

<http://dx.doi.org/10.23925/1983-3156.2024v26i1p691-725>

Metodologia focada na ordem de reação química a partir de uma problemática de desenvolvimento de habilidades e competências discentes e docentes

Methodology focused on the order of chemical reaction from an issue of developing student and teacher skills and competencies

Metodología centrada en el orden de las reacciones químicas a partir de un problema de desarrollo de las capacidades y competencias de alumnos y profesores.

Méthodologie axée sur l'ordre des réactions chimiques, basée sur un problème de développement des aptitudes et des compétences des étudiants et des enseignants.

José Pinheiro da Costa Júnior¹
Instituto Federal do Pará - IFPA
Mestre em Engenharia do Ambiente
<https://orcid.org/0000-0002-3184-2775>

Saul Rodrigo da Costa Barreto²
Universidade do Estado do Pará - UEPA
Doutor em Educação em Ciências e Matemática
<https://orcid.org/0000-0002-1249-8091>

Deusarino Oliveira Almeida Júnior³
Universidade Federal do Pará - UFPA
Mestre em Ensino de Matemática
<https://orcid.org/0000-0002-4642-1404>

Resumo

Este trabalho apresenta uma proposta de investigação-ação da prática docente seguindo uma metodologia de pesquisa qualitativa documental e aplicando a Teoria Antropológica do Didático e a teoria de aprendizagem significativa à Cinética Química, currículo presente no Ensino Médio brasileiro. Nesse âmbito de prática, desenvolver uma metodologia facilitadora de cálculo de ordens de reação elevando os protagonismos dos participantes nos gerou questões a serem respondidas: qual o impacto de uma metodologia focada na ordem de reação química a partir de uma problemática cujo intuito é desenvolver habilidades e competências que proporcionam a formação de docentes e discentes provocando uma mudança de postura ante as problemáticas socioambientais? Foram identificadas muitas supressões no saber sábio e poucas criações didáticas inerentes à experimentação e ao processo de modelagem matemática nas

¹ jose.pinheiro@ifpa.edu.br

² saul.rdc.barreto@uepa.br

³ deusarino.junior@iemci.ufpa.br

literaturas pesquisadas. Porém, neste trabalho, foi respeitado o tempo de ensino em relação ao conteúdo e ao tempo de aprendizagem dos aprendizes, sendo que a estratégia se mostrou eficaz nos âmbitos significativos, de transposição e da praxeologia adotada.

Palavras-chave: Modificações do saber sábio, Modelagem matemática, Habilidades e competências, Ensino e aprendizagem significativa em cinética química.

Abstract

This study presents a proposal for an action-research approach to teaching practice following a qualitative document research methodology, applying the anthropological theory of the didactic and the theory of meaningful learning to Chemical Kinetics, a curriculum present in Brazilian high school education. Within this practice, developing a methodology to facilitate the calculation of reaction orders, enhancing the roles of teachers and students, raised questions to be answered: What impact does a methodology focused on the order of chemical reaction have, starting from a problem whose aim is to develop skills and competences that promote the formation of teachers and students, provoking a change in attitude towards socio-environmental issues? Many omissions in wise knowledge and few didactic creations related to experimentation and the process of mathematical modeling were identified in the literature researched. However, in this work, the teaching time in relation to the content and the learning time of the students was respected, and the strategy proved effective in the meaningful, transposition, and praxeological scopes.

Keywords: Modifications of wise knowing, Mathematical modelling, Skills and competences, Meaningful teaching and learning in chemical kinetics.

Resumen

Este trabajo presenta una propuesta de investigación-acción de la práctica docente siguiendo una metodología de investigación cualitativa documental aplicando la teoría antropológica del didáctico y la teoría del aprendizaje significativo a la Cinética Química, currículo presente en la educación secundaria brasileña. Dentro de este marco de práctica, el desarrollo de una metodología que facilite el cálculo de órdenes de reacción elevando el protagonismo de docentes y estudiantes nos generó preguntas a responder: ¿Qué impacto tiene una metodología centrada en el orden de reacción química a partir de un problema cuyo objetivo es desarrollar habilidades y competencias que promueven la formación de docentes y estudiantes, provocando un cambio de actitud hacia los problemas socioambientales? Se identificaron muchas omisiones en el conocimiento sabio y pocas creaciones didácticas inherentes a la experimentación y al

proceso de modelado matemático en la literatura investigada, sin embargo, en este trabajo, se respetó el tiempo de enseñanza en relación con el contenido y el tiempo de aprendizaje de los estudiantes, y la estrategia demostró ser efectiva en los ámbitos significativos, de transposición y de la praxeología adoptada.

Palabras clave: Modificaciones del saber, Modelización matemática, Habilidades y competencias, Enseñanza y aprendizaje significativos en cinética química.

Résumé

Ce travail présente une proposition de recherche-action de la pratique enseignante suivant une méthodologie de recherche qualitative documentaire appliquant la théorie anthropologique du didactique et la théorie de l'apprentissage significatif à la Cinétique Chimique, programme présent dans l'enseignement secondaire brésilien. Dans ce cadre de pratique, le développement d'une méthodologie facilitant le calcul des ordres de réaction en valorisant les rôles de l'enseignant et de l'élève nous a posé des questions à résoudre : Quel est l'impact d'une méthodologie centrée sur l'ordre de réaction chimique à partir d'un problème dont le but est de développer des compétences et des aptitudes qui favorisent la formation des enseignants et des élèves, provoquant un changement d'attitude face aux problèmes socio-environnementaux ? De nombreuses suppressions dans le savoir sage et peu de créations didactiques inhérentes à l'expérimentation et au processus de modélisation mathématique ont été identifiées dans la littérature recherchée, cependant, dans ce travail, le temps d'enseignement par rapport au contenu et le temps d'apprentissage des élèves ont été respectés, et la stratégie s'est avérée efficace dans les domaines significatifs, de transposition et de praxéologie adoptée.

Mots-clés : Modifications de la connaissance éclairée, Modélisation mathématique, aptitudes et compétences, Enseignement et apprentissage significatifs en cinétique chimique.

Aplicações das teorias de Chevallard e Ausubel ao currículo de cinética química utilizando modelagem matemática na determinação de ordens de reação

O estudo da Cinética Química no nível médio e na graduação, em diversos cursos de Química, tem sido tratado de maneira muito formalista e descontextualizada das realidades dos alunos, de suas trajetórias no que tange às lacunas de aprendizagem, como dificuldades de interpretação de textos, dificuldades para relacionar matematicamente formulações, tabelas, gráficos, dados experimentais, cálculos etc. Em virtude da pouca utilização de aulas práticas e aplicações de facilitadores, esse fato pode se associar à formação inicial do docente ou à inexistência de laboratórios com os requisitos mínimos necessários nas escolas para tal execução ou ambos. Assuntos com certo grau de abstração, como a Cinética Química, acabam por gerar dificuldades para os mediadores da sala de aula, os professores, assim como para os alunos, que estão alçando novos voos em áreas de conhecimento e necessitam de embasamentos anteriores, os denominados conhecimentos prévios. Muitos são os professores que relatam em suas práticas o fato de que o tema *Cinética Química* é de difícil abordagem, pois necessita da integração de muitos conceitos e não partes isoladas do conhecimento, conforme Justi e Ruas (1997, p. 24), e de uma transposição didática adequada do saber sábio ao saber a ensinar, e deste para o saber ensinado.

Esse evento tem gerado dificuldades imediatas em efeito cascata para a abordagem de outros assuntos, como as Reações Químicas em seus Mecanismos de Reações, os Equilíbrios Químicos e a Eletroquímica, pois, numa disciplina de caráter profundamente empírico como a Química, não basta apenas fazer a reprodução de conhecimentos ou uma transposição inadequada. Corrobora-se, então, a demanda de processos de ensino e de aprendizagem bastante interativos e diversificados, que trabalhem a partir das realidades, privilegiando ferramentas e estratégias estimuladoras que levem os aprendizes a uma leitura do mundo em que vivem e à construção do conhecimento e impulsionem os professores a deixarem de ser informadores e passarem a ser formadores (Chassot, 2018, pp. 84-90).

Além disso, é importante a utilização de práticas experimentais simples e substitutivas de práticas mais complexas e a mediação de assuntos desta disciplina a partir de outras temáticas ou práticas tecnológicas, como as relacionadas à conservação do meio ambiente e, portanto, envolvendo a Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA), a Educação Ambiental (EA) e a Modelagem Matemática. Para tanto, a utilização de uma prática bem detalhada e alicerçada numa teoria histórica, criativa e bem acompanhada é primordial. Segundo Veiga (1991),

a teoria deve ser como um guia de ação à prática e a prática como a própria ação guiada e mediada pela teoria. A demonstração propriamente dita exige do professor uma série de incumbências como: explicitar os objetivos da demonstração; apresentar o roteiro da demonstração para que o aluno tenha uma visão global da atividade, favorecendo a compreensão lógica do conteúdo; explicar os mecanismos básicos da demonstração que vai realizar, salientando os pormenores mais importantes a serem observados ou reforçando certas informações tecnológicas, científicas, essenciais para se compreender a demonstração e aprender novas operações, e insistir na observância das normas de segurança. Em seguida, inicia a demonstração em ritmo que permita aos alunos acompanhá-lo, ilustrando com os recursos disponíveis, interrogando-os, explicando o que está fazendo, reforçando a explicação sobre a parte que não ficou clara e relacionando-a com o objeto de estudo como um todo, confirmando explicações, tornando-as mais reais e concretas, estimulando a criticidade e criatividade. Enfim, clareia conceitos, princípios, utilizando exemplificações, resultados de pesquisa e estudos, estabelecendo relação entre causa e efeito, fazendo analogias, reconhecendo e valorizando a originalidade (p. 141).

O conceito de velocidade de uma reação química configura-se geralmente de forma estranha para um aluno do Ensino Médio, devido, em muitos casos, ao prévio conhecimento que pode ter sido adquirido em cinemática na disciplina Física, e, dependendo da abordagem, se mal compreendida, pode também ocasionar interpretações pontuais e falsas concepções tanto para esses alunos como para os graduandos em Química e outros cursos correlatos. O conceito de velocidade de uma reação química é de suma importância (Kaya & Geban, 2012, pp. 216-225) para a eliminação de ideias equivocadas no que tange ao estudo da Cinética Química e de assuntos correlatos.

Nesse contexto, nossa pesquisa se deu a partir do desenvolvimento de atividades educacionais que envolvem o tema *Cinética Química* e que apresentam ligação direta com outras ciências. O lócus de sua execução se deu em um *campus* do Instituto Federal do Pará, situado no município de Abaetetuba, Pará (PA), pertencente ao Brasil, em semestre letivo que compreendeu o período de 06 de fevereiro de 2023 a 27 de junho de 2023. O estudo abarcou outros temas subsunçores, que foram as Grandezas Químicas, a Estequiometria de Reação e as Unidades de Concentração ou Estudo das Soluções, dos logaritmos e da aplicação da relação trigonométrica *Tangente de um Ângulo*. Esses trabalhos envolvendo Cinética Química embasaram-se, em parte, em uma dissertação de mestrado do primeiro autor. Durante a mediação do ensino e o desenvolvimento de diálogos para potencializar a aprendizagem, a EA foi inserida, uma vez que é uma exigência política e se ocupa com a formação de cidadãos reflexivos e participativos, e não apenas requerentes de uma aquisição de conceitos (Reigota, 2016, pp. 13-14).

Ressalta-se que esta investigação-ação, que tem compromisso social e científico

(Thiollent, 2011, pp. 7-9), tem também o papel de facilitadora do ensino e aprendizagem, pois, a partir dela e de outras demandas, docentes de todo o país tiveram de se reinventar e reaprender aprendendo novas tecnologias. Este trabalho, que rendeu resultados significativos de aprendizagem, contemplou a finalidade de despertar o interesse dos alunos por causas ambientais e promover a formação de uma concepção da velocidade de reação mais compreensiva e holística.

Para a construção desta pesquisa, apoiamo-nos na teoria de Aprendizagem Significativa (Ausubel et al., 2016), pois tem construtos teóricos que nos permitem analisar a significação de conceitos e o desenvolvimento de pensamentos. Apoiamo-nos também na Teoria Antropológica do Didática e na Teoria da Transposição Didática.

Fomentamos a construção de Mapas Conceituais (Moreira, 1980, pp. 474-479), que são diagramas bidimensionais que proporcionam a representação de relações entre conceitos por meio de proposições em um determinado tópico e Histórias em Quadrinhos (HQ). Eles serviram como uma das estratégias de ensino, avaliação, estudo, entre outras funções, a fim de melhorar o ensino e a aprendizagem de Química.

Na avaliação do ensino e aprendizagem, optamos por adotar a metodologia da avaliação pautada numa proposta construtivista-sociointeracionista de educação, diagnóstica, formativa, processual, libertadora, conscientizadora das diferenças sociais e culturais. Para tanto, considerou-se a ação avaliativa em sua função dialógica e interativa, com a intenção de promover o desenvolvimento moral e intelectual dos aprendizes de forma participativa, social e política (Hoffmann, 2019, p. 34).

Além disso, um conjunto de vídeos, compostos por diversas aulas prévias, foi disponibilizado. Esses materiais foram desenvolvidos para se adaptarem ao formato de sala de aula invertida, conforme descrito por Cortelazzo (2018, p. 115). Esse recurso proporcionou um ambiente de aprendizado dinâmico e envolvente para os estudantes.

Diante desse cenário, o presente trabalho se debruça sobre um questionamento central, que busca elucidar os efeitos práticos e pedagógicos de uma abordagem educacional inovadora. Portanto, a questão de pesquisa que norteia esta investigação é: “Qual é o impacto de uma metodologia que se foca na ordem de reação química, partindo de um problema específico, com a intenção de desenvolver habilidades e competências que auxiliam na formação de docentes e discentes, e que visa a induzir uma mudança de postura diante das problemáticas socioambientais?”. Essa questão guiará nossa análise, permitindo-nos explorar as nuances e os efeitos dessa metodologia, tanto em termos de aprendizado individual quanto na formação mais ampla de uma consciência socioambiental mais crítica e ativa.

Nesta parte, tecemos apontamentos sobre constructos teóricos da Transposição Didática, da Teoria Antropológica do Didático e da Teoria da Aprendizagem Significativa. Eles são essenciais na construção deste texto.

Teoria da Transposição Didática e Teoria Antropológica do didático

De forma pormenorizada, faremos uma breve exposição dos fundamentos da Teoria da Transposição Didática (Chevallard, 1991) e da Teoria Antropológica do Didático. Para tanto, embasamo-nos nos referenciais “Conceitos Fundamentais da Didática: as perspectivas trazidas por uma abordagem antropológica” (Chevallard, 1992) e “El análisis de las prácticas docentes en la teoría antropológica de lo didáctico” (Chevallard, 1999).

Primeiramente, precisamos olhar para a história do desenvolvimento do termo **transposição**, que, em nosso caso, refere-se a algumas modificações, adaptações do saber, para ser ensinado ou escolarizável, formalizando, dessa feita, o pressuposto básico de transposição didática. Em seu trabalho, quando da elaboração de seu modelo teórico, Chevallard dá ênfase à didática focada no sistema de ensino ou sistema didático, fruto da sociedade vigente e coloca em foco a questão dos saberes escolares no campo da reflexão pedagógica, assunto da didática.

Vale ressaltar que o termo “Transposição Didática” foi empregado primeiramente pelo sociólogo francês Michel Verret (2006), em sua tese de doutorado “Les temps des études”, e publicada em livro em 1975 pela editora Atelier Reproduction des thèses, Université de Lille III, em que se propõe a realizar um estudo sociológico a respeito da distribuição do tempo das atividades escolares. Para Chevallard, a busca pelas raízes do conhecimento se encontra no saber sábio, o que necessita de uma análise epistemológica robusta do conhecimento em sua forma latente e, de certa forma, acaba por revelar um universo profundamente complexo, que desemboca numa confirmação de ruptura ou distanciamento em relação ao conhecimento vigente nas escolas ou na cultura popular.

Quando Chevallard nos apresenta pressupostos sobre saberes escolarizáveis e a preparação didática a partir das ideias de Verret, adverte que a organização administrativa, didática, pedagógica e disciplinar da instituição que formaliza os direitos e deveres de todos os que convivem no ambiente escolar ou institucional e que, portanto, constitui o regime didático, conduz à transmissão de saberes ensináveis e a saberes não ensináveis ou, pelo menos, não escolarizáveis, que vêm ao encontro dos métodos da reprodutibilidade científica. Segundo Verret (1975), citado por Chevallard (1991), uma transmissão escolar supõe, quanto ao saber:

- a) a divisão da prática teórica em campos delimitados do saber que deem lugar a práticas de aprendizagem especializadas, isto é, a dessincretização do saber;

- b) a separação do saber da pessoa, no âmbito das práticas, ou seja, a despersonalização do saber;
- c) a programação das aprendizagens e o controle das mesmas, segundo sequências racionais que permitam uma aquisição progressiva dos conhecimentos, isto é, a programabilidade da aquisição do saber;
- d) a definição explícita, em termos de compreensão e extensão, do saber a transmitir, ou seja, a publicidade do saber;
- e) o controle e regulação das aprendizagens, segundo procedimentos de verificação que autorizem a certificação do conhecimento, isto é, o controle social das aprendizagens (pp. 146-147).

Portanto, o conceito de transposição didática permite a articulação entre a análise epistemológica e a análise didática. Aliás, a palavra **didática** pode ser traduzida como arte ou técnica de ensinar e, portanto, ocupa-se dos métodos e técnicas de ensino no sentido de alavancar a aprendizagem. Nesse processo de colocar os saberes em campos de aprendizagens específicas e mais claros, propicia uma atividade de construção do conhecimento interpretativa, segundo Hoffmann (2019, p. 66), o que gera uma avaliação processual e continuada, referendando cada etapa anterior em sua essência de construção de competências (Zabala & Arnau 2018, p. 17) e habilidades a serem construídas e formalizadas. A prática pedagógica pode ser mais bem desenvolvida quando a pesquisa é parte da busca pelo conhecimento, o que contribui para a formação continuada do professor e reflete na aprendizagem do aluno. É nesse contexto que tanto os professores quanto os aprendizes podem se apropriar do saber que já passou por algumas transposições, pois ele já adquiriu uma forma mais “leve”, que, uma vez concretizada, já é passível de circulação.

Para Chevallard (1991), o tratamento didático pelo qual passa o saber sábio para o saber ensinado proporciona uma oportunidade de confronto entre esses saberes. Verificar o quanto desse distanciamento ocorre pode promover reflexões para a inserção de novas práticas e métodos de ensino e levar a transposições que indiquem o avanço da aprendizagem e do ensino. Para tanto, Chevallard (1991) defende a representação triangular do sistema didático a partir de três polos: o saber (S), aquele que ensina/professor (P) e aquele que aprende/aluno (A).

A utilização direta de dados cinéticos pelos aprendizes os coloca em uma situação de falso aprendizado no que tange à determinação de equações ou leis de velocidade, como observado nas atividades de textos consagrados no Brasil, como observado na Figura 1:

Exercício resolvido

37 (Unirio-RJ) Num laboratório, foram efetuadas diversas experiências para a reação:

$$2 \text{H}_2 (\text{g}) + 2 \text{NO} (\text{g}) \longrightarrow \text{N}_2 (\text{g}) + 2 \text{H}_2\text{O} (\text{g})$$

Com os resultados das velocidades iniciais obtidos, montou-se a seguinte tabela:

Experiência	[H ₂] (mol/L)	[NO] (mol/L)	v (mol · L ⁻¹ · s ⁻¹)
1	0,10	0,10	0,10
2	0,20	0,10	0,20
3	0,10	0,20	0,40
4	0,30	0,10	0,30
5	0,10	0,30	0,90

Baseando-se na tabela acima, podemos afirmar que a lei de velocidade para a reação é:

- $v = k [\text{H}_2]$
- $v = k [\text{NO}]$
- $v = k [\text{H}_2] [\text{NO}]$
- $v = k [\text{H}_2]^2 [\text{NO}]$
- $v = k [\text{H}_2] [\text{NO}]^2$

13.18 Os seguintes dados cinéticos foram obtidos para a reação $\text{NO}_2(\text{g}) + \text{O}_3(\text{g}) \rightarrow \text{NO}_3(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g})$:

Experimento	Concentração inicial (mmol·L ⁻¹)		Velocidade inicial (mmol·L ⁻¹ ·s ⁻¹)
	[NO ₂] ₀	[O ₃] ₀	
1	0,21	0,70	6,3
2	0,21	1,39	12,5
3	0,38	0,70	11,4
4	0,66	0,18	?

Estes dados correspondem à velocidade única de reação. (a) Escreva a lei de velocidade da reação. (b) Qual é a ordem da reação? (c) Determine, a partir dos dados, o valor da constante de velocidade. (d) Use os dados para prever a velocidade de reação do experimento 4.

13.19 Os seguintes dados foram obtidos para a reação $\text{A} + \text{B} + \text{C} \rightarrow$ produtos:

Experimento	Concentração inicial (mmol·L ⁻¹)			Velocidade inicial (mmol·L ⁻¹ ·s ⁻¹)
	[A] ₀	[B] ₀	[C] ₀	
1	1,25	1,25	1,25	8,7
2	2,50	1,25	1,25	17,4
3	1,25	3,02	1,25	50,8
4	1,25	3,02	3,75	457
5	3,01	1,00	1,15	?

A velocidade inicial corresponde à perda de A. (a) Escreva a lei de velocidade da reação. (b) Qual é a ordem da reação? (c) Determine, a partir dos dados, o valor da constante de velocidade. (d) Use os dados para prever a velocidade de reação do experimento 5.

Figura 1.

Atividade inerente à exercício resolvido à direita (Feltre, 2004, p. 166) e exercício proposto à esquerda (Atkins & Jones, 2006, p. 618)

No que diz respeito a este trabalho, propusemo-nos a utilizar um caminho alternativo, na contramão do que é o mais comum no sistema didático vigente, mas com significado cognitivo elevado, principalmente a partir de uma atividade em um contexto ambiental. Depois, aplicamos uma experimentação com um tratamento matemático similar, que, no momento, já passou a ser um conhecimento prévio perpetrando uma transposição didática interna um tanto diferente a partir da mediação do professor.

A teoria antropológica do didático está alicerçada em três conceitos primitivos: os *objetos* (O), as *pessoas* (X) e as *instituições* (I). O primeiro conceito fundante abordado por Chevallard (1992) é o de objeto:

Os objetos ocupam, contudo, uma posição privilegiada: são o “material de base” da construção teórica considerada. Da mesma forma que, no universo matemático contemporâneo, fundado na teoria dos conjuntos, tudo é conjunto (os próprios números inteiros são conjuntos), assim também, no universo que estou a considerar, todas as coisas são objetos. As pessoas X e as instituições I, bem como as restantes entidades que serei levado a introduzir, são, pois, objetos de um tipo particular (p. 127).

Chevallard (1992) admite que, além dos conceitos mencionados, outros, como relações pessoais de sujeito e objeto e institucionais envolvendo instituição e objeto, são igualmente importantes na teoria antropológica do didático, sendo que um objeto somente passa a existir quando uma pessoa X ou instituição I o reconhece. Nesta perspectiva, “tudo é

objeto” e a Cinética Química, por exemplo, é um objeto do saber. Para Chevallard (1992), podemos, então, ampliar o conceito de didática e inserir a didática no seio da antropologia. Nessa direção, a didática das ciências e outras didáticas residem no campo que estuda o homem. Chevallard (1992) apresenta, no contexto da teoria antropológica do didático, a noção de objeto O, que, nesse caso, acrescenta-se à de conhecimento. Na perspectiva da teoria antropológica do didático, conhecer um objeto consistirá, tanto para uma pessoa como para uma instituição, em ter uma relação com o objeto.

Por conseguinte, se a pessoa X conhece o objeto O, deve existir uma relação R (X, O) entre ambos, e isso é análogo à instituição I, que, quando conhece o objeto O, também passa a existir uma relação $R_I(O)$. Chevallard (1992) nos indica que um objeto somente existe se for conhecido por pelo menos uma pessoa ou instituição; em nosso caso, nosso objeto configura-se nos saberes sábios e ensinado inerentes à Cinética Química.

O conceito de pessoa é definido a partir do par formado por um indivíduo X e pelo conjunto de suas relações pessoais com o objeto O, designada por R(X, O). Para Chevallard (1992), a pessoa X muda no decorrer do tempo, e essa mudança depende da modificação e da evolução de suas relações pessoais com os objetos, que, em nossa pesquisa, almeja modificações na própria formação acadêmica do professor no que tange a sua nova experiência com o saber e a didática e na aprendizagem do aprendiz.

O terceiro conceito primitivo apresentado por Chevallard (1992) relaciona-se às instituições. Para Chevallard, a exemplo do que ocorre com o conceito de objetos, o sentido do termo *instituição* ultrapassa o significado corrente da palavra. Nessa direção, a instituição pode ser quase o que quer que seja:

Uma escola é uma instituição, tal como o é uma sala de aula; mas existe igualmente a instituição “trabalho orientado”, a instituição “curso”, a instituição “família”. A vida cotidiana é uma instituição (num dado meio social), o mesmo acontecendo ao estado amoroso (numa dada cultura) etc. (Chevallard, 1992, p.129).

Para Chevallard (1992), os saberes constituem uma categoria especial de objetos que podem ser aprendidos e ensinados, porém não podem ser conhecidos sem ser aprendidos. Isso se reporta, em nosso caso, diretamente ao ensino de Cinética Química pelos pressupostos já elencados. Chevallard (1992) nos passa a ideia de que um objeto ou conjunto de objetos pode ser utilizado se ele for produzido. Segundo o autor, qualquer saber S associa-se a uma instituição denominada P(S), a instituição de produção de S. Assim, o saber é algo que se produz e se movimenta nas instituições. Nessa perspectiva, Chevallard (1999) propôs a noção de organização praxeológica como conceito-chave para estudar as

práticas institucionais relativas a um objeto do saber. A abordagem praxeológica é, então, um modelo para a análise da atividade humana institucional. Para o autor, há quatro dispositivos que a constituem e são interdependentes: tipos de tarefas, técnicas, tecnologias e teorias. Nesse trabalho, focar-nos-emos em suas definições e utilizações quando da análise praxeológica:

- 1) Uma tarefa (t) ou tipo de Tarefas (T) se expressa por um verbo, por exemplo: realizar um cálculo; desenvolver uma expressão que indique um fenômeno a partir de dados experimentais extraídos de uma literatura do saber sábio, executar uma medida de tempo em uma reação química; estudar uma teoria ou atentar para uma aula de um professor; elaborar uma modelagem inerente a um fenômeno climático ou a algum interferente de um estado ambiental em equilíbrio etc., que, quando aplicada à instituição classe de aula, constitui-se num problema que “é objeto natural da didática” (Chevallard, 1999, p. 223).
- 2) Dada uma tarefa (t) de um tipo de Tarefa (T), uma praxeologia relativa à t de T requer uma forma de realizar a tarefa t de T por uma técnica (τ), que corresponde ao ato de saber fazer ou à habilidade.
- 3) Um conjunto de instrumentos, métodos e técnicas que visam à resolução de tarefas constitui uma tecnologia. Chevallard (1999) defende que o termo que geralmente é indicado por θ é o discurso racional em relação à técnica (τ), consistindo em explicar, tornar inteligível, clarificar a técnica.
- 4) O discurso tecnológico, ou aparatos tecnológicos, está fundado em algum referencial teórico ou teoria (Θ). A teoria, segundo Chevallard (1999), dará sustentação à tecnologia e terá papel fundamental em relação à técnica, ocorrendo uma relação de interdependência entre técnica-tecnologia-teoria, suficiente em geral para dar conta da tarefa proposta. A teoria Cinética das Reações ou Cinética Química provê os métodos necessários para o entendimento das velocidades e mecanismos de reações.

Tendo em vista essas definições, desenvolvemos nosso trabalho. Na próxima seção, damos prosseguimento à discussão teórica.

A Teoria da Aprendizagem Significativa e a aplicação de subsunçores e outros facilitadores do ensino e aprendizagem

A Teoria da Aprendizagem Significativa, ao estabelecer o conhecimento prévio do

sujeito como referência, explicita claramente que este é elemento básico e determinante na organização do ensino. Segundo Ausubel et al. (1980): “Se eu tivesse que reduzir toda a psicologia educacional a um único princípio, diria isto: o fator singular que mais influencia a aprendizagem é aquilo que o aprendiz já conhece. Descubra isso e ensine-o de acordo” (p. x).

A aprendizagem significativa somente é possível quando um novo conhecimento se relaciona de forma substantiva e não arbitrária a outro já existente. Para que essa relação ocorra, é preciso que exista uma predisposição para aprender. Ao mesmo tempo, é necessária uma situação de ensino assinalada pelos aprendizes como potencialmente significativa, que leve em conta o contexto no qual o estudante está inserido e o uso social do objeto a ser estudado. Novak & Gowin (1996) propõem uma relação como uma reciprocidade entre professor e aluno envolvendo os materiais educativos, com o objetivo específico de compartilhamento de significados. Quando esse propósito é alcançado, o aluno está pronto para decidir se quer ou não aprender significativamente (Moreira, 1999, p. 37). O processo exige uma mediação humana do professor conhecedor dos significados aceitos e propostos para o ensino e pressupõe que o aprendiz, ao captar os significados indicados pelo professor, opta por uma aprendizagem significativa.

Nesse contexto, antes da proposta Matemática de determinação da velocidade de reação e da escolha didática dos facilitadores do ensino e aprendizagem, num primeiro momento, esta não poderia ser arbitrária como preconiza a teoria de Ausubel, mas sim deveria se dar de forma não literal, ou seja, substantiva. Isso poderia ser efetuado a partir de um tema introdutório que se reportasse a situações já vivenciadas pelos aprendizes e coerentes com suas realidades, uma vez que eles vivem geograficamente em uma região do Baixo Tocantins no estado do Pará/Brasil, em cujas proximidades situa-se um conglomerado de empresas beneficiadoras de bauxita para a extração do alumínio, que são fontes de agentes químicos também precursores de degradação ambiental atmosférica. Além disso, a depleção da camada de ozônio é assunto atual e de longa data relatado nos meios de comunicação como ação antropogênica potencialmente perigosa à manutenção da vida em nosso planeta.

Segundo Zuin et al. (2009), o ambiente em que vivemos, seja ele natural ou construído, oferece uma gama de tópicos que podem ser aplicados aos conteúdos programáticos dos Ensinos Fundamental e Médio, interligando as questões científica, tecnológica, social e ambiental, que, em muito, podem contribuir para o desenvolvimento de conceitos químicos e para a construção da cidadania. Uma alternativa para relacionar a aprendizagem significativa à Química é aplicar simultaneamente a abordagem CTSA, em que a sociedade é o ponto central do processo educativo, e o aluno é, antes de tudo, um cidadão que precisa desenvolver

habilidades, competências e criticismo. Nesse aspecto, a experimentação investigativa é fundamental para discutir como a ciência é construída e perceber suas limitações (Ferreira et al., 2010). A partir daí, o aprendiz poderá compreender que o conhecimento científico ou saber sábio não é uma verdade absoluta, mas sim uma permanente construção que, muitas vezes, necessita de rupturas conceituais e históricas para evoluir (Kuhn, 2006).

Na abordagem CTSA, o professor pode atuar de forma alternativa a um modelo tradicional de ensino, estruturando os conteúdos de Química em temas sociais. Um marco muito importante, que passou a considerar a compreensão do ambiente natural como fundamental para a Educação Básica, foi a inclusão da questão ambiental na Lei de Diretrizes e Bases da Educação Brasileira (LDB) n.º 9394/96. Nesse contexto, a utilização de problemáticas ambientais como facilitadoras do ensino e aprendizagem para a construção de cenários educacionais em Química embasa-se, segundo Pedrini (2000), no princípio de que não há ciência sem o homem, seu trabalho e a natureza, e de que os conteúdos e conceitos devem ser considerados instrumentais básicos para a compreensão da relação entre natureza, conhecimento e sociedade. Utilizamos também, neste trabalho, para a averiguação de habilidades e competências já existentes ou aperfeiçoadas anexadas às produções de relatórios experimentais as HQ e Mapas Conceituais como requisitos avaliativos do ensino e da aprendizagem.

As HQ podem propiciar aplicações lúdicas e linguísticas de grande valia para o ensino e a aprendizagem. Textos e imagens, que se encontram estáticos, podem representar uma realidade (fiel ou imaginária, real ou semirreal), que consegue, dessa forma, uma inserção/participação do leitor em sua narrativa (Quella-Guyot, 1994). Sugeriu-se aos grupos de aprendizes o desenvolvimento e construção das HQ utilizando o *site* Pixton Comics⁴.

Esse facilitador os levou a ampliar suas criatividade e capacidade de análise, síntese, classificação, habilidades, decisão e tantas outras atividades mentais que se fizerem necessárias a uma compreensão correta da narrativa e das situações criadas que notavelmente fazem parte de suas vivências e de seus contextos de vida, colocando, também, a possibilidade de criação artística de suas HQ de forma manual, porém atentando ao fato de que geralmente nem todos têm as habilidades para a produção de desenhos, o que, num *site*, confirmaria a produção coletiva. Mapas conceituais foram propostos por John Novak na década de 1970 e podem ser utilizados como ferramentas de ensino e aprendizagem e/ou de avaliação e, ainda, representar graficamente conceitos e suas relações.

⁴ Disponível na World Wide Web: <http://www.pixton.com/br/company>

Para Luckesi (2018), a verificação da aprendizagem ainda se dá predominantemente por meio do registro de notas, e a avaliação do ensino e da aprendizagem é conduzida de forma tradicional. Segundo Corrêa (2009), isso representa apenas uma perspectiva classificatória, e não pode ser visto como uma avaliação formativa e inclusiva. Nesse contexto, a avaliação formativa pode atuar como subsídio para possíveis intervenções e resolução de equívocos de aprendizagem. Para a execução de um ensino e de uma aprendizagem duradouros, verificamos que os mapas conceituais têm auxiliado professores e alunos na identificação de problemas e na construção do conhecimento, conforme Souza e Boruchovitch (2010).

Como ferramenta para a avaliação dos processos de ensino e aprendizagem, Novak (2003) afirma que o mapa conceitual, quando construído pelo aluno durante a elaboração de conceitos permite identificar ideias válidas e equívocos sobre determinado conhecimento, beneficiando o acompanhamento dinâmico da avaliação que, neste caso, é continuada. Portanto, é possível estabelecer de fato uma avaliação da aprendizagem, em vez de apenas realizar a verificação da aprendizagem, como salientado por Luckesi (2011) quando se refere a métodos tradicionais de ensino.

Logo, estes também foram acrescentados aos demais instrumentos avaliadores, de tal forma que a avaliação não se deu de uma maneira pontual, ou seja, com um único instrumento avaliativo.

Dentre os muitos exemplos de HQ produzidas pelos aprendizes, apresentamos uma em que a produção artística reporta conhecimentos oriundos das habilidades e competências desenvolvidas e adquiridas no decorrer do percurso de ensino e aprendizagem. No enredo desta HQ, construído pelos aprendizes, também há conhecimentos inerentes ao aquecimento global e dados cinéticos, principalmente no que tange ao tempo de ação do átomo de cloro que é em torno de 103 anos (Figura 2).



Figura 2.

HQ produzida por um grupo de aprendizes do curso de Manutenção e Suporte em Informática e produzida no feito no site Pixton Comics™ (Arquivo particular)

Além disso, um mapa conceitual, construído pelo mesmo grupo, apresentou a possibilidade de identificação de muitas ideias formalizadas durante as aulas e desenvolvidas pelos aprendizes, mas nos reporta um equívoco sobre o termo *Cinética Química*; os aprendizes a posicionam como “presente na depleção da camada de ozônio”, como se ela fosse também um agente antropogênico, fato que não condiz com ela, pois é uma teoria humana. Nesse mapa conceitual, voltamos de forma diagnóstica ao assunto e dialogamos processual e formativamente com o conhecimento, eliminando falsas concepções (Figura 3).

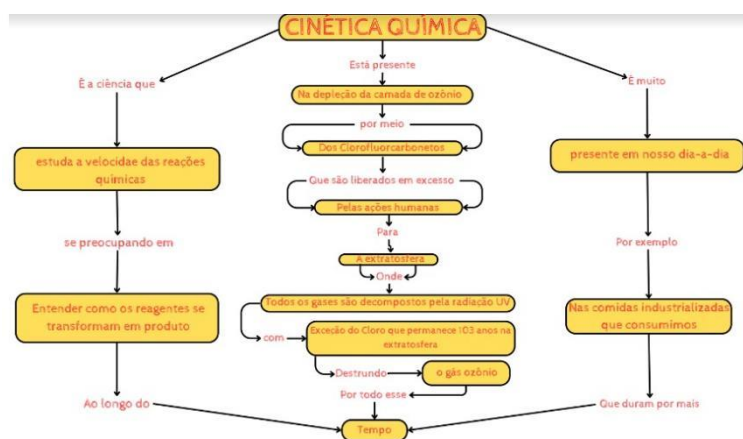


Figura 3.

Mapa conceitual produzido por um grupo de aprendizes do curso de Manutenção e Suporte em Informática

Sobre a nova realidade da transição do ensino presencial para o remoto, Tamashiro e Sant’Anna (2021, p. 15) afirmam que não se circunscreve apenas a uma preocupação metodológica. Há a urgência em se estruturar aulas *on-line* e à distância, deparando-se com uma diversidade assustadora de situações, que, no cotidiano escolar, passava despercebida.

Metodologia

O presente estudo resulta de uma pesquisa-ação em que os pesquisadores e participantes estão envolvidos na solução do problema de modo participativo e cooperativo na troca de informações. A abordagem é de cunho qualitativo, pois, ainda que os dados obtidos em alguns momentos tenham sido quantificados tanto pelos pesquisadores quanto pelos alunos, como os tratamentos dos cinéticos, a importância é dada a seu caráter formativo e, portanto, conscientizador, focado nas interpretações dos aprendizes e no acesso de docentes a esse material, podendo viabilizar mudanças de postura ante o ensino e a aprendizagem. Nesse ato de interpretar, buscamos a atribuição de significados aos fenômenos observados e coletados favorecendo o despertar, a motivação e a curiosidade do aprendiz diante de situações do

cotidiano referentes ao estudo da Cinética Química (Delizoicov & Angotti, 1990).

As atividades desenvolvidas foram planejadas em função do currículo presente nos PPC e colocadas em prática tanto do ponto de vista da exposição teórica a partir da abordagem CTSA quanto da experimental. Tivemos o cuidado de não interferir na escolha dos elementos participantes das equipes de trabalho, de tal forma que suas formações nos grupos fossem aleatórias e garantissem a confirmação ou não de nossas hipóteses (Cajueiro, 2012, p. 19). Os participantes envolvidos totalizaram 73 aprendizes do segundo ano do Ensino Médio integrado integrantes dos cursos de MSI, Informática e Edificações do Instituto Federal do Pará (IFPA), *Campus* Abaetetuba. Com eles, foram aplicadas as teorias de Yves Chevallard, no que tange à análise da Transposição Didática Externa (TDE) e Interna (TDI) respectivamente ao saber sábio e ao saber ensinado e à aplicação da noção de praxeologia, que nos permite um exame a partir de uma dimensão teórica do saber com sua dimensão prática (saber-fazer). Chevallard (2006) afirma que

[en] la teoría antropológica del didáctico no puede existir acciones humanas sin ser, al menos parcialmente, <<explicadas>>, hechas <<inteligibles>>, <<justificadas>>, <<contabilizadas>>, en cualquier estilo de <<razonamiento>> que pueda abrazar dicha explicación o justificación. La praxis, por tanto, implica el logos que, a su vez, implica volver a la praxis. En efecto, toda praxis requiere un apoyo en el logos porque, a la larga, ningún quehacer humano permanece sin cuestionar. Por supuesto, una praxeología podría ser deficiente, por ejemplo, por su <<praxis>> se compone de una técnica ineficaz - <<técnica>> es aquí la palabra oficial para designar una forma de <<saber hacer>> - y su componente <<logos>> conta casi completamente de puro sinsentido - ¡ al menos desde el punto de vista del praxeológico! (p.23).

No tange ao uso de facilitadores do ensino e aprendizagem, aplicou-se a Teoria da Aprendizagem Significativa de David P. Ausubel et al. (1980) ao currículo Cinética Química por meio de uma adequação da metodologia ativa sala de aula invertida. Isso porque o momento pós-lição de casa também era constituído por diálogos e exposições teóricas e práticas gerais dos temas físico-químicos e ambientais, dos tratamentos matemáticos, dos mapas conceituais, das histórias em quadrinhos e da experimentação, o que não ficou restrito a apenas se tirar dúvidas.

A utilização de plataformas tecnológicas midiáticas ficou, portanto, como uma herança do período pandêmico, o que constitui a multicanalidade (Tamashiro & Sant'Anna, 2021). Essas plataformas promoveram muitas facilidades à propagação de produções dos docentes e dos aprendizes. A plataforma de vídeo mais utilizada neste trabalho foi o YouTube, que é uma plataforma de vídeos *on-line* em que os usuários podem criar e compartilhar vídeos pela internet

bem como assistir a eles, porém o meio mais eficaz de envio antecipado de videoaulas para a inteiração dos aprendizes sobre o tema em questão e diálogos em sala de aula foi, de longe, o WhatsApp, que é um aplicativo para *smartphones* utilizado para troca de mensagens de texto instantaneamente, além de vídeos, fotos e áudios por meio de uma conexão à internet (Júnior et al., 2020, pag. 35).

O tema gerador que seria o gancho para o desenvolvimento da Cinética Química foi escolhido em função da dificuldade tanto dos aprendizes em entender e resolver situações-problema que envolvem Cinética Química quanto de professores em associar esse currículo a problemáticas ambientais por ser um conteúdo que envolve cálculos matemáticos e quase sempre distanciado das problemáticas reais vivenciados. As aulas foram, então, desenvolvidas de forma que viabilizassem o conteúdo antecipadamente em canal de vídeo e de uma rede social para os alunos que a preferissem. Na primeira aula formal, ocorreu um momento pedagógico com a apresentação da problematização (Delizoicov & Angotti, 1990); pelos diálogos gerados, favoreceu-se uma diagnose imediata dos conhecimentos prévios dos aprendizes sobre o tema gerador “Depleção ou degradação da Camada de ozônio”. Já nesse momento foram apresentados dados cinéticos e questionamentos de como estes foram obtidos por meio de perguntas aos aprendizes; caso estes não chegassem às respostas, de imediato o docente regente dialogava sobre suas formas tecnológicas de obtenção.

Nessa fase, desenvolveu-se um tratamento matemático, com uma sessão de exposição e diálogo que durou 100 minutos, correspondendo a 2 períodos. Em seguida, uma aula prática com a mesma duração foi realizada no laboratório, na qual se apresentou e desenvolveu a atividade experimental com tiosulfato de sódio pentahidratado e ácido muriático. Essa experiência proporcionou aos alunos uma compreensão prática de como realizar e calcular a cinética, favorecendo a geração de hipóteses por parte deles. Isso ficou evidente nos relatórios que os estudantes elaboraram após a aula prática.

Depois da aula prática, trabalhou-se em mais 2 momentos de 100 minutos para cada prática de resoluções de atividades inerentes às bibliografias de Ricardo Feltre e de Peter W. Atkins & Loretta Jones inerentes à Cinética Química, questionando os alunos sobre como os dados cinéticos são apresentados nessas obras e como nossa proposta de ensino e aprendizagem era diferente e pautada no caráter formativo, ambiental e social. Nesse ínterim, os aprendizes foram desafiados a criar suas HQ e seus mapas conceituais sobre os assuntos trabalhados, sendo esses facilitadores já familiarizados em suas práticas e avaliações com o docente regente, sendo somados às demais tarefas para a formalização de seus conceitos quantitativos.

Análise pormenorizada da TDE em tabelas do manual do ensino superior e do manual do Ensino Médio adotado nos Projetos Pedagógicos dos Cursos inerentes às turmas de Edificações, MSI e Informática

Neste tópico, que corresponde à análise segundo a Teoria da Transposição Didática (TTD) e no que tange à TDE do saber sábio *Cinética Química* em Química Geral, observado no Título *Princípios de Química - Questionando a Vida Moderna e o Meio Ambiente* (publicado pela Editora Bookman em 2006 e escrito por Peter W. Atkins e Loretta Jones) e do saber a ser ensinado no Título *Química. Físico-química. 2º Ano* (publicado pela Editora Moderna em 2004, de autoria de Ricardo Feltre), tomou-se como referenciais a observar o conceito de velocidade de reações químicas considerando os seguintes aspectos: 1) modo como o conceito é estruturado no texto do saber acadêmico e pré-requisitos; 2) localização do conceito no texto do saber; 3) modelos e teorias associadas ao conceito no domínio do saber acadêmico; 4) presença ou não de dados experimentais; 5) origem dos dados experimentais caso existam e, por último, a forma como se chegou a esses dados experimentais e a verificação se há adequações. Essas bibliografias estão disponíveis aos aprendizes no acervo bibliográfico do IFPA, *Campus Abaetetuba*.

Tabela 1.

Análise pormenorizada segundo a TDE do manual do ensino superior (Saber Sábio) Princípios de Química - Questionando a Vida Moderna e o Meio Ambiente (Atkins & Jones 2005, p. 577-624)

1ºAspecto	2ºAspecto:	3ºAspecto:	4ºAspecto:	5ºAspecto:
É apresentada a descrição das velocidades de reação química por expressões que predizem a composição de uma mistura de reação a qualquer instante e as etapas pelas quais as reações ocorrem. Tenta-se apresentar as velocidades de reação em nível atômico para explicar os mecanismos desta e em nível macroscópico. Os autores do livro afirmam que não há dependência de outros conhecimentos, mas que seria útil rever o modelo cinético dos gases, fato que, em verdade, não é suficiente, pois, claramente, há a necessidade de conhecimentos matemáticos e físicos, de Atomismo, de análises gráficas e de familiaridade com modelagens matemáticas.	O conceito de velocidade de reações químicas aparece apenas na seção “Cinética Química” (Cap. 13) da obra tratando da velocidade inicial ou instantânea de reação nas p. 581-582; velocidade de reação p. 577; e	Aplicação do modelo de medida de velocidade de reações a partir da relação entre concentração molar e tempo. Mecanismos de reação. Leis de velocidade. Modelo do estado estacionário aplicado às reações elementares e Reações em cadeia.	Há a presença de dados experimentais no decorrer do texto o que de fato é importante por estarem associados a sistemas reais.	Neste título, não há indicação de origem dos dados experimentais salvo. De dados ambientais, citam-se os artigos de origem nas p. 612-613. Também em nenhuma demonstração, atividade resolvida ou proposta se apresenta como os dados cinéticos foram trabalhados experimentalmente e produzidos. O texto apresenta poucas transposições e

velocidade média de reação (p. 578).	Modelos Moleculares envolvendo Energia de Ativação, Teoria das Colisões. Teoria do Complexo ativado e Catálise.	podem ser evidenciadas por exemplificações de modelos atômico-moleculares característico já de livros de meados da década de 1990.
--------------------------------------	---	--

Tabela 2.

Análise pormenorizada segundo a TDE do manual do ensino médio Química. Físico-química. 2º Ano (Feltre, 2004, p. 144-179)

1º Aspecto	2º Aspecto:	3º Aspecto:	4º Aspecto:	5º Aspecto:
É apresentada a descrição das velocidades de reação química por expressões que predizem a composição de uma mistura de reação a qualquer instante e as etapas pelas quais as reações ocorrem. Tenta-se dizer como as reações ocorrem. Discorre-se sobre os efeitos: das várias formas de energia sobre a velocidade das reações químicas, da concentração dos reagentes na velocidade das reações químicas e dos catalisadores na velocidade das reações químicas. Além disso, faz-se uma leitura sobre catalisadores automotivos. O autor do título não apresenta de forma direta se há dependência do tema com outros conhecimentos prévios; porém, claramente observamos uma dessincronização do saber, ou seja, textualização do saber em que o todo é estruturado em partes, e assuntos prévios são abordados no capítulo anterior de soluções. Não há modelagens no texto de caráter experimental.	O conceito de velocidade de reações químicas aparece apenas na seção “Cinética Química” (Cap. 04) da obra, tratando da velocidade média de uma reação química, porém, fazendo uma comparação com a Física, o que pode formar e falsas concepções aos aprendizes nas p. 145-149.	Aplicação do modelo de medida de velocidade de reações a partir da relação entre concentração molar e tempo. Mecanismos de reação. Leis de velocidade. Modelo do estado estacionário aplicado às reações elementares e Reações em cadeia. Modelos Moleculares envolvendo Energia de Ativação, Teoria das Colisões. Teoria do Complexo ativado e Catálise. O efeito da Concentração, eletricidade e da luz na velocidade das reações. Aplicação de Equações Exponenciais.	Não há a presença de dados experimentais no decorrer do texto, mas há um conjunto de atividades experimentais; porém, muitíssimo simples, que não promovem o entendimento sobre as muitas tabelas cinéticas encontradas no texto.	Não há indicação de origem dos dados experimentais. Também em nenhuma demonstração, atividade resolvida ou proposta se apresenta como os dados cinéticos foram trabalhados e produzidos. O texto apresenta muitas transposições podendo obliterar e provocar o surgimento de falsas concepções nos aprendizes como a comparação de conceitos com a Física. São evidenciadas exemplificações de modelos atômico-moleculares.

Tabela 3.

Análise pormenorizada segundo a TDI dos materiais facilitadores construídos em vídeo aulas para o ensino médio em Química segundo o assunto Geral Cinética Química. Físico-química. 2º Ano (Júnior, 2023)

1º Aspecto	2º Aspecto:	3º Aspecto:	4º Aspecto:	5º Aspecto:
É apresentada na videoaula a descrição das velocidades de reação química por expressões que predizem a composição de uma mistura de reação a qualquer instante e as etapas pelas quais as reações ocorrem. Tenta-se dizer como as reações ocorrem. Discorre-se sobre os efeitos: da concentração dos reagentes na velocidade das reações químicas e dos catalisadores na velocidade das reações químicas e uma aplicação de catalisador biológico, a catalase. O autor do título apresenta de forma direta a dependência do tema com outros conhecimentos prévios e posteriores, como os equilíbrios químicos. Há uma dessincronização do saber, ou seja, atualização do saber em que o todo é estruturado em partes alicerçado em conhecimentos prévios como os do estudo das grandezas químicas, soluções e funções inorgânicas já que também fazem parte da metodologia em diálogos em momento pós-licção de casa. Há muitos exemplos de modelagens inerentes ao texto de caráter experimental executadas no <i>software</i> Crocodile Chemistry com propostas bem claras e utilização de prática experimental coerente com a formação de conceitos fomentadores de habilidades e competências e a utilização da modelagem matemática. Há também atividades propostas em exercícios para entrega por meios digitais ou em sala de aula.	O conceito de velocidade de reações químicas aparece em toda a obra. Há o tratamento da velocidade média de uma reação química. Faz-se claramente a separação do conceito advindo da Química e do demonstrado na Física, ampliando essa ideia na narração para outros campos e impedindo obliterações e falsas concepções dos aprendizes.	Aplicação do modelo de medida de velocidade de reações a partir da relação entre concentração molar e tempo. Mecanismos de reação a partir de reação química de caráter ambiental. Leis de velocidade. Modelo do estado estacionário aplicado às reações elementares e reações em cadeia. Modelos Moleculares envolvendo Energia de Ativação, Teoria das Colisões, porém, na narração, faz-se um contraponto ao modelo, pois, de fato, as partículas interagem eletromagneticamente e não colidem como partículas pontuais, Catálise. Efeitos da concentração, da superfície de contato, temperatura, eletricidade e da luz na velocidade das reações. Explicação da Regra de Van't Hoff. Aplicação de Equações Exponenciais e linearização a	Há a presença de dados experimentais no decorrer do texto e a proposta para realizar um conjunto de atividades experimentais, de forma simples, porém, que promovem o entendimento sobre a formação de uma tabela de dados cinéticos e a formação de habilidades e competências para a realização de situações-problema mais complexas e interpretação desses dados.	Há indicação de origem dos dados experimentais nas atividades propostas e durante os processos de modelagem seja na parte escrita do material ou nos diálogos do narrador no vídeo aula. O texto apresenta muitas transposições sem possibilitar o surgimento de obliterações e falsas concepções nos aprendizes. São evidenciadas exemplificações de modelos atômico-moleculares.

partir de dados
reais.

Nas duas primeiras tabelas, observamos claramente que, ainda que esses autores já introduzam alguns temas transversais e modelos moleculares em suas abordagens, a prática do tecnicismo e da cultura do teste de conhecimentos reproduzíveis, fatos bem notados quando de suas consultas, de modo que as atividades não elencam situações problematizadoras. No título inerente ao Ensino Médio, o foco reside em concursos pré-vestibulares.

A obra em vídeo, inerente à terceira tabela, apresenta diálogos elucidativos e tira dúvidas exploradas pelo narrador, ainda que em monólogo; e há a utilização de facilitadores que levam à criação de hipóteses pelos aprendizes. Também se disponibilizam atividades em teste devido à própria exigência dos cursos, em seus PPC, de que conste a formação integral do Ensino Médio e preparativos para o Enem, porém de forma mais contextualizada.

Análise praxeológica das tarefas (T), técnicas (τ), tecnologias (θ) e teorias (Θ) inerentes ao percurso adotado pelo professor e realizado pelos aprendizes por conjunto de tarefas (T) inerentes às turmas de Edificações, MSI e Informática

O presente estudo busca explorar a aplicação e interação de diversas ferramentas e conceitos na aprendizagem. Nesta pesquisa, investigaremos como as tarefas, as técnicas, as tecnologias e as teorias se interligam e influenciam a trajetória educacional escolhida pelo educador, bem como a maneira como essas práticas são recebidas e executadas pelos alunos. O foco desta análise será especialmente voltado para os grupos de estudantes dos cursos de Edificações, MSI e Informática. Este estudo permitirá uma compreensão mais aprofundada da dinâmica educacional, fornecendo *insights* valiosos sobre os métodos de ensino mais eficazes e benéficos para a formação desses estudantes, considerando as particularidades de cada um desses campos.

Começamos pelo **primeiro conjunto de Tarefas (T)**. Foram desenvolvidas apresentações em formato *PowerPoint* pelo docente regente.



Figura 4.

Vídeo apresentações (Júnior, 2023)

Tabela 5.

Tarefas(T), Técnicas(τ), Tecnologias(θ) e Teorias(Θ) a serem utilizadas pelo saber-fazer docente

		Docente				
Tarefas (T)	t1	Transposição do saber sábio ao saber ensinado por meio do desenvolvimento de apresentações e vídeos com conteúdo sobre o tema e experimentações seguida do envio pelo WhatsApp.	t2	Arquivamento de vídeos em canal do YouTube	t3	Disponibilização dos vídeos em canal do YouTube durante o tempo mínimo de cinco dias.
Técnicas (τ)		Análise bibliográfica. Aplicações de técnicas de Química Analítica ao preparo do experimento, suas soluções e biossegurança. Manuseio do PowerPoint. Captura dos vídeos a partir das apresentações com o software aTube Catcher. Conversão do vídeo para o formato de áudio MP3 com o <i>software</i> Format Factory. Melhora do som em MP3 do vídeo original com o <i>software</i> Audacity. Preparação do vídeo a ser disponibilizado com a renderização por meio do <i>software</i> Sony Vegas. Particionamento do vídeo renderizado para vídeos menores para envio pelo WhatsApp. Manuseio de <i>smartphone</i> .		Manuseio de vídeos no canal Youtube		Arquivamento e disponibilização dos vídeos produzidos no período estipulado para estudo dos aprendizes.
Tecnologias (θ)	t3	Engajamento dos Alunos. Acesso a Recursos Educacionais. Colaboração e Comunicação. aprendizado personalizado e Preparação para o Futuro		Recursos educacionais e recurso áudio visuais		Colaboração ,comunicação e aprendizado personalizado
Teorias (Θ)	t4	Cinética das Reações Químicas. Ciência da computação. Química Analítica.		Ciência da computação		Ciência da computação

Tabela 6.

Tarefas(T), Técnicas(τ), Tecnologias(θ) e Teorias(Θ) a serem utilizadas pelo saber-fazer do aprendiz

		Discente	
Tarefas (T)	t1	Recebimento e apreciação das videoaulas pelos aprendizes em sala de aula invertida.	t2 Não foi necessária, porém o aprendiz que quisesse utilizar os vídeos do YouTube contabilizaria a tarefa t1.
Técnicas (τ)		Manuseio de <i>smartphone</i> .	Manuseio de vídeos no canal Youtube.
Tecnologias (θ)	t3	Acesso a Recursos Educacionais. Colaboração e Comunicação, aprendizado personalizado. Preparação para o Futuro.	Colaboração e Comunicação, aprendizado personalizado
Teorias (Θ)	t4	Cinética das Reações Químicas. Ciência da computação. Química Analítica tratada nos assuntos subsunçores soluções e estequiometria de reação.	Cinética das Reações Químicas. Ciência da computação. Química Analítica tratada nos assuntos subsunçores soluções e estequiometria de reação.

No que se refere ao **segundo conjunto de tipos de Tarefas (T)**, passadas a escolha da temática, a filmagem e a elaboração da experimentação, da confecção das apresentações, da gravação, da renderização e do particionamento para o envio pelo WhatsApp e publicação no YouTube, fomos para a quarta tarefa (t4) do docente e tarefa (t2) dos aprendizes (Tabela 7) que concernem ao diálogo em sala de aula sobre a degradação da camada de ozônio e a conscientização sobre sua proteção por meio do não uso de produtos à base de Clorofluorcarboneto (CFC) e a importância da diminuição da concentração dos clorofluorcarbonos para conter ou diminuir a velocidade de reação de depleção da camada, sendo essa fase demandada por subsunçores vistos pelos aprendizes como potencialmente significativos, o que constituiu uma transposição interna, segundo a TTD (Chevallard, 1999).

Tabela 7

Tarefas(T), Técnicas(τ), Tecnologias(θ) e Teorias(Θ) a serem utilizadas pelo fazer docente

		Docente	
Tarefas (T)	t4	Dialogar em sala de aula sobre a degradação da camada de ozônio e a conscientização sobre sua proteção por meio do não uso de produtos à base de CFC	
Técnicas (τ)		Exposição histórica da evolução da utilização dos CFC pelas indústrias e países	

	ricos ou emergentes. Comentário pormenorizado do surgimento e aumento do buraco na camada de ozônio.
Tecnologias (θ)	Relatórios científicos especializados de agências de vigilância da área.
Teorias (Θ)	Cinética das Reações Químicas. Química Ambiental Atmosférica. Química Analítica.

Tabela 8.

Tarefas(T), Técnicas(τ), Tecnologias(θ) e Teorias(Θ) a serem utilizadas pelo fazer do aprendiz

Docente		
Tarefas (T)	t1	Recebimento e apreciação das videoaulas pelos aprendizes em sala de aula invertida.
Técnicas (τ)		Manuseio de <i>smartphone</i> .
Tecnologias (θ)	t3	Acesso a Recursos Educacionais. Colaboração e Comunicação, aprendizado personalizado. Preparação para o Futuro. TDIC.
Teorias (Θ)	t4	Cinética das Reações Químicas. Ciência da Computação. Química Analítica tratada nos assuntos subsunçores soluções e estequiometria de reação.

O terceiro **conjunto de Tarefas (T)** contou com exposição do tratamento matemático inerente à modelagem matemática. Ele corresponde à tarefa (t5) do docente e à tarefa (t3) dos aprendizes.

Tabela 9.

Tarefas(T), Técnicas(τ), Tecnologias(θ) e Teorias(Θ) a serem utilizadas pelo fazer docente

Docente		
Tarefas (T)	t5	Apresentação do tratamento matemático.
Técnicas (τ)		Exposição em quadro branco. Utilização de tabelas com dados cinéticos envolvendo a degradação da camada de ozônio. Formação de lei de velocidade. Trabalho com constantes. Logaritmização. Utilização de calculadora científica. Linearização. Construção de Gráfico Cartesiano e utilização da relação trigonométrica Tangente de um ângulo para determinação da ordem de reação a partir dos triângulos formados.
Tecnologias (θ)		Propriedade de equações exponencias, logarítmicas, lineares e relações trigonométricas. Relações envolvendo funções. TIC.
Teorias (Θ)		Cinética das Reações Químicas. Ciência da Computação. Química Analítica tratada nos assuntos subsunçores soluções e estequiometria de reação. Álgebra Elementar.

Tabela 10.

Tarefas(T), Técnicas(τ), Tecnologias(θ) e Teorias(Θ) a serem utilizadas pelo fazer do aprendiz

Docente		
Tarefas (T)	t1	Apreciar e dialogar durante a exposição do docente sobre o tratamento matemático. Fornecer resultados logarítmicos. Fazer o gráfico cartesiano encontrando as tangentes nos triângulos formados.
Técnicas (τ)		Visualizar, ouvir e interagir em diálogo com contribuições e perguntas.
Tecnologias (θ)	t3	Propriedade de equações exponenciais, logarítmicas, lineares e relações trigonométricas. Relações envolvendo funções. TIC.
Teorias (Θ)	t4	Cinética das Reações Químicas. Ciência da Computação. Química Analítica tratada nos assuntos subsunçores soluções e estequiometria de reação. Álgebra Elementar.

Utilizamos os dados de concentração para as espécies Cl e O₃ obtidas experimentalmente segundo Atkins e Jones (2001), na seção “Cinética Química”. A tarefa (t5) do docente e a tarefa (t3) dos aprendizes se desenvolveram com a demonstração matemática passo a passo, que é uma das fases mais importantes deste trabalho e se deu também em sala de aula, com a utilização do quadro branco seguido dos diálogos explicativos e perguntas dos aprendizes, tal como descrevemos em seguida.

No **passo 1**, tomaram-se os dados para a constante cinética da reação, K1, em que se tem o valor experimental de $6,49 \times 10^6$ mol/L.s e a concentração do gás ozônio $[O_3] = 8 \times 10^{-11}$ mol/L, que são fixas à temperatura de 0°C e à altitude de 45 km. Os dados experimentais (Tabela 11) da concentração de cloro inerentes a diferentes momentos extraídos da atmosfera nas condições físicas citadas são apresentados em tabela com suas respectivas velocidades a partir dos dados de Atkins e Jones (2001):

Tabela 11

Dados de concentração e velocidade de reação (Atkins & Jones, 2001)

Concentração de cloro [Cl] a 0° c e a 45 km de altitude e mol/L	Velocidade da reação (V) em mol/L.s
30×10^{-14}	$1,56 \times 10^{-16}$
48×10^{-14}	$2,50 \times 10^{-16}$
64×10^{-14}	$3,32 \times 10^{-16}$
128×10^{-14}	$6,64 \times 10^{-16}$
384×10^{-14}	$2,00 \times 10^{-15}$

No **passo 2**, foram tratados os mecanismos de reação e a importância da etapa lenta da reação química, a determinante no *slide* nº 03 da apresentação nº 03. Uma vez que a equação da etapa lenta da reação também foi disponibilizada por intermédio de diálogo em vídeo e rerepresentada na conversa em sala de aula, a etapa do mecanismo de reação aceita para o

trabalho cinético é: $O_3(g) + Cl(g) \rightarrow ClO(g) + O_2(g)$ (01).

Podemos, dessa feita, aplicar a equação da lei de velocidade à equação (01) — na qual obtivemos $V = K_1.[O_3]^n.[Cl]^m$ (02) — também disponibilizada em apresentação PowerPoint e em vídeo no Youtube como facilitador do ensino e aprendizagem (Figura 5):

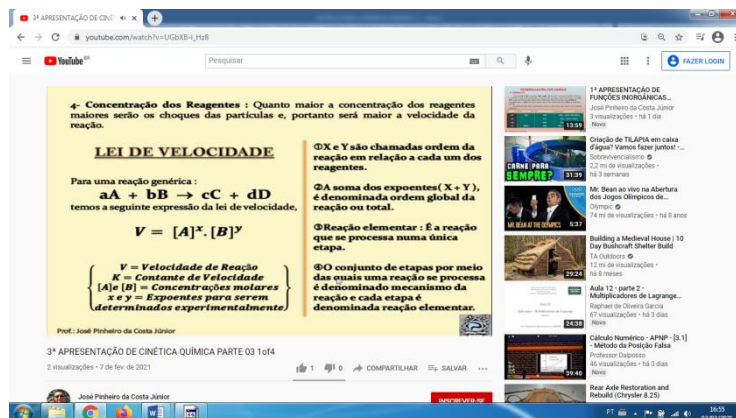


Figura 5

Vídeo apresentações (Júnior, 2023).

No **passo 3**, tomamos o produto $K_1.[O_3]^n$ como uma nova constante denominada K, pois a concentração de O_3 é praticamente constante à temperatura de $0^\circ C$ e à altitude de 45 km. A nova equação passou a ter esta forma: $V = K.[Cl]^m$ (03).

No **passo 4**, logaritizamos na base 10 (sendo esta etapa tratada minuciosamente aos aprendizes) e multiplicamos por (-1) em ambos os membros. Necessitávamos de logaritmos negativos por questões de formalismo. Foram observadas estas etapas:

Primeira: logaritmar em ambos os membros e aplicar as propriedades dos logaritmos à equação 03:

$$\log V = \log(K.[Cl]^m) \Rightarrow \log V = \log(K.[Cl]^m) \Rightarrow \log V = \log K + \log([Cl]^m)$$

$$\log V = \log K + m \log([Cl]) \quad (04)$$

Segunda: Multiplicar por (-1) a equação (04):

$$-\log V = -\log K + (-m \log([Cl])) \Rightarrow -\log V = -\log K + m.(-\log([Cl])) \quad (05)$$

Terceira: Fazer uma mudança para:

$$y = -\log V \quad (06); \quad b = -\log K \quad (07) \quad \text{e} \quad x = -\log([Cl]) \quad (08)$$

No **passo 5**, cuidamos de finalizar a dedução que nos indica o surgimento do coeficiente angular **m**, que nos levará a uma equação do primeiro grau do tipo, $y = b + mx$ (09), que é interessante e adequada ao entendimento dos aprendizes.

No **passo 6**, utilizamos uma calculadora científica de celular, ou, ainda, de uma tabela de logaritmos caso o professor desejasse aprofundar a Matemática para que se torne mais significativa. Chegamos aos valores em escala logarítmica na base 10 para os dados agora

apresentados na Tabela 11, conforme a Tabela 12:

Tabela 12.

Dados logaritimizados da concentração [Cl] e velocidade de reação (V) (Atkins & Jones, 2001)

$x = -\log[Cl]$	$y = -\log V$
12,52	15,80
12,32	15,60
12,20	15,48
11,90	15,18
11,41	14,70

No **passo 7**, momento de quase finalização, foi efetuada a colocação dos dados em um gráfico do tipo $y = -\log V$ na ordenada e $x = -\log[Cl]$ na abscissa. O mesmo gráfico foi plotado pelo docente a partir de uma planilha de Excel, o que é observado na Figura 6:

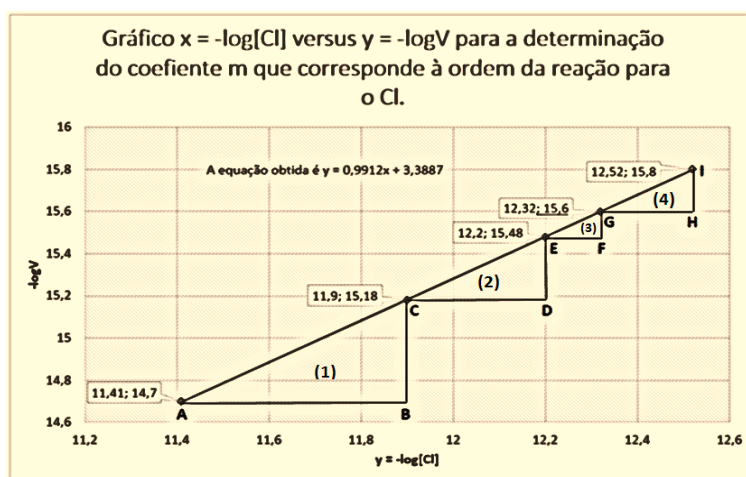


Figura 6

Gráfico adaptado com $-\log[V]$ contra $-\log[Cl]$ obtido com o programa Excel a partir dos dados da tabela 02 apresentando triângulos e que pode ser feito com uma régua

Os dados da equação do primeiro grau, com boa margem de aproximação, também foram tratados manualmente em uma tabela pelo viés do docente e dos aprendizes, . Estes indicaram os valores ao professor diretamente de seus cálculos na calculadora, encontrando o coeficiente angular médio por meio dos valores inerentes ao gráfico a partir dos triângulos A, B, C e D, segundo a Tabela 13:

Tabela 13.

Valores obtidos pelos lados dos triângulos 1,2,3 e 4 e suas respectivas tangentes matematicamente iguais às ordens de reação da reação de degradação da camada de ozônio

e pela aproximação a números inteiros

Triângulos	Medida dos lados AB, CD, EF e GH respectivamente	Medida dos lados BC, DE, FG e HI respectivamente	Razões entre o cateto oposto e o cateto adjacente que é igual a $\tan \alpha = m$
No triângulo (1)	11,90 – 11,41 = 0,49	15,18 – 14,70 = 0,48	0,48/0,49 = 0,979
No triângulo (2)	12,20 – 11,90 = 0,30	15,48 – 15,18 = 0,30	0,30/0,30 = 1,000
No triângulo (3)	12,32 – 12,20 = 0,12	15,60 – 15,48 = 0,12	0,12/0,12 = 1,000
No triângulo (4)	12,52 – 12,32 = 0,20	15,80 – 15,60 = 0,20	0,20/0,20 = 1,000

Os valores obtidos levam a uma média aritmética $M=(0,979+1+1+1)=0,994$, que está em muita proximidade com o valor obtido no Excel de 0,9912, que trabalha com o modelo de regressão linear, a qual não trabalhamos neste artigo por ser complexa demais. Também observamos uma grande proximidade com o valor experimental da ordem de reação desse experimento, que é 1, o que demandou uma transposição bem adequada do saber sábio ao saber ensinado. Esse valor 1 indica que, no ato do ataque dos átomos de cloro ao ozônio, torna-se necessário apenas um átomo de cloro para começar uma reação e abrir caminho para demais átomos de cloro. Isso demonstra claramente que, mediante o uso da modelagem, é favorecido o aprendizado dos aprendizes.

A equação $V = K_1.[O_3]^n.[Cl]^m$, fica então,

$$V = K_1.[O_3]^n.[Cl]^1 \quad (10)$$

No **passo 8**, tendo-se essa equação, que é a equação ou lei de velocidade da reação estudada, basta substituir os valores da tabela 1 e o valor de $K_1 = 6,49 \times 10^6$ mol/L.s para encontrar o expoente que corresponde à ordem da reação em relação ao O_3 . Poderíamos utilizar qualquer uma das linhas da Tabela 11; porém, vamos utilizar a linha que corresponde à primeira série de dados para substituir em $V = K_1.[O_3]^n.[Cl]^1$. Logo, teremos:

$$1,56 \times 10^{-16} = 6,49 \times 10^6 \cdot (8 \times 10^{-11})^n \cdot (30 \times 10^{-14})^1 \Rightarrow (8 \times 10^{-11})^n = 1,56 \times 10^{-16} / 194,7 \times 10^{-8}$$

$$(8 \times 10^{-11})^n = 8 \times 10^{-11}$$

$$\text{Logo, } n = 1$$

Isso leva à equação final:

$$V = K_1.[O_3]^1.[Cl]^1 \quad (11)$$

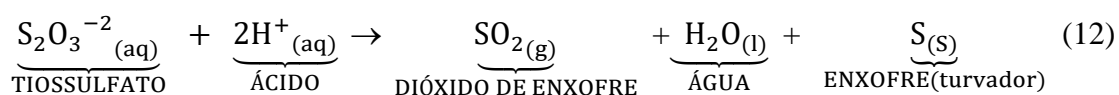
Por fim, temos o **passo 9, inerente à interpretação da equação obtida**. Os valores encontrados para m e n indicam que, se $m = 1$ e $n = 1$, são necessárias apenas uma molécula de cada reagente para que a degradação do ozônio comece, ou seja, é uma relação de 1 para 1 e de

primeira ordem para cada participante da reação. A ordem global da reação corresponde à soma dos expoentes, ou seja, 2.

Agora, a realização da tarefa (T06) do docente e da tarefa (T04) dos aprendizes, que corresponde a uma proposta de atividade experimental simples e barata com apresentação de resolução de uma das equipes

Como a reação de decomposição do ozônio é de difícil execução em laboratórios de ensino básico, ou até mesmo naqueles de faculdades com poucos reagentes e instrumentais, optamos por se realizar outra reação bem mais simples, uma vez que já havíamos discutido a problemática ambiental promovendo a EA na vertente da CTSA e estabelecido o entendimento matemático e químico sobre a determinação de ordens de reação e da equação de velocidade, que é nosso maior foco. O exemplo prático que melhor se adequou à proposta de ensino e que pode ser útil à formação docente e à potencialização da aprendizagem dos educandos no desenvolvimento de habilidades e competências foi a aplicação de uma reação química em um novo contexto, a qual demonstra que os dados cinéticos podem ser construídos sem mágicas e serem tratados matematicamente.

Nesse conjunto de tarefas (t) do docente e dos aprendizes, verificamos as tecnologias (θ) **Língua Vernácula** ou **Língua Portuguesa, Simbologia Química e Roteiros experimentais** e as Teorias (Θ) **Cinética das Reações Químicas, Química Analítica**, tratada nos assuntos subsunçores **Soluções e Estequiometria de Reação**. A reação foi entre os reagentes tiosulfato de sódio pentahidratado e ácido muriático encontrado em supermercados (ácido clorídrico, HCl) que interagem segundo a equação:



A reação foi efetuada e gravada durante três aulas de Química no laboratório multidisciplinar do IFPA, *Campus* de Abaetetuba, por alunos do segundo ano do ensino técnico e integrado dos cursos de MSI, Informática e Edificações, em 2023, sob a orientação de um dos professores desta pesquisa. Ressaltamos que essa atividade não necessita de aparatos tecnológicos modernos e caros. O procedimento experimental é descrito no próximo tópico e seguiu as medidas básicas de segurança.

Objetivos do procedimento experimental

- 1) Neste experimento, o objetivo é determinar a ordem de uma reação entre HCl e $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ em solução por meio da turvação provocada por enxofre sólido (S) com utilização do método já discutido anteriormente para a degradação da camada de

ozônio (Figura 7). Como materiais e reagentes, temos: 3 esquemas para servir de orientação conforme a Figura 7:

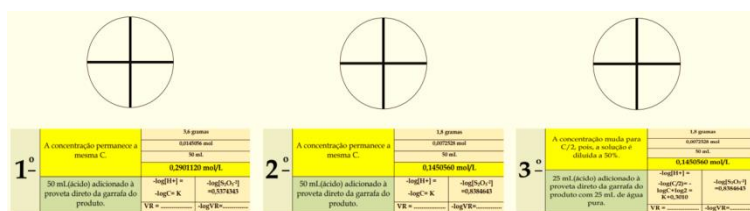


Figura 7.

Esquemas plastificados para suporte à reação

2) Tabela de composição de mols de reagentes utilizados e suas concentrações molares já apresentando os resultados de tempo obtidos a partir dos vídeos experimentais (Figura 8):

Experimentos	$[H^+]$ (mol/L) (Ácido muriático)	$[S_2O_3^{2-}]$ (mol/L) e $-\log[S_2O_3^{2-}]$	t(m) do experimento
①	50 mL de solução C mola/L de ácido muriático (retirada direto do frasco do ácido de supermercado sem modificações)	0,290120 mol/L e $-\log_0,290120 = 0,53743$	≈ 13,40 s
②	50 mL de solução C mola/L de ácido muriático (retirada direto do frasco do ácido de supermercado sem modificações)	0,145060 mol/L e $-\log_0,145060 = 0,838464$	≈ 23,40 s
③	25 mL de solução C mola/L de ácido muriático (retirada direto do frasco do ácido de supermercado sem modificações) e acrescentar 25 mL de água destilada em fica $[H^+] = C/2$	0,145060 mol/L e $-\log_0,145060 = 0,838464$	≈ 24,20 s

Tarefa: Plotar $(-\log V)$ contra $(-\log[X])$ para $[S_2O_3^{2-}]$ e $[H^+]$

Figura 8.

Tabela de composições das soluções, tempo de reação e seus logaritmos

- 3) 2 provetas ou frasco equivalente com medida de até 50 mL preferencialmente.
- 4) 2 ou 3 béqueres de 100 mL cada.
- 5) Soluções de HCl (muriático de supermercado sem se precisar saber a concentração e tomadas como C e C/2). Lembramos que a única tarefa na produção da concentração C/2 é diluir 25 mL do ácido original com 25 mL de água destilada, conforme a Tabela x, que apresenta os esquemas em cruz. Essa solução ácida pode ser encontrada em lojas de produtos para carros.
- 6) Soluções de $Na_2S_2O_3 \cdot 5H_2O$ preparadas na hora com massas e molaridades especificadas, conforme a Figura 7.
- 7) 1 frasco de um litro de água destilada.
- 8) 1 cronômetro digital (podemos utilizar o do celular dos discentes ou do professor) para a detecção do desaparecimento da cruz (+) embaixo do béquer com a mistura de ácido e tiosulfato de sódio pentahidratado, conforme o item 3.1.4, sendo que todos os

procedimentos envolvendo as reações estão descritos em vídeo.

Realização dos cálculos de velocidade de reação pós-atividade experimental

Nesse conjunto final de tarefas (T), houve a observação minuciosa dos vídeos experimentais. Com isso, constituímos as Tarefas (t14) do docente para diálogo com os aprendizes (Figura 9).

Equação da Reação: $S_2O_3^{2-}(aq) + 2H^+(aq) \rightarrow SO_2(g) + H_2O(l) + S(s)$

1º EXPERIMENTO: Tarefa de fazer o cálculo da velocidade nº 01!
 Para a velocidade do $S_2O_3^{2-}$ faremos o cálculo. Vale lembrar que ele é o limitante.
 $V_{reação} = \frac{-\Delta[S_2O_3^{2-}]}{\Delta t} = \frac{0,2901120}{12,40 s} = 0,02339611 \Rightarrow V_{ÁCIDO} = 0,04679225 \text{ mol/L.s}$

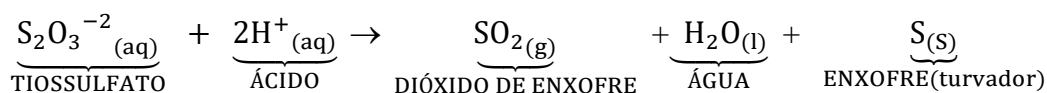
2º EXPERIMENTO: Tarefa de fazer o cálculo da velocidade nº 02!
 Para a velocidade do $S_2O_3^{2-}$ faremos novamente o cálculo:
 $V_{reação} = \frac{-\Delta[S_2O_3^{2-}]}{\Delta t} = \frac{0,1450560}{23,40 s} = 0,00619897 \Rightarrow V_{ÁCIDO} = 0,01239794 \text{ mol/L.s}$

3º EXPERIMENTO: Tarefa de fazer o cálculo da velocidade nº 03!
 Para a velocidade do $S_2O_3^{2-}$ faremos novamente o cálculo:
 $V_{reação} = \frac{-\Delta[S_2O_3^{2-}]}{\Delta t} = \frac{0,1450560}{24,20 s} = 0,00599404 \Rightarrow V_{ÁCIDO} = 0,01198809 \text{ mol/L.s}$

Figura 9.

Cálculos cinéticos

Nesse caso, não existe a necessidade de utilizar a metodologia para a determinação da ordem de reação com relação ao ácido, pois o tempo nos dois últimos experimentos é praticamente igual. Logo, a inclinação para os experimentos em relação ao H^+ é aproximadamente igual a zero (0). Tomando novamente a equação (12), representada por:



podemos inferir a seguinte equação de velocidade:

$$V = K_1 \cdot [S_2O_3^{2-}]^1 \cdot [H^+]^0 \quad (13)$$

Isso demonstra claramente que nem sempre os coeficientes estequiométricos correspondem às ordens de reação.

Resultados e discussões

A avaliação de nosso caminho educacional destacou que a Cinética Química, mesmo sendo uma matéria bastante abstrata devido a seus formalismos físico-químicos e matemáticos, pode ser ensinada mediante uma investigação profunda do conhecimento acadêmico e transposições didáticas efetivas. Esse conteúdo pode ser transmitido utilizando metodologias alternativas para descobrir as ordens de reação, baseadas em problemas ambientais reais, como a degradação da camada de Ozônio, de acordo com a abordagem CTSA. Adicionalmente, temos

o recurso a um tratamento matemático alternativo. Ele se baseia fundamentalmente no uso de triângulos e tangentes, pode auxiliar na determinação das ordens de reação, tal como foi evidenciado pelos cálculos apresentados pelos alunos do segundo ano do curso de MSI.

Em seus trabalhos, os estudantes, assim como os de outras turmas envolvidas, utilizaram valores aproximados de 12,5s, 25s e 25s. Isso não comprometeu o ensino e a aprendizagem nem a confiabilidade da metodologia científica, mostrando que é possível abordar tópicos complexos de maneira acessível e eficaz.

A investigação-ação promoveu os protagonismos docentes na busca por facilitadores do ensino do ponto de vista da realização de atividades com materiais e técnicas simples e dos aprendizes na realização de pesquisas sobre tecnologias (θ) e teorias (Θ) a partir das técnicas (τ), conforme a elaboração de cálculos refinados e bem escritos no *site* Canva, que é uma ferramenta gratuita de *design* de apresentações, vídeos e posts segundo o apresentado nas Figuras 10 e 11:

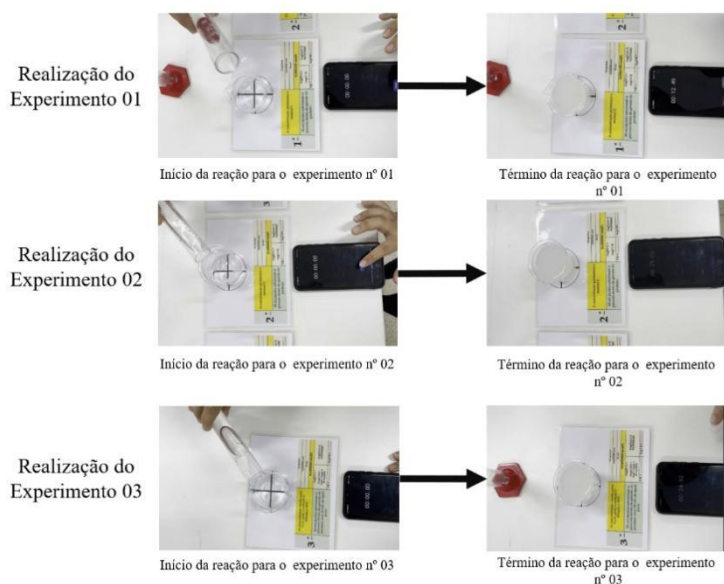


Figura 10.

Reações químicas com os tempos aproximados de reação medidos

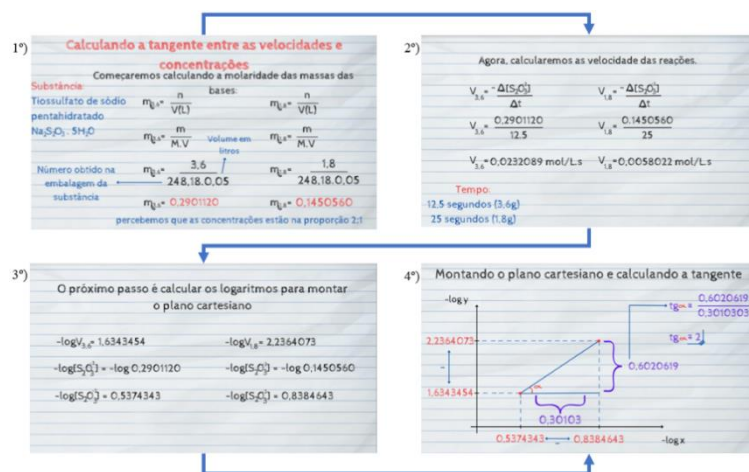


Figura 11.

Cálculos cinéticos (Elaborada pelos alunos do 2º ano de MSI)

Logo, o ato de se saber-fazer inerente ao dueto tarefa-técnica é corroborado pela fala de Freire (2002): “Saber ensinar não é transferir conhecimento, mas criar as possibilidades para a sua própria produção ou a sua construção” (p. 37).

Considerações finais

A avaliação e a autoavaliação dos trabalhos revelaram a existência de uma articulação significativa entre o cotidiano dos alunos e o conteúdo ensinado, além da interdisciplinaridade entre Matemática e Química. Essa ligação se mostrou essencial para a compreensão das Ciências da Natureza e foi extremamente valiosa para a aprendizagem dos estudantes.

Foi possível observar que lacunas no entendimento e uso de conceitos como gráficos cartesianos, logaritmos, cálculos algébricos, uso de calculadoras científicas, trigonometria básica e até trabalhos com equações exponenciais foram preenchidas. Esses resultados reforçam a ideia da Teoria Antropológica do Didático (TAD), que enfatiza a importância de conectar o conhecimento científico com o saber cotidiano dos alunos, a fim de proporcionar um aprendizado mais significativo.

Além disso, a adoção de uma abordagem de ensino diagnóstica, contínua e processual, que dá “vida” aos tópicos e realiza transposições didáticas adequadas, ressalta a relevância do “contrato didático” da TAD. Isso confirma a ideia de que os alunos valorizam professores que não apenas possuem habilidades de ensino, clareza e boa gestão de aula, mas também mostram interesse por seus alunos, são protetores, amigáveis e respeitam seus sentimentos (Hart, 1934; Leeds, 1954 apud Ausubel, 1980, p. 420). Esse aspecto alinha-se à dimensão praxeológica da TAD, que se refere à relação entre os conhecimentos teóricos e as práticas sociais no ambiente educacional.

Referências

- Ausubel, D. P. et al. (1980). *Psicologia educacional*. Interamericana.
- Atkins, P., & Jones, L. (2001). *Princípios de Química - Questionando a Vida Moderna e o Meio Ambiente*. Bookman.
- Atkins, P., & Jones, L. (2006). *Princípios de Química - Questionando a Vida Moderna e o Meio Ambiente*. Bookman.
- Cajueiro, R. L. P. (2012). *Manual para a elaboração de trabalhos acadêmicos: guia prático do estudante*. Vozes.
- Chassot, A., & Oliveira, R. J. de. (2018). *Alfabetização científica: questões e desafios para a educação*. Editora Unijuí.
- Chevallard, Y. (1991). *La transposición didáctica: Del saber sábio al saber enseñado*. Aique.
- Chevallard, Y. (1996). Conceitos fundamentais da didática: as perspectivas trazidas por uma abordagem antropológica. In J. Brun (org.), *Didactica das Matemáticas* (pp. x-y). Lisboa. Instituto Piaget, 1992.
- Chevallard, Y. (1999). El análisis de las prácticas docentes en la teoría antropológica de lo didáctico. *Recherches em Didactique des Mathématiques*, 19(2), 221-226.
- Chevallard, Y. (2006). Steps towards a new epistemology in mathematics education. In M. Bosch *Proceedings of the 4th Conference of the European Society for Research in Mathematics Education (CERME 4)*. Erme
- Corrêa, R. R. (2009). *Avaliação Formativa: O Mapa Conceitual na Autorregulação da Aprendizagem* [Dissertação de Mestrado em Educação da Universidade Estadual de Londrina]. <http://www.bibliotecadigital.uel.br/document/?code=vtls000152713>
- Cortelazzo, A. L. (2018). *Metodologias Ativas e Personalizadas de Aprendizagem*. Alta Books.
- Delizoicov, D., & Angotti, J.A.A. (1990). *Metodologia do ensino de ciências*. Cortez.
- Ferreira, L. H., Hartwig, D. R., & Oliveira, R. C. (2010). Ensino Experimental de Química: Uma abordagem investigativa contextualizada. *Química Nova na Escola*, 32(2), 101-106. http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc32_2/08-PE-5207.pdf
- Feltre, R. (2004). *Química. Físico-química. 2º Ano*. Moderna.
- Freire, P. (2002). *Pedagogia da autonomia. Saberes necessários à prática educativa*. Paz e terra.
- Hoffmann, J. (2019). *Avaliação: Mito & desafio*. Mediação.
- Júnior, J. P. C. (2023). *José Pinheiro da Costa Júnior*. <https://www.youtube.com/@josepinheirodacostajunior4816/about>
- Júnior, J. P. C. et al. (2020). *Projeto Compartilhamento de experiências e práticas na produção de layouts em apresentações, edição de áudio, fragmentação de vídeos para aplicativos, vídeo aulas, simulações em softwares livres e comerciais no ensino presencial remoto e híbrido*. RFB Editora.
- Júnior, J. P. C. (2017). *Educação ambiental segundo a abordagem ciência tecnologia-sociedade e ambiente (CTSA): utilização de problemáticas ambientais como suporte metodológico para construção de cenários educacionais em Química* [Dissertação de Mestrado em Engenharia do Ambiente, Universidade de Trás-Os-Montes e Alto Douro]. <https://repositorio.utad.pt/handle/10348/8254>

- Justi, R. S., & Ruas, R. M. (1997). Aprendizagem de química: reprodução de pedaços isolados de conhecimento? *Química Nova na Escola*, 5, 24-27. <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc05/pesquisa.pdf>
- Kaya, E., & Geban, Ö. Facilitating Conceptual Change in Rate of Reaction Concepts Using Conceptual Change Oriented Instruction. *Education and Science*, 37, 225-226. <http://egitimvebilim.ted.org.tr/index.php/EB/article/viewFile/1169/349>
- Kuhn, T. S. (2006). *A Estrutura das revoluções científicas*. Perspectiva.
- Lei nº 9394/96. (1996). Estabelece as diretrizes e bases da educação nacional. https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L9394.htm
- Luckesi, C. C. (2018). *Avaliação da aprendizagem escolar: estudos e proposições*. Cortez.
- Moreira, M. A. (1980). Mapas conceituais como instrumentos para promover a diferenciação conceitual progressiva e a reconciliação integrativa. *Ciência e Cultura*, 32, 474-479. <https://www.if.ufrgs.br/~moreira/mapasport.pdf>
- Moreira, M. A. (1999). A Teoria de Ausubel. In M. A. Moreira, *Aprendizagem Significativa*. Editora UnB.
- Novak, J. D. (2003). *The Theory Underlying Concept Maps and How to Construct Them*. Institute for Human and Machine Cognition, University of West Florida.
- Novak, J. D., & Gowin, D. B. (1996). *Aprender a aprender*. Plátano Edições Técnicas.
- Pedrini, A. G. (2000). Trajetórias da Educação Ambiental. In A. G. Pedrini (org.). *Educação ambiental: reflexões e práticas contemporâneas*. Vozes.
- Quella-Guyot, D. (1994). *A História em Quadrinhos*. Unimarco Editora.
- Reigota, M. (2016). *O que é Educação Ambiental?* Brasiliense.
- Souza, N. A., & Boruchovitch, E. (2010). Mapas Conceituais e Avaliação Formativa: Tecendo Aproximações. *Educação e Pesquisa*, 36(3), 795-810. <https://www.scielo.br/pdf/ep/v36n3/v36n3a10>
- Tamashiro, C. B. O., & Sant'Anna, G. J. (2021). *Desenvolvimento de Aulas práticas no ensino remoto e híbrido*. Expressa.
- Thiollent, M. (2011). *Metodologia da Pesquisa-Ação*. Cortez.
- Veiga, I. P. A. (1991). *Técnicas de Ensino: Por que não?* Editora Papirus.
- Verret, M. (2006). *Le temps des études* [Tese de Doutorado, Université de Lille III]. https://books.google.com.br/books?id=2hEFAAAAMAAJ&hl=pt-BR&source=gbs_book_other_versions
- Zabala, A., Arnau, L. (2019). *Como Aprender e Ensinar Competências*. Artmed.
- Zuin, V. G. et al. (2009). O emprego de parâmetros físicos e químicos para a avaliação da qualidade de águas naturais: uma proposta para a educação química e ambiental na perspectiva CTSA. *Química Nova na Escola*, 31(1), 3-8. http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc31_1/02-QS-5507.pdf