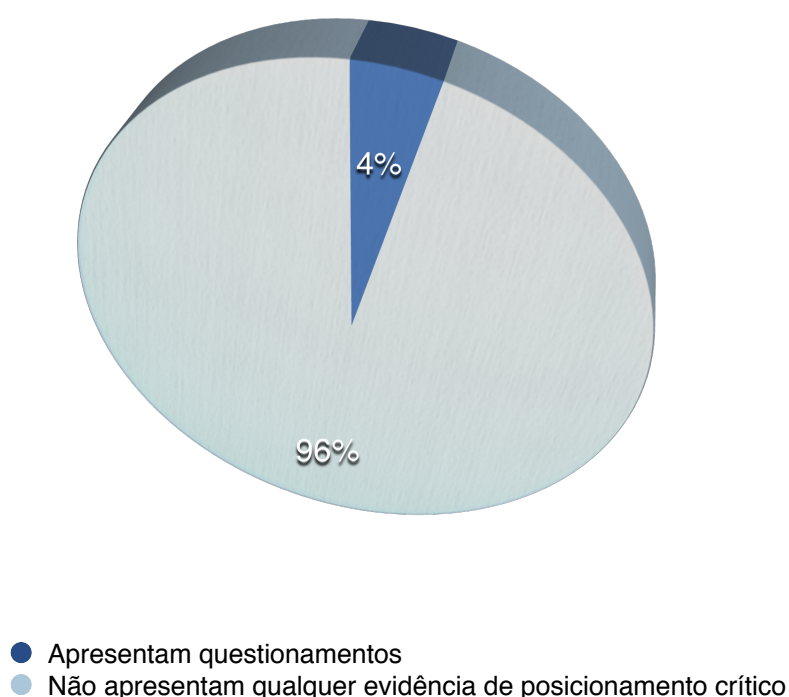


FIGURA 5.18 - Surgimento de questionamentos como forma de organização da aprendizagem.

Da totalidade dos discursos produzidos nessa etapa, depreende-se uma atitude essencialmente de aceitação em relação aos objetos estudados e pela forma como tais objetos foram abordados no caso.

Essa visão não crítica em relação à ciência serve de ilustração a respeito de o quanto as formas de proposição de aprendizagem devem estar assentadas em fundamentos que possam desenvolver um novo olhar sobre a

atividade científica, bem como a respectivas possibilidades de compreensão que cada sujeito possa vislumbrar a esse respeito.

Outro ponto de relevância, e que aparece com evidências suficientes nos relatos escritos, é a forma como os sujeitos realizaram julgamentos a respeito da qualidade e da confiabilidade das informações obtidas.

Nesse sentido, foi possível identificar, fundamentalmente, os tipos de fontes utilizadas ao longo das buscas realizadas pelos sujeitos para fundamentar seus percursos de construção de novos conhecimentos, além disso, caracterizar um perfil de julgamento dos sujeitos em relação à qualidade da informação obtida.

Quanto ao registro de fonte de informação na produção textual, o ocorreram em 14 dos 44 registros totais.

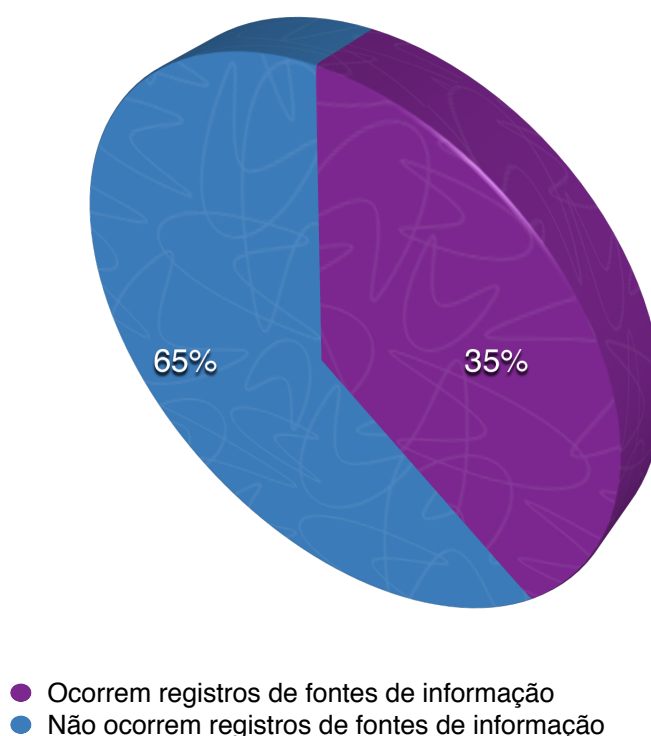


FIGURA 5.19 - Ocorrência de registros de fontes de informação.

A ocorrência de alguma forma de registro das fontes de informação já evidencia uma preocupação inicial dos sujeitos em situar as características de tais fontes dentro de seus discursos.

Dentre as produções que apresentaram tal registro somente em 2 casos houve um questionamento a respeito da forma como a informação houvera

sido encontrada e como a esta poderia ser melhor compreendida; É o caso do E18G11 que aponta: “[...] com todas essas informações ainda não consegui entender a parte do auxílio da água nesse processo (hidrólise) [...]. Ainda no relato do E10G08, aparece: “[...] Não tenho certeza, pois o site não mostra nenhuma apresentação da reação química específica desse tipo de quebra [...]”.

O exercício de pensar sobre o que constitui o conteúdo com o qual cada estudante se depara é habilidade fundamental e de importância crescente em todas as áreas do conhecimento.

A identificação de uma reflexão sobre o quanto a informação acessada pode ter um impacto positivo ou negativo na compreensão pessoal que se faz sobre um objeto de aprendizagem é evidência fundamental de construção de autonomia em relação ao próprio processo de aprendizagem.

Ainda que de forma incipiente, existem registros que mostram a preocupação de parte significativa dos relatos em registrar o que tem sido consultado, o que abre um precedente de que tais informações sejam repensadas e, até mesmo ressignificadas posteriormente.

Quanto a origem das fontes de informação, prevaleceram as fontes eletrônicas [9] (envolvendo blogs educacionais e sites comerciais) além de livros impressos, [3] e uma dissertação de mestrado na Área de Bioquímica.

Existe uma preferência pelo uso de blogs relacionados a educação, além de sites comerciais, e uma evidente minoria de materiais impressos. Tal evidência vem confirmar uma forte tendência de aproveitamento de informações a partir de meios eletrônicos, compartilhados pela facilidade da rede mundial de computadores, a internet.

Mais que, puramente, uma caracterização sobre diferentes meios de se obter informação, os relatos evidenciam a necessidade de adequação das formas de linguagem de interatividade entre os leitores e as fontes de informação.

No caso específico de Química, e de Ciências Naturais, de uma forma geral, atualmente existe um forte empenho de conhecer tais meios eletrônicos e encontrar formas de produzir uma maior efetividade na construção de conhecimentos a partir destes, conforme apontam Barros, Veras e Queiroz (2016).

Os discursos tendem, também nesse quesito, à apresentação descontextualizada da fonte de informações de que se serviu como rudimentos e noções fundamentais.

Nesse ponto fica evidenciada uma forte necessidade que a cada etapa os sujeitos sejam colocados em contato de forma a se posicionarem em relação ao objeto estudado, e também quanto a forma como tal aprendizagem pode ser viabilizada. Mais uma vez, o paradigma da disciplinarização para a aprendizagem acaba por limitar as possibilidades de enfrentamento críticos dos objetos da aprendizagem (ROSA e TOSTA, 2005).

Um fator importante para caracterização e delimitação dos dados que deram início ao processo de análise foi a construção processual das categorias, uma vez que surgiram como categorias iniciais que se modificaram e se fundamentaram acompanhando o progresso de realização do estudo, portanto de modo concomitante ao processo de construção de novos conhecimentos e aprendizagens pelos sujeitos.

Componentes específicos por etapas	Componente metodológico	Objetivos específicos	Padrão de produção por etapa
<p><u>Etapa 1</u></p> <p>Identificação geral do tema abordado na situação problema e primeiras identificações de fenômenos químicos.</p>	<p>Leitura individual e em grupo, seguida de discussões sobre o panorama geral do caso.</p>	<p>Levantamento de termos e situações previamente conhecidas e de conhecimentos necessários de serem construídos para compreender a situação problema.</p>	<p>Produções textuais predominantemente na forma de textos escritos, onde são mais frequentes produções fundamentadas em uma noção do senso comum: a “quebra” de moléculas.</p>
<p><u>Etapa 2</u></p> <p>Detalhamento estrutural a respeito das substâncias e transformações químicas identificadas na primeira etapa.</p>	<p>Identificação de substâncias químicas específicas (sacarídeos e polissacarídeo) e as possíveis transformações químicas que os relacionam.</p>	<p>Suscitar possibilidade de representar fenômenos e substâncias a partir de estruturas de significado espacial e energético, como no caso das fórmulas estruturais com representação no espaço tridimensional.</p>	<p>Reprodução de fórmulas evidenciando, fundamentalmente, estruturas planares, com uma incipiente representação estrutural tridimensional, por meio de fórmulas projetionais.</p>

Componentes específicos por etapas	Componente metodológico	Objetivos específicos	Padrão de produção por etapa
<p>Etapa 3 Interpretação energética a respeito das transformações que explicam as situações identificadas no caso. Leitura final e ampliada sobre a situação problema apresentada no caso. Inclui possíveis redirecionamentos nos entendimentos e nos conhecimentos produzidos ao longo do percurso do caso.</p>	<p>Explicação mais ampla sobre os motivos que podem estar presentes na determinação da situação descrita no caso, contando com um conhecimento prévio evidenciado pelo discurso que inclui estruturas e quantidades de energia como fatores na determinação de fenômenos químicos e bioquímicos.</p>	<p>Produção textual que evidencie capacidade de comunicação e entendimento sobre a situação de uma peculiaridade da reação de hidrólise da lactose estar ocasionando uma situação manifestada na vida real. Deve incluir uma teia de eventos relacionados entre si e que evidenciem um fenômeno químico como um dos eventos determinantes.</p>	<p>Produção textual com a utilização de mais de uma forma de escrita, além do texto, ocorrem representações pictóricas para moléculas, estruturas de complexos enzimáticos, bem como das transformações químicas e bioquímicas que aí ocorrem. Descrição ampliada, contextualizada e, fundamentalmente, interdisciplinar.</p>

QUADRO 5.6 - Características finais da organização das etapas do estudo e seus conteúdos específicos

Uma disposição geral a respeito das especificidades metodológicas e dos parâmetros mínimos esperados em cada uma delas é apresentada no Quadro 5.6, apresentando os parâmetros específicos em cada categoria.

Assim, na categoria “As reações enzimáticas e o cotidiano” indicou uma aceitação significativa, por partes dos estudantes, de uma situação que liga uma reação química a um fato do cotidiano. Tal indicativo se constitui como importante fundamento para a construção de conhecimentos dentro de um campo específico de saberes encontrados no enquadramento teórico e organizacional das Disciplinas científicas.

As situações do cotidiano passam a ser parte de verdadeiro significado para a aprendizagem na medida em que seus objetos mostrem uma relação de causalidade plausível entre um fenômeno estudado e compreendido e uma situação da vida real. De tal forma se constituem as práticas significativas de aprendizagem, posto que se fundamentam na identificação dos sujeitos à partir de suas visões de mundo, seus conhecimentos prévios e sua forma pessoal e autônoma de construir entendimentos de forma racional e ampla.

A presente categoria assegura, ainda, a possibilidade de ampliação da abordagem aos conteúdos da Química enquanto disciplina do EM no sentido de que venham a se constituir como parte da interpretação de fenômenos mais abrangentes e significativos em nossas vidas diárias, a partir das peculiaridades de cada sujeito e das características sociais e psicológicas em que se encontra e a partir das quais se constitui. Os relatos apontaram de forma direta o acolhimento da situação problema enquanto proposta de construção de aprendizagens, evidenciando a emissão de pontos de vista pessoal construídos de forma progressivamente mais complexa e significativa ao relacionarem os entendimentos sobre fenômenos químicos e a ocorrências de situações da vida cotidiana.

A segunda categoria, "A estrutura das substâncias e suas propriedades químicas", igualmente, foi fundamentada nos registros dos PR e evidenciou características importantes a respeito da representação que os sujeitos da aprendizagem utilizaram para relatar, discutir e explicar a ocorrência de reações químicas, a partir do caso específico da hidrólise da lactose e da função da enzima lactase nesse processo.

A partir de um panorama inicial onde os relatos envolvem a mera citação do nome de substâncias ou de reações ocorridas com as estas, emergiram formas de representação estrutural, ainda que limitadas, de polissacarídeos, de monossacarídeos, além da descrição das estruturas peptídicas das enzimas.

A principal limitação dentro desse campo de representações dos relatos está na interpretação das estruturas tridimensionais que podem representar modelos de reações químicas entre substâncias específicas ou mesmo justificando-as. Também não foram utilizadas interpretações atômicas específicas para a ocorrência de reações ou para propriedades de substâncias orgânicas, como poderia ocorrer com as hibridizações do átomo de carbono ou das especificidades estruturais das ligações peptídicas, ou qualquer outra propriedade atômica ou molecular.

A terceira categoria, "As reações químicas e suas quantidades de energia", caracterizou uma continuidade do que já houvera ocorrido com as características estruturais, anteriormente descritas, com uma forte limitação para relacionar características estruturais e propriedades termodinâmicas das substâncias ou ao interpretar ocorrências de reações químicas específicas com estas.

A caracterização energética a respeito das reações envolvidas à situação problema ocorreu, igualmente, de forma processual, e segundo as orientações específicas de cada etapa. Foi possível verificar a ocorrência de relatos que levam em consideração as peculiaridades estruturais e uma interpretação inicial aos valores e significados de variáveis termodinâmicas na descrição das reações.

Especificamente a respeito do entendimento sobre quantidades de energia e o condicionamento que estas exercem às reações químicas, é notório uma limitação dos discursos dos sujeitos, tendendo à reprodução de narrativas prontas, a partir do que são encontrados nas fontes de informação consultadas. Poder-se-ia vislumbrar, a esse ponto, um acompanhamento mais direto em possíveis etapas adicionais, para a construção de conhecimentos a respeito do conceito de energia e das formas de distribuição desta durante a ocorrência de processos químicos, tais como os enzimáticos.

Já com a última categoria, “Julgar informações, produzir conhecimento”, foi possível identificar um componente de crítica em relação ao tipo, à fonte e à qualidade da informação de que os sujeitos se utilizaram a fim de estruturarem raciocínios e construir seus argumentos.

Ao analisarmos o ponto fundamental da crítica e do julgamento de qualidade, passamos pela discussão a respeito da natureza do veículo e da fonte de informação utilizada. As diversas referências utilizadas em relação a blogs e demais sites da internet, evidenciou uma forte tendência de utilização de meios eletrônicos para procura de dados e para a compreensão geral da situação apresentada.

A forte tendência de não apresentar críticas ou questionamentos às informações a que tem acesso, ressalta o caráter acrítico característico da identificação de seus papéis enquanto seres receptores de informação. Ressignificar o entendimento dos sujeitos da aprendizagem a respeito da necessidade de um papel ativo enquanto seres críticos, envolve o posicionamento autônomo dos sujeitos.

O encorajamento para as estratégias de busca por informações e a necessidades de julgá-las como fonte aparece como uma proposta que possa iniciar a discussão do quanto a aprendizagem necessita ocorrer de forma crítica. Importante ressaltar que o paradigma de recepção de informação e mesmo o inadequado entendimento sobre as diferenças entre informação e conhecimento

ainda é fundamento hegemônico do EM brasileiro como um todo. No caso da Química enquanto disciplina, tal tendência se mantém.

Do relacionamento entre os significados de cada categoria e mesmo da forma de surgimento dos destes, é possível realizar um momento para a construção de formas de orientações mais específicas em cada etapa fundamental da resolução de um caso. Dessa forma, a construção de uma forma sistematizada de utilização de CI e dos PR como instrumento de percurso para a resolução dos casos pode ser realizada a partir das características de ocorrência e das necessidades identificadas em cada uma delas. Mesmo questões desafiadoras como a operacionalização de formas reflexivas de aprendizagem, passa a ser possíveis de serem iniciadas, principalmente se entendidas como partes de um percurso.

O entendimento do caráter processual das ocorrências das construções das aprendizagens é algo, também, encorajador, posto que o abandono das formas padronizadas e impessoais de operar com transmissão de informações, dá lugar a uma perspectiva ampliada de construir apropriações e entendimentos em âmbito pessoal, mesmo com as ocorrências de atividades em grupo.

A ocorrência e características específicas das construções em grupo não fez parte dos objetivos específicos do presente estudo, entretanto, constitui fato notório, a existência de argumentações que relacionam o aprendizado a nível pessoal, evidenciando certa forma de autonomia.

A ampliação das formas de linguagem, de participação enquanto sujeito da aprendizagem e das oportunidades de rediscutir um assunto de forma aberta, parece reforçar as possibilidades de viabilizar, junto aos estudantes, formas mais realistas, significativas e questionadoras de aprendizagem.

O passo que concluiu o presente estudo foi a proposição de um guia para a utilização de CI e PR para o Ensino de Química, levantando e explicando alguns de seus pressupostos epistemológicos e organizacionais, dentro de uma concepção e uma prática pedagógicas específicas.

A partir das noções fundamentais analisadas, um guia pode fornecer orientação específica e de forma direta para viabilizar o início do trabalho com o CI e com o PR. A própria aplicação de tal forma como metodologia envolve a reflexão e crítica constante do docente-pesquisador frente a suas realidades local, temporal e, principalmente, em relação às características pessoais dos sujeitos das aprendizagens.

Tal a apresentação para a comunidade docente busca, em igual medida, encorajar o início de um percurso inovador para o processo de trabalho e de aprendizagem dos estudantes.

Não esperar que tais resultados sejam definitivos e absolutos em relação ao tema é mais que puramente uma obrigação enquanto pesquisador e delimitador de um campo de investigações relevantes e com necessários rigor e senso de realidade, é valorizar a proposta de que tal forma de método ocorra sempre a partir de novos questionamentos e novas posturas frente a objetos e sujeitos diferentes de aprendizagem.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A busca por formas de viabilizar aprendizagens a partir de CI e com o uso dos PR se centrou em dois grandes eixos de significado enquanto prática pedagógica: um primeiro componente, organizacional, capaz de fundamentar e factibilizar a ocorrência de uma sequência de etapas relacionadas entre si; o segundo, o entendimento de que os discursos produzidos pelos sujeitos constituem parte importante da caracterização dos conhecimentos construídos.

Nessa medida, foi possível propor e dar segmento a uma estratégia de aprendizagem centrada no uso de um Caso, utilizando o portfólio como instrumento de registro e, a partir do qual, os sujeitos participantes realizaram registros sistemáticos de cada uma das três etapas que compreenderam o estudo.

Ao longo desses registros foi possível identificar ideias centrais associadas ao processo de categorização evidenciado pelos fundamentos da ATD, sendo que tais ideias levaram à construção de categorias analíticas e interpretativas mais amplas, associadas à interpretação das características da realização do processo de aprendizagem enquanto construção pessoal e processual, sendo social e historicamente construído.

A possibilidade de estimular as habilidades e os recursos de argumentação oportunizadas pelos PR evidenciou, ainda, uma característica promissora para suscitar situações de aprendizagem em Química por meio de CI e por meio da utilização dos PR.

O estudo evidenciou características importantes que reforçam a potencialidade de atuação conjunta desses dois instrumentos na construção contextualizada, pessoal, e interdisciplinar do conhecimento.

Ainda como potencialidade de ambos os instrumentos está o contínuo estímulo à construção da autonomia dos sujeitos enquanto seres com domínio sobre seus próprios itinerários enquanto ser que aprende. As habilidades de argumentação e construção lógica de explicação para uma situação problema constrói uma crescente capacidade de gerenciar e mobilizar recursos pessoais para dar conta de reconhecer, interpretar e lidar com situações problemas, mantendo um olhar ampliado sobre as situações do cotidiano e de importância destas.

Mais que a identificação de características favoráveis na utilização conjunta dos CI e do PR, o presente estudo vem reafirmar a possibilidade de

utilização dessas ferramentas como forma de emancipar as características do ensino de Química com vistas a uma concepção ampliada a respeito dos processos de ensino e aprendizagem de uma Ciência Natural como a Química, englobando todas as suas peculiaridades de linguagem e de construção de conhecimento.

Desses resultados almeja-se uma construção contínua e progressivamente mais completa, contextualizada e interdisciplinar a respeito dos fundamentos epistemológicos e metodológicos associados à utilização destas duas ferramentas de ensino e aprendizagem.

A elucidação contínua das formas contextualizadas, interdisciplinares e autônomas de construção de conhecimentos em Química poderá ser um dos determinantes na transformação e ressignificação para desenvolver estratégias no ensino e aprendizagem em Química e Bioquímica, bem como nas demais Ciências Naturais, Exatas ou Sociais que diretamente podem à Química se associar.

O presente estudo angariou possibilidades de relações organizacionais e epistemológicas a respeito das formas de aprendizagem em Química, evidenciando um campo aberto de construção, reflexão e pesquisa, relacionado às formas de construir estratégias e de ressignificar os entendimentos e as práticas de Ensino e Aprendizagem.

A questão fundamental, mais que assegurar as ideias e construções apresentadas no presente estudo, é a construção temporal, social e histórica a respeito da aprendizagem como uma das principais bases nas quais se apoiam as empreitadas em cada uma das etapas do Estudo; tal dependência e determinação social e histórica do objeto da aprendizagem não poderia deixar de ter uma dependência estrita de um entendimento também temporal e social sobre os sujeitos da aprendizagem, motivação primordial para o Ensino de uma Ciência.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADAMCHIK JR, C. F. The design and assessment of chemistry portfolios. **Journal of Chemical Education**, v. 73, n. 6, p. 528, 1996. ISSN 0021-9584.
- ALTARUGIO, M. H.; DINIZ, M. L.; LOCATELLI, S. W. O debate como estratégia em aulas de química. **Química Nova na escola**, v. 32, n. 1, p. 26-30, 2010.
- ANDRADE, J. B. D. et al. A formação do químico. **Química Nova**, 2004. ISSN 0100-4042.
- ARANTES, G. M. Uma perspectiva computacional sobre catálise enzimática. **Química Nova**, v. 31, n. 2, p. 377-383, 2008. ISSN 0100-4042.
- BATISTETI, C. B.; DE ARAÚJO, E. S. N.; CALUZI, J. J. As interpretações dos estudos de Avery, MacLeod e MacCarty sobre a natureza química do fator transformante em bactérias. **Filosofia e História da Biologia**, v. 3, n. 1, p. 71-94, 2008. ISSN 1983-053X.
- BARDIN, L. Análise de conteúdo. Lisboa: Edições 70; 1977.
- CABRAL, P. F. O.; SOUZA, N. S.; QUEIROZ, S. L.. Casos Investigativos para a promoção da CSCL no Ensino Superior de Química. **Quím. Nova**, São Paulo , v. 40, n. 9, p. 1121-1129, Sept. 2017.
- BLOOM, B. S.; HASTINGS, J. T.; MADAUS, G. F. **Handbook on formative and sommative evaluation of student learning**. New York: McGraw- Hill, 1971. 923 p.
- CAMEL, T. O.; KOEHLER, CARLOS, B. G.; FILGUEIRAS, Carlos A. L.. A química orgânica na consolidação dos conceitos de átomo e molécula. **Quím. Nova**, São Paulo , v. 32, n. 2, p. 543-553, 2009.
- CARDOSO, C. L.; MORAES, Marcela C. de and CASS, Quezia B.. Imobilização de enzimas em suportes cromatográficos: uma ferramenta na busca por substâncias bioativas. **Quím. Nova**, vol.32, n.1, pp.175-187, 2009.
- CARVALHO, N. M. et al. Uso de equações lineares na determinação dos parâmetros de Michaelis-Menten. **Quím. Nova**, v. 33, n. 7, p. 1607-1611, 2010.
- CARVALHO, Â. P. D. Construção de portfólio: uma proposta para a avaliação da aprendizagem no Ensino de Química na EJA. 2017.
- CASSIANO, K. F. D.; DA SILVA MESQUITAB, N. A.; RIBEIROA, P. G. Conhecimento pedagógico e conhecimento químico na formação de professores: A construção da identidade docente. **Química Nova**, v. 39, n. 2, p. 250-259, 2016.
- CHOMSKY, N. A lingüística como uma ciência natural. **Mana**, v. 3, n. 2, p. 183-198, 1997. ISSN 0104-9313.
- CIRINO, M. M. et al. A intermediação da noção de probabilidade na construção de conceitos relacionados à cinética química. **Ciência & Educação (Bauru)**, p. 189-219, 2009. ISSN 1516-7313.
- COSTA, C. et al. Degradação microbiológica e enzimática de polímeros: uma revisão. **Química Nova**, v. 38, n. 2, p. 259-267, 2015.
- DE LIMA, J. O. G.; LEITE, L. R. O aprendizado da Química na concepção de professores e alunos do ensino médio: um estudo de caso. **Revista Brasileira de Estudos Pedagógicos**, v. 96, n. 243, 2015. ISSN 2176-6681.

DE OLIVEIRA CAMEL, T.; KOEHLER, C. B.; FILGUEIRAS, C. A. A química orgânica na consolidação dos conceitos de átomo e molécula Organic chemistry in the consolidation of the concepts of atom and molecule. **Química Nova**, v. 32, n. 2, p. 543-553, 2009. ISSN 0100-4042.

DE OLIVEIRA VIEIRA, V. M. Portfólio: uma proposta de avaliação como reconstrução do processo de aprendizagem. **ABRAPEE**, v. 6, n. 2, p. 149-153, 2002a.

_____. Portfólio: uma proposta de avaliação como reconstrução do processo de aprendizagem. **ABRAPEE**, v. 6, n. 2, p. 149-153, 2002b.

DIAS, F. R.; FERREIRA, V. F.; CUNHA, A. C. Uma visão geral dos diferentes tipos de catálise em síntese orgânica. **Revista Virtual de Química**, v. 4, n. 6, p. 840-871, 2012. ISSN 1984-6835.

DUARTE, R. Pesquisa qualitativa: reflexões sobre o trabalho de campo. **Cadernos de pesquisa**, n. 115, p. 139-154, 2002. ISSN 0100-1574.

FARADAY, M. **Experimental Researches in Electricity**, (R. Taylor and W. Francis publ., London, 1855) v. III, p. 447.

FAZENDA, I. C. A.; **Integração e Interdisciplinaridade no Ensino Brasileiro: Efetividade ou Ideologia**, Loyola: São Paulo, 1996.

FRANCISCO, W.; BENITE, A. Casos investigativos e a relação com o saber: trajetória e processo de aprendizagem de estudantes do ensino superior no Tocantins. **Química Nova**, v. 39, n. 3, p. 383-392, 2016.

GALEFFI, D. O rigor nas pesquisas qualitativas: uma abordagem Fenomenológica em chave transdisciplinar. IN: GALEFFI, D.; MACEDO, R.; PIMENTEL, Á. **Um rigor outro: Sobre a questão da qualidade na pesquisa Qualitativa**, 2009.

GESSER, J. C. et al. Reações intramoleculares como modelos não miméticos de catálise enzimática. 1997. ISSN 0100-4042.

GOMES, F. M. et al. DETERMINAÇÃO DAS PROPRIEDADES CATALÍTICAS EM MEIO AQUOSO E ORGÂNICO DA LIPASE DE. **Quim. Nova**, v. 29, n. 4, p. 710-718, 2006.

GONÇALVES, C. D.; MARSAIOLI, A. J. Fatos e tendências da biocatálise. **Química Nova**, 2013. ISSN 0100-4042.

GRAY, H. B.; VALENTINE, J. S.; STIEFEL, E. I. **Biological inorganic chemistry: structure and reactivity**. University Science Books, 2007. ISBN 1891389432.

HERNÁNDEZ, F. **Cultura visual, mudança educativa e projeto de trabalho**. Artmed, 2006. ISBN 8573076062.

HERREID, C. F. What makes a good case. **Journal of College Science Teaching**, v. 27, n. 3, 1997.

JUSTO, G. Z. Anticorpos Catalíticos Expandindo o Alcance da Catálise Enzimática. **Química Nova**, v. 21, n. 1, p. 86, 1998.

KATO, D. S.; KAWASAKI, C. S. As concepções de contextualização do ensino em documentos curriculares oficiais e de professores de ciências. **Ciência & Educação (Bauru)**, v. 17, n. 1, p. 35-50, 2011. ISSN 1516-7313.

KRAUT, J. How do enzymes work? **Science**, v. 242, n. 4878, p. 533-540, 1988. ISSN 0036-8075.

- LOPES, A. C. Discursos curriculares na disciplina escolar química. **Ciência & Educação**, v. 11, n. 2, p. 263-278, 2005. ISSN 1980-850X.
- LUNA, F. J.; SCHUCHARDT, U. Modificação de zeólitas para uso em catálise. **Química nova**, 2001. ISSN 0100-4042. MACHADO, A. et al. Sínteses química e enzimática de peptídeos: princípios básicos e aplicações. **Química nova**, v. 27, p. 781-789, 2004. ISSN 0100-4042.
- MARTINS, A. M. Diretrizes curriculares nacionais para o ensino médio: avaliação de documento. **Cadernos de Pesquisa**, 2000. ISSN 0100-1574.
- MARTINS, M. et al. Efeito da temperatura, pH e vestígios de Hg²⁺ e Pb²⁺ na actividade de desidrogenases e urease num solo da região de Évora. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 33, n. 1, p. 314-322, 2010. ISSN 0871-018X.
- MICHAELIS, L. L. Michaelis and ML Menten, *Biochem. Z.* 49, 333 (1913). **Biochem. Z.**, v. 49, p. 333, 1913.
- MONTENEGRO, V. L. D. S. **Processo reflexivo e o desenvolvimento do conhecimento pedagógico do conteúdo: análise a partir de uma intervenção na formação contínua de professores de química**. 2013. Universidade de São Paulo.
- MORAES, R. Uma tempestade de luz: a compreensão possibilitada pela análise textual discursiva. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 9, n.2, p. 191-210, 2003.
- OLIVEIRA, L. G. D.; MANTOVANI, S. M. Transformações biológicas: contribuições e perspectivas. **Química Nova**, 2009. ISSN 0100-4042.
- PIMENTA, S. G. Professor reflexivo: construindo uma crítica. **PIMENTA, S., RAMPELOTTO, P. H.** A química da vida como nós não conhecemos. **Química Nova**, v. 35, n. 8, p. 1619-1627, 2012. ISSN 0100-4042.
- ROCHA, D.; DEUSDARÁ, B. Análise de Conteúdo e Análise do Discurso: aproximações e afastamentos na (re) construção de uma trajetória. **Alea: Estudos Neolatinos**, v. 7, n. 2, p. 305-322, 2005. ISSN 1517-106X.
- ROQUE, N. F.; SILVA, J. L. D. P. B. A linguagem química e o ensino da química orgânica. 2008. ISSN 0100-4042.
- ROSA, M. I. P.; TOSTA, A. H. O lugar da química na escola: movimentos constitutivos da disciplina no cotidiano escolar. **Ciência & Educação (Bauru)**, 2005. ISSN 1516-7313.
- SÁ, L. P.; QUEIROZ, S. L. Promovendo a argumentação no Ensino de Química. **Quim. Nova**, v. 30, n. 8, S1-S4, 2007.
- SÁ, L. P.; FRANCISCO, C.A.; QUEIROZ, S.L. Estudos de Caso em Química. **Quim. Nova**, v. 30, n. 3, p. 731-739, 2007.
- SCHNETZLER, R. P. A pesquisa em ensino de química no Brasil: conquistas e perspectivas. **Química nova**, v. 25, n. supl 1, p. 14-24, 2002.
- SELDIN, P. COLS. O portfólio de ensino. **ECB Sousa. Qualificação de docentes e de ensino: leituras complementares**, v. 5, p. 2004-57, 1998.
- SHORES, E.; GRACE, C.; COSTA, R. C. **Manual de portfólio: um guia passo a passo para o professor**. 2001. ISBN 857307762X.
- SHRIVER, D. F.; KAESZ, H. D.; ADAMS, R. D. **The chemistry of metal cluster complexes**. VCH, 1990a. ISBN 3527280472.

_____. **The chemistry of metal cluster complexes**. VCH, 1990b. ISBN 3527280472.

SILVA, V. D. A.; SOARES, M. H. F. B. Conhecimento prévio, caráter histórico e conceitos científicos: o ensino de química a partir de uma abordagem colaborativa da aprendizagem. 2013. ISSN 0104-8899.

SILVEIRA, R. M. C. F.; BAZZO, W. A. Ciência, tecnologia e suas relações sociais: a percepção de geradores de tecnologia e suas implicações na educação tecnológica. **Ciência & Educação**, v. 15, n. 3, p. 681-694, 2009. ISSN 1980-850X.

SMYTH, W. J. **Reflection-in-action**. Deakin University, 1986. ISBN 073000418X.

STOUT, R. " The Chemicals Project": Connecting General Chemistry to Students' Lives. **Journal of Chemical Education**, v. 77, n. 10, p. 1301, 2000. ISSN 0021-9584.

SÁ-CHAVES, I. Porta-fólios: no fluir das concepções, das metodologias e dos instrumentos. **Conhecer, aprender, avaliar**, p. 133-142, 1998.

VILLAS-BOAS, B. M. D. F. V. **Portfólio, avaliação e trabalho pedagógico**. Papirus Editora, 2005. ISBN 8530807561.

VILLANI, A.; PACCA, J. L. D. A. Construtivismo, conhecimento científico e habilidade didática no ensino de ciências. **Revista da faculdade de Educação**, v. 23, n. 1-2, 1997. ISSN 0102-2555.

WOLKE, S. I.; BUFFON, R. Química organometálica de Superfície aplicada a preparação de catalisadores heterogêneos bem definidos. **Química Nova**, 2002a. ISSN 0100-4042.

_____. Química organometálica de Superfície aplicada a preparação de catalisadores heterogêneos bem definidos. **Química Nova**, 2002b. ISSN 0100-4042.

APÊNDICE A - Caso Investigativo utilizado no estudo

É só uma enzima?

Marina tem 16 anos e é estudante do segundo ano do Ensino Médio de um Colégio particular no interior de São Paulo. Com a proximidade do final do segundo semestre as coisas andam mais agitadas, pois Marina faz questão de manter o ritmo de estudos, apesar de se sentir cansada e pressionada com a proximidade do vestibular, já no ano seguinte.

Nas últimas semanas, Marina tem sentindo cólicas por longos períodos, dor de cabeça e tontura. Acompanhada de sua mãe, procurou um médico e o mesmo, após examiná-la, apresentou-lhe a hipótese de se tratar de uma situação relacionada a intolerância à lactose, o que explicaria a piora dos sintomas quando Marina consumia alimentos derivado do leite. O médico pediu um exame para medir a quantidade de glicose no sangue quando Marina consumisse algum alimento com lactose, porém ainda levará alguns dias para que o mesmo seja feito e seu resultado seja liberado. Dentre tantas outras preocupações nesse período de bastante estudo, incertezas e ansiedades, Marina tenta explicar para sua mãe que deseja entender exatamente o que está acontecendo com ela e deseja saber mais sobre como uma pessoa pode passar a não conseguir tolerar a lactose em seu organismo sendo que durante toda sua vida consumira alimentos derivados do leite sem qualquer sintoma.

- Talvez isso até me ajude a aprender um pouco mais sobre as enzimas, como elas funcionam. Eu me lembro do professor do Biologia ter comentado sobre algumas enzimas na aula, mas não entendi exatamente como elas podem funcionar em cada caso. São tantas coisas acontecendo ao mesmo tempo, é muito difícil entender isso tudo...e ainda não deixar de estudar. Sei lá se dá mesmo pra aprender de verdade quando a gente está preocupado com tantas outras coisas.

- Tente manter a calma, filha. É o melhor a se fazer agora. Logo teremos o resultado do exame, vamos tratar conforme o médico recomendar e a vida logo volta ao normal. E o vestibular também não é tudo na vida, não se preocupe tanto com isso. Mas você está certa quanto a aprender sobre essa enzima. É isso mesmo, a gente sempre pode aprender com as coisas, sempre vale a pena aprender. A gente consegue entender melhor as coisas quando estuda, mas o tempo todo a gente está aprendendo.

Marina aguarda ainda o resultado do exame e o retorno ao médico para saber qual o melhor tratamento para sua possível intolerância à lactose. Enquanto isso tenta manter a calma e entender como, exatamente, uma única enzima, que ela já descobriu que se chama lactase, pode causar tanta coisa na vida dela.

Imagine que vocês são amigos de Marina e decidem apoiá-la nesse momento. De que maneira vocês explicariam o mecanismo pelo qual essa enzima atua sobre as substâncias relacionadas aos sintomas que ela vem sentindo? De que maneira você poderia ajudá-la a entender melhor o que está acontecendo e como ela pode tirar o melhor proveito possível desse tempo, sem se prejudicar nos estudos? Afinal, o que está acontecendo com Marina deve-se exclusivamente a uma enzima?

APÊNDICE B - Parecer do Comitê de Ética em Pesquisa (CEP/UFSCar)

PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: A aprendizagem de Catalise Enzimática por meio de casos: uma proposta interdisciplinar e contextualizada para o ensino de Química

Pesquisador: Thiago Pereira Goulart

Área Temática:

Versão: 2

CAAE: 98413916.0.000.9504

Instituição Proponente: Departamento de Química

Patrocínio Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 1.759751

Apresentação do Projeto:

Trata-se de um projeto de mestrado profissional em ensino de química que pretende abordar o ensino de catalise Enzimática a partir de "casos investigativos" junto a 30 alunos da educação básica. Os dados a serem utilizados serão questionários e portfólios produzidos pelos alunos em situação paralela de sala de aula (o que aqui estamos entendendo como atividades em contra turno) e que serão explicados em detalhes para os alunos. O critério de inclusão é cursar o segundo ano de ensino médio da escola referida.

Objetivo da Pesquisa:

1. Caracterizar o Ensino e a Aprendizagem de conceitos relacionados à Catalise Enzimática a partir da proposição de Casos Investigativos e do uso do Portfólio como instrumento de registro e avaliação.
2. Contribuir para a melhoria da utilização de Casos e da utilização de formas contextualizadas e interdisciplinares no Ensino de Química.
3. Descrever, por meio de categorias analíticas surgidas na análise dos dados coletados (portfólios, formulários prévio e posterior, transcrições das apresentações orais dos estudantes e relatos dos professores participantes), a viabilidade de se propor situações de aprendizagem relacionadas à catalise enzimática por meio de casos investigativos.

Endereço: WASHINGTON LUIZ KM 235
Bairro: JARDIM GUARABARA
UF: SP
Município: SÃO CARLOS
CEP: 13.565-905
Telefone: (013)351-0683
E-mail: cep@ufscar.br

Página 11 de 13

Continuação do Parecer: 1.759751

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Riscos: ok.

Benefícios: ok

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

Foram resolvidas todas as pendências

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

TCLE: ok

Folha de rosto e comprovante recepção: ok

Carta de autorização: ok.

Recomendações:

Não há

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Parecer final: Aprovado

Considerações Finais a critério do CEP:

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PIB_INFORMACOES_BASICAS_DO_PROJETO_98413916.pdf	21/09/2016 17:09:00		Aceito
Declaração de Instituição e Intencionalidade	Carta_de_Autorizacao.pdf	21/09/2016 17:06:58	Thiago Pereira Goulart	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Avaliação	Termo_de_Consentimento.pdf	16/09/2016 14:16:22	Thiago Pereira Goulart	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura	Plano_de_Pesquisa.pdf	26/07/2016 12:11:27	Thiago Pereira Goulart	Aceito
Folha de Rosto	Folha_de_Rosto.pdf	26/07/2016 12:03:22	Thiago Pereira Goulart	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Endereço: WASHINGTON LUIZ KM 235
Bairro: JARDIM GUARABARA
UF: SP
Município: SÃO CARLOS
CEP: 13.565-905
Telefone: (013)351-0683
E-mail: cep@ufscar.br

Página 12 de 13



Continuação do Parecer: 1.759751

Não

SÃO CARLOS, 04 de Outubro de 2016

Assinado por:
Ricardo Carneiro Bessa
(Coordenado)

Endereço: WASHINGTON LUIZ KM 235
Bairro: JARDIM GUARABARA
UF: SP
Município: SÃO CARLOS
CEP: 13.565-905
Telefone: (013)351-0683
E-mail: cep@ufscar.br

Página 13 de 13

APÊNDICE C - Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE)

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS - UFSCar
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA - CCET
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA - DQ/UFSCar
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM QUÍMICA - PPGQ/UFSCar

Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

Identificação do Sujeito da pesquisa (estudante):

Nome: _____

Documento de identidade: _____

Data de Nascimento: ____/____/____

Sobre a pesquisa:

Os estudantes do segundo ano do Ensino Médio do Colégio Cristo Rei estão sendo convidados a participarem de um estudo que pretende identificar situações que possam favorecer a aprendizagem de Química por meio de uma proposta de aprendizagem utilizando casos investigativos. A participação consiste na formação de pequenos grupos de estudantes com a finalidade de resolver um caso (uma pequena história) que envolva a necessidade de aprender algo novo sobre Química e outras disciplinas. A participação nesse estudo envolve o risco de que os estudantes se identifiquem com situações relacionadas à Química e demais aspectos da vida em sociedade, tais como os aspectos sociais, culturais, econômicos e mesmo psicológicos observados em seus respectivos cotidianos. Os estudantes podem livremente recusar-se a participar desse estudo, sendo que não haverá qualquer tipo de prejuízo para os mesmos. Igualmente, não haverá qualquer tipo de privilégio ou favorecimento de qualquer ordem para aqueles que optarem por participar da pesquisa. Os benefícios em participar desse estudo se relacionam à possibilidade de aumentar a compreensão sobre as reações químicas que ocorrem mediadas pela participação de substâncias chamadas de enzimas. Tal compreensão é importantíssima para compreender a forma como as reações químicas ocorrem na manutenção de células, organismos vivos e ecossistemas de variadas características. As informações que constituirão os dados dessa pesquisa são os portfólios escritos pelos estudantes, a resposta a questionários e a gravação do áudio ou do registro fotográfico de suas apresentações em grupo (seminário de apresentação do percurso da resolução dos casos).

Todos os dados coletados serão utilizados para fins exclusivos de pesquisa e nenhum dos participantes será identificado em nenhuma outra instância exceto para o Pesquisador Principal - Professor Thiago Pereira Goulart (CCR) e sua Orientadora - Prof^a Dr^a Clelia Mara de Paula Marques (Departamento de Química - DQ/UFSCar) [Menu Visualizar](#) a forma de incentivo financeiro relacionado à participação na pesquisa, sendo que eventuais gastos financeiros diretamente relacionados à pesquisa serão ressarcidos pelo pesquisador principal, conforme Resolução 466/2012. Os estudantes e seus responsáveis poderão optar por desistir da participação nesse estudo a qualquer momento, retirando seu consentimento. Tal desistência não implicará em nenhum prejuízo para o estudante na relação com o pesquisador nem com o Colégio Cristo Rei. Quaisquer outras informações sobre a pesquisa, seus métodos, conteúdos ou resultados finais poderão ser disponibilizados para os participantes desse estudo e seus responsáveis, bastando entrar em contato com os pesquisadores:

Prof. Thiago Pereira Goulart
Colégio Cristo Rei, Av. Cristo Rei, 270 - Banzato, Marília - SP, 17515-200

Prof^a Dr^a Clelia Mara de Paula Marques
Departamento de Química - Universidade Federal de São Carlos, Rod. Washington Luis, km 235 - São Carlos - SP, 13565-905

Declaro que entendi os objetivos, os riscos e benefícios relacionadas à participação do estudante acima discriminado, e pelo qual sou responsável, e concordo com a participação do mesmo na pesquisa. Declaro, ainda, que fui informado pelo pesquisador que o projeto dessa pesquisa foi submetido a apreciação e foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos da Universidade Federal de São Carlos (CEP/UFSCar), localizado na Rodovia Washington Luis, Km 235, caixa postal 676, Cep 13.565-905, em São Carlos - SP, Brasil; Telefone (16) 3351 - 8110 e endereço eletrônico cephumanos@powerufscar.br

Marília, ____/____/____

Responsável pelo sujeito da pesquisa:

Pesquisador:

Nome:

Prof. Thiago Pereira Goulart

Assinatura:

Pós-graduando - DQ/UFSCar
goulartp.thiago@gmail.com

APÊNDICE D - Termo de Assentimento (Carta de Autorização)**CARTA DE AUTORIZAÇÃO**

Ao Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar),

Prezado Comitê de Ética em Pesquisa da UFSCar, na função de representante legal do Colégio Cristo Rei, informo que o projeto de pesquisa intitulado "A aprendizagem de Catálise Enzimática por meio de casos: uma proposta interdisciplinar e contextualizada para o ensino de Química", apresentado pelo pesquisador Thiago Pereira Goulart e que tem como objetivo principal caracterizar a aprendizagem de fenômenos relacionados à catálise enzimática foi analisado e considerando que o mesmo siga os preceitos éticos descritos pela resolução 466 de 2012 do Conselho Nacional de Saúde, fica autorizada a realização do referido projeto apenas após a apresentação do parecer favorável emitido pelo Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos da UFSCar.

"Declaro ler e concordar com o parecer ético emitido pelo CEP da instituição proponente, conhecer e cumprir as Resoluções Éticas Brasileiras, em especial a Resolução CNS 466/12. Esta instituição está ciente de suas co-responsabilidades como instituição co-participante do presente projeto de pesquisa, e de seu compromisso no resguardo da segurança e bem-estar dos sujeitos de pesquisa nela recrutados, dispondo de infra-estrutura necessária para a garantia de tal segurança e bem estar.



Assinatura: _____

(Representante Legal)

Édio João Mariani
RG. 103.367.129-6 SSP/RS
DIRETOR

Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos da UFSCar / Pró-Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa da Universidade Federal de São Carlos,
Rodovia Washington Luiz, Km. 235 - Caixa Postal 676 - CEP 13.565-905 - São Carlos - SP - Brasil.
Fone: (41) 3254-9440. E-mail: cep@ufscar.br