



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA - CAMPUS BAGÉ**  
**CURSO DE LICENCIATURA EM QUÍMICA**

**FERDINANDO CLEBER DE CARLI**

**ESTUDO DO USO DE UMA ABORDAGEM METODOLÓGICA CONS-  
TRUTIVISTA ADAPTADA PARA ATIVIDADES EXPERIMENTAIS DE  
CINÉTICA QUÍMICA**

**Bagé**  
**2017**

**FERDINANDO CLEBER DE CARLI**

**ESTUDO DO USO DE UMA ABORDAGEM METODOLÓGICA CONSTRUTIVISTA ADAPTADA PARA ATIVIDADES EXPERIMENTAIS DE CINÉTICA QUÍMICA**

Projeto de conclusão apresentado ao Curso de Licenciatura em Química da Universidade Federal do Pampa.

Orientador: Prof. Dr. Tales Leandro Costa Martins

**Bagé  
2017**

Ficha catalográfica elaborada automaticamente com os dados fornecidos  
pelo(a) autor(a) através do Módulo de Biblioteca do  
Sistema GURI (Gestão Unificada de Recursos Institucionais) .

C282e Carli, Ferdinando Cleber De

Estudo do uso de uma abordagem metodológica construtivista adaptada para atividades experimentais de cinética química / Ferdinando Cleber De Carli.

56 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) -- Universidade Federal do Pampa, QUÍMICA, 2017.

"Orientação: Tales Leandro Costa Martins".

1. Ensino de química. 2. Abordagem POE. I. Título.

**FERDINANDO CLEBER DE CARLI**

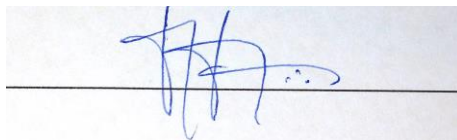
**ESTUDO DO USO DE UMA ABORDAGEM METODOLÓGICA CONSTRUTIVISTA ADAPTADA PARA ATIVIDADES EXPERIMENTAIS DE CINÉTICA QUÍMICA**

Projeto de conclusão apresentado ao Curso de Licenciatura em Química da Universidade Federal do Pampa.

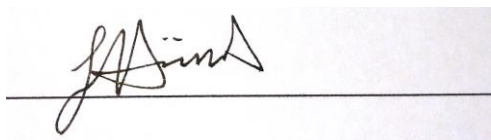
Orientador: Prof. Dr. Tales Leandro Costa Martins.

Trabalho de Conclusão de Curso defendido e aprovado em 14 de dezembro de 2017.

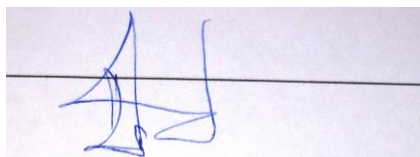
Banca examinadora:



Prof. Dr. Tales Leandro Costa Martins  
Orientador  
UNIPAMPA



Prof. Dr. Luís Roberto Brudna Hölzle  
UNIPAMPA



Prof. Dr. Fernando Junges  
UNIPAMPA

### **Dedicatória**

A realização deste trabalho não seria possível sem a colaboração e apoio de muitas pessoas, às quais apresento meus sinceros agradecimentos.

Agradeço a Deus por me ajudar a escolher o melhor caminho diante de tantas possibilidades.

Ao Prof. Dr. Tales Leandro Costa Martins pelo incentivo e orientação recebida durante o desenvolvimento deste trabalho.

Aos amigos e colegas de trabalho da sala 3110 pelas brincadeiras, incentivo, apoio e palavras otimistas nas horas necessárias.

Aos professores do curso de química das disciplinas que cursei.

À Diretora, aos alunos e à orientadora educacional querida Maria Da Graça Neves da escola Carlos Antônio Kluwe, que possibilitaram o trabalho na instituição.

À minha família, minha esposa Michely e minha pequena Ana Laura, um agradecimento especial pelo incentivo e pela compreensão nas minhas ausências ou crises de ansiedade.

A todos os meus amigos e colegas pelo incentivo e apoio durante todo o percurso acadêmico.

## RESUMO

Sabe-se que uma das críticas que se faz com relação ao ensino de química, refere-se à disciplina ser excessivamente esplanada pelo professor, muitas vezes sem o uso da experimentação e com aulas descontextualizadas e monótonas. O presente trabalho apresenta uma abordagem adaptada do método POE (predizer, observar e explicar) utilizado em experimentos de cinética química. Visa aprimorar o processo de ensino-aprendizagem de química com o objetivo de proporcionar a participação nas aulas experimentais e a interação dos alunos com os conteúdos nas atividades realizadas. Os experimentos desenvolvidos oportunizam os alunos interagir com os conceitos nas etapas do POE, levando-os a uma postura ativa na aprendizagem. O trabalho foi desenvolvido com duas turmas de segundo ano (3201- com metodologia POE e 3202 sem metodologia POE). Foram realizados experimentos avaliando o efeito da temperatura e da superfície de contato na velocidade das reações químicas e posterior aplicação de questionário idêntico para as duas turmas. Os resultados mostram o potencial de aplicação de aulas experimentais na disciplina de química, oportunizando uma abordagem diferenciada de ensino e aprendizagem aos alunos. Também foi possível observar a importância de utilizar a teoria das colisões como ferramenta para a construção das argumentações no nível atômico-molecular, pois os alunos da turma em que a metodologia foi aplicada obtiveram melhores desempenhos/desenvolvimentos nos instrumentos avaliados, tanto na atividade guia POE quanto no questionário pós-atividade.

Palavras-chave: Ensino de Química, Atividades Experimentais, Abordagem POE.

## ABSTRACT

It is known that one of the criticisms that is made regarding the teaching of chemistry, refers to the discipline being excessively explained by the teacher, often without the use of experimentation and with decontextualized and monotonous classes. The present work presents an adapted approach of the POE method (predict, observe and explain) used in chemical kinetics experiments. It aims to improve the teaching-learning process of chemistry with the aim of providing participation in the experimental classes and the interaction of the students with the contents in the activities carried out. The experiments developed allow the students to interact with the concepts in the stages of the POE, leading them to an active posture in learning. The work was developed with two second-year classes (3201- with POE methodology and 3202 without POE methodology). Experiments were performed evaluating the effect of temperature and contact surface on the speed of chemical reactions and subsequent application of identical questionnaire for both groups. The results show the potential of applying experimental classes in the discipline of chemistry, giving a differentiated approach to teaching and learning to students. It was also possible to observe the importance of using collision theory as a tool for the construction of arguments at the atomic-molecular level, since the students of the class in which the methodology was applied obtained better performances in the evaluated instruments, POE and in the post-activity questionnaire.

Keywords: Teaching Chemistry, Experimental Activities, POE Approach.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> gráfico da evolução das respostas dentro das categorias para o experimento influência da temperatura .....	25
<b>Figura 2:</b> Os três componentes básicos da “nova Química” de Johnstone (adaptado de Johnstone, 1993).....	26
<b>Figura 3:</b> gráfico da evolução das respostas dentro das categorias para o experimento influência superfície de contato;.....	28
<b>Figura 4:</b> Respostas explicar (recorte superior) e predizer (recorte inferior) ao experimento superfície de contato.....	29
<b>Figura 5:</b> Respostas ao predizer e explicar do aluno A6 para o experimento “superfície de contato”.....	30
<b>Figura 6:</b> Respostas ao predizer e explicar do A2 para o experimento “temperatura”; .....	30
<b>Figura 7:</b> Gráfico das categorias para os experimentos realizados com a Turma Controle (T3202) sem o uso da metodologia POE.....	32
<b>Figura 8:</b> gráfico do percentual de acertos por turma; .....	33



## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: categorias - influência da temperatura na velocidade da reação .....	24
Tabela 2: categorias - influência da superfície de contato na velocidade da reação .....	27
Tabela 3: categorias turma 3202 – sem POE, turma controle. ....	31

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>11</b>
<b>1.1 Considerações iniciais.....</b>	<b>11</b>
<b>1.2 O ensino de química e cinética química .....</b>	<b>11</b>
<b>1.3 A abordagem Predizer, Observar e Explicar.....</b>	<b>15</b>
<b>2 JUSTIFICATIVA .....</b>	<b>17</b>
<b>3 OBJETIVOS .....</b>	<b>18</b>
<b>3.1 Objetivo geral.....</b>	<b>18</b>
<b>3.2 Objetivos específicos .....</b>	<b>18</b>
<b>4 METODOLOGIA DA PESQUISA.....</b>	<b>19</b>
<b>5 APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS .....</b>	<b>22</b>
<b>5.1 Análise das respostas da atividade POE .....</b>	<b>22</b>
<b>5.2 Análise dos questionários aplicados após as atividades experimentais .....</b>	<b>32</b>
<b>6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>36</b>
<b>7 REFERÊNCIAS .....</b>	<b>38</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>40</b>

## **1 INTRODUÇÃO**

### **1.1 Considerações iniciais**

Os caminhos percorridos sejam por escolhas próprias ou mesmo, em alguns momentos, impostos pelas circunstâncias da vida, foram necessários para refletir sobre toda a minha trajetória acadêmica assim, desafiando-me e encorajando-me para o início desta pesquisa.

Os caminhos continuam sendo construídos e reconstruídos, os passos às vezes não são firmes, porém acreditar neste trabalho, na possibilidade de crescer aprendendo com os próprios erros e na oportunidade de alguma forma, poder contribuir com a sociedade são os principais motivos que me conduzem a trilhar por caminhos tão incertos no processo em que me constituo professor-pesquisador.

Este trabalho vem sendo definido na medida em que fui percebendo a importância da disciplina de Química no currículo escolar. Farei, neste momento, um resgate da minha formação acadêmica para que o leitor entenda os motivos de minhas escolhas.

Minha formação superior é de Bacharel em Engenharia de Alimentos pela Fundação Universidade Federal do Rio Grande (FURG) – Rio Grande no ano de 2006. Sempre me interessei pelas ciências exatas e isso me levou a escolher tal curso, em especial a área de química. Após a formatura trabalhei em indústrias de alimentos, para o qual minha formação privilegiava, porém, em 2010, ingressei no curso de Licenciatura em Química e na docência na rede estadual e particular de ensino. Descobri um novo mundo de possibilidades, dificuldades e realização pessoal e profissional.

### **1.2 O ensino de química e cinética química**

É bastante conhecida a enorme dificuldade que os alunos encontram nas disciplinas de ciências exatas tais como a química, matemática e física. A dificuldade e, conseqüentemente o desinteresse pelas ciências exatas, infelizmente têm-se tornado uma realidade no Brasil.

Uma das justificativas encontradas para o desinteresse do educando é a forma como as disciplinas vêm sendo abordadas na educação básica. As aulas conhecidas como tradicionais estão perdendo espaço nas prioridades dos alunos, pois se tornam pouco atrativas quando comparadas com o mundo vivenciado por estes jovens, visto que as tecnologias estão se inovando a cada dia e a escola não está conseguindo acompanhar o ritmo destas novas informações assim como os docentes.

Dentro desta perspectiva, escola e professor são cada vez mais imprescindíveis na tarefa de preparar o jovem para desenvolver competências que o tornem capaz de responder as demandas do mundo contemporâneo, tanto para o trabalho como para a vida. É preciso permitir que o ensino contribua para a formação de uma cultura científica efetiva e significativa.

A química pode contribuir para que o estudante não só construa um esquema conceitual, mas também desenvolva sua visão crítica. É essa visão crítica que lhe permitirá lidar com o grande volume de informações trazidas pelos meios de comunicação de forma tão diversificada, aprendendo a selecionar e a compreender as mais relevantes.

O estudo da Química ajuda na compreensão do mundo e suas transformações e permite que nos reconheçamos parte integrante do universo. Por meio desse saber, podemos questionar, criticar o que vemos e ouvimos, intervir na natureza e utilizar seus recursos de forma responsável, tanto com relação ao ambiente, quanto a nós mesmos, e refletir sobre as questões éticas que estão implícitas na relação entre a ciência e a sociedade.

Um aspecto que tem tomado atenção da sociedade contemporânea é que as relações sociais estão passando por intensas crises. A consequência disso pode ser percebida pela desvalorização do professor e quando muitos destes profissionais são agredidos verbalmente, até mesmo, fisicamente em sala de aula. Da mesma forma, o patrimônio público escolar também vem sendo agredido quando se torna alvo de destruição pelos próprios alunos. Somado a isso os alunos, em alguns casos, não reconhecem a importância da educação escolar por não se identificarem com a mesma. Além dessas problemáticas, o índice de repetência e desistência é outro fator agravante deste contexto, sendo necessária uma profunda reflexão e ação para mudar os rumos dessa história.

Estamos, enquanto sociedade, inseridos num contexto que está passando por conflitos oriundos de vários fatores, entre eles, a desigualdade, que impede um desenvolvimento social mais justo para a maioria da população, a ética que atualmente parece estar fora de moda, de forma que as mesmas leis e benefícios, que deveriam atender a todos, servem apenas para uma pequena parcela da sociedade.

Sabe-se que uma das críticas que se faz com relação ao ensino de química refere-se à disciplina ser excessivamente esplanada pelo professor, muitas vezes sem o uso da experimentação e com aulas descontextualizadas e monótonas. Se o conteúdo desenvolvido para os alunos da escola durante a “transmissão de conhecimento” não se processa de forma a lhes

servir de instrumental para a vida, eles podem ser levados a abandoná-la (CAPORALINI, 1991).

Segundo Caporalini (1991) para garantir a esse aluno o direito ao conhecimento, ao saber escolar, a uma educação de boa qualidade e ao uso dela para intervir de maneira coerente, organizada e ativa na realidade social cabe ao professor a tarefa maior de oferta dessas situações de aprendizagem. Ainda, o ensino de química tem sido pautado na memorização, tanto de fórmulas e nomenclaturas de compostos, bem como, de cálculos matemáticos quando esses estão envolvidos. Tais procedimentos acabam por banalizar aspectos conceituais dos conteúdos em estudo, tornando-lhes pouco cativantes aos alunos.

Avaliações e pesquisas sobre a aprendizagem da química como matéria escolar na Educação Básica demonstram que a grande maioria dos estudantes não consegue elaborar um pensamento químico, embora consigam relacionar assuntos que dizem respeito à química (MALDANER, BAZZAN E LAUXEN, 2006).

A falta de contextualização nas atividades no ensino de química pode ser a responsável pela rejeição dos estudantes a esta disciplina, o que acaba por dificultar o processo de ensino-aprendizagem (LIMA *et al.*, 2000). Por outro lado, quando ocorre a preocupação com a contextualização, o que é bastante ressaltado nos documentos oficiais (BRASIL, 1999, 2006), ela é entendida como uma simples exemplificação de uma aplicação do conhecimento científico em uma situação do contexto.

Tais situações nos fazem refletir sobre a fragmentação em que os conteúdos são transmitidos e como são compreendidos pelos alunos. De acordo com Justi e Ruas (1997):

*...os alunos não estariam entendendo a química como um todo, mas como pedaços isolados de conhecimento utilizáveis em situações específicas. Eles estariam reproduzindo pedaços de conhecimento, mas não aprendendo química (Justi e Ruas, 1997).*

Muitas pesquisas apontam para o uso da experimentação como uma das possibilidades para sanar tais dificuldades (VALADARES, 2001; GALIAZZI, 2001, 2004; MERÇON, 2003). É de consenso que a experimentação é uma atividade fundamental no ensino de Ciências e de Química, sendo que diversas pesquisas com professores mostram que esta é uma das estratégias mais citadas para a melhoria na aprendizagem (GALIAZZI, 2001; MARTINS, SCHWAHN e SILVA, 2007).

A necessidade de mudanças é reconhecida por grande parcela da sociedade. Segundo a Lei de Diretrizes e Bases da Educação lei 9.394 de 20 de Dezembro de 1996, em seu artigo 2º: [...] *a educação, dever da família e do Estado, inspirada nos princípios de liberdade e nos ideais de solidariedade humana, tem por finalidade o pleno desenvolvimento do educando, seu preparo para o exercício da cidadania e sua qualificação para o trabalho.*

Porem, na realidade as atividades experimentais dificilmente são realizadas e, quando são, limitam-se a demonstrações que não envolvem a participação ativa do aluno (LIMA *et al.*, 2000). Em contrapartida, as propostas para o Ensino de Química (BRASIL, 2002), indicam a necessidade do envolvimento ativo dos alunos nas aulas, em um processo interativo, aluno-objeto de estudo, aluno-aluno e professor-aluno, em que as concepções conceituais dos alunos sejam contempladas. Isso significa criar oportunidades para que possam expressar como entendem os conceitos, quais são as suas dificuldades e assim, que percorram caminhos para realizar uma nova leitura do mundo ao seu redor.

Deve-se, portanto, buscar na educação uma forma de minimizar desigualdades, qualificar os alunos para o desempenho de suas habilidades, resgatando princípios por hora esquecidos ou deixados de lado. Ainda, em seu artigo 35 (BRASIL, 1996), estabelece que o ensino médio seja a etapa em que *o aprimoramento do educando como pessoa humana, incluindo a formação ética e o desenvolvimento da autonomia intelectual e do pensamento crítico.* Além disso, que o aluno consolide os conhecimentos adquiridos na educação básica e possa compreender mais profundamente os fundamentos científico-tecnológicos apresentados em cada componente curricular.

Ao realizar uma revisão bibliográfica, em ensino de ciências e de química, observa-se que existem poucas pesquisas abordando metodologias experimentais com relação ao ensino-aprendizagem sobre o conteúdo de cinética química (JUSTI E RUAS, 1997; LIMA *et al.*, 2000; MERÇON *et al.*, 2005). Na maioria dos programas curriculares e dos livros didáticos para o ensino médio, o conteúdo de cinética química é ministrado aos alunos no segundo ano. O ensino de cinética busca evidenciar o estudo das reações que ocorrerem com velocidades diferentes, bem como explicar alguns fatores que alteram a velocidade das reações químicas e como tais fatores atuam.

As concepções que os alunos apresentam sobre os conteúdos de cinética, foram estudadas por Justi e Ruas (1997). Nesse trabalho os autores apresentaram em suas conclusões

*que muitas vezes as ideias dos alunos sobre reação química resumem-se em descrições macroscópicas do fenômeno ou fundamentam-se em uma concepção contínua de matéria.*

Algumas pesquisas sobre esse conteúdo procuram dar ênfase ao uso de temas geradores para contextualizar o ensino. Utilizando o tema gerador alimentos, Lima e colaboradores (2000) realizaram atividades experimentais integradas a essa abordagem. Nessa atividade os alunos participaram ativamente da pesquisa verificando os fatores que alteram a velocidade das reações de decomposição dos alimentos. Os autores concluem sua pesquisa ressaltando a importância da intervenção didática desenvolvida, em que a contextualização das atividades experimentais pode ser uma boa forma de contribuir para a melhoria do ensino de química.

O tema corrosão foi explorado em uma atividade experimental de contextualização do ensino de química (MERÇON *et al.*, 2005). Nessa, a partir do estudo cinético da reação de oxirredução do alumínio em meio ácido, fez-se também uma interação entre ciência, tecnologia e sociedade. A utilização do tema corrosão como contextualizador proporcionou a fácil correlação de conteúdos da química com o cotidiano dos alunos (MERÇON *et al.*, 2005).

### **1.3 A abordagem Predizer, Observar e Explicar.**

Embora as literaturas específicas da área relatem numerosos estudos que tratam da compreensão dos alunos sobre diversos conceitos químicos, acredita-se que atenção deve também ser dada às investigações que promovam estratégias de ensino que sejam eficazes para identificar e minimizar os obstáculos que os alunos encontram na aprendizagem e/ou as concepções alternativas.

Predizer, Observar e Explicar (POE, Predict-Observe-Explain) é uma estratégia de ensino que investiga a compreensão e as concepções dos estudantes através da realização de três tarefas. Primeiramente, os alunos têm de prever o resultado de algum evento, devendo justificar a sua previsão, em seguida, descrevem o que veem acontecer, e, finalmente, ao explicar o observado com o previsto, devem conciliar, caso exista, o conflito entre a previsão e a observação.

A estratégia atua baseada em que os estudantes não estarão manipulando a química cognitivamente em um nível mais abstrato, a não ser que sejam questionados primeiramente a prever o que vai acontecer. Em seguida, escrever a sua previsão irá motivá-los a querer saber a resposta. Colocar os alunos para explicar as razões de suas previsões, fornece ao professor as indicações de suas concepções. Isso pode ser útil para revelar equívocos (concepções alternativas) ou para desenvolver os conhecimentos que eles já possuem (PALMER, 1995).

Assim, fornece ao professor informações para a tomada de decisões sobre as aprendizagens posteriores.

Explicar e avaliar as suas previsões e ouvir as predições de outras colegas ajuda-os tanto a começar a avaliar a sua própria aprendizagem como na construção dos novos significados. Teorias construtivistas de aprendizagem consideram que os conhecimentos prévios (conhecimentos já existentes na estrutura cognitiva) dos estudantes devem ser considerados quando se desenvolve programas de ensino e aprendizagem (MOREIRA, 1999). Eventos que surpreendem, criam condições em que os alunos podem ser prontamente iniciados a reanalisar as suas teorias pessoais, suas concepções a respeito do tema em questão.

É importante que a sequência do *predizer, observar, explicar* seja seguida para que a atividade proposta tenha seus objetivos alcançados. Assim é possível que os alunos ao trabalharem em grupos possam compartilhar opiniões, predições e interpretações (TAO E GUNSTONE, 1999). As três tarefas podem ser assim descritas:

A primeira etapa é a Previsão onde, sem iniciar o experimento, os alunos, divididos em grupos ou individualmente, deverão discutir o problema que foi lançado pelo professor e, através da troca de experiências pessoais, predizerem o resultado a que deverão chegar ou lançam algumas hipóteses sobre o assunto. Para tanto utilizam conhecimentos já adquiridos em sala de aula, escrevendo livremente o que pensam sobre as questões formuladas, justificando assim sua previsão. Nesta etapa é importante a participação do professor para que não ocorra a desmotivação por parte dos alunos na tentativa de responder corretamente ao problema que está sendo lançado.

Na segunda etapa, a de Observação, os alunos realizam o experimento proposto, observando o que ocorre, anotando estas observações e comparando com a predição que foi feita na primeira etapa. É neste momento que pode ocorrer um conflito cognitivo entre o que foi previsto e o que foi observado (HAMEED, HACKLING e GARNETT, 1993).

A terceira etapa, a Explicação, é o momento em que os alunos devem descrever possíveis semelhanças e/ou diferenças entre as suas respostas da predição com o que observaram durante a realização do experimento, tentando explicar o fenômeno, comprovando ou não a hipótese inicial. Alguns pesquisadores dizem que os estudantes têm maior probabilidade de aprender a partir de observações que confirmam as suas previsões (MTHEMBU, 2001). É nesta terceira etapa que a participação individual contribui para a resolução do problema lan-



çado pelo professor, possibilitando que cada aluno organize suas descobertas dentro de um modelo conceitual (OLIVEIRA, 2003).

De acordo com Oliveira (2003), o momento da explicação é o mais importante, pois é neste momento que surge o elemento novo, isto é, a resolução do problema inicial, através da interação e das contribuições apresentadas entre os componentes do grupo com os dados da predição e da observação. É neste momento também que o professor assume o papel do professor mediador na discussão entre os alunos onde as questões que geraram controvérsias são discutidas, e as informações interpretadas para juntos conseguirem a explicação para o fenômeno, dentro de um modelo científico (OLIVEIRA, 2003).

## **2 JUSTIFICATIVA**

O ensino de Ciências, especificamente a Química, permite entender melhor o mundo a partir da compreensão de fenômenos presentes em nosso cotidiano ao colocar o conhecimento científico como um instrumento para ampliar a percepção da realidade dos alunos.

Pesquisas da área do ensino tem revelado que professores ao planejarem suas atividades de maneira sequencial, podem contribuir substancialmente para a assimilação e aprendizagem de diversos temas e conteúdos da área de ciências (PEREIRA; PIRES, 2012). Estas pesquisas ainda sugerem que na elaboração destas atividades, sejam levados em conta os conteúdos a ser ensinados, bem como as características cognitivas dos alunos, a dimensão didática relativa à instituição de ensino, motivação para a aprendizagem, significado do conhecimento a ser ensinado e planejamento da execução da atividade.

Desta forma, a escola se constitui um espaço privilegiado para problematizar a realidade e o cotidiano dos educandos, contribuindo para a formação de cidadãos críticos, humanos e éticos, que sejam capazes de responder as demandas do mundo contemporâneo e de agir de forma mais responsável e argumentativa.

Segundo Fourez (2003), há uma crise no ensino de ciências que possui como sujeitos principais “os alunos, professores de ciências, os dirigentes da economia, os pais, os cidadãos (trabalhadores manuais ou outros), etc.”. Esse autor faz ainda um comentário sobre a participação dos alunos e professores nessa crise. Segundo ele, os alunos “não estão preparados para se engajar em estudos científicos. Sua admiração pelos cientistas conduz os jovens a felicitá-los pelo seu maravilhoso trabalho, e nada mais...” (FOUREZ, 2003). É possível que um dos motivos que contribuam para a falta de engajamento dos alunos esteja baseado em aspectos ligados a método, o que aumenta a importância de se experimentar novas abordagens.

### **3 OBJETIVOS**

#### **3.1 Objetivo geral**

O presente trabalho de pesquisa busca avaliar o uso de atividades experimentais com metodologia diferenciada para o ensino de cinética química.

#### **3.2 Objetivos específicos**

Criar e aplicar uma abordagem experimental adaptada da metodologia POE em experimentos dos fatores que alteram a velocidade das reações químicas.

Promover a participação ativa dos alunos nas aulas experimentais e a interação com o conteúdo durante as atividades.

Apresentar os resultados do uso de uma abordagem adaptada do método POE (prever, observar e explicar) em experimentos para estudo dos fatores que alteram a velocidade das reações químicas.

Aprimorar o processo de ensino-aprendizagem de cinética química com o intuito de proporcionar a participação nas aulas experimentais e potencializar a interação dos alunos com os conteúdos nas atividades realizadas.

#### 4 METODOLOGIA DA PESQUISA

A presente pesquisa foi desenvolvida em duas turmas de segundo ano do ensino médio noturno, na Escola Estadual de Ensino Médio Carlos Antônio Kluwe na cidade de Bagé - RS. O trabalho foi aplicado utilizando-se uma turma controle e outra experimental, na qual se desenvolveram as atividades experimentais de química usando a abordagem Predizer, Observar e Explicar (POE) adaptada para o uso em atividades experimentais. Participaram da pesquisa 20 alunos da turma pesquisada (Turma 3201) e 19 alunos da turma controle (Turma 3202) sendo utilizados um total de seis (6) encontros no desenvolvimento do trabalho.

Nos quatro primeiros encontros foram trabalhados os tópicos referentes aos conteúdos conforme planejamento constante do anexo 4, realizando-se no quinto encontro as atividades experimentais propostas (ANEXO 1 e ANEXO 2). No sexto encontro foi aplicado o questionário (ANEXO 3), sem que os alunos fossem avisados da atividade.

Utilizaram-se dois instrumentos de coleta de dados. O primeiro (ICD1) foi o guia utilizado para as atividades experimentais, adaptado a partir da metodologia POE, para o conteúdo de Cinética. O segundo instrumentos de coleta de dados (ICD2) foi um questionário de avaliação individual de igual conteúdo para avaliação das atividades desenvolvidas, sendo aplicados os mesmos testes à turma controle, a qual realizou as atividades experimentais sem o uso da abordagem POE. O questionário é composto por sete (7) questões, quatro questões abertas e três de múltipla escolha.

As atividades experimentais foram aplicadas em ambas as turmas na sala de aula da escola utilizando-se um guia para adaptado a partir da metodologia POE para a turma 3201, para o conteúdo de Cinética Química e um roteiro experimental na turma 3202 (turma controle). Os experimentos foram desenvolvidas grupos de até 4 alunos, sendo distribuído guias individuais por aluno. Os resultados obtidos foram comparados entre as turmas visando avaliar sua utilização no ensino noturno e a avaliar também metodologia POE.

As questões presentes no questionário pós-experimentos foram desenvolvidas procurando relacionar temas do cotidiano dos alunos com o conteúdo em estudo, buscando um consenso com as indicações dos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs) e também do Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM). Durante a elaboração das questões do ICD 2 buscou-se dar maior ênfase a questões ligadas à realidade do aluno e que procurassem instiga-lo a mobilizar seus conhecimentos. Assim, evitou-se também utilizar questões de exercícios realizados em sala de aula.

Os conteúdos teóricos foram desenvolvidos na sala de aula em aulas expositivas, procurando questionar os alunos com o uso de exemplos e de modelos. Dentro dos conteúdos de cinética química deu-se ênfase à Teoria das Colisões. Esta foi trabalhada em maior detalhe, por entendermos que possui um maior poder didático para à abordagem no Ensino Médio.

Desenvolveu-se a teoria utilizando-se o auxílio de modelos concretos com bolinhas de isopor que representavam as moléculas e os átomos. Com o uso destes modelos foram explicadas as condições necessárias para que ocorram as reações químicas, a saber: que as moléculas dos reagentes colidam entre si; que a colisão ocorra com geometria favorável à formação do complexo ativado; e a energia das moléculas que colidem entre si seja igual ou superior à energia de ativação (LEMBO, 2002; ATKINS, 2003). Mostrou-se teoricamente que nem toda a colisão ocorre de forma eficaz, sendo necessário que exista uma energia suficiente e a geometria favorável.

Utilizando os modelos de isopor (de diferentes tamanhos e cores) e, analogias (como o exemplo da mesa de bilhar e as probabilidades de colisão entre as bolas do jogo) diversos questionamentos foram realizados aos alunos. Com estas abordagens, procurou-se dar compreensão a nível microscópico do entendimento das reações químicas e dos fatores que a influenciam, bem como, procurou-se baseado na estatística e probabilidade, dar-lhes a entender como tais fatores contribuem.

Os experimentos escolhidos são atividades bastante descritas nos livros didáticos, em que são usados comprimidos efervescentes de antiácido (LEMBO, 2002; USBERCO e Salvador, 2006; MOL e SANTOS, 2016). Foram desenvolvidos dois experimentos, investigando-se os seguintes fatores que influenciam na velocidade das reações: temperatura e superfície de contato. Para verificar a influência da temperatura, água em diferentes temperaturas e comprimidos efervescentes e, para verificar a influência da superfície de contato foi utilizada água em temperatura ambiente e comprimidos inteiros e triturados, conforme os roteiros apresentados nos anexos 1 e 2.

Ao final da atividade todos os grupos foram questionados: Qual a conclusão sobre a influência da superfície de contato na velocidade da reação? Exploraram-se nas explanações aspectos macroscópicos (visuais) da atividade e os microscópicos relacionados à Teoria das Colisões. Ao final de cada um dos experimentos procedeu-se com esses debates, de modo a instigá-los a participação e a compartilhar os conceitos.

Esta atividade foi realizada na turma 3201. Na turma controle – 3202, foi realizado o mesmo experimento, mas sem utilizar o guia reflexivo. Foi utilizado apenas o roteiro apresentado no anexo 2.

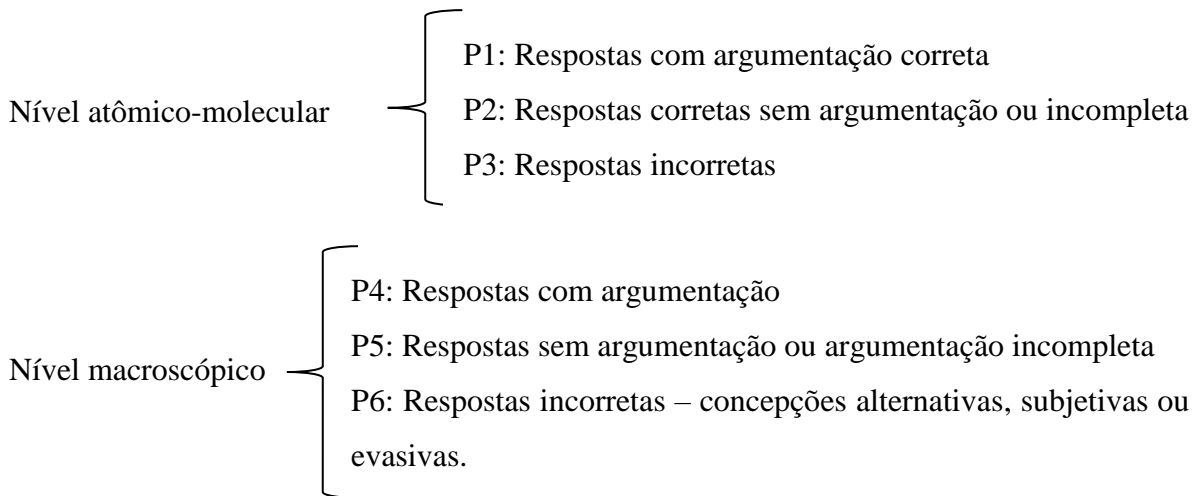
## 5 APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

### 5.1 Análise das respostas da atividade POE

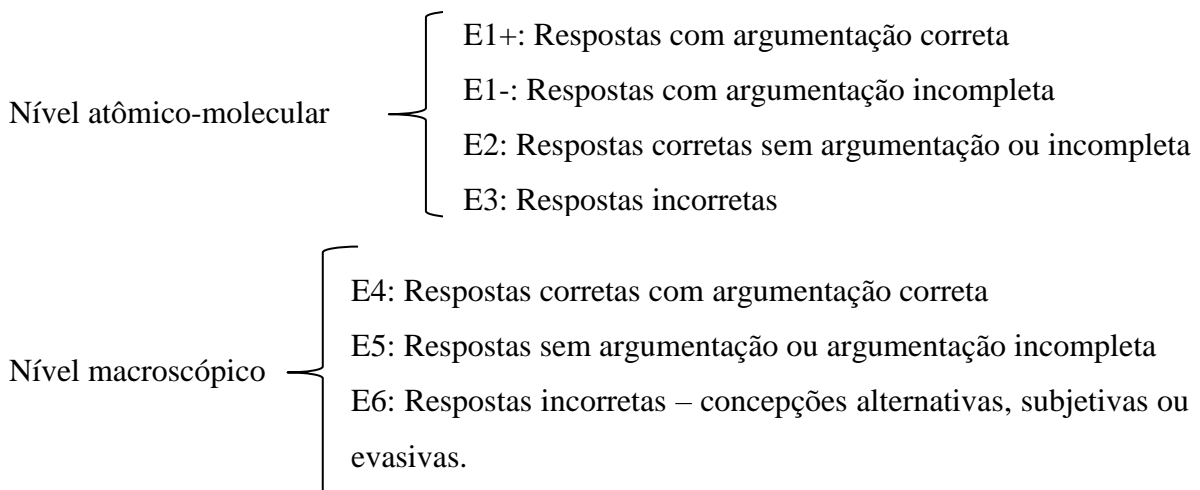
Primeiramente foram analisados os guias POE das atividades experimentais para verificar e discutir os resultados inferidos sobre as concepções existentes e possíveis evoluções conceituais dos alunos frente à atividade proposta.

Para organizar e discutir os resultados, as respostas foram categorizadas individualmente de acordo com o nível de percepção do aluno em atômico-molecular ou submicroscópico e macroscópico (Wartha e Rezende, 2011). A partir da análise criaram-se diferentes subníveis que identificassem o nível de compreensão dos alunos. Esta categorização foi realizada para as respostas no momento do PREDIZER utilizando a simbologia P e para o momento EXPLICAR, simbologia E, conforme o esquema abaixo.

#### Momento predizer: categorias



#### Momento explicar: categorias



A turma controle (3302) realizou os mesmos experimentos, porém sem a utilização do guia POE. Foi solicitado que, individualmente, explicassem livremente o que perceberam durante os experimentos. As respostas também foram categorizadas de acordo com o mesmo esquema descrito anteriormente, utilizando-se a letra S para identificar as categorias da turma SEM o uso da metodologia POE.

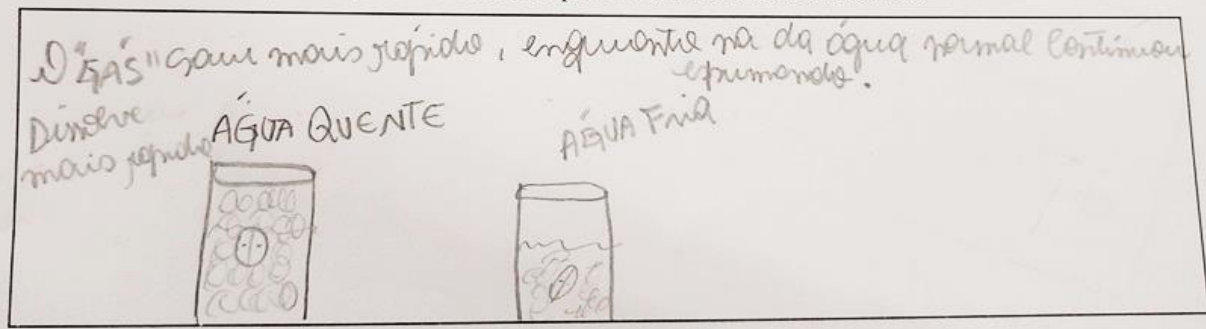
Para exemplificar a análise sobre as respostas dos alunos e classificação nas categorias, a seguir ilustramos uma análise com a guia POE de um aluno com suas escritas (respostas) do momento predizer e do momento explicar.

### PREDIZER

**Descrição:** Levando em consideração o estudo da Cinética das reações químicas, o que vai acontecer quando você colocar um comprimido de antiácido inteiro em diferentes copos contendo água, sendo que no primeiro há água na temperatura ambiente e no segundo copo há água aquecida, na temperatura de aproximadamente  $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ ?

*Predizer*

Escreva ou desenhe o que você acha que vai acontecer nessa reação com as moléculas. Escreva as razões pelas quais você acha que vai acontecer desta forma.



Analisando a resposta, conclui-se que o fenômeno é idealizado tendo uma visão macroscópica, além de a argumentação estar incompleta ou praticamente inexistente. Portanto, classificada na categoria P5.

### EXPLICAR

*Explicar*

Explique, adicione (ou altere) a sua idéia inicial sobre por que razão isso aconteceu. Desenhe o que ocorre com as moléculas reagentes, utilizando a Teoria das Colisões.

Água quente influencia na maior agitação das moléculas. Devido ao aumento da temperatura, há colisão entre as moléculas.

Com relação a resposta do mesmo aluno após a realização do experimento, no momento predizer, observa-se que buscou relacionar o experimento com a teoria das colisões para explicar a maior rapidez na dissolução do comprimido, apesar de sua resposta ainda não estar totalmente completa, portanto, categorizada como E1-. As análises e interpretações para os demais alunos seguiram este modelo.

Para buscar perceber a evolução individual e da turma foram elaboradas as tabelas 1 e 2 que relacionam individualmente as respostas dos experimentos sobre a influência dos fatores temperatura e superfície de contato na velocidade das reações químicas

A tabela 1 mostra as categorias das respostas para o experimento sobre a influência da temperatura na velocidade da reação dos alunos da turma 3201 com guia POE.

**Tabela 1: categorias - influência da temperatura na velocidade da reação**

<b>Aluno</b>	<b>Predizer - categoria</b>	<b>Explicar - categoria</b>
<b>A1</b>	P5	E1-
<b>A2</b>	P1	E6
<b>A3</b>	P4	E1-
<b>A4</b>	P5	E1-
<b>A5</b>	P2	E2
<b>A6</b>	P5	E1-
<b>A7</b>	P4	E2
<b>A8</b>	P5	E2
<b>A9</b>	P5	E2
<b>A10</b>	Não respondeu	E1-
<b>A11</b>	P5	E1-
<b>A12</b>	P5	E2
<b>A13</b>	P4	E1+
<b>A14</b>	P5	E3

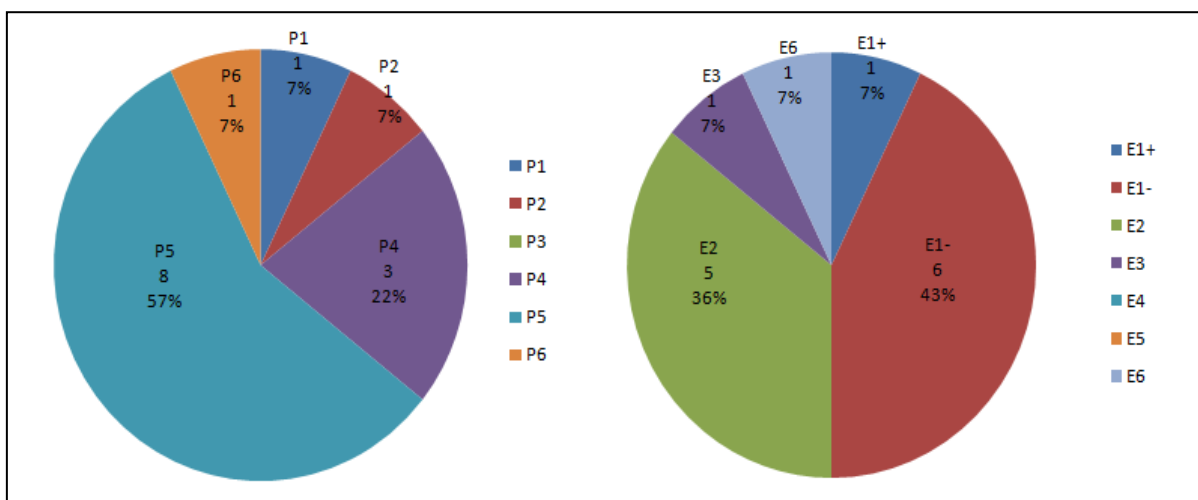
Observando os dados constantes na tabela 1, percebe-se que no primeiro momento analisado, apenas dois alunos (A2 e A5) utilizaram argumentação e associação de conceitos atômico moleculares da teoria das colisões para **prever** o que ocorreria na situação descrita. A maioria dos alunos (12) utilizou um pensamento macroscópico; alguns argumentaram de forma correta o que aconteceria (A3, A7 e A13), mas a maioria predisse de forma macroscópica sem utilizar qualquer argumentação ou fazendo de forma incompleta.

No segundo momento analisado, o Explicar, pode-se perceber que a atividade foi relevante para a evolução conceitual dos alunos, visto que 7 alunos passaram de um pensamento



macroscópico para o nível submicroscópico argumentando corretamente ou de forma incompleta, mas não equivocada. Nesse momento de argumentação ocorre a mobilização dos conceitos e a conciliação teoria-prática. Além desses, mais 5 alunos utilizaram expressões de nível submicroscópico para responder, porém, não argumentaram.

O gráfico da figura 1 mostra a análise das respostas Predizer e Explicar mostrando a evolução das respostas dentro das categorias para o experimento da influência da temperatura sobre a velocidade das reações.

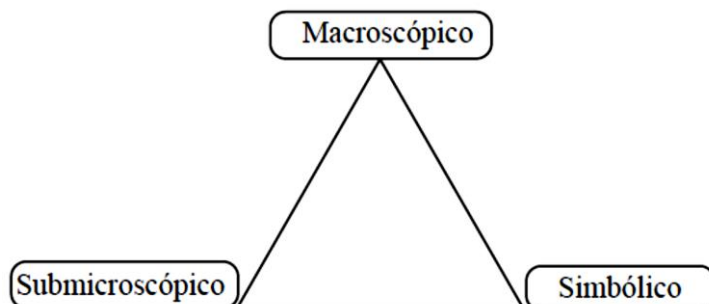


**Figura 1:** gráfico da evolução das respostas dentro das categorias para o experimento influência da temperatura

Através dos gráficos apresentados na figura 1, pode-se observar que 64% da amostra encontram-se nas categorias P5 e P6, que representam respostas de pouco esforço cognitivo. No segundo gráfico (à direita), o segundo momento analisado (Explicar) apresenta 50% da amostra com respostas categorizadas em E1<sup>+</sup> e E1<sup>-</sup>. Sendo que 36% das respostas também foram classificadas na categoria E2. As categorias E1 e E2 representam respostas no nível atômico-molecular, com E1 (+ e -) representando respostas com argumentação-correta, ou respostas com argumentação-incompleta e, E2 respostas corretas, porém sem argumentação.

Segundo Johnstone, 1993 (apud Wartha e Rezende, 2011), os níveis de significação da química são a **macroquímica** do tangível, do concreto, do mensurável; a **submicroquímica** do molecular, do atômico e cinético; e a química do **representacional** que corresponde aos símbolos, às equações e formulas químicas. Tais níveis formam um triângulo (conforme a figura 2) e grande parte das dificuldades da aprendizagem em química se deve ao fato de que, o processo de ensino e aprendizagem, se dá quase que exclusivamente em apenas um dos vértices do triângulo (macroscópico e/ou simbólico), deixando de lado aspectos mais estruturais

(correspondente ao vértice do submicroscópico) privando o aluno da sua capacidade de modelagem/abstração.



**Figura 2:** Os três componentes básicos da “nova Química” de Johnstone (adaptado de Johnstone, 1993).

*“Existe uma tendência dos alunos para explicarem os fenômenos químicos no plano macroscópico, pois dificilmente possuem competências ou de recursos simbólicos, no plano mental, para compreensão das transformações químicas num nível que requer uma maior capacidade de abstração como é o caso do nível submicroscópico.” (Wartha e Rezende, 2011).*

A atividade POE pode ser utilizada na sala de aula com objetivo de dar significação aos conceitos, o tempo para que o aluno possa reconstruir, reorganizar e assimilar o conhecimento de forma que integre os três vértices do triângulo.

Os resultados com a utilização desta abordagem mostram que a maioria (12 alunos) passou do nível macroscópico para o nível atômico molecular ou submicroscópico, mesmo que alguns alunos não tenham argumentado ou argumentado de forma incompleta, por exemplo, A2 e A14, os demais relataram a existência de moléculas, colisões entre moléculas ou aumento da energia cinética e consequente aumento da quantidade de colisões.

A tabela 2 mostra as categorias das respostas para o experimento sobre a influência da superfície de contato na velocidade da reação aplicada na turma 3201 com guia POE.

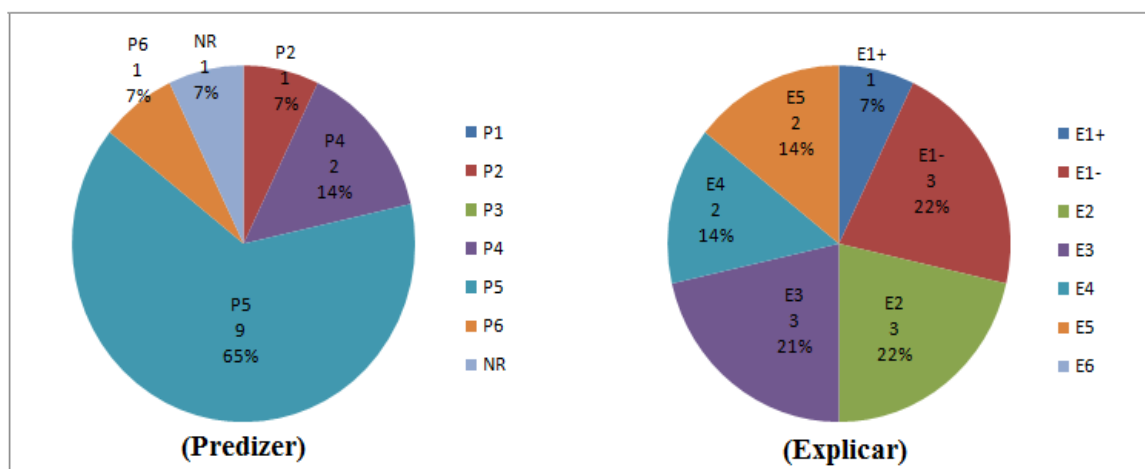
**Tabela 2: categorias - influência da superfície de contato na velocidade da reação**

Aluno	Predizer - categoria	Explicar - categoria
A1	P5	E2
A2	P4	E1-
A3	P5	E5
A4	Não respondeu	E1+
A5	P6	E4
A6	P2	E3
A7	P5	E5
A8	P5	E4
A9	P5	E2
A10	P5	E3
A11	P5	E3
A12	P5	E2
A13	P4	E1-
A14	P5	E1-

Através dos dados da tabela 2 pode-se perceber, no predizer, a similaridade com as respostas dadas no experimento anterior, em que a maioria dos alunos (12) tiveram um pensamento macroscópico e, destes, apenas 2 responderam argumentando corretamente. Responderam com argumentação incompleta ou inexistente 9 alunos, 1 respondeu utilizando concepção alternativa e 1 aluno sequer chegou a predizer, mostrando a limitação dos alunos para relacionar o conhecimento científico com o experimento sem a intermediação do professor ou sem um momento específico para organização e aplicação do conhecimento adquirido. Nesse sentido se faz presente a abordagem predizer, observar e explicar, momentos para que os alunos não apenas observam, mas organizam e constroem o conhecimento.

Ao compararmos o momento do predizer (P) com o explicar (E), evidenciamos a evolução do pensamento do aluno, pois do total (n=14), sete (7) alunos responderam utilizando argumentos a nível atômico molecular, dois (2) alunos continuaram com uma visão macroscópica do fenômeno e três (3) alunos explicaram de forma equivocada.

O gráfico da figura 3 mostra a análise das respostas Predizer e Explicar mostrando a evolução das respostas dentro das categorias para o experimento da influência da superfície de contato sobre a velocidade das reações.



**Figura 3:** gráfico da evolução das respostas dentro das categorias para o experimento influência superfície de contato;

Através dos gráficos apresentados na figura 3, pode-se observar que 72% da amostra encontram-se nas categorias P5 e P6, que representam respostas de pouco esforço cognitivo. No gráfico à direita, o segundo momento analisado (Explicar) apresenta apenas 14% (2 alunos) com respostas categorizadas como E5 e, ainda, 29% (4 alunos) da amostra com respostas categorizadas em E1<sup>+</sup> e E1<sup>-</sup>. Sendo que 22% das respostas também foram classificadas na categoria E2. As categorias E1 e E2 representam respostas no nível atômico-molecular, com E1 (+ e -) representando respostas com argumentação-correta, ou respostas com argumentação-incompleta e, E2 respostas corretas, porém sem argumentação, perfazendo um total de 51% da amostra.

Ao analisar as respostas, algumas chamaram atenção pela forma como foram respondidas ou pelos conceitos utilizados para tentar justificar as afirmações. A figura 4 (superior) mostra o entendimento do aluno com o auxílio de desenhos sobre o que acontece quando se aumenta a superfície de contato triturando o comprimido. Observa-se que o aluno expressou que no comprimido inteiro as moléculas estão mais unidas (juntas) e ao triturá-lo ficam mais distantes (separadas) umas das outras. Por um lado uma concepção errônea, pois triturar não significa separar as moléculas, e sim ter mais área superficial para que as moléculas reagentes tenham contato. Por outro lado, pode-se interpretar que o raciocínio do aluno foi coerente, pois ao triturar o comprimido as moléculas ficam mais expostas e “separadas” em pequenos fragmentos, facilitando o contato.

**Explicar**  
 Explique, adicione (ou altere) a sua idéia inicial sobre por que razão isso aconteceu.  
 Desenhe o que ocorre com as moléculas reagentes, utilizando a Teoria das Colisões.

**Descrição:** Levando em consideração o estudo da Cinética das reações químicas, o que vai acontecer quando você colocar em diferentes copos com água, um comprimido de antiácido inteiro e no outro um comprimido moído, quebrado em pequenas partes, ou seja, triturado?

**Predizer**  
 Escreva ou desenhe o que você acha que vai acontecer nessa reação com as moléculas.  
 Escreva as razões pelas quais você considerou o que vai acontecer.

Eu acho que o comprimido que está inteiro levará mais tempo para dissolver do que está triturado.

**Figura 4:** Respostas explicar (recorte superior) e predizer (recorte inferior) ao experimento superfície de contato.

Ao observar outras respostas, foram encontradas algumas que buscavam relacionar a reação com alguns conceitos que não foram mencionados na disciplina, mas estavam sendo ministrados na disciplina de física. É interessante observar que o aluno A6 (figura 5) teve um bom desempenho no momento predizer (recorte superior) em que utilizou expressões como “*dissolve mais rápido, se chocam mais*” “*mais espalhadas*”; esperava-se, portanto que o momento explicar (recorte inferior) seria melhor, porém ocorreu o contrário. A representação pelas imagens foi coerente, mas a explicação que envolveu conceitos como pressão e volume foi totalmente equivocada “*...obtendo maior pressão e menor volume*”, talvez querendo fazer uma alusão a “compactação” do comprimido, ou confundindo com o fator pressão que se aplica apenas em reações em fase gasosa, em que o aumento da pressão, diminui o volume de um sistema e aumenta a velocidade da reação, por aumentar a concentração.

**Descrição:** Levando em consideração o estudo da Cinética das reações químicas, o que vai acontecer quando você colocar em diferentes copos com água, um comprimido de antiácido inteiro e no outro um comprimido moído, quebrado em pequenas partes, ou seja, triturado?

Escreva ou desenhe o que você acha que vai acontecer nessa reação com as moléculas. Escreva as razões pelas quais você considerou o que vai acontecer.

O comprimido inteiro além de demonstrar mais pro dissolver, ~~pro~~ ocupa mais espaço no recipiente, elas se chocam menos, ficam menos agitadas. Já o comprimido moído, além de estar espalhado, dissolve mais rápido e se chocam mais, ficando mais agitadas.

Procedimento I:

**Explicar**  
Explique, adicione (ou altere) a sua idéia inicial sobre por que razão isso aconteceu. Desenhe o que ocorre com as moléculas reagentes, utilizando a Teoria das Colisões.

3

→ comprimido moído

→ comprimido inteiro

→ as moléculas estão próximas, obtendo mais pressão e menor volume, dissolvendo mais rapidamente quando bolhas formadas.

→ as moléculas estão mais separadas, obtendo menor pressão e maior volume, dissolvendo mais lentamente, formando menos bolhas.

Figura 5: Respostas ao prever e explicar do aluno A6 para o experimento “superfície de contato”.

Observa-se uma situação semelhante ao analisar a figura 6; a resposta “prever” foi pertinente ao conteúdo, inclusive com argumentação submacroscópica no momento que diz que “...temperatura maior faz com que as moléculas se agitem mais e o processo fica rápido”, mesmo sem mencionar que isso provoca maior número de colisões e com maior energia, aumentando a probabilidade de choques efetivos.

**Descrição:** Levando em consideração o estudo da Cinética das reações químicas, o que vai acontecer quando você colocar um comprimido de antiácido inteiro em diferentes copos contendo água, sendo que no primeiro há água na temperatura ambiente e no segundo copo há água aquecida, na temperatura de aproximadamente 60 °C?

Escreva ou desenhe o que você acha que vai acontecer nessa reação com as moléculas. Escreva as razões pelas quais você acha que vai acontecer desta forma.

ÁGUA QUENTE

com mais temperatura maior faz com que as moléculas se agitem mais e processo fica rápido.

TEMPERATURA NORMAL

mais tempo dissolvendo

TAREFA I: Esse procedimento não será realizado!

**Explicar**  
Explique, adicione (ou altere) a sua idéia inicial sobre por que razão isso aconteceu. Desenhe o que ocorre com as moléculas reagentes, utilizando a Teoria das Colisões.

ÁGUA QUENTE TEM O DOBRO DE PRESSÃO DO QUE A ÁGUA NORMAL e por isso o processo acontece mais rápido.

Figura 6: Respostas ao prever e explicar do A2 para o experimento “temperatura”;

A seguir analisaremos os dados coletados com a turma controle (Turma 3202), ou seja, com as atividades experimentais, mas sem a realização da metodologia POE. A tabela 3, a seguir mostra as categorias das respostas para os experimentos sobre a influência da temperatura e da superfície de contato na velocidade das reações. A letra **S** foi utilizada para identificar as categorias da turma SEM o uso da metodologia POE.

**Tabela 3: categorias turma 3202 – sem POE, turma controle.**

Aluno	Temperatura	Superfície de contato
A1	S5	S5
A2	S5	S5
A3	S5	S5
A4	S5	S5
A5	S2	S1-
A6	S2	S1-
A7	S1-	S1+
A8	S1-	S5
A9	S2	S1-
A10	S5	S5
A11	S5	S5
A12	S5	S3
A13	S5	S3
A14	S6	S6
A15	S6	S6
A16	S4	S5
A17	S6	S5
A18	S5	S6
A19	S6	S6

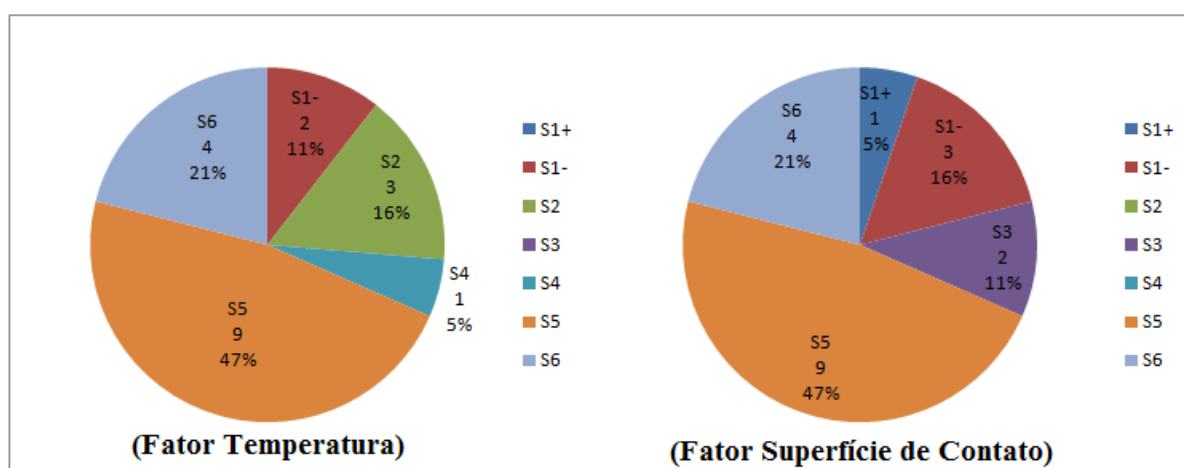
Observando a tabela acima e os resultados do experimento “temperatura”, percebe-se que dos dezenove (19) alunos apenas cinco (5) deram respostas categorizadas no nível submicroscópico, sendo que destas, três (3) (A5, A6 e A9) foram sem argumentação ou com argumentação incompleta; há, ainda quatro (4) alunos que utilizaram concepções alternativas em suas respostas e a maioria, nove (9) alunos responderam tendo uma visão macroscópica com respostas sem argumentação ou argumentação incompleta .

Resultados parecidos foram obtidos no experimento “superfície de contato” em que apenas quatro (4) alunos (A5, A6, A7 e A9) ficaram na categoria S1+ e S1- com respostas corretas e argumentação a nível submicroscópico; os demais alunos ficaram categorizados a

nível macroscópico, tendo duas (2) respostas erradas (A12 e A13) e quatro (4) alunos com concepções alternativas; os nove (9) alunos restantes responderam a nível macroscópico além de não argumentarem corretamente.

Uma observação importante é que, os alunos que tiveram o melhor desempenho, o tiveram nos dois experimentos, provavelmente por terem mais atenção e capacidade de abstração na relação do que ocorreu nos experimentos com o conteúdo de cinética química.

A figura 7 mostra, através de gráfico, a classificação das respostas dentro das categorias de análise para os experimentos realizados com a Turma Controle (T3202) sem o uso da metodologia POE.



**Figura 7:** Gráfico das categorias para os experimentos realizados com a Turma Controle (T3202) sem o uso da metodologia POE.

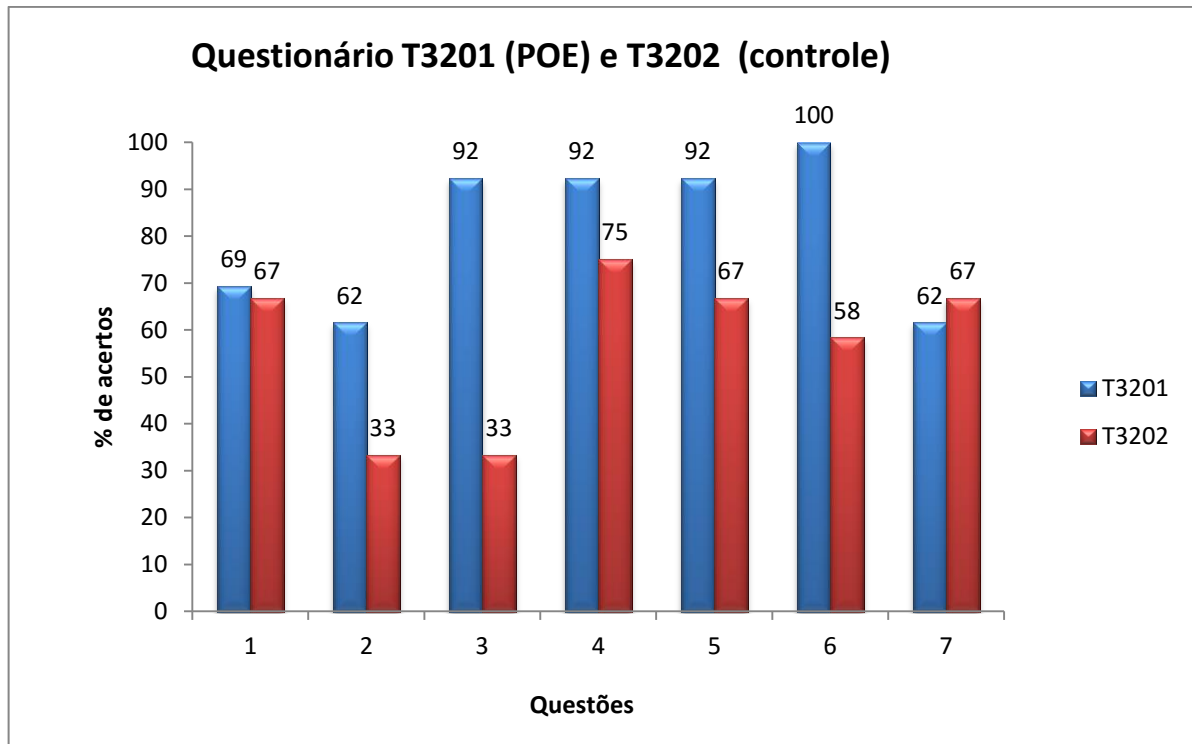
Através do gráfico, fica evidente o baixo desempenho para descrever o fenômeno utilizando como referência o nível atômico-molecular já que, nos dois experimentos, 47% das respostas foram classificadas na categoria S5 (respostas de nível macroscópico sem argumentação ou com argumentação incompleta) e 21% na categoria S6, de concepções alternativas. Somados, tem-se 68% das respostas com baixo nível conceitual.

## 5.2 Análise dos questionários aplicados após as atividades experimentais

Com relação à análise desses instrumentos de coleta de dados, procurou-se avaliar o desempenho das turmas comparativamente após as atividades experimentais através do questionário ICD 2.



Utilizou-se da análise de acertos das turmas ao responder o questionário e elaborou-se o gráfico apresentado na figura 8. Tendo em vista que o número de alunos de cada turma foi diferente, os resultados estão apresentados em percentual de acertos de cada questão.



**Figura 8:** gráfico do percentual de acertos por turma;

Pelos dados apresentados no gráfico a questão 1 (*A fim de adoçar mais rapidamente uma xícara de chá, devemos utilizar refinado ou açúcar cristal? Qual você espera que dissolva melhor? Explique*) teve praticamente o mesmo percentual – 69% na turma 3201 e 67% na turma 3202 - de acertos nas duas turmas. Convém relatar que alguns alunos, das duas turmas, não sabiam diferenciar ou não sabiam o que era açúcar cristal e/ou refinado.

A questão 7 (*Um fator que acelera uma reação química é*) também teve praticamente o mesmo percentual de acertos nas duas turmas estudadas. Tratando-se de uma questão de múltipla escolha com conceitos explícitos esperava-se um resultado melhor que os 62% e 67% nas turmas 3201 e 3202, respectivamente.

Conforme descrito anteriormente, o questionário buscou envolver aplicação do conhecimento no cotidiano e, as questão 2 (*Por que devemos mastigar bem os alimentos para fazer a digestão? Explique.*) e 3 (*Carnes e fiambres devem ser armazenados em locais frios para conservá-los por mais tempo. Explique por quê?*) estão entre elas. Nas duas questões o de-

sempenho dos alunos da turma 3201 (com POE) foi significativamente superior aos alunos da turma 3202 (sem POE). Percebe-se então a importância do momento em que o aluno deve mobilizar o conhecimento e aplicá-lo sem que ocorra (dis)simulação de aprendizagem; a questão 2 obteve 62% de acertos na turma com POE e apenas 33% na turma sem metodologia POE e na questão 3 a diferença foi ainda maior, com 92% de respostas corretas na turma 3201 (com POE) contra 33% na turma 3202 (sem POE). Tais momentos na metodologia estudada podem ter contribuído para que o aluno (re)construísse o conhecimento químico adquirido efetivando-o em aprendizagem, ao conseguir mobilizá-lo em novas situações, tal como nestas questões. A metodologia diferencia-se das tradicionais formas de execução de atividades experimentais, pois os momentos conduzem o aluno a um esforço cognitivo maior, ao mobilizar o nível atômico-molecular nas suas argumentações.

Buscando abordar o fator “concentração de reagente” e a velocidade das reações foi abordada a questão 4 (*Por que ao iniciar o fogo em fogão a lenha ou churrasqueira a utilização de um ventilador, secador de cabelos ou um “abano” aumenta o tamanho da chama? Explique o que ocorre com as moléculas participantes, escrevendo ou desenhando*), que também é uma situação de conhecimento cotidiano. Os resultados dessa questão não tiveram diferença tão expressiva entre as duas turmas, pois a porcentagem de acertos foi de 92% na turma 3201 (com POE) e 75% na turma 3202 (sem POE). Mesmo assim a turma com metodologia POE se sobressaiu. Pode-se explicar a maior porcentagem de acertos nas duas turmas por exemplos que foram utilizados com essa analogia para explicação do conteúdo em encontros anteriores.

A questão 5 (*O que é velocidade das reações: ( ) A velocidade de formação de produtos a partir dos reagentes; ( ) A velocidade de consumo de produto formando reagentes; ( ) A velocidade média do tempo em função do número de mols.*), conceitual e de múltipla escolha buscou verificar se os alunos compreenderam o conceito básico de cinética química, que é a velocidade de formação de produtos através de colisões entre as moléculas reagentes. Os resultados mostram superioridade da turma 3201 (com POE), 92%, perante 67% na turma 3202 (sem POE). Esperava-se que nas duas turmas os resultados fossem parecidos, pois foram conteúdos desenvolvidos em sala de aula. Nesse momento podemos sugerir que a atividade experimental realmente provoca uma maior motivação na dinâmica de sala de aula, o que a aula tradicional desenvolvida na sala de aula não foi capaz e não contribuiu para a fixação e/ou aprendizagem do conteúdo.

Mais uma vez a turma 3201 (com POE) se sobressaiu quando todos os alunos da turma responderam a questão 6 corretamente, contra 58% da turma 3202 (sem POE). A questão trata diretamente sobre o conteúdo (*Ao aumentarmos a temperatura numa reação química, o que acontece com a sua velocidade, ela? ( ) Mantém-se; ( ) Aumenta; ( ) Diminui; ( ) Inibe-se; Justifique a escolha.*). Verificou-se que, além de assinalar a resposta correta, a justificativa da questão também foi dada levando em conta os conceitos de cinética química abordados durante os encontros e, principalmente nas atividades experimentais da influência da temperatura na velocidade das reações químicas.

O dado da questão 6 e os demais resultados da turma 3201 (com POE) nos parece muito importante e confirmam o potencial da atividade experimental elaborada com a metodologia POE adaptada ao contexto de cinética. Revela-nos também que o estudo da cinética apoiada ao uso da teoria das colisões como conhecimento argumentativo nos momentos pedagógicos do POE, é muito importante para contribuir na construção da aprendizagem através de argumentações. As argumentações são o resultado do esforço cognitivo desenvolvido pelo aluno, nos momentos Predizer, Observar e Explicar, em um processo ativo de aprendizagem.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presente pesquisa buscou identificar as contribuições da estratégia Predizer, Observar e Explicar (POE) em atividades experimentais de química no segundo ano do ensino médio noturno. Foi possível identificar que para as turmas pesquisadas o uso de atividades diferenciadas contribuiu para a aprendizagem dos alunos.

Por tratar-se do ensino noturno, em que os alunos na maioria dos casos trabalham no diurno e muitas vezes encontram-se cansados e, indiscutivelmente por esse e outros motivos o rendimento é menor, seus desempenhos foram considerados satisfatórios. Dentro deste contexto a atividade experimental desenvolvida contribuiu para motivar os alunos e possibilitou aulas diferenciadas das monótonas e cansativas aulas expositivas.

Pesa, ainda, a situação do funcionalismo público estadual, principalmente os professores que recebem baixos salários e, a algum tempo, de forma parcelada e em vista disso declararam greve. Foram vinte dias sem aulas e após houve retorno de alguns professores ao trabalho e outros continuaram em greve, isso fez com que vários alunos pedissem transferência para outras escolas e diminuiu a assiduidade dos que restaram. São vários fatores inerentes à escola, a estrutura e as relações humanas que podem interferir no planejamento e na aplicação de atividades diferenciadas.

Tratando-se da turma que desenvolveu as atividades adaptadas na abordagem POE, observou-se um melhor desempenho em relação à turma controle. Através dos dados coletados nos ICD, pode-se verificar que a estratégia contribuiu para a aprendizagem dos alunos quanto aos conceitos de cinética química.

As atividades experimentais por possibilitarem que o aluno participe ativamente, podem ser adaptadas para a abordagem POE, fazendo com que os alunos observem com mais atenção o experimento e questione-se sobre os acontecimentos. Assim ao invés do professor apenas demonstrar a toda a classe, pequenos grupos podem realizá-la, o que permite aos estudantes observar mais de perto e interagir com o evento, o que desperta maior interesse. Embora possa ser mais difícil para o professor acompanhar a discussão os resultados podem ser visualizados nas guias POE.

Wartha e Rezende, 2011 afirmam que “*Conhecimento só, não é suficiente em Química. O conhecimento de fórmulas, equações, ligações e mecanismos de reações não deveriam ser o objetivo principal no ensino e aprendizagem de Química*”. A atividade realizada vem de encontro ao que dizem ainda os mesmos autores “*seria mais importante o desenvolvimento da*

*imaginação, em função das evidências observadas, dos dados analisados e da capacidade de criar modelos explicativos por meio da capacidade de representar átomos, moléculas e transformações químicas, e usá-los na construção do conhecimento químico sobre determinado fenômeno”* (Wartha e Rezende, 2011), no sentido de fazer com que o aluno utilize o conhecimento prévio para prever o fenômeno usando a imaginação, faça a observação e reconstrua ou reorganize seu pensamento para poder explicar o fenômeno.

Os experimentos desenvolvidos oportunizaram aos alunos interagir com os conceitos nas etapas do POE, aumentando as interações entre sujeito-objeto (aluno-atividade experimental) levando-os a uma postura ativa na aprendizagem. Os resultados obtidos deste estudo demonstram o potencial de aplicação desta estratégia em aulas experimentais na disciplina de química, oportunizando uma abordagem metodológica diferenciada de ensino aos alunos do noturno.

## 7 REFERÊNCIAS

- ATKINS, P. **Físico-Química: Fundamentos**. 3ª. Edição, Editora LTC, 2003.
- \_\_\_\_\_, **Orientações Curriculares para o Ensino Médio**, Brasília: Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica, 2006.
- BRASIL, Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica, **Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio**. Brasília, 2002.
- BRASIL, Ministério da Educação. **Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional**. Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996.
- CAPORALINI, M. B. S. C. **A Transmissão do Conhecimento e o Ensino Noturno**. Papirus Editora. Campinas, SP, 1991.
- FOUREZ, G. **Crise no ensino de ciências?** Investigações em Ensino de Ciências. V. 8: 110 p. 2003.
- GALIAZZI, M.C. ROCHA, J. M. B.; SCHMITZ, L. C.; DE SOUZA, M. L.; GIESTA, S.; GONÇALVES, F. P. **Objetivos das Atividades Experimentais no Ensino Médio: a Pesquisa Coletiva como Modo de Formação de Professores de Ciências**. Ciência & Educação, v.7, n.2, p.249-263, 2001.
- GALLIAZZI, M.C. e GONÇALVES, F.P. **A Natureza Pedagógica da Experimentação: Uma Pesquisa na Licenciatura em Química**, Química Nova na Escola, 27, 2, p.326-331, 2004.
- HAMEED, H., HACKLING, M.W., GARNETT, P.J. **Facilitating conceptual change in chemical equilibrium using a CAI strategy**. International Journal of Science Education. Vol.15(2), p. 221-230, 1993.
- JOHNSTONE, A.H. **The Development of Chemistry Teaching**, *The Forum*, v. 70, n 9, 1993.
- JUSTI, R. S.; RUAS, R. M. **Aprendizagem de Química: reprodução de pedaços isolados de conhecimento?** Química Nova na Escola, 5, p.24-27, 1997.
- LEMBO, A. **Química, Realidade e Contexto**. Volume único. Editora Ática, São Paulo, 2002
- LIMA, J.F.L., PINA, M.S.L., BARBOS, R.M.N., JOFILI, Z.M.S. **A Contextualização no Ensino de Cinética Química**. Química Nova na Escola, 11, p.26-29, 2000.
- MALDANER, O. A.; BAZZAN, A C.; LAUXEN, M. T. C. **Reorganização dos Conteúdos de Química no Ensino Médio a partir do Desenvolvimento do Currículo por Sucessivas Situações de Estudo**. XIII Encontro Nacional de Ensino de Química, 13<sup>o</sup> ENEQ, Unicamp, Campinas, SP, 2006.
- MARTINS, T. L. C.; SCHWAHN, M. C.; SILVA, J. **A abordagem POE (predizer, observar e explicar): uma estratégia didática na formação inicial de professores de química**.

In: VI ENPEC- Encontro Nacional de Pesquisadores em Educação e Ciências, 2007, Florianópolis. Anais do VI ENPEC, 2007.

MERÇON, F. - **A Experimentação no Ensino de Química**. In Atas do IV Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (ENPEC), Bauru, SP, 2003.

MERÇON, F.; COSTA, T. S.; ORNELAS, D. L.; GUIMARÃES, P. I. C. - **A corrosão na abordagem da cinética química**. Química Nova na Escola, 22, p.31, 2005.

MOL, Gerson e SANTOS, Wildson. **Química cidadã**. Vol 2, 3ª ed. Ed Nova Geração, São Paulo, 2016

MOREIRA, Marco Antônio. **Teorias da Aprendizagem**. São Paulo, Editora Pedagógica e Universitária, 1999

MTHEMBU, Z. **Using the Predict-Observe-Explain Technique to Enhance the Students' Understanding of Chemical Reactions**. In: Conference Papers of the Australian Association for Research in Education, AARE, 2001, Melbourne, Australia, 2001. Disponível em: <http://www.aare.edu.au/data/publications/2001/mth01583.pdf> <acesso em 02 de julho de 2017>

OLIVEIRA, P.R.S. **A Construção Social do Conhecimento no Ensino-Aprendizagem de Química**. In Atas do IV Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (ENPEC), Bauru, SP, 2003.

PALMER, D. **The POE in the primary school: An evaluation**. *Research in Science Education*, 25 (3), 323-332, 1995

PEREIRA, A. D. S.; PIRES, D. X. **Uma proposta teórica-experimental de sequência didática sobre interações intermoleculares no ensino de química, utilizando variações do teste da adulteração da gasolina e corantes de urucum**. *Investigações em Ensino de Ciências*. V. 17 (2): 385-413 p. 2012.

TAO, P. K., GUNSTONE, R. F. **Conceptual Change in Science through Collaborative Learning at the computer**. *International Journal of Science Education*. v. 21(1), pp.39-57, 1999.

USBERCO, J; Salvador, E. **Química 1: Química Geral**, 12ª edição, Editora Saraiva, São Paulo, SP, 2006.

VALADARES, E.C. **Propostas de experimentos de baixo custo centradas no aluno e na comunidade**. *Química Nova na Escola*, 13, p. 38-40, 2001.

WARTHA, E. J.; REZENDE, D. B. **Os níveis de representação no ensino de química e as categorias da semiótica de Peirce**. *Investigações em Ensino de Ciências – V16(2)*, pp. 275-290, 2011, disponível em: <https://www.if.ufrgs.br/cref/ojs/index.php/ienci/article/view/230/162> <acesso em 12 de novembro de 2017>

WHITE, R.; GUNSTONE, R. **Probing Understanding**. NY: The Falmer Press, 1992.

**ANEXOS**



**ANEXO 1: Guias adaptados da metodologia POE**

## Experimento 1- Superfície de contato.

Nome: \_\_\_\_\_ Turma: \_\_\_\_\_

**Descrição do foco do experimento**

O que vai acontecer quando você colocar em copos com água, meio comprimido de antiácido moído e a outra metade inteira?

***Predizer***

Escreva ou desenhe o que você acha que vai acontecer. Escreva as razões pelas quais você acha que vai acontecer desta forma.

**Procedimento II:**

- 1- Em dois béqueres de 100mL, colocar água à temperatura ambiente até a marca de 50mL.
- 2- Triturar ½ comprimido de Sonrisal<sup>®</sup>, em pedaços finamente divididos.
- 3- Adicionar simultaneamente (ao mesmo tempo) em um dos béqueres o ½ comprimido de antiácido inteiro (sem triturar) e ao outro béquer o ½ comprimido triturado.
- 4- Utilizando um cronômetro determine o tempo de duração da reação em cada béquer, ate dissolução completa do antiácido.

***Observar***

Descreva ou desenhe o que você observou. Qual a variável diferente nos dois procedimentos?

***Explique***

Adicione (ou altere) a sua ideia sobre por que razão isso aconteceu. Se necessário, desenhe o que ocorre com os reagentes.

## Experimento 2 - Temperatura.

Nome: \_\_\_\_\_ Turma: \_\_\_\_\_

**Descrição:** Levando em consideração o estudo da Cinética das reações químicas, o que vai acontecer quando você colocar um comprimido de antiácido inteiro em diferentes copos contendo água, sendo que no primeiro há água na temperatura ambiente e no segundo copo há água aquecida, na temperatura de aproximadamente 60 °C?

### **Predizer**

Escreva ou desenhe o que você acha que vai acontecer nessa reação com as moléculas. Escreva as razões pelas quais você acha que vai acontecer desta forma.

**TAREFA 1:** Esse procedimento não será realizado!

- 1- Em dois béqueres de 100mL adicionar em ambos 50mL de água, no primeiro adicionar água à temperatura ambiente e no segundo adicionar água quente fornecida pela professora.
- 2- Adicionar 1 comprimido de Sonrisal<sup>®</sup>, simultaneamente (ao mesmo tempo) nos copos de béquer.
- 3- Atenção!! Ao adicionar os comprimidos simultaneamente um colega deve utilizar um cronômetro para determinar o tempo de duração da reação em cada béquer, até dissolução completa do antiácido.

### **Observar**

Observe e descreva o que você visualizou quanto ao que ocorre nas reações e quanto ao tempo da reação. Qual a variável diferente nos dois procedimentos?

### **Explicar**

Explique, adicione (ou altere) a sua ideias inicial sobre por que razão isso aconteceu. Desenhe o que ocorre com as moléculas reagentes, utilizando a Teoria das Colisões.

**ANEXO 2: roteiro para atividade experimental na turma controle****Experimento 1 – Superfície de contato.**

Nome: \_\_\_\_\_ Turma: \_\_\_\_\_

Procedimento I:

- 1- Separe dois copos de béquer de 150mL.
- 2- Triturar 1 comprimido de anti-ácido (Sonrisal<sup>®</sup>), em pedaços finamente divididos com o auxílio do grau e pistilo e, adicionar à um dos béqueres. EVITAR PERDAS!!
- 3- Ao outro béquer adicionar o comprimido inteiro;
- 4- Adicionar simultaneamente (ao mesmo tempo) aos dois béqueres, com o auxílio de duas provetas, 100mL de água destilada e observar (anotar) o tempo de reação;
- 5- Atenção!! Ao adicionar simultaneamente água aos comprimidos um colega deve utilizar um cronômetro para determinar o tempo de duração da reação em cada béquer, até a dissolução completa do antiácido.

***Explicar***

Explique o que aconteceu com os comprimidos.

**Experimento 2 - Temperatura.**

Nome: \_\_\_\_\_ Turma: \_\_\_\_\_

**TAREFA 1:**

- 1- Em dois béqueres de 100 mL adicionar em ambos 50 mL de água, no primeiro adicionar água à temperatura ambiente e no segundo adicionar água quente fornecida pelo professor.
- 2- Adicionar 1 comprimido de Sonrisal<sup>®</sup>, simultaneamente (ao mesmo tempo) nos copos de béquer.
- 3- Atenção!!! Ao adicionar os comprimidos simultaneamente um colega deve utilizar um cronômetro para determinar o tempo de duração da reação em cada béquer, ate dissolução completa do antiácido.

Levando em consideração o estudo da Cinética das reações químicas, o que vai acontecer quando você colocar um comprimido de antiácido inteiro em diferentes copos contendo água, sendo que no primeiro há água na temperatura ambiente e no segundo copo há água aquecida, na temperatura de aproximadamente 60 °C?

**ANEXO 3: O Instrumento de Coleta de Dados 2 (ICD2) - Questionário**

## Questões sobre cinética química

1- *A fim de adoçar mais rapidamente uma xícara de chá, devemos utilizar açúcar refinado ou açúcar cristal? Qual você espera que dissolva melhor? Explique.*

2- *Por que devemos mastigar bem os alimentos para fazer a digestão? Explique.*

3- *Carnes e fiambres devem ser armazenados em locais frios para conservá-los por mais tempo. Explique por quê?*

4- *Por que ao iniciar o fogo em fogão a lenha ou churrasqueira a utilização de um ventilador, secador de cabelos ou um “abano” aumenta o tamanho da chama? Explique o que ocorre com as moléculas participantes, escrevendo ou desenhando.*

5- *O que é velocidade das reações:*

- ( ) A velocidade de formação de produtos a partir dos reagentes;
- ( ) A velocidade de consumo de produto formando reagentes;
- ( ) A velocidade média do tempo em função do número de mols.

6- *Ao aumentarmos a temperatura numa reação química, o que acontece com a sua velocidade, ela? Justifique a escolha.* \_\_\_\_\_

- ( ) Mantém-se; ( ) Aumenta; ( ) Diminui; ( ) Inibe-se.

7- *Um fator que acelera uma reação química é:*

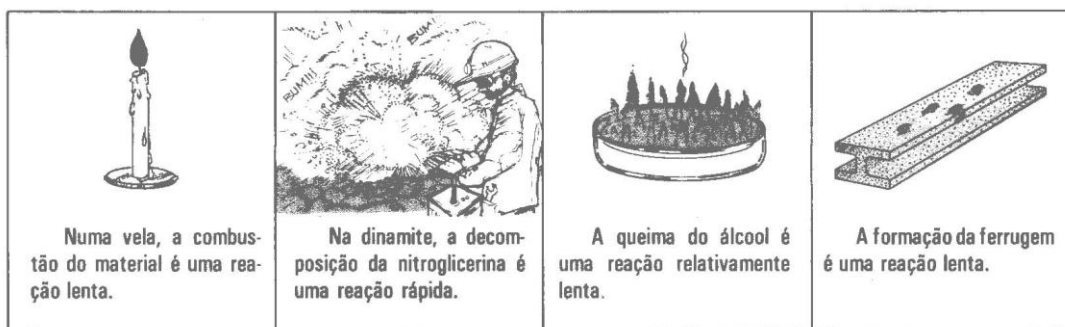
- ( ) A ausência de contato entre os reagentes.
- ( ) A ausência de substâncias reagentes.
- ( ) A diminuição da superfície de contato.
- ( ) A diminuição da concentração dos reagentes.
- ( ) O aumento da superfície de contato.

## ANEXO 4: Plano de aula – Cinética química

### VELOCIDADE DA REAÇÃO – Cinética Química

#### Conceito

Cinética química é o ramo da Química que estuda a velocidade de uma reação, bem como os fatores que a influenciam. Você já sabe, através da observação cotidiana, que os processos químicos podem ser rápidos ou mais lentos.



Assim, com a finalidade de caracterizar a lentidão ou a rapidez com que as reações ocorrem, foi introduzida a grandeza velocidade de reação.

#### Velocidade média

Velocidade média de uma reação é a razão entre a variação do número de moles de um participante e o intervalo de tempo gasto nessa variação:

onde:

$$v_m = \frac{\Delta n}{\Delta t} ; \begin{cases} \Delta n = n_{\text{final}} - n_{\text{inicial}} \\ \Delta t = t_{\text{final}} - t_{\text{inicial}} \end{cases}$$

Analisemos, então, o que ocorre com a reação:  $C_2H_2 + 2H_2 \rightarrow C_2H_6$ . Um químico, medindo o número de moles do participante  $C_2H_6$  em função do tempo e nas condições em que a reação se processa, obteve os seguintes resultados:

Tempo (min)	0	4	6	10
Número de moles de $C_2H_6$ formados	0	12	15	20

Vamos, então, calcular a velocidade média dessa reação no intervalo de 0 min a 4 min:

$$\begin{cases} \Delta n = 12 - 0 = 12 \text{ moles} \\ \Delta t = 4 - 0 = 4 \text{ min} \end{cases} \quad v_m = \frac{\Delta n}{\Delta t} = \frac{12 \text{ moles}}{4 \text{ min}} \Rightarrow v_m = 3 \text{ moles/min}$$

Isso significa que, nesse intervalo, a cada minuto formam-se em média 3 moles de  $C_2H_6$ . Vamos admitir, agora, que o químico descubra o número de moles dos participantes  $C_2H_2$  e  $H_2$  nos tempos indicados para o  $C_2H_6$  e organize assim a tabela:

Tempo (min)	0	4	6	10
-------------	---	---	---	----

Número de moles de C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> presentes	50	38	35	30
Número de moles de H <sub>2</sub> presentes	60	36	30	20
Número de moles de C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> presentes	0	12	15	20

Se você calcular a velocidade média da reação em função do C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>, no intervalo de 0 min a 4 min,

empregando a fórmula dada, encontrará:

$$\begin{cases} \Delta n = 38 - 50 = -12 \text{ moles} \\ \Delta t = 4 - 0 = 4 \text{ min} \end{cases} \quad v_m = \frac{\Delta n}{\Delta t} = \frac{-12 \text{ moles}}{4 \text{ min}} \Rightarrow v_m = -3 \text{ moles/min}$$

Note que encontramos o mesmo valor referente ao C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>, no mesmo intervalo, porém com valor negativo. A fim de evitar que isso ocorra, devemos colocar o sinal negativo na fórmula, para que o valor da velocidade da reação seja o mesmo para qualquer participante no mesmo intervalo.

Então, para os produtos usamos a fórmula com sinal positivo (caso do C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>), e para os reagentes, a fórmula com sinal negativo (caso do C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>). Logo:

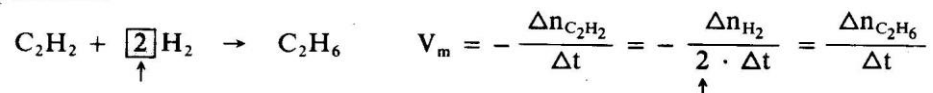
$$v_m = -\frac{\Delta n_{\text{C}_2\text{H}_2}}{\Delta t} = \frac{\Delta n_{\text{C}_2\text{H}_6}}{\Delta t}$$

Vamos, agora, calcular a velocidade média da reação no intervalo de 0 min a 4 min em função do H<sub>2</sub>:

$$\begin{cases} \Delta n = 36 - 60 = -24 \text{ moles} \\ \Delta t = 4 - 0 = 4 \text{ min} \end{cases} \quad v_m = \frac{\Delta n}{\Delta t} = \frac{-24 \text{ moles}}{4 \text{ min}} \Rightarrow v_m = -6 \text{ moles/min}$$

Note que obtivemos novamente valor negativo, pois o H<sub>2</sub> é reagente. Assim, conforme vimos, devemos colocar o sinal negativo na fórmula. Entretanto, o valor numérico encontrado é o dobro do valor referente ao C<sub>2</sub>H<sub>6</sub> no mesmo intervalo. Então, devemos dividir 6 por 2 para encontrarmos 3:  $6 \div 2 = 3$ . Mas, o que é o 2? Onde encontrá-lo? Ele é obtido a partir da análise dos coeficientes da equação

química correspondente:



Vejamos o cálculo da velocidade média num outro intervalo, por exemplo, de 6 min a 10 min:

Em função do  $C_2H_2$ :

$$\begin{cases} \Delta n_{C_2H_2} = 30 - 35 = -5 \text{ moles} \\ \Delta t = 10 - 6 = 4 \text{ min} \end{cases}$$

$$V_m = -\frac{\Delta n_{C_2H_2}}{\Delta t} = -\frac{-5}{4} \Rightarrow$$

$$V_m = 1,25 \text{ mol/min}$$

• Em função do  $H_2$ :

$$\begin{cases} \Delta n_{H_2} = 20 - 30 = -10 \text{ moles} \\ \Delta t = 10 - 6 = 4 \text{ min} \end{cases}$$

$$V_m = -\frac{\Delta n_{H_2}}{2 \cdot \Delta t} = -\frac{-10}{2 \cdot 4} = \frac{10}{8}$$

$$V_m = 1,25 \text{ mol/min}$$

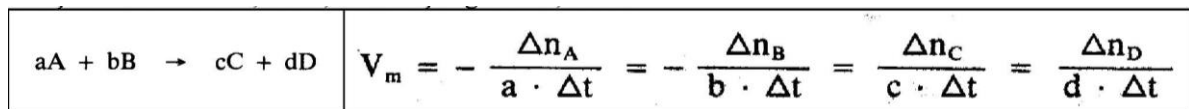
Em função do  $C_2H_6$ :

$$\begin{cases} \Delta n_{C_2H_6} = 20 - 15 = 5 \text{ mole} \\ \Delta t = 10 - 6 = 4 \text{ min} \end{cases}$$

$$V_m = \frac{\Delta n_{C_2H_6}}{\Delta t} = \frac{5}{4} \Rightarrow$$

$$V_m = 1,25 \text{ mol/min}$$

Observe que para todos os participantes da reação obtivemos o mesmo valor da velocidade média da reação. Considerando, então, uma reação genérica, temos:



$$V_m = \frac{-V_A}{a} = \frac{-V_B}{b} = \frac{V_C}{c} = \frac{V_D}{d}$$

#### Exercícios resolvidos

1. Um analista, efetuando medidas do número de moles da substância  $H_2$  para a reação de formação do  $NH_3$ , ( $N_2 + 3H_2 \rightarrow 2NH_3$ .) obteve, em função do tempo, a seguinte tabela:

Tempo (min)	0	5	15
Número de moles de $H_2$ existentes	20,0	10,0	2,5

Calcular a velocidade média da reação nos intervalos de 0 min a 5 min e de 5 min a 15 min. *Resolução:*

a) Intervalo de 0 min a 5 min:

$$\begin{cases} \Delta n_{H_2} = 10,0 - 20,0 = -10,0 \\ \Delta t = 5 - 0 = 5 \end{cases}$$

$$V_m = -\frac{\Delta n_{H_2}}{3 \cdot \Delta t} = -\frac{-10,0}{15}$$

$$V_m = 0,66 \text{ mol/min}$$

b) Intervalo de 5 min a 15 min:

$$\begin{cases} \Delta n_{H_2} = 2,5 - 10,0 = -7,5 \\ \Delta t = 15 - 5 = 10 \end{cases}$$

$$V_m = -\frac{\Delta n_{H_2}}{3 \cdot \Delta t} = -\frac{-7,5}{30}$$

$$V_m = 0,25 \text{ mol/min}$$

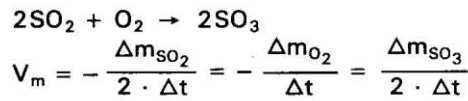
2. A tabela abaixo mostra a variação da massa de  $SO_2$  em função do tempo para a reação:  
 $2SO_2 + O_2 \rightarrow 2SO_3$ :

Tempo (min)	0	8	10
Massa de $SO_2$ presente (g)	35	15	10

Calcular a velocidade média da reação no intervalo de 8 min a 10 min.

**Resolução:** Na fórmula da velocidade média, podemos substituir a variação do número de moles  $\Delta n$

pela variação da massa  $\Delta m$ :



*Intervalo de 8 min a 10 min:*

$$\begin{cases} \Delta m_{\text{SO}_2} = 10 - 15 = -5 \\ \Delta t = 10 - 8 = 2 \end{cases}$$

$$V_m = -\frac{\Delta m_{\text{SO}_2}}{2 \cdot \Delta t} = -\frac{-5}{4} \Rightarrow V_m = 1,25 \text{ g/min}$$

3. Ao adicionarmos ferro a uma solução de HCl, ocorre a reação:  $\text{Fe} + 2\text{HCl} \rightarrow \text{FeCl}_2 + \text{H}_2$ . Medindo a concentração molar de HCl, encontramos:

Tempo (min)	0	5	8
Concentração molar do HCl	0,2	0,115	0,10

Calcular a velocidade média da reação no intervalo de 5 min a 8 min. *Resolução:*

Na fórmula da velocidade média, podemos substituir a variação do número de moles  $\Delta n$  pela variação da concentração molar  $\Delta [ ]$ :  $\text{Fe} + 2\text{HCl} \rightarrow \text{FeCl}_2 + \text{H}_2$ .

$$V_m = -\frac{\Delta[\text{Fe}]}{\Delta t} = -\frac{\Delta[\text{HCl}]}{2 \cdot \Delta t} = \frac{\Delta[\text{FeCl}_2]}{\Delta t} = \frac{\Delta[\text{H}_2]}{\Delta t}$$

*Intervalo de 5 min a 8 min:*

$$\begin{cases} \Delta[\text{HCl}] = 0,100 - 0,115 = -0,015 \\ \Delta t = 8 - 5 = 3 \end{cases}$$

$$V_m = -\frac{\Delta[\text{HCl}]}{2 \cdot \Delta t} = -\frac{-0,015}{6} \Rightarrow$$

$$V_m = 0,0025 \frac{\text{mol}}{\text{l} \cdot \text{min}}$$

### **Velocidades de formação e de desaparecimento**

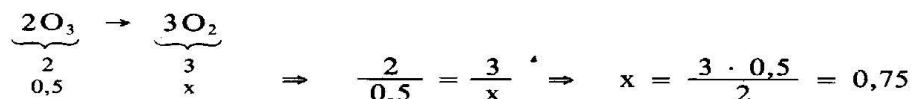
Suponhamos um recipiente de  $V$  litros de capacidade no qual realizaremos o processo:  $2\text{O}_3 \rightarrow 3\text{O}_2$  (Desaparecimento de ozônio com formação de oxigênio.)

Observe que para cada 2 mol de ozônio que desaparecem há a formação de 3 mol de oxigênio. Vamos admitir, para esse processo, as seguintes medidas:

Tempo (s)	0	5	7
Número de moles de $\text{O}_3$ (ozônio)	2,0	1,5	0,5
Número de moles de $\text{O}_2$ (oxigênio)	0,0	0,75	2,25

Note que os valores tabelados obedecem à relação, em moles, indicada na equação.

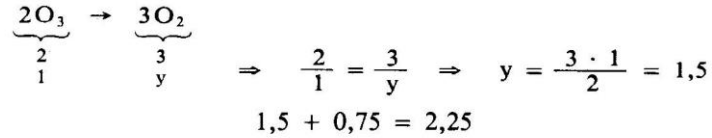
Veja: No início ( $t = 0\text{s}$ ), o número de moles de  $\text{O}_3$  é 2,0 e o de  $\text{O}_2$  é zero, pois ainda não houve formação de  $\text{O}_2$ . No tempo  $t = 5\text{s}$ , o número de moles de  $\text{O}_3$  é 1,5. Isso significa que 0,5 mol ( $2,0 - 1,5$ ) de  $\text{O}_3$  desapareceu, dando origem a 0,75 mol de  $\text{O}_2$ :



No tempo  $t = 7\text{s}$ , o número de moles de  $\text{O}_3$  é 0,5. Isso significa que 1,0 mol ( $1,5 - 0,5$ )



desapareceu, dando origem a 1,5 mol de  $O_2$ , o qual, somado com 0,75 mol já existente no tempo  $t = 5s$ , nos dá 2,25 moles de  $O_2$ :



Agora, vamos calcular a velocidade média ( $V_m$ ) da reação:  $2O_3 \rightarrow 3O_2$ .

$$V_m = \frac{\Delta n_{O_3}}{2 \cdot \Delta t} = \frac{\Delta n_{O_2}}{3 \cdot \Delta t}$$

velocidade de desaparecimento do  $O_3$ 
velocidade de formação do  $O_2$

$$V_{\text{desap. } O_3} = -\frac{\Delta n_{O_3}}{\Delta t} \quad \text{e} \quad V_{\text{form. } O_2} = \frac{\Delta n_{O_2}}{\Delta t}$$

Logo:

$$V_m = \frac{V_{\text{desap. } O_3}}{2} = \frac{V_{\text{form. } O_2}}{3}$$

Intervalo	Reação	
	$2O_3 \rightarrow 3O_2$	
De 0s a 5s	$V_{\text{desap.}} = -\frac{1,5 - 2,0}{5 - 0} = 0,1 \text{ mol/s}$ $V_m = \frac{0,1}{2} = 0,05 \text{ mol/s}$	$V_{\text{form.}} = \frac{0,75 - 0}{5 - 0} = 0,15 \text{ mol/s}$ $V_m = \frac{0,15}{3} = 0,05 \text{ mol/s}$
De 5s a 7s	$V_{\text{desap.}} = -\frac{0,5 - 1,5}{7 - 5} = 0,5 \text{ mol/s}$ $V_m = \frac{0,5}{2} = 0,25 \text{ mol/s}$	$V_{\text{form.}} = \frac{2,25 - 0,75}{7 - 5} = 0,75 \text{ mol/s}$ $V_m = \frac{0,75}{3} = 0,25 \text{ mol/s}$

#### Exercício resolvido

4. Dado o processo  $3C_2H_2$  (acetileno)  $\rightarrow$   $C_6H_6$ , (benzeno) determinar a velocidade de formação do

benzeno em função da velocidade de desaparecimento do acetileno. Resolução:  $3C_2H_2 \rightarrow C_6H_6$ :

$$V_m = \frac{\Delta n_{C_2H_2}}{3 \cdot \Delta t} = \frac{\Delta n_{C_6H_6}}{\Delta t}$$

velocidade de desaparecimento do  $C_2H_2$ 
velocidade de formação do  $C_6H_6$

$$V_m = \frac{V_{\text{desap.}}}{3} = V_{\text{form.}}$$

**Resposta:**  $V_{\text{form.}} = \frac{V_{\text{desap.}}}{3}$

## CONDIÇÕES PARA OCORRÊNCIA DE REAÇÕES

Vários fatores são responsáveis pela ocorrência de uma reação química. Entre os reagentes deve existir uma tendência à reação (afinidade química) e, além disso, eles devem estar em contato, o que permitirá a colisão entre suas moléculas, acarretando quebra de ligações e formação de novas ligações.

### TEORIA DAS COLISÕES

Em todas as reações, os átomos que formam os reagentes se rearranjam, originando os produtos. No entanto, nem todos os choques entre as partículas que compõem os reagentes dão origem a produtos (choques não-eficazes). Os choques que resultam em quebra e formação de novas ligações são denominados eficazes ou efetivos.

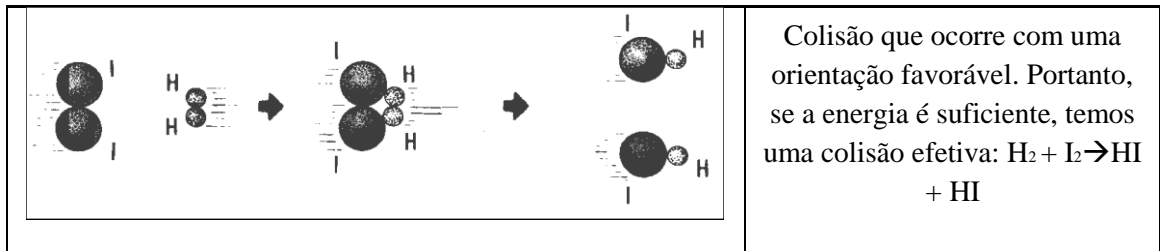
No momento em que ocorre o choque em uma posição favorável, forma-se uma estrutura intermediária entre os reagentes e os produtos denominada complexo ativado.

**Complexo ativado** é o estado intermediário (estado de transição) formado entre reagentes e produtos, em cuja estrutura existem ligações enfraquecidas (presentes nos reagentes) e formação de novas ligações (presentes nos produtos).

Colisões não-efetivas	Colisões efetivas
São aquelas em que não há quebra de ligações e, conseqüentemente, não existe formação de outras novas. Neste caso, não ocorre a reação.	São aquelas em que há quebra de ligações e conseqüente formação de outras novas. Neste caso, ocorre a reação.

Para que uma colisão seja efetiva, o choque entre as moléculas deve acontecer com uma orientação favorável e suficiente energia. Analisemos, por exemplo, algumas colisões entre moléculas  $H_2$  e  $I_2$ :

Colisão	Significado
	Colisão não-efetiva, pois ela ocorre com uma orientação não-favorável para a quebra das ligações.
	Colisão não-efetiva, pois também ocorre com uma orientação não-favorável para a quebra das ligações.



**Conclusão:** Quanto maior o número de colisões efetivas entre as moléculas dos reagentes, maior é a velocidade da reação. Mais colisões efetivas, maior velocidade.

## Energia de ativação

Consideremos, inicialmente, a seguinte experiência:

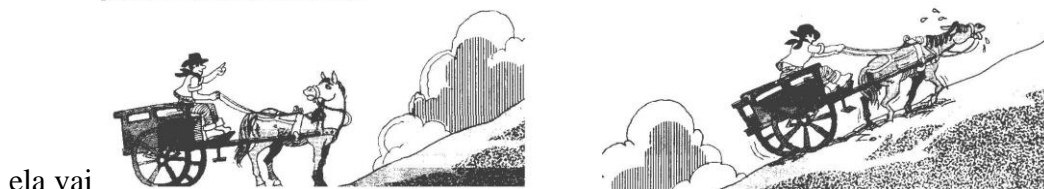
Vamos colocar um pouco de álcool num pires e aproximar do álcool um fósforo aceso. O que acontece? Como você sabe, o álcool entra em combustão, ou seja, queima continuamente, até o final. Essa queima nada mais é que a reação entre as moléculas do álcool e as de oxigênio do ar.

Mas, para que ocorresse a reação, foi necessário fornecer inicialmente certa dose de energia (aproximação do fósforo aceso). Desse modo, concluímos que, antes do fornecimento de energia, as eventuais colisões entre moléculas de álcool e de oxigênio do ar eram não efetivas. Entretanto, com o fornecimento de energia, as moléculas, agora com maior conteúdo energético, passaram a colidir efetivamente, iniciando, assim, a reação, que prossegue espontaneamente.

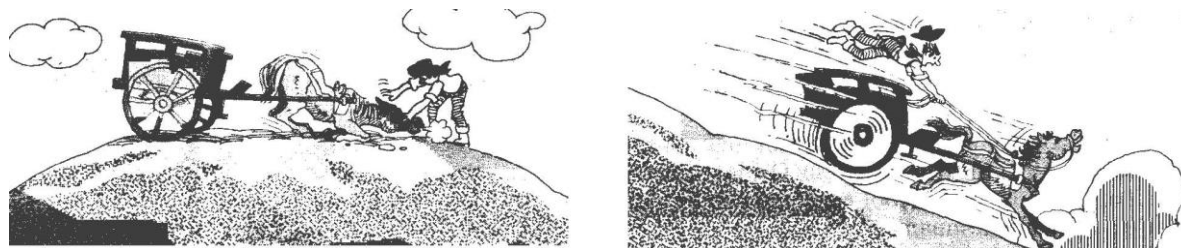
Desse modo, vemos que o álcool não entra em combustão sem que iniciemos o processo. Isso mostra que essa reação necessita de um “empurrão” de energia. Essa energia inicial recebe o nome de energia de ativação. A energia de ativação é, então, uma “barreira” que as moléculas precisam vencer.

Para que você entenda melhor, vamos fazer uma comparação com uma carroça.

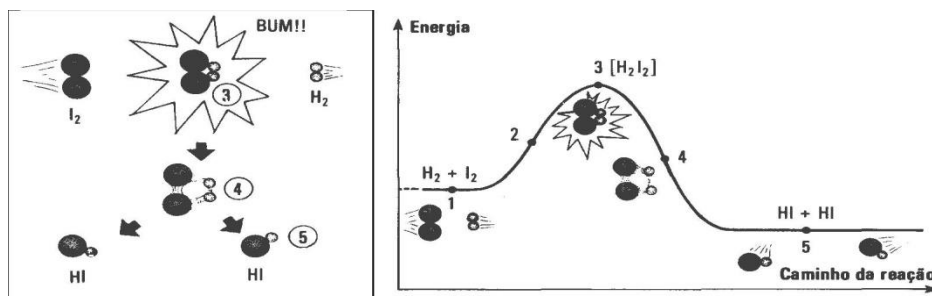
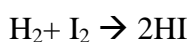
Imagine uma carroça na base de uma montanha, Se essa carroça tiver que subir a montanha, precisar vencer uma barreira.



Uma vez no topo da montanha, ela adquiriu energia (potencial) e está em condições de efetuar uma confortável descida.



Mas, na descida a carroça devolve a energia potencial adquirida. Com as moléculas acontece algo parecido, ou seja, elas precisam vencer uma “barreira de energia” para que ocorra a reação. Vejamos o caminho da energia através de um gráfico para a seguinte reação:



*Ponto 1:* As moléculas reagentes não possuem suficiente energia para reagirem.

*Ponto 2:* A energia do sistema é maior, mas ainda não suficiente para que se verifique uma colisão efetiva.

*Ponto 3:* Neste ponto, a energia é suficiente para a reação. Dá-se, então, a formação de um composto intermediário, instável, denominado complexo ativado. Aqui temos um estado ativado ou estado de transição.

*Ponto 4:* Está vencida a “montanha” de energia. As moléculas do produto estão praticamente formadas.

*Ponto 5:* As moléculas do produto (HI) estão definitivamente formadas.

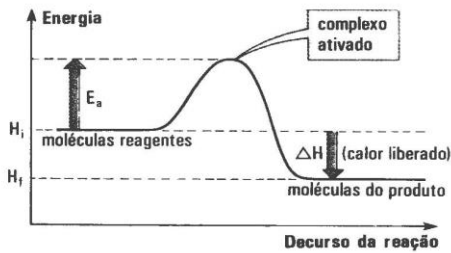
**Com base no que vimos, podemos dizer que:**

A energia mínima necessária para ativar as moléculas, fazendo com que elas colidam efetivamente, possibilitando assim o início da reação, recebe o nome de **energia de ativação**.

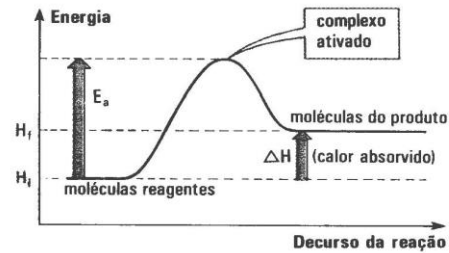
O estado ativado, ou seja, o “topo da montanha” é pouco conhecido pelos químicos. A estrutura do composto formado (complexo ativado) é muito difícil de ser estudada, devido à grande instabilidade que existe nessa situação.

A representação gráfica de uma reação envolvendo a energia de ativação ( $E_a$ ) pode ser de dois tipos:

1.º) Reação exotérmica



2.º) Reação endotérmica



**Conclusão:** Quanto menor a energia de ativação, mais facilmente se forma o complexo ativado e, portanto, mais rápida é a reação: Menor energia de ativação maior velocidade.

### Fatores que influenciam a velocidade das reações químicas

Sabermos os fatores que influenciam a velocidade das reações é algo muito importante, pois existem reações que queremos que ocorram mais rápido e também há reações que queremos que demorem mais tempo.

Por exemplo, nas indústrias, é imprescindível para o lucro econômico que determinadas reações usadas resultem no produto com o menor tempo possível, ainda mais se a reação produzir pouco. Por outro lado, a reação de decomposição de alimentos é uma que queremos que ocorra o mais lentamente possível.

Assim, para acelerar ou retardar as reações químicas, precisamos estudar os fatores que influenciam esses processos, sendo que os principais são quatro: **superfície de contato, temperatura, concentração dos reagentes e uso de catalisadores.** Vejamos cada caso:

#### 1. Superfície de contato:

**Quanto maior a superfície de contato dos reagentes, maior a velocidade da reação.**

Por exemplo, considere que pegamos dois comprimidos efervescentes e os colocamos na água para reagir, com a distinção de que um está inteiro e o outro está triturado. Qual irá terminar de reagir primeiro? Isso mesmo, o que está totalmente triturado. Isso acontece porque a sua superfície de contato com a água é maior.

Um dos fatores para a ocorrência de uma reação é que as moléculas dos reagentes devem colidir de modo efetivo. Quanto maior a superfície de contato, maior o número de molé-

culas que irão colidir, aumentando também a probabilidade de ocorrerem choques efetivos e, por fim, o aumento da velocidade da reação.

## 2. Temperatura:

**Quanto maior for a temperatura, maior será a velocidade de uma reação.**

Por exemplo, para desacelerar a reação de decomposição dos alimentos, costumamos colocá-los na geladeira, isto é, diminuimos a temperatura. Porém, se quisermos acelerar o cozimento de um alimento, colocamos em uma panela de pressão, que ocasiona temperaturas mais elevadas que o ponto de ebulição da água em condições normais.

Para que uma reação se processe é preciso satisfazer algumas condições, como a de que as partículas devem se chocar eficazmente e com a energia mínima necessária, que é denominada de energia de ativação.

Assim, quando aumentamos a temperatura do sistema, aumentamos também a agitação das partículas reagentes e fornecemos mais energia cinética para elas. Com isso, mais colisões ocorrerão e com mais energia, aumentando a quantidade de partículas que reagirão e, consequentemente, aumentando a velocidade da reação.

## 3. Concentração dos reagentes:

**Quanto maior a concentração dos reagentes, maior será a velocidade da reação.**

Por exemplo, o ar é formado por aproximadamente 20% de gás oxigênio, assim, quando queimamos madeira para fazer uma fogueira, há também moléculas de outros gases colidindo e atrapalhando a velocidade da reação. Agora, se colocássemos essa madeira em brasas dentro de um frasco com gás oxigênio puro, a reação processar-se-ia muito mais rapidamente.

A reação de combustão da fogueira ocorreria mais rápido se fosse com oxigênio puro, portanto, com o aumento da concentração de um dos reagentes (oxigênio), a reação ocorreu mais depressa, porque houve o aumento do número de partículas reagentes, aumentando também a quantidade de choques entre elas e a probabilidade de ocorrerem colisões eficazes que resultem na ocorrência da reação.

#### 4. Catalisadores:

**O uso de catalisadores aumenta a velocidade das reações.**

Os catalisadores são substâncias capazes de acelerar a velocidade das reações químicas sem serem consumidos, ou seja, são totalmente regenerados no final do processo.

Por exemplo, um pirulito deixado exposto no ar irá demorar muito tempo para reagir, mas quando colocado na boca, rapidamente ele é consumido. Isso acontece porque existem enzimas no nosso organismo que atuam como catalisadoras, agindo sobre o açúcar e criando estruturas que reagem mais facilmente com o oxigênio.

Em indústrias, o uso de catalisadores é imprescindível para tornar economicamente viáveis algumas reações que demoram muito ou que geram poucos produtos.

Os catalisadores conseguem acelerar a reação química porque eles diminuem a energia de ativação, isto é, a energia mínima necessária para que as moléculas colidam de modo eficaz, produzindo o complexo ativado e os produtos. Quanto maior a energia de ativação, mais difícil será para a reação ocorrer. O catalisador permite que a reação ocorra com uma menor energia de ativação, aumentando a sua velocidade.

#### Exercícios de fixação

1) Três experimentos foram realizados para investigar a velocidade da reação entre HCl aquoso diluído e ferro metálico. Para isso, foram contadas, durante 30 segundos, as bolhas de gás formadas imediatamente após os reagentes serem misturados. Em cada experimento, usou-se o mesmo volume de uma mesma solução de HCl e a mesma massa de ferro, variando-se a forma de apresentação da amostra de ferro e a temperatura. O quadro indica as condições em que cada experimento foi realizado.

EXPERIMENTO	FERRO (2 g)	TEMPERATURA
I	prego	40 °C
II	prego	20 °C
III	palhinha de aço	40 °C

Assinale a alternativa que apresenta os experimentos na ordem crescente do número de bolhas observado.

- a) II, I, III    b) III, II, I    c) I, II, III    d) II, III, I

2) Assinale verdadeiro (V) ou falso (F).

( ) O catalisador afeta a velocidade de uma reação, porque aumenta a energia de ativação da reação.

( ) A temperatura afeta a velocidade de uma reação, porque muda a energia de ativação da reação.

( ) A área de contato dos reagentes afeta a velocidade da reação, porque há alteração no número de colisões efetivas.

( ) Uma reação ocorre quando há colisão efetiva entre as moléculas reagentes numa orientação apropriada.

No quinto encontro, foram realizados os experimentos descritos nos anexos 1 e 2

No sexto encontro foi aplicado o questionário mostrado no anexo 3.

### **Referências**

USBERCO, J; Salvador, E. Química 1: Química Geral, 12ª edição, Editora Saraiva, São Paulo, SP, **2006**.

SANTOS, Wildson e MOL, Gerson. Química cidadã. Vol 2, 1ª ed. Ed Nova Geração, São Paulo, 2010

REIS, Martha. Química: meio ambiente, cidadania e tecnologia. Vol 2, 1ª ed. Ed FTD, São Paulo, 2010