

Da Organização Matemática à Organização Química: uma visão sobre o conteúdo Cinética Química

From the Mathematical Organization to the Chemical Organization: a view into the content Chemical Kinetics

Priscila do Nascimento Silva

EREM Dom Sebastião Leme
priscilnascimento@yahoo.com.br

José Euzébio Simões Neto

Universidade Federal Rural de Pernambuco
euzebiosimoes@gmail.com

Anna Paula de Avelar Brito Lima

Universidade Federal Rural de Pernambuco
apbrito@gmail.com

Resumo

A Teoria Antropológica do Didático se configura em uma ampliação da noção de Transposição Didática e estuda o professor diante de situações de ensino, quando não apenas o saber é colocado como objeto de estudo, mas também a prática do professor associada ao saber transposto. Assim, ela permite uma compreensão mais ampla do que acontece intramuros da sala de aula. Utilizamos como base as perspectivas das correntes filosóficas, a saber, racionalismo e empirismo a fim de embasarmos o que os diferentes elementos da organização praxeológica representam para o ensino de Química, uma vez que a TAD surge no âmbito da Didática da Matemática francesa. Por meio dessa pesquisa foi possível realizar um delineamento *a priori* em manuais de ensino, com o intuito de observar de forma detalhada esses elementos da praxeologia e, a partir daí, realizar inferências sobre a organização Química do Conteúdo de Cinética Química.

Palavras chave: Teoria antropológica do didático, organização química, cinética química.

Abstract

The Anthropological Theory of Didactics is configured in an expansion of the notion of Didactic Transposition and studies the teacher in the face of teaching situations, when not only knowledge is placed as an object of study, but also the practice of the teacher associated with the transposed knowledge. Thus, it allows a broader understanding of what happens within the classroom. We use as a basis the perspectives of philosophical currents, namely, rationalism and empiricism in order to support what the different elements of the praxeological organization represent for the teaching of Chemistry, since TAD arises within the scope of the Didactics of French Mathematics. Through this research it was possible to carry out an *a priori* design in teaching manuals, in order to observe in detail these elements of

praxeology and, from there, make inferences about the Chemical organization of the Chemical Kinetics Content.

Key words: Anthropological Theory of Didactics, Chemical Organization, Chemical Kinetics.

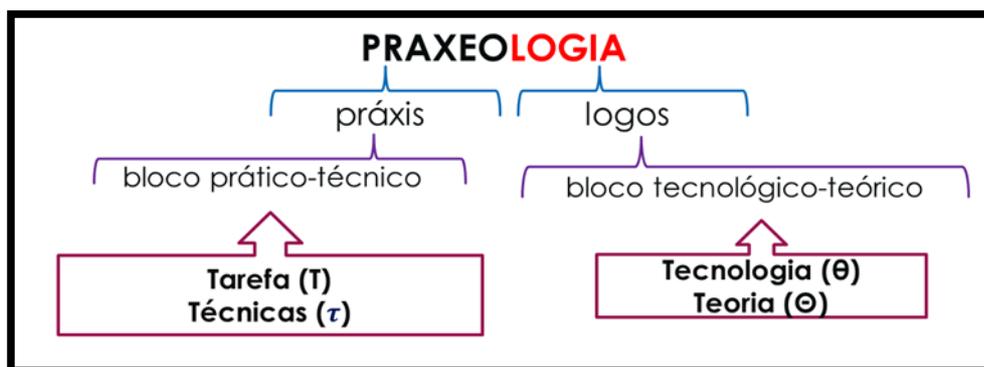
Introdução

A Teoria Antropológica do Didático (TAD) surge na Didática da Matemática francesa como ampliação da noção de Transposição Didática, que permite uma compreensão didática e epistemológica da formação do saber em três esferas, saber sábio, saber a ser ensinado e saber ensinado, buscando explicar a forma como eles são transformados durante a mudança de instituição. A TAD surge para estudar o professor diante de situações de ensino, quando não só o saber é objeto de estudo, mas a prática do professor associada ao saber. Ela permite uma compreensão mais ampla do que acontece intramuros da sala de aula, de toda a Ecologia que contempla esse complexo espaço, permitindo uma análise por meio de elementos da praxeologia.

A TAD traz a concepção da matemática como uma atividade humana, permitindo uma visão antropológica desse campo. Como fruto da atividade dos indivíduos, ela existe na sociedade, e pode ser estudada a partir de um contexto ecológico: o saber matemático vive numa dada ecologia, e nela evolui. De forma mais ampliada, podemos pensar que essa ideia também está relacionada a outros campos, como as Ciências, pois apesar da TAD ter surgido no âmbito da Didática da Matemática, não há restrições para utilização em outros campos do conhecimento (MACHADO, 2011). Nosso objetivo nesse estudo é propor esse olhar antropológico voltado para o ensino de Química.

Toda atividade humana está estruturada em quatro elementos básicos: tarefa (**T**), técnica (τ), tecnologia (θ) e teoria (Θ), que são norteadores da atividade humana, quando coloca em ação um conjunto de elementos que organizam e estruturam a prática humana [**T**, τ , θ , Θ], que Chevallard (1999) nomeou de **praxeologia**, ver figura 1.

Figura 1: Organização praxeológica da TAD.



Fonte: Própria.

Os **tipos de tarefas (T)** se fundamentam num princípio antropológico, que para que se estabeleça, o objeto precisa estar bem definido. A tarefa é como uma voz de comando, explicitação do deve ser feito, expressa por um verbo, que determina o gênero da tarefa e

representa a ação: calcular, determinar, elaborar. Como resolver a tarefa, motor gerador de uma praxeologia, está associado a uma **técnica**, que vem com o objetivo de ser o meio para realização da ação. Segundo Chevallard (1998), uma praxeologia relativa a um tipo de tarefa **T** necessita de uma técnica τ associada. Já a **tecnologia** (θ) tem a finalidade de explicar e justificar a técnica τ de maneira racional. Desta forma, o discurso tecnológico contém afirmações que podem conter explicações que num determinado nível faz surgir outro elemento, a **teoria** Θ , que “refere-se a um conjunto mais abstrato de conceitos e argumentos dispostos em um discurso geral que justifica a tecnologia em si” (MERTENSEN, 2011, p.218).

Para Barbosa e Lins (2010, p. 5) “a organização matemática é elaborada em torno de uma noção, ou conceito, inerente à própria matemática”. Parafrazeando, podemos dizer que, mediante o exposto, é possível afirmar que a organização Química é elaborada em torno de uma noção, ou de um conceito, inerente à própria Química. Sendo assim, os elementos da praxeologia se tornam satisfatórios na modelização dessa organização.

Ao analisarmos a construção do conhecimento matemático numa perspectiva filosófica, desde Platão até o presente, observaremos que a vertente racionalista dos séculos XVII e XVIII, tem grande influência no Ensino da Matemática até os dias atuais. O racionalismo é um posicionamento epistemológico que acredita que a razão é a fonte principal de todo conhecimento humano (HESSEN, 1980). No entanto, embora também relacionado ao racional, o conhecimento associado as Ciências da Natureza, possuem uma tradição fundamentalmente empirista, vertente que preconiza uma ciência sustentada pela observação e pela experimentação, com a fonte do conhecimento externa ao homem, que precisa busca-la.

Apesar da Matemática e da Química partirem de naturezas epistemológicas diferentes, ambas se constituem, enquanto campo de conhecimento, com aproximações e distanciamentos, conforme tabela 1.

Tabela 1: Aproximações e distanciamentos entre a Matemática e a Química

	Aproximações	Distanciamentos
Matemática	<ul style="list-style-type: none"> - Representações pictóricas; - Caráter conceitual e teórico; - Caráter abstrato; - Podem ser questionadas. 	<ul style="list-style-type: none"> - Natureza Racionalista - Método Dedutivo - Princípios racionais e lógicos - Linguagem específica - Uso de algoritmos
Química	<ul style="list-style-type: none"> - São construções humanas; - Relações com o cotidiano; - Aplicação em diferentes contextos. 	<ul style="list-style-type: none"> - Natureza Empírica - Método Indutivo - Ciência sensorial - Criação de Leis e Teorias a partir da Observação - Linguagem específica

Mesmo a Matemática e a Química possuindo elementos que as aproximam em alguns pontos, a natureza dessas ciências é distinta. Com isso, defendemos que, mesmo a TAD possibilitando a realização de uma investigação praxeológica para além da matemática, as diferentes organizações se estruturam em elementos que são inerentes à própria Ciência, ou seja, guardam consigo uma especificidade típica daquela área. Isso nos remete aos níveis de codeterminação (CHEVALLARD, 2002), que definem a relação entre as organizações

Matemática e Didática, situando um determinado saber em escalas hierárquicas. Tal proposição reafirma a ideia de que cada campo de saber possui uma forma própria de organização, desde sua natureza civilizatória, até o nível da questão apresentada para um dado aluno.

Sendo assim, acreditamos também que os elementos praxeológicos que regem a TAD funcionam a partir de perspectivas diferentes, em diferentes áreas. Por isso pensamos na proposição de uma Organização Química, que envolve toda uma conjuntura que perpassa sua natureza e os moldes pelos quais estes foram criados, fazendo com que o nosso olhar também seja diferente. Como os elementos da Organização Praxeológica são influenciados pela TAD na perspectiva Matemática, uma vez que o homem constrói trajetórias para conhecer e explicar os fenômenos, pretendemos justificar os elementos da organização praxeológica, com o intuito de apresentar o que estas representam na perspectiva de estudo da Matemática e da Química. Algumas características de cada elemento estão listadas na tabela 2.

Tabela 2: Características dos elementos para Matemática e Química

Elemento	Matemática	Química
Tarefas (t)	Exigem um pensamento racional, lógico e algorítmico; Exigem formalização e organização do problema por meio da matematização; Exigem a identificação de regularidades e padrões.	Exigem um pensamento de natureza empírica, simbólica e/ou representacional e microscópico; Exigem uma compreensão da natureza dos conceitos químicos, procedimentos e suas relações; Exigem interpretação e explicação/argumentação de um determinado fenômeno químico.
Técnicas (τ)	Calcular operações fundamentais e complexas; Medir e comparar grandezas; Modelizar fenômenos sociais e naturais; Construir e analisar gráficos e tabelas; Ordenar números. Generalizar padrões; Demonstrar propriedades e teoremas.	Observação sistemática dos fenômenos; Relacionar fenômenos microscópico ao macroscópico; Analisar gráficos e diagramas e interpretá-los; Calcular problemas que exigem resultados quantitativos; Explicar/argumentar/justificar; Equacionar reações químicas; Descrever e Investigar.
Bloco tecnológico/teórico (θ/Θ)	“A BNCC orienta-se pelo pressuposto de que a aprendizagem em Matemática está intrinsecamente relacionada à compreensão [...] de significados dos objetos matemáticos, sem deixar de lado suas aplicações. Desse modo, recursos didáticos como malhas quadriculadas, ábacos, jogos, livros, vídeos, calculadoras, planilhas eletrônicas e softwares de geometria dinâmica	“Os conhecimentos conceituais permitem aos estudantes investigar, analisar e discutir situações-problema que emergem de diferentes contextos socioculturais, além de compreender e interpretar leis, teorias e modelos, aplicando-os na resolução de problemas individuais, sociais e ambientais. Dessa forma, os estudantes podem reelaborar seus próprios saberes

	têm um papel essencial para a compreensão e utilização das noções matemáticas (BRASIL, 2018, p. 276).	relativos a essas temáticas, bem como reconhecer as potencialidades e limitações das Ciências da Natureza e suas Tecnologias” (BRASIL, 2018, p. 548).
--	---	---

Acreditamos que essa distinção nos ajuda a visualizar com mais clareza alguns dos elementos para caracterizar e diferenciar a Organização Matemática da Organização Química.

Metodologia

Esse trabalho se configura em um recorte de uma pesquisa mais ampla de Mestrado Acadêmico, defendida em 2019. Considerando o exposto na introdução, realizamos um delineamento *a priori* para a organização Química do conteúdo Cinética Química.

Foram consideradas os livros pertencentes as quatro coleções aprovadas pelo Programa Nacional do Livro Didático (PNLD de 2015). Para cada uma das coleções, destacamos o capítulo referente a Cinética Química e selecionamos dez questões de cada obra, considerando os tópicos velocidade das reações químicas, teoria das colisões e fatores que influenciam a velocidade da reação. A escolha das questões se deu a partir de leitura detalhada dos enunciados, buscando selecionar as que apresentassem uma maior diversidade de proposta para resolução das tarefas, para podermos analisar um número maior de questões não similares entre si. Para esse trabalho, no entanto, das 40 questões selecionadas, escolhemos cinco, de forma aleatória, uma vez que não seria possível apresentar aqui todos os resultados obtidos.

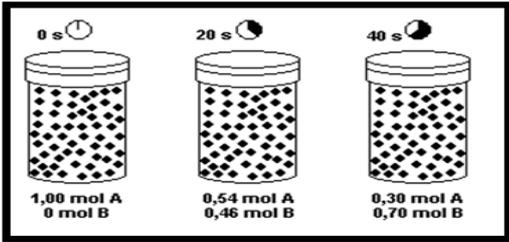
As questões escolhidas foram organizadas em termos do enunciado. Em seguida buscamos relacionar o conceito envolvido, o tipo de tarefa associada a questão, a técnica e os elementos do bloco tecnológico-teórico.

Resultados e Discussão

Apresentamos, na tabela 3, as questões escolhidas para análise.

Tabela 3: Questões escolhidas para análise

Questões	LD	Enunciado das Questões (EQ)
1	LD1	Por que determinadas reações ocorrem com grande rapidez, como as que envolvem hidrogênio e oxigênio líquidos no lançamento de naves espaciais, e outras de forma lenta, como no exemplo da formação da ferrugem?
2	LD4	Considere a reação de decomposição da substância A na substância B e as espécies a cada momento segundo o tempo indicado. Sobre a velocidade dessa reação, é correto afirmar que a velocidade de:

		 <p>a) Decomposição da substância A, no intervalo de tempo de 0 a 20 s, é 0,46 mol.s⁻¹. b) Decomposição da substância A, no intervalo de tempo de 20 a 40 s, é 0,012 mol.s⁻¹. c) Decomposição da substância A, no intervalo de tempo de 0 a 40 s, é 0,035 mol.s⁻¹. d) Formação da substância B, no intervalo de tempo de 0 a 20 s, é 0,46 mol.s⁻¹. e) Formação da substância B, no intervalo de tempo de 0 a 40 s, é 0,70 mol.s⁻¹.</p>
3	LD3	Explique, de acordo com a teoria das colisões e a do estado ativado, porque existem reações que são rápidas e outras lentas.
4	LD3	Alguns medicamentos são apresentados na forma de comprimidos que, quando ingeridos, se dissolvem lentamente no líquido presente no tubo digestório, garantido um efeito prolongado no organismo. Contudo, algumas pessoas, por conta própria, amassam o comprimido antes de tomá-lo. Que inconveniente existe nesse procedimento?
5	LD4	Os incêndios nas matas se propagam com maior rapidez quando está ventando. Proponha uma explicação para isso, utilizando seus conhecimentos sobre efeito da concentração sobre a velocidade de uma reação química.

Com base nas questões selecionadas, realizamos o delineamento praxeológico, considerando os elementos da organização, a saber: tipos de tarefa, técnica, tecnologia e teoria, os dois últimos aqui apresentados como “elementos tecnológico-teóricos”. A tabela 4 apresenta os resultados.

Tabela 4: Delineamento Praxeológico

Questão e Conceito	Tipo de Tarefa	Técnica	Elemento tecnológico-teórico
1 Velocidade das reações químicas	T₁ - EXPLICAR a diferença de velocidades em reações diferentes.	τ₁ - Associar a velocidade de uma reação às colisões efetivas e a energia de ativação.	Colisões com orientações favoráveis e menor energia de ativação são mais rápidas. Essa justificativa está implícita na tarefa.
2 Velocidade das reações químicas	T₂ – CALCULAR a velocidade média da reação.	τ₂ - Posicionar os reagentes ou produtos no numerador e dividir pelo tempo de cada processo.	Por meio da definição da velocidade média é possível determinar a velocidade de consumo do reagente ou de formação do produto.
3 Teoria das Colisões	T₄ – EXPLICAR o que é choque efetivo.	τ₁ - Associar a velocidade de uma reação às colisões efetivas e a energia de ativação.	O aumento da temperatura aumenta a velocidade da reação pela maior probabilidade de colisões efetivas.
4 Fatores que alteram a velocidade das reações	T₅ – EXPLICAR a mudança na velocidade a partir de outras variáveis.	τ₆ - Identificar qual fator age sobre o fenômeno acelerando a reação.	O aumento da superfície de contato favorece a velocidade da reação pela maior probabilidade de colisões efetivas.

5 Fatores que alteram a velocidade das reações	T ₅ – EXPLICAR a mudança na velocidade a partir da modificação de outras variáveis.	τ_6 - Identificar qual fator age sobre o fenômeno acelerando a reação.	O aumento da concentração possibilita uma maior probabilidade de colisões efetivas.
---	--	---	---

Tipos de Tarefas (T)

Identificamos oito tipos de tarefas entre as quarenta questões selecionadas. Nesse recorte, discutimos apenas quatro tipos, apresentando suas características, pois são referentes às questões selecionadas e apresentadas nos resultados deste trabalho, conforme tabela 5.

Tabela 5: Tipos de Tarefas

Tipos de Tarefas (T)	Características
T ₁ - EXPLICAR a diferença de velocidades em reações diferentes.	Envolve a compreensão do conceito de velocidade de uma reação química.
T ₂ - CALCULAR a velocidade média da reação.	Envolve a resolução de expressões matemáticas relacionadas às velocidades das reações químicas.
T ₄ - EXPLICAR o que é choque efetivo.	Consiste em explicar o que é um choque efetivo, na teoria das colisões: as reações químicas estão relacionadas a quebra e formação de ligações por meio das colisões entre átomos e moléculas, dependentes da natureza das colisões e da energia.
T ₅ - EXPLICAR a mudança na velocidade a partir da modificação de outras variáveis.	Envolve a compreensão de que a alteração na velocidade está diretamente relacionada aos choques e a energia e, por isso, existem fatores que podem alterar a velocidade de ocorrência de uma reação química.

Técnicas (τ)

A partir dos tipos de tarefas foi possível identificar as técnicas mobilizadas para resolução, dez no total. Para as questões escolhidas neste recorte, foram quatro técnicas identificadas, apresentadas na tabela 6.

Tabela 6: Técnicas identificadas a partir dos tipos de tarefa

Tópico	Técnicas
Velocidade das reações químicas	τ_1 - Associar a velocidade de uma reação às colisões efetivas e a energia de ativação. τ_2 - Considerar quantidades dos reagentes que estão sendo consumidos ou dos produtos que estão sendo formados e dividir pelo tempo de cada processo
Teoria das Colisões	τ_1 - Associar a velocidade de uma reação às colisões efetivas e a energia de ativação.

Fatores que alteram a velocidade das reações	τ_6 - Identificar qual fator age sobre o fenômeno acelerando a reação.
--	---

A técnica (τ_1), associar a velocidade de uma reação às colisões efetivas e a energia de ativação, consiste em pensar na velocidade de uma reação química em nível microscópico, considerando que uma maior frequência de choques entre partículas dos reagentes aumenta a velocidade da reação. Ela se apoia nos elementos tecnológicos centrais da teoria das colisões que a justificam, a partir de colisões favoráveis e energia suficiente, a ocorrência da reação. Pode ser utilizada, principalmente, na resolução de questões teóricas que apresentem reações com diferentes velocidades.

A técnica (τ_2), considerar quantidades dos reagentes que estão sendo consumidos ou dos produtos que estão sendo formados e dividir pelo tempo de cada processo, consiste em determinar a velocidade de uma reação a partir da quantidade de uma das substâncias que são consumidas (reagentes) ou das que são formadas (produtos) em um determinado intervalo de tempo. A aplicação desta técnica se apoia nos elementos tecnológicos associados a definição utilizada para calcular a velocidade das reações. É normalmente utilizada nas demonstrações quantitativas da velocidade das reações que pode ser abordada num estudo introdutório do assunto de cinética química.

A técnica (τ_6), identificar qual fator age sobre o fenômeno acelerando a reação, consiste em determinar qual é o fator, ou quais são os fatores, que podem justificar a mudança de velocidade em uma reação química. A justificativa da técnica se baseia na noção de que, por meio de variações na superfície de contato, temperatura, concentração dos reagentes e estado físico dos materiais, além da presença de catalisador, é possível modificar a velocidade de um processo químico.

Algumas Considerações

A partir desse delineamento *a priori*, foi possível perceber os tipos de tarefas mais usuais na abordagem do conceito de Cinética Química. Salientamos que para este recorte, apenas quatro tipos de tarefas foram destacados. Observamos que as tarefas exigiam apropriação de linguagem específica da Química, além de interpretação e explicação/argumentação a cerca de um determinado fenômeno químico, conforme a apresentação dos nossos dados.

Sobre as técnicas, observamos nitidamente a necessidade de relacionar fenômenos microscópico ao macroscópico, principalmente na τ_1 , na qual se deve associar a velocidade de uma reação às colisões efetivas, essas colisões são pensadas numa perspectiva submicroscópica e simbólica, conforme detalhamos nos resultados deste trabalho. Reforçamos que a utilização de diversas técnicas possibilita um ganho significativo para o estudante, ou seja, a realização de cálculos sobre a velocidade das reações sob diferentes perspectivas, seja utilizando a fórmula da velocidade média das reações, ou gráficos, ou equações químicas e suas relações com os coeficientes estequiométricos, além de uma compreensão atômica do processo, com questões sobre colisões efetivas e não efetivas, a partir das representações simbólicas, sejam elas em um viés mais quantitativo ou qualitativo, servem para explorar as diversas dimensões que o saber Cinética Química exige na sua compreensão como um todo.

Poucos trabalhos consideram a TAD no ensino de Química. Aqui, buscamos mostrar que essa teoria pode ser uma ferramenta para investigações no Ensino de Química. Desta forma,

mediante o que foi discutido e apresentado a partir do delineamento dos livros didáticos, acreditamos que a TAD apresenta um imenso potencial analítico para o caminho percorrido pelos saberes escolares, fornecendo uma visão mais detalhada do processo de Transposição Didática.

Agradecimentos e apoios

CAPES.

Referências

BARBOSA, E. J. T.; LINS, A. F.; Teoria Antropológica do Didático: Uma Análise Sobre Equação do Primeiro Grau em Livros Didáticos. In: ENCONTRO NACIONAL DE EDUCAÇÃO MATEMÁTICA, 10, 2010. **Anais...**, Salvador, 2010.

BRASIL. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília: MEC, 2018.

CHEVALLARD, Y. El análisis de las prácticas docentes en la teoría antropológica de lo didáctico. **Recherches en Didactique des Mathématiques**, v. 19, n. 2, p. 221-266, 1999.

CHEVALLARD, Y. Organiser l'étude. 3. Écologie & régulation. In: ÉCOLE D'ÉTÉ DE DIDACTIQUE, 11, 2002. **Actes...** Grenoble, 2002.

HESSEN, J. **Teoria do Conhecimento**. Coimbra: Armênio Amado Editora, 1980.

MACHADO, V. M.; **Prática de estudo de Ciências: formação inicial docente na Unidade Pedagógica sobre a digestão humana**. 268 f. 2011. Tese (Doutorado em Educação). Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, 2011.

MERTENSEN, M. Praxeology as a tool for the analysis of a science museum exhibit. In: BOSCH, M. (org.). **Un panorama de la TAD**. Barcelona: Centre de Recerch Matemática, Campus de Bella, 2011, p. 217-224.