



**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA**  
**INSTITUTO DE QUÍMICA**

**Mateus Freitas Paiva**

**O ENSINO DE CINÉTICA QUÍMICA: UMA ABORDAGEM  
EXPERIMENTAL**

**MONOGRAFIA DE GRADUAÇÃO**

**Brasília – DF**

**2º/2019**



**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA**  
**INSTITUTO DE QUÍMICA**

**Mateus Freitas Paiva**

**O ensino de cinética química: uma abordagem experimental**

Trabalho de Conclusão de Curso em Ensino de Química apresentado ao Instituto de Química da Universidade de Brasília, como requisito parcial para a obtenção do título de Licenciado em Química.

**Orientadora: Evelyn Jeniffer de Lima Toledo**

**2º/2019**

A coisa mais importante é não parar de questionar.  
Curiosidade tem sua própria razão de existir.

*Albert Einstein*

## *AGRADECIMENTOS*

Não há como não iniciar este trabalho sendo muito grato a Deus que em sua imensa sabedoria me concede a graça de experimentar o melhor e me guiar por onde devo estar, gerando em mim forças e permitindo-me alcançar grandes resultados.

Em segundo, gostaria de modo singelo apresentar minhas considerações por cada hora de trabalho e companhia de pessoas incríveis com as quais estou envolvido. Amigos LabCatianos, família e sobretudo professores e orientadores, em especial Profs. Drs. José Alves Dias, Sílvia Cláudia Loureiro Dias e Patrícia Fernandes Lootens Machado, não canso de reafirmar que de maneira alguma esta segunda graduação e todo meu percurso acadêmico sejam individuais, mas certamente coletivo e cada um de vocês tem lugar especial nesta conquista, espero que saibam disso!

À minha orientadora, Profa. Dra. Evelyn Jeniffer de Lima Toledo agradeço verdadeiramente por toda atenção, paciência, tempo, conhecimento e confiança cedidos para a realização desse trabalho. Em sua figura deixo ainda minhas considerações a toda Divisão de Ensino de Química, por me ensinarem a amar a licenciatura e acreditar que posso fazer o meu melhor para a educação brasileira.

Por fim, gostaria de deixar expressa minha gratidão a todo empenho e suporte dado pela equipe administrativa da Universidade de Brasília, especialmente aos funcionários Carolina Kozue Okawachi (Instituto de Química), Francisco Edson Sousa Bacelar e Henrique Soares de Melo (Secretaria de Administração Acadêmica), por me ajudarem no processo de concessão da dupla-diplomação, tornando possível a conclusão deste curso.

## SUMÁRIO

Introdução.....	6
Capítulo 1. Revisão Bibliográfica	
1.1 Ensino de Química: panorama geral e reflexões.....	7
1.2 Ensino de Físico-química: avaliando descrições presentes na literatura.....	9
1.3 A experimentação no Ensino de Química.....	15
1.4 Físico-química experimental.....	18
Capítulo 2. Objetivos	
2.1 Geral.....	21
2.2 Específicos.....	21
Capítulo 3. Metodologia.....	22
Capítulo 4. Análise	
4.1 Abordagem investigativa: contribuições para melhoria dos experimentos propostos.....	26
Considerações finais e perspectivas.....	36
Referências.....	37
Apêndices	
1. Planejamento Fatorial: uma importante ferramenta para a Química e Ensino.....	42
2. Catálise: construindo "pontes de energia e conhecimento".....	43
3. Uma definição, várias controvérsias – Afinal, o que é um catalisador?.....	44
Anexo: Currículo Lattes do autor .....	46

## *Resumo*

Considerando que a cinética química é um tema relevante para a área de físico-química e que, muitas vezes, sua discussão acontece de forma ininteligível, foi proposto nesse trabalho uma reflexão sobre alguns dos seus conceitos fundamentais através da análise crítica dos experimentos “Bomba efervescente” e “A volta do catalisador”, propostos na literatura. Dessa forma, foi discutida a influência de variáveis na rapidez das reações químicas, a definição de catalisador e o uso de reagentes poluentes. Com base em todas as estratégias empregadas foi possível concluir que as variáveis fundamentais no experimento cinético analisado foram temperatura e a quantidade de reagente e que ocorre interação considerável entre elas sendo mais razoável numa abordagem de ensino investigativo descrevê-la. Além disto, demonstrou-se qualitativamente que a afirmação da total retirada da fase ativa (catalisador) de um sistema não é verídica, e que este é sim em parte perdido no processo, verificação importante para mudança da perspectiva tradicional como estes materiais são definidos.

**Palavras-chaves:** cinética; planejamento fatorial; experimentação.

## INTRODUÇÃO

A cinética química em sala de aula muitas vezes é apresentada aos estudantes como sendo o estudo de situações que influenciam a rapidez com que as reações químicas se processam. Entretanto, existem certos aspectos desta subárea da físico-química que permanecem com definição e interpretações bastante confusas, indicando a necessidade de se desenvolverem novas abordagens para o processo ensino-aprendizagem (TSAPARLIS, 2007; FOX, ROEHRIG, 2015).

Entre as definições conceituais trabalhadas de forma simplista e/ou equivocada encontra-se o termo catalisador que vem sendo apresentado como uma “espécie” que não participa da reação, mas promove mudanças consideráveis, sendo, por fim, recuperado em sua totalidade (SILVA, 2008). Além disso, a rapidez da reação química costuma ser associada a variáveis de forma independente como se um fator não interferisse no outro. Dessa forma, as abordagens tradicionais e reducionistas de cinética química vêm reforçando conceitos errôneos (TSAPARLIS, 2007).

Alguns estudiosos (PEREIRA, 2010; TRÓPIA, 2011; BASSOLI, 2014) têm destacado que uma adequada exploração da experimentação pode ser útil para superar visões equivocadas de conceitos científicos. Dessa forma, a proposta central deste trabalho é apresentar uma discussão sobre conceitos de cinética química por meio de atividades experimentais. Os experimentos escolhidos foram “Bomba Efervescente” (PONTOCIÊNCIA, 2009) e “A volta do catalisador” (PONTOCIÊNCIA, 2011).

No capítulo 1 traça-se um quadro diagnóstico de revisão sobre a pesquisa em Ensino de Química, as dificuldades que envolvem o ensino e aprendizagem da Físico-Química e o uso da experimentação como forma de auxiliar a compreensão dos conceitos dentro de sala de aula. No capítulo 2 descrevem-se os objetivos geral e específico. No capítulo 3 são apresentadas a metodologia adotada na seleção dos experimentos bem como a transcrição literal de seus roteiros. Na seção de análise e discussões (Capítulo 4) são indicadas contribuições para melhoria das atividades propostas, objetivando sempre ressaltar que o Ensino de Físico-Química deve ser problematizado. Por fim, apresentam-se as conclusões e considerações finais.

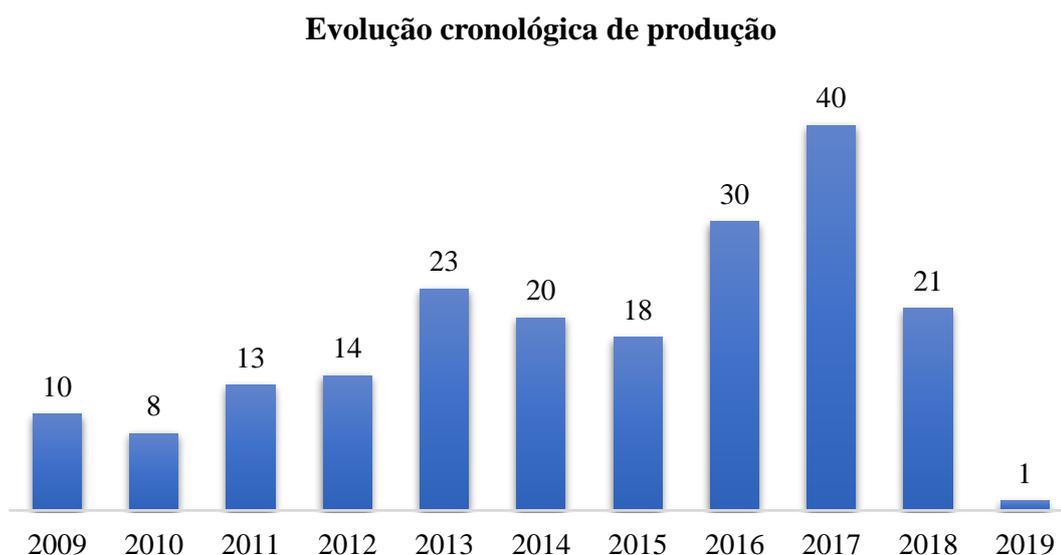
## CAPÍTULO 1

### REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 1.1 ENSINO DE QUÍMICA: PANORAMA GERAL E REFLEXÕES

Definido como uma área correlata das demais tradicionais da química, porém com características próprias, o ensino tem cada vez mais se destacado como objeto de estudo da pesquisa universitária. Contando com 51 grupos cadastrados no Diretório de Grupos e Pesquisa no Brasil (DGP) existente no site do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), o Ensino de Química aparece de forma considerável entre os índices de produção acadêmica e formação de recursos humanos. Segundo o último Censo, realizado no ano de 2016, esta área apresentava um número total de 712 produções existentes nos currículos Lattes dos integrantes ligados aos grupos, somando ainda 127 pesquisadores mestres e doutores ativos (DGP/CNPq, 2019).

Quando analisado o período dos últimos dez anos (2009-2019) na Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações (BDTD), a partir do uso da palavra-chave Educação Química, vê-se um total de 198 trabalhos defendidos nas instituições de ensino superior contendo sobretudo temáticas relacionados a análises de instrumentos didáticos e revisões educacionais (Figura 1).



**Figura 1.** Evolução do número de teses e dissertações, defendidas em Educação Química no Brasil no período de 2009-07/2019.

Apesar da relativa participação do montante das pesquisas (no nível de teses/dissertações) realizadas em Educação Química, a realidade indica que o ensino reflexivo, no qual ocorre uma contínua geração de conhecimentos e objetivos, visando aprimoramento, ainda continua incipiente no que se refere grandes áreas como a Inorgânica e a Físico-Química (MORAIS *et al.*, 2014). Essa tendência aumenta quando se leva em conta a proposição de inovações metodológicas para preenchimento de possíveis falhas ou lacunas existentes. Há falta de trabalhos tanto teóricos quanto experimentais que lidem com o processo ensino-aprendizagem, sobretudo numa abordagem investigativa (WARTHA, LEMOS, 2016).

Atentos a esta situação, alguns pesquisadores têm levantado novas concepções que poderiam ser capazes de incrementar o Ensino de Química, propondo alternativas para problemas de modo a melhorá-lo. Entre estes destacam-se os trabalhos da professora doutora Roseli Pacheco Schnetzler. Em um de seus artigos, a educadora mostra a importância do aprimoramento da pesquisa em ensino de química, mencionando que apenas o domínio do conteúdo não é suficiente e que se deve progredir para um ensino mais efetivo (SCHNETZLER, 2004).

Segundo nesta mesma temática, Vidrik e Mello (2016) relataram a necessidade de falar em educação química a partir de investigações, uma vez que nestas tanto educando quanto educador podem reelaborar saberes desenvolvendo novas habilidades.

Tal concepção mostra-se concordante com as orientações presentes na Base Nacional Comum Curricular (BRASIL, 2017), em que se destaca que para além de sua natureza conceitual, os conhecimentos envolvidos no ensino de exatas devem constituir um alicerce que permita analisar e discutir situações-problema, levando a interpretação mais ampla de leis, teorias e modelos, aplicando-os de forma integrada. Se alcançada, pode-se dizer que esta orientação seria uma importante aliada para reverter dados referentes a dificuldade de compreensão da química por parte dos estudantes.

Nunes e Ardoni (2010) evidenciaram que, muitas vezes, os alunos não conseguem aprender química justamente por não serem capazes de acompanhar e transpor os conteúdos, tornando-se desinteressados pelo tema. Isto demonstra que o ensino por vezes continua sendo feito de forma mecânica, não favorecendo o protagonismo questionador que sobre ele deve existir.

Não é difícil quando se analisa a literatura encontrar diversos relatos de alunos do tipo: “não gosto de química” ou “é muito difícil, não vejo sentido”. Segundo uma pesquisa realizada

por Del Pintor (2016) numa escola pública de ensino médio do Ceará, entre 91 alunos aproximadamente 63% afirmaram ter dificuldades para entender a química enquanto 87% disseram que a forma como são ensinados tem influência nesse resultado.

Apresentados estes dados, reafirma-se que se torna fundamental o prosseguimento da reflexão sobre práticas docentes, em cursos de licenciatura de Química, mantendo-se um diálogo aberto na construção do processo ensino-aprendizagem desta que é considerada uma ciência tão fundamental, cabendo, portanto, explorar mais a fundo algumas de suas vertentes e o modo que elas são trabalhadas no ambiente acadêmico.

## **1.2 ENSINO DE FÍSICO-QUÍMICA: AVALIANDO DESCRIÇÕES PRESENTES NA LITERATURA**

Não podemos esquecer que o objetivo de qualquer estratégia que pretenda proporcionar a reflexão consiste em desenvolver nos professores competências metacognitivas que lhes permitam conhecer, analisar, avaliar e questionar a prática docente, assim como os substratos éticos e de valor a ela subjacentes.

*Marcelo García*

O exercício do papel reflexivo constitui-se como uma das atividades mais importantes do ato de ser professor, deste modo, faz-se necessário conhecer pensamentos anteriormente postos dentro sua área de atuação, assim como correlatas para que possa prosseguir com seus planejamentos e avaliações. Na Físico-Química, esta atitude não poderia ser diferente, se deseja discutir o ensino desta vertente deve-se abordar primeiramente aquilo que já vem sendo posto na literatura.

Quando realizada uma pesquisa parametrizada no Portal de Periódicos (CAPES/MEC, 2019) o índice de ocorrência de arquivos contendo exatamente as palavras chave “Ensino de” e “Físico-Química” em qualquer parte do texto, esquadrinhando arquivos publicados entre 1999 a 2019 demonstra que 25 obras foram publicadas ao longo de todo esse período. Esse resultado é bastante reduzido quando comparado as outras grandes áreas da química, por exemplo uma pesquisa utilizando os termos “Ensino de” e “Química Orgânica” nas mesmas condições de forma da anterior gera um resultado de 46 arquivos. A produção observada na Físico-Química se torna ainda menor quando se especificam termos da área, a exemplo de quando se pesquisa

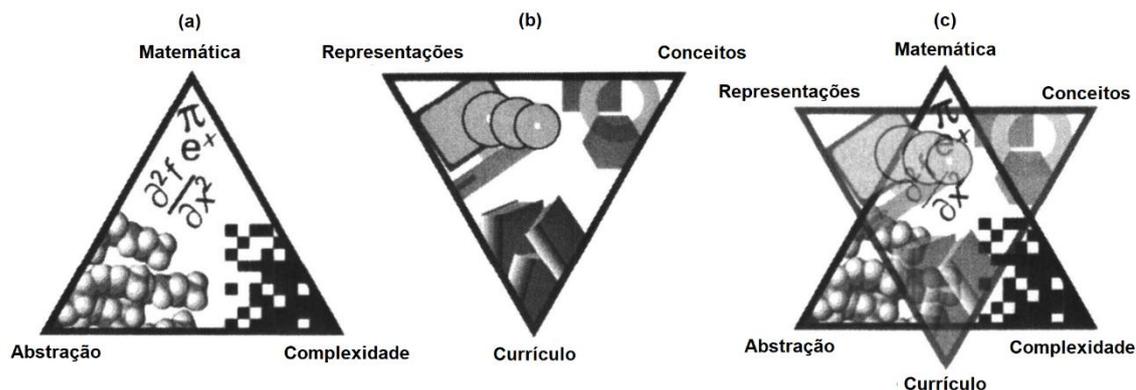
“Ensino de” e “Cinética Química” onde apenas 7 artigos são encontrados. Esse resultado na verdade já é esperado, visto que se está especificando a pesquisa a uma subárea do conhecimento analisado.

Embora na literatura nacional os levantamentos precisos sobre o Ensino de Físico-Química sejam limitados, as informações disponíveis em plataformas internacionais tais como o *®Scifinder* (CAS/ACS, 2019), fazendo uso das mesma palavras chaves porém em língua inglesa (Teaching of; e Physical Chemistry), mostram que a nível global a proposição de atividades experimentais e revisão de âmbito teórico sempre foram questão de grande importância desta área em comparação com o que acontece em outras divisões da química (68 obras, dentre elas 2 livros, publicadas no mesmo período analisado, enquanto que na analítica por exemplo o número é menos da metade, 30 obras apenas).

Já desde década passada, a União Internacional de Química Pura e Aplicada (IUPAC), representada por seu Comitê de Educação em Química (CCE) e pela Divisão de Biofísica e Físico-Química, reconhecendo a necessidade de se discutir o modo como esta vertente vem sendo ensinada, organizou um simpósio internacional exclusivamente dedicado ao Ensino de Físico-Química, focado em vários aspectos da importância desta ciência para o hoje (ROSSI, 2005).

O componente educacional desta conferência foi sublinhado pela presença de muitos professores e estudantes de pós-graduação que contribuíram significativamente para as discussões (ROSSI, 2005). Em comunhão com este evento global, foram realizados posteriormente seminários locais pelas sociedades representativas de química no Reino Unido (*Royal Society of Chemistry – RSC*) e na América do Norte (*American Chemical Society-ACS*), ambos forneceram evidências claras de que o Ensino de Físico-Química continua sendo uma perspectiva desafiadora (MACK, 2015).

Em um destes seminários, Peter W. Atkins, da Universidade de Oxford, então presidente da CCE, apresentou um esquema geométrico para explicitar os desafios e perspectivas da área. Segundo o professor, em termos de desafios para o ensino existem o aspecto matemático, o caráter abstrato de muitos dos conceitos centrais e a complexidade geral da Físico-Química, que refere-se à densidade de informações que não são esclarecidas totalmente e que tendem a passar a impressão de algo muito distante que pode fugir do entendimento global. Dessa forma, a dificuldade não é representada como algo isolado, mas pode ser descrita por um triângulo (Figura 2), perspectiva esta interacionista (ATKINS, 2007).



**Figura 2.** Diagramação dos desafios (a), oportunidades (b) e sua correlação (c) no Ensino de Físico-Química (Adaptado de ATKINS, 2007).

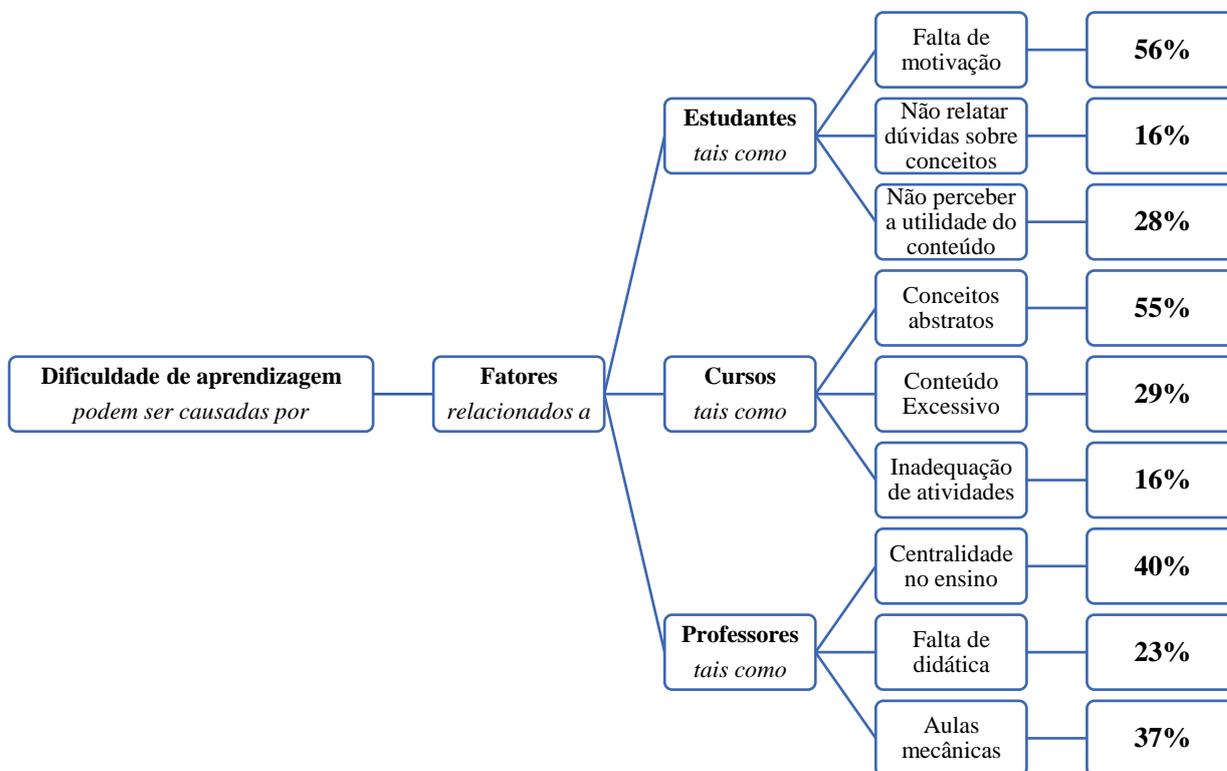
Atkins (2007) defendeu ainda que o conhecimento desses aspectos é capaz de gerar oportunidades que possibilitem melhorias no ensino. Entre as oportunidades são destacadas:

- 1) O currículo (modo como o ensino pode ser guiado) - Quando se está projetando um curso de Físico-Química, deve-se levar em consideração os tópicos que atualmente estão direcionando o assunto, isso envolve a gama de aplicações e correlações com o dia a dia para o currículo;
- 2) O âmbito das representações - A vantagem da arte é convincente quando se refere a educação. Muitas pessoas pensam de maneira visual e o uso de gráficos e seu superconjunto, dito multimídia, possibilita assimilar conceitos mais facilmente se as palavras são apresentadas em companhia de imagens;
- 3) A base conceitual da matéria - A definição adequada de conceitos em Físico-Química deve primar o sentido qualitativo antes de explorar completamente suas ramificações quantitativas, comumente favorecida nos cursos universitários.

A conclusão desta visão é de que ao se integrarem desafios e perspectivas estes podem adquirir grande força em quesitos de significância em ensino (ATKINS, 2007).

Em consonância com os aspectos propostos por Atkins (2007), na literatura é possível verificar outros dois estudos publicados pelos professores Gojak-Salimović (Universidade de Sarajevo – Bósnia) e Mustafa Sözbilir (Universidade da Ataturk – Turquia), ambos pesquisadores da área de Ensino de Química. Realizando questionamentos longitudinais, estes pesquisadores examinaram as percepções de estudantes e professores quanto às dificuldades de ensino e aprendizagem na área de Físico-Química e propostas de soluções para serem

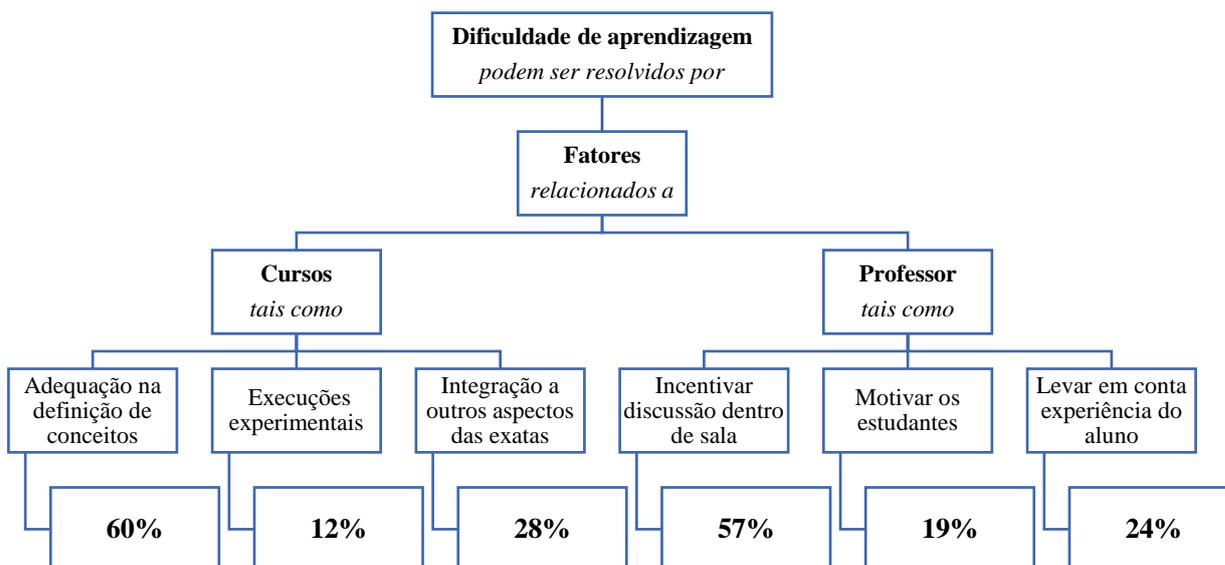
tomadas frente a estas realidades (SÖZBILIR, 2004; GOJAK-SALIMOVIĆ, 2018). Os resultados após análise dos dados estatísticos apresentados em ambos os artigos permitem elaborar um resumo através dos diagramas apresentados nas Figuras 3 e 4:



**Figura 3.** Fluxograma integrado das principais dificuldades enfrentadas no Ensino de Físico-Química partindo-se dos dados quantitativos dos artigos de Sözbilir (2004), Gojak-Salimović e colaboradores (2018).

Conforme observa-se a natureza abstrata de conceitos, a sobrecarga do curso em relação ao número de conteúdos, a prevalência de metodologias centrada no professor e a falta de motivação dos alunos são os principais problemas que afetam o aprendizado dos alunos em Físico-Química (SÖZBILIR, 2004; GOJAK-SALIMOVIĆ, et al., 2018).

No campo das soluções (Figura 4), destaca-se como um trabalho adequado de definição de conceitos, estudos investigativos geradores de discussão dentro de sala de aula e a integração entre o que se ensina e outros aspectos das ciências exatas podem auxiliar na mudança de quadros observados (SÖZBILIR, 2004; GOJAK-SALIMOVIĆ, 2018).



**Figura 4.** Fluxograma integrado das soluções propostas no Ensino de Físico-Química partindo-se dos dados quantitativos dos artigos de Sözbilir, 2004; Gojak-Salimović e colaboradores, 2018.

Evidentemente que para uma atuação efetiva o professor deve, além de conhecer o que pode enfrentar e suas oportunidades, estar familiarizado com a literatura sobre educação química. Os vários modos de ensinar e construir conhecimentos aplicados à Físico-Química foram resumidos em outros seminários e publicações da ACS por Georgios Tsaparlis, Thomas Zielinski e Richard Schwenz (TSAPARLIS, 2007; TSAPARLIS, FINLAYSONB, 2014; ZIELINSKI, SCHWENZ, 2004).

Para os pesquisadores, a Físico-Química envolve conceitos e processos abstratos e complexos, então, aprender é difícil sem uma compreensão completa do assunto. Como o próprio nome indica, a Físico-Química está intimamente relacionada à física, e isso a diferencia da química convencional. Em grande parte, os educadores de ciências e física iniciaram pesquisas sobre conceitos básicos que também são usados em Físico-Química. Consequentemente, a pesquisa em educação Físico-Química possui muitas coisas em comum com o trabalho que já foi feito no Ensino de Física. Por exemplo, eles compartilham alguma metodologia de pesquisa e interesse em estudar o relacionamento entre a descrição matemática apresentada pelo professor e a forma como esta é transposta na mente do aluno (TSAPARLIS, 2007).

Sobre este aspecto Tsaparis (2015) revela que existem diversos estudos que indicam que o Ensino da Físico-Química tal como atualmente desenvolvido ainda segue o mesmo formato de quando a disciplina teve suas bases estruturadas. Um exemplo foi a pesquisa oficial conduzida por Fox e Roehrig (2015) a pedido da Divisão de Físico-Química da ACS, em que um total de 79% entre os participantes revelou que continua a ensinar usando apenas o caráter expositivo centrado no professor, situação que acaba por infelizmente reduzir as possibilidades de aprendizagem efetiva e acarreta a falta de motivação do aluno.

Zielinski e Schwenz (2004) já haviam destacado que esta situação poderia ser observada no futuro, uma vez que a teoria e prática educacional tradicional vinha sendo implementada por longos anos, favorecendo a transmissão direta de conhecimento intacto a partir do conhecedor (o professor) à mente do aluno (que acaba sendo tomado como ignorante).

Em suas entrevistas, os pesquisadores descobriram que em geral os professores têm conhecimento das dificuldades dos alunos, mas essa consciência nem sempre os orienta a ajustar suas práticas. Em segundo, percebeu-se uma tendência do corpo docente a racionalizar as dificuldades dos alunos sobre fatores que eles acreditam que estão fora de seu controle, como por exemplo a falta de base dos estudantes (ZIELINSKI, SCHWENZ, 2004).

Assim como proposto anteriormente por Atkins, estratégias devem ser projetadas continuamente para orientar tais professores. Ao longo das duas últimas décadas, podem-se ser destacadas tentativas de esforços no âmbito da *Royal Society of Chemistry*, sobretudo com algumas publicações no periódico *Chemistry Education Research and Practiced*. Uma nova vertente de pensamento, tem sido utilizada para tratar a aprendizagem conceitual em Físico-Química, sendo relatados estudos de caso com desenvolvimento de habilidades de cunho prático, voltando o olhar para uma perspectiva mais centrada no aluno e sua efetiva participação (MACK, TOWNS, 2016).

Observando tal panorama de discussões internacionais, faz-se cada vez mais necessária a proposição de novos estudos de modo que a contribuição brasileira nos avanços para Ensino de Físico-Química também seja considerada. Neste aspecto, observa-se a importância de serem elencadas as dificuldades pelas quais o ensino desta vertente tem passado em nosso país.

Ao se observar o cenário nacional junto as pesquisas educacionais, identifica-se que mesmo após o desenvolvimento de esforços, o modo como a Físico-Química é ensinada ainda se efetua de forma exclusivamente verbalista e algebrista, na qual ocorre apenas uma mera exposição de informações (RABELATO, 2014).

Quando se leva em conta o Ensino de Cinética Química, percebe-se uma excessiva focalização na apresentação de alguns fatores que podem alterar a rapidez das reações químicas, porém não se descreve o suficiente a forma como isso acontece, muito menos demonstra-se possíveis correlações que possam existir entre os fatores (ASSAÍ, FREIRE, 2017).

Na grande maioria das instituições brasileiras, para ensinar o conteúdo de cinética química faz uma introdução prematura de certos conceitos “avançados” e que são de difícil entendimento por quem está iniciando seus estudos em Físico-Química. Isso além de não contribuir para o crescimento do estudante, fazem-no detestar uma ciência que nem sequer chegou de fato a conhecer e compreender (ASSAÍ, FREIRE, 2017). Este é o caso da catálise, que está presente em diversos processos da atualidade, mas que dentro de sala de aula continua a ser diminuída à definição desconexa de “processo feito por uma substância estranha a estequiometria capaz de acelerar uma reação” (SILVA, SIMÕES-NETO, SILVA, 2016).

À fim de que a aprendizagem seja tão eficiente quanto possível, não apenas na Físico-Química, mas na química como um todo, tornam-se necessárias modificações nos métodos de ensino tradicionais vigentes (COSTA, OLIVEIRA, 2019). As instituições de ensino devem despertar a capacidade de raciocínio e questionamento ao introduzirem novos conhecimentos aos discentes.

Segundo Novais (1999), dois aspectos são importantes para progredir no estudo da Química: o trabalho reflexivo do professor e a utilização de recursos pedagógicos adequados. Concordando com a última vertente citada pela pesquisadora, Maldaner (2007), apresenta a abordagem experimental com um destes recursos. Segundo o autor, essa forma de aquisição de conhecimentos quando bem explorada pode oportunizar tanto ao professor quanto ao aluno atitudes ativas de pensamento frente aos conteúdos discutidos em sala de aula.

### **1.3 A EXPERIMENTAÇÃO NO ENSINO DE QUÍMICA**

Objeto de pesquisa em química, a experimentação é uma das componentes fundamentais para a construção do conhecimento no processo ensino-aprendizagem, visto que o próprio modelo daquilo que hoje se define por ciência surgiu de uma ampla evolução em que modelos e conceitos foram sendo construídos com auxílio de aspectos experimentais (MARQUES, LIMA, 2019). Apesar deste viés experimental estar ligado de alguma forma ao ensino, somente nas últimas décadas aumentaram as propostas de atividades preocupadas com

a formação de conceitos e adequação à realidade do aluno, na disciplina de química (ASSAÍ, FREIRE, 2017).

Analisando a literatura visualiza-se que dentro da perspectiva nacional, dois campos ideológicos têm sido desenvolvidos. De um lado percebe-se os esforços da comunidade científica em contribuir para a melhoria das atividades experimentais no ensino, do outro lado muitos aspectos dessa prática pedagógica ainda aparecem repletos de controvérsias (como por exemplo, o pressuposto de que uma atividade experimental por si só substitui o ensino teórico ou ainda a ideia de que sua utilização é requisito ou garantia de sucesso de uma aula), necessitando ser revisitados continuamente (HODSON, 1994; MOURA, CHAVES, 2009).

Atenta a esta situação, Oliveira (2010) passou então a descrever uma síntese das diversas visões acerca da experimentação. Ao se referir ao que vinha se impondo no contexto escolar ela destacou, em seu estudo, que uma vez questionada a função e a importância da experimentação na química, dois pontos de retorno comumente ocorrem:

[...] no campo cognitivo, a demonstração é assumida como forma de comprovação de uma teoria, revelando a visão tradicional da química. As atividades experimentais são ditas de verificação, intencionalmente usadas para comprovar um ponto de vista, muitas vezes do professor, sem participação ativa dos estudantes. No epistemológico, vê-se um perfil que utiliza da experimentação como opção para estimular o interesse pela ciência e estudo. Aqui os alunos são agentes do processo, interpretando o problema e apresentando possíveis soluções para ele, facilitando assim a compreensão de um conteúdo (OLIVEIRA, p. 150, 2010).

Seguindo esta sua construção, Silva, Machado e Tunes (2010) discorrem um pouco mais sobre a real função do experimentar, seus obstáculos, tendências atuais e propostas. Tal ampliação é apresentada a partir de um contexto histórico do uso de experimentações no ensino, bem como a natureza da ciência.

Para os autores, a experimentação no ensino pode ser entendida como uma atividade que permite a articulação entre fenômenos cotidianos e teorias decorrendo numa relação constante entre o fazer e o pensar (assim como o desenvolvimento da ciência), tanto pelo professor quanto pelo aluno. Deste modo, quando se fala em experimentação não se refere somente as atividades realizadas em laboratórios equipados, mas em uma ampla gama de instrumentos factíveis a utilização para explorar temáticas químicas dentro e fora da sala de aula.

Dando prosseguimento em sua discussão, os autores apontam ainda, a importância de se estar atento à realidade crítica de ensino que não se deixa levar por afirmações como a de que a simples presença das atividades garante melhores processos de ensino e aprendizagem, contestando assim a ideia de que a utilização de um experimento pode “salvar” uma aula. Para eles, a obtenção de avanços positivos nessas habilidades está mais relacionada com o envolvimento ativo do estudante do que com a execução de protocolos, assim como Suart e Marcondes (2008) haviam destacado em seu estudo:

A utilização de atividades investigativas quando realizada pode conduzir o aluno a refletir, discutir, explicar, relatar e, não apenas ficar restrito a observação de fenômenos descritos em um roteiro, como prega o método tradicional (SUART, MARCONDES, p. 9, 2008).

Aqui introduz-se ao que alguns outros pesquisadores definiram como o “protagonismo de atividade” (BORGES, 2002; SANTOS, MICHEL, 2009; OLIVEIRA, 2010), onde a experimentação decorre necessariamente em uma posição reflexiva, favorecendo a articulação entre suas ideias prévias com o “novo” que se pretende atingir.

Infelizmente, essa visão interacionista do executor com determinado experimento posto é muito pouco explorada. Pozo e Echeverria (1994) já afirmavam que nas aulas de ciências é habitual que o estudante se veja submetido a um ensino dissociado, como se uma “avalanche” de respostas definitivas lhe fosse subitamente imposta, não havendo tempo sequer para perguntar-se sobre o problema experimental.

Frente a esta verificação, percebe-se que cada vez mais deve-se incentivar os alunos a participarem das aulas práticas, tornando-as mais dinâmicas e questionadoras. No entanto, para que tal avanço ocorra, deve ser ampliado o número de trabalhos de investigação que intervêm de maneira fundamental na análise de experimentos propostos na literatura e ao modo como estes estão sendo utilizados. Isso proporcionaria que se alcançasse os objetivos esperados de forma significativa para aprendizagem em química.

Um outro ponto interessante presente nas discussões publicadas sobre a experimentação investigativa é o papel que professor deve assumir para seu efetivo desenvolvimento. Galiuzzi e Gonçalves (2004) destaca que, para que uma abordagem experimental permita uma melhor apreensão da relação teoria-experimento, essa necessita ser conduzida adequadamente pelo professor, sendo fundamental que este tenha a clareza da real função do que está sendo proposto

ao estudante. Em outras palavras, a experimentação como estratégia de ensino deve também permear o cotidiano do professor, de modo que sejam pensadas e planejadas de acordo com os objetivos de cada aula, não tendo uma fórmula “mágica” que funcionará a todos as situações.

Por fim, ainda sobre este ambiente reflexivo inerente ao exercício da função de educador, relatos recentes foram descritos por Gonçalves e Marques (2016) como demonstrativo da influência que o ambiente de formação dos licenciandos acaba por tomar na concepção do uso de experimentos dentro de sala de aula.

Após terem feito o acompanhamento ao longo de um semestre de um grupo de alunos do curso de graduação em licenciatura de química, os pesquisadores concluíram que ao serem apresentados as dificuldades e soluções no uso da experimentação, ainda no seu período de formação, os estudante tornam-se mais capazes de entender que o mais conveniente para a experimentação é um trabalho que dê margem à discussão ativa dos estudante e interpretação de resultados obtidos (quaisquer que tenham sido), com o professor atuando no sentido de intermediar conceitos. Desta forma, ao perceberem esta realidade pedagógica, provavelmente estes poderão tornar-se profissionais mais críticos da aprendizagem, distanciando-se de uma postura autoritária e dogmática no ensino e possibilitando que seus futuros alunos venham a ter uma visão mais adequada da experimentação em química.

Ao que se refere a efetivação desta possibilidade para experimentação e geração de professores mais críticos, algumas áreas da química merecem ainda mais esforços visto que são muito pouco exploradas, como no caso da Físico-Química Experimental que constitui-se como importante ramo de discussões para os professores e estudantes, uma vez que há, ainda, a carência de materiais investigativos com experimentos específicos voltados a esta área (HAGHI *et al.*, 2019).

#### **1.4 FÍSICO-QUÍMICA EXPERIMENTAL**

Segundo Tsaparlis (2007), assim como observa-se de maneira geral no Ensino de Química, ao longo do desenvolvimento de currículos institucionais da Físico-Química, dois tipos básicos de instrução laboratorial, diferenciados por seu resultado, abordagem e procedimento, foram sendo implantados: o expositivo, estilo mais comumente aplicado e o interacionista, cuja origem está baseada na geração de questionamentos e que necessita ser incentivado. No expositivo, ocorre uma centralização no papel do instrutor. O aluno costuma

seguir apenas as suas instruções ou o procedimento de manuais. O resultado é pré-determinado e pode já ser conhecido pelo aluno. Tal abordagem apesar de amplamente difundida tem sido alvo de críticas por enfatizar o seguimento mecânico de procedimentos específicos para coletar dados, a fim de verificar ou demonstrar os princípios descritos na teoria presente na disciplina de físico-química (TSAPARLIS, 2007).

De encontro a instrução expositiva desmotivadora, veem-se as atividades laboratoriais baseadas em perguntas, sendo mais centradas no aluno, com menos direcionamentos, dando-o mais responsabilidade na determinação de opções processuais, sendo este um agente ativo de sua aprendizagem (TSAPARLIS, 2007). Há um forte argumento para uso destas atividades sobretudo em determinados assuntos da Físico-Química tais como a cinética (SILVA, SIMÕES-NETO, SILVA, 2016).

O conteúdo de cinética química descreve as velocidades de reações e quais fatores podem influenciá-la. No laboratório se esse conteúdo é apresentado de forma tradicional, por meio métodos expositivos, tende-se a desconsiderar o conhecimento prévio existente no aluno tornando o conteúdo distante do seu cotidiano (CASTRO, SIRAQUE, TONIN, 2017).

Alguns autores, ao realizarem estudo de casos sobre Ensino de Cinética perceberam justamente este comportamento. A abordagem laboratorial em cursos de Físico-Química é feita por vezes apenas com a reprodução de roteiros, passando a impressão de algo puramente empírico (restrita a característica visível e de observação) que não pode ser modelado teoricamente e/ou experimentalmente para além de resultados pré-estabelecidos. Percebe-se a falta de detalhes e exemplos dos conceitos, o que na maioria das vezes dificulta a aprendizagem dos alunos (BERGAMO, 2010; SILVA, SIMÕES-NETO, SILVA, 2016; ASSAÍ, FREIRE, 2017).

A compreensão da velocidade das reações químicas envolve a interpretação de dados experimentais e a compreensão do caráter dinâmico das partículas, da interrelação que pode haver entre vários fatores numa reação química. Além do mais é um conteúdo importante e que apresenta aplicações no cotidiano, tais como processos industriais (CASTRO, SIRAQUE, TONIN, 2017).

A maioria dos textos de Físico-Química por exemplo, explica que um catalisador acelera significativamente uma reação química diminuindo sua energia de ativação (normalmente por fornecer uma via alternativa de reagentes para produtos). Embora essa afirmação pareça razoável, os estudantes raramente têm a chance de testar experimentalmente sua validade e

quando tem as atividades não são bem discutidas ou não apresentam aplicações reais (SILVA, SIMÕES-NETO, SILVA, 2016).

Desta forma deve-se criar alternativas inovadoras e uma experimentação mais atraente e questionadora para o aluno com esses temas, para tal podem-se utilizar a metodologia investigativa de experimentos já propostos na área, sob a atitude de os colocar em análise crítica modificando a forma como os conceitos são apresentados (MONTEIRO, RODRIGUES, SANTIN-FILHO, 2017).

## **CAPÍTULO 2**

### **OBJETIVOS**

#### **2.1 GERAL**

Apresentar uma alternativa para a construção dos conceitos de cinética química e catálise, a partir da análise dos experimentos “Bomba efervescente” e “A volta do catalisador” propostos na literatura.

#### **2.2 ESPECÍFICOS**

- ✓ Aliar aspectos dessas experiências a estudos de tópicos estatísticos e ambientais;
- ✓ Apresentar via análise fatorial que as variáveis no experimento cinético se influenciam e que elas não são equivalentes;
- ✓ Oportunizar uma reflexão sobre as definições apresentadas para um catalisador;
- ✓ Propor uma alternativa mais econômica e sustentável ao uso de uma fase ativa tradicional para reação de decomposição de sal duplo de Rochelle.

## CAPÍTULO 3

### METODOLOGIA

Foi realizada uma revisão bibliográfica de possíveis experimentos presentes no banco de dados do Portal do Professor (BRASIL, 2019), plataforma desenvolvida e mantida pelo Ministério da Educação (MEC). Foram usadas como palavras chave "cinética química", "catálise" e "experimento" sendo localizados 2 protocolos: “Bomba Efervescente – 2009” e “A volta do catalisador – 2011”, ambos cadastrados pelo Pontociência. O roteiro dos experimentos em questão são os seguintes:

#### 1. Bomba Efervescente – Cinética<sup>1</sup>

*O que pode alterar a rapidez de uma reação química? Baseado numa reação muito comum de efervescência este experimento visa apresentar como alguns fatores podem influenciar no andamento de uma reação química.*

Materiais Necessários (Figura 5):

- 6 Potes de filme fotográfico
- 6 Comprimidos antiácido efervescentes
- Água (Aquecida e Gelada)
- Pilão

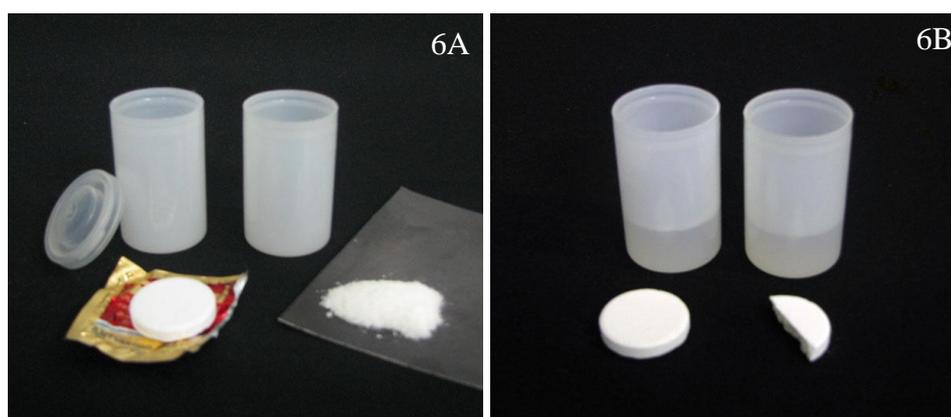


**Figura 5.** Materiais utilizados no experimento intitulado Bomba Efervescente (PONTOCIÊNCIA, 2009).

<sup>1</sup> Disponível para visualização em: <<https://www.youtube.com/watch?v=rP00vxivUpQ>>

Procedimentos:

- 1) **Comprimido inteiro e triturado (Figura 6A):** Triture um comprimido usando o pilão (você poderá triturá-lo dentro da embalagem). Coloque a mesma quantidade de água em 2 potes de filme. Adicione o comprimido inteiro e o triturado em seus respectivos copos simultaneamente observe em qual deles a efervescência cessará primeiro.
- 2) **Temperatura:** Aqueça uma certa quantidade de água. Coloque água quente em um potinho de filme e a mesma quantidade de água fria em outro. Adicione um comprimido inteiro em cada um dos copos simultaneamente, observe em qual deles a efervescência cessará primeiro.
- 3) **Variando a quantidade de comprimido (Figura 6B):** Coloque a mesma quantidade de água em dois potinhos de filme. Adicione um comprimido em um dos copos e, simultaneamente, metade de um comprimido em outro copo, observe em qual deles a efervescência cessará primeiro.



**Figura 6.** Representação das diferenças nas áreas superficiais das partilhas efervescentes inteira e triturada (A) e das concentrações distintas utilizadas no experimento (B).

## 2. A volta do catalisador – Catálise<sup>2</sup>

*Um catalisador é consumido em uma reação química? Se ele não é consumido, ele participa da reação? Este experimento apresenta fenomenologicamente o impacto da presença de um catalisador no meio reacional.*

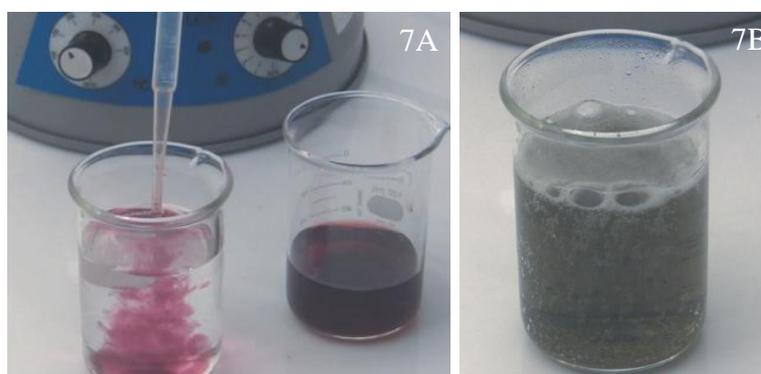
<sup>2</sup> Disponível para visualização em: <<https://www.youtube.com/watch?v=cEw9EM8-SzE&t=200s>>

Materiais Necessários:

- 2 Béquer 100 mL
- Provetas para transferência de volumes
- Solução de tartarato de sódio e potássio  $1 \text{ mol L}^{-1}$
- Solução de água oxigenada 10 volumes
- Solução de cloreto de cobalto (II)  $0,1 \text{ mol L}^{-1}$

Procedimentos:

- 1) **Preparo das soluções:** Solução de tartarato de sódio e potássio – Pese 132 g e dissolva em água suficiente para completar 500 mL de solução. A fórmula do sal é  $\text{NaKC}_4\text{H}_4\text{O}_6 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ ; Solução de cloreto de cobalto (II) – Dissolva 112 g de cloreto de cobalto (II) hexahidratado ( $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ) em água suficiente para completar 500 mL de solução.
- 2) **Executando a reação (Figura 7A e 7B):** Em um béquer de 100 mL, coloque 50 mL da solução de tartarato de sódio e potássio. Acrescente 25 mL da solução de água oxigenada. Aqueça a solução até  $35^\circ\text{C}$ . Retire a solução do aquecimento. Observe a solução por alguns segundos (nada ocorre). Acrescente 1 mL da solução de cloreto de cobalto (II). Observe o que ocorre nos próximos minutos. Com o termômetro, acompanhe a temperatura da solução. Você pode realizar um teste para identificar o gás desprendido. Para isso, faça a reação em uma garrafa com tampa ou Erlenmeyer com rolha furada. Conecte uma mangueira através do furo e borbulhe o gás em uma solução de água de cal. Você pode ainda, ao final da reação, colocar mais água oxigenada e observar se a reação inicia novamente.



**Figura 7.** Representação (A) de etapa e (B) do efeito da adição do catalisador na reação.

Como estratégia empregada na análise dos dois experimentos foi usada a abordagem investigativa crítica deles. Pretendeu-se, portanto, assim como defendido por Monteiro e colaboradores (2017) não apenas repetir suas execuções, mas propor uma nova maneira de abordá-los no ensino. Desta forma, buscou-se conhecer e explorar os “porquês” e o “como” a presença de fatores (superfície de contato, temperatura, uso de catalisador etc.) influenciavam na rapidez das reações química, visando ao término do estudo, pelo uso de tópicos estatísticos e ambientais, contribuir para o estabelecimento mais adequado de conceitos de cinética química. Os resultados obtidos nesta abordagem são agrupados no capítulo apresentado a seguir.

## CAPÍTULO 4

### ANÁLISE

#### 4.1 ABORDAGEM INVESTIGATIVA: CONTRIBUIÇÕES PARA MELHORIA DOS EXPERIMENTOS PROPOSTOS

Questionar métodos já existentes, bem como desenvolver, testar e divulgar novas formas de ensinar contribui, de forma significativa, para o desenvolvimento da educação em diversas áreas das ciências. Na área da Química, essa realidade não é diferente. Cientes do papel investigativo que deve também envolver a experimentação, na primeira parte deste capítulo será efetuada a análise do experimento “Bomba Efervescente” à luz do planejamento fatorial, uma ferramenta estatística já muito conhecida e muito aplicada em pesquisas variadas para otimização de processos<sup>3</sup>, porém que ainda permanece com aplicações no ensino muito reduzidas.

Uma possibilidade para se trabalhar as atividades experimentais é verificar a influência das variáveis conhecidas na resposta observada. Em geral, quando existe mais de uma variável conhecida que afete o sistema, a intuição primeira diz que é suficiente alterar um parâmetro enquanto se “congela” os outros. Da forma tradicional como os fatores que influenciam a rapidez de uma reação são apresentados esta ideia está presente, porém, esse procedimento impede que se perceba o efeito que uma variável tem sobre a outra e uma alternativa para contornar essa limitação é através do planejamento fatorial (TOLEDO, FERREIRA, 2016).

Para o planejamento fatorial é preciso elencar as variáveis importantes para o sistema, construir uma matriz experimental e, então, através das respostas, estimar o efeito que cada variável tem sobre o sistema e a influência que uma gera na outra (PEREIRA-FILHO, 2015).

Neste experimento foram elencadas três variáveis: (1) superfície de contato, (2) temperatura, (3) concentração. Cada variável é analisada em dois níveis – baixo e alto (Tabela 1) sendo codificados como -1 e +1, respectivamente. Essa codificação é importante, sendo atribuída a mesma relevância para todas as variáveis, pois elas passam a ser descritas em uma escala entre -1 e +1 independentemente do seu valor original (PEREIRA-FILHO, 2015).

---

<sup>3</sup> O apêndice 1, localizado na página 42, apresenta uma breve introdução sobre no que se constitui essa ferramenta.

**Tabela 1.** Visão geral do experimento em escala experimental e codificada.

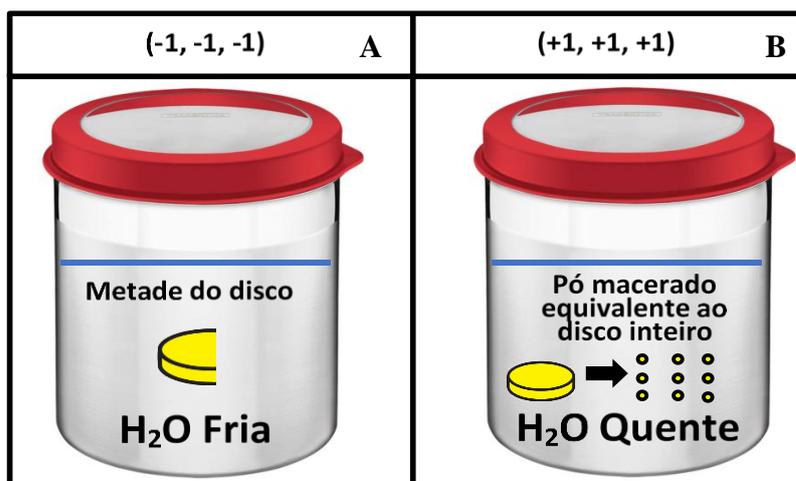
Variável	Níveis	
	Baixo	Alto
1. Superfície de contato	Disco Inteiro (-1)	Triturado (+1)
2. Temperatura da água	Frio (-1)	Quente (+1)
3. Quantidade do comprimido	Metade (-1)	Todo (+1)

Em posse dessas combinações está definido como os sistemas devem ser planejados. Assim, conforme apresentado na Tabela 2, é possível efetuar 8 ( $2^3$ ) combinações possíveis de experimentos. Temos que a primeira variável (superfície de contato) é estabelecida alternando os níveis da variável 1 a cada experimento. No caso da variável 2 (temperatura), os níveis são alternados a cada 2 experimentos. Já para terceira variável (quantidade do comprimido), temos uma sequência de 4 experimentos antes que ocorra a alternância. Caso houvesse uma quarta coluna esta teria 8 sinais negativos seguidos por 8 sinais positivos e assim sucessivamente.

**Tabela 2.** Matriz de planejamento fatorial para um sistema codificado do tipo  $2^3$ .

Experimento	Variável 1 Superfície de contato (SC)	Variável 2 Temperatura da água (T)	Variável 3 Quantidade do comprimido (Q)
1	-1	-1	-1
2	1	-1	-1
3	-1	1	-1
4	1	1	-1
5	-1	-1	1
6	1	-1	1
7	-1	1	1
8	1	1	1

Assim, para se referir, por exemplo, ao experimento 1, usa-se o seguinte código: (-1,-1,-1) (Figura 8A), enquanto seu oposto, o experimento 8 (Figura 8B) é representado pelo código (+1,+1,+1). A execução desses experimentos deve ser realizada em ordem aleatória para evitar a introdução de erros sistemáticos no sistema. A tabela 3 apresenta as respostas obtidas após esta operação.



**Figura 8.** Representação esquemática do experimento (1) (-1,-1,-1) e do (8) (+1,+1,+1).

**Tabela 3.** Matriz de planejamento fatorial com suas respectivas respostas, sendo a resposta o tempo decorrido de efervescência até que a solução voltasse a ser límpida.<sup>4</sup>

Experimento	Variável 1 Superfície de contato (SC)	Variável 2 Temperatura da água (T)	Variável 3 Quantidade do comprimido (Q)	Resposta (Tempo - s)
1	-1	-1	-1	160
2	1	-1	-1	120
3	-1	1	-1	55
4	1	1	-1	22
5	-1	-1	1	80
6	1	-1	1	70
7	-1	1	1	30
8	1	1	1	19

A partir da matriz de planejamento fatorial constrói-se uma tabela de coeficientes de contrastes (Tabela 4), para tal decorre-se na multiplicação da resposta por cada nível avaliado da variável, que expressa o efeito que as variáveis têm sobre o sistema de forma individual (efeitos principais) e de forma concomitante (efeitos de interação). Com os 8 experimentos realizados são calculados 7 efeitos: 3 principais (primeira ordem), sendo um para cada uma das variáveis testada; 3 secundários (segunda ordem), em que são calculados os efeitos de interação entre 2 variáveis e por fim 1 terciário (terceira ordem) unindo as três variáveis investigadas.

<sup>4</sup> Um exemplo prático de como efetuar a preparação dos dados semelhantes aos da tabela 3 pode ser visualizada em: <<http://youtu.be/pXBIK97q3qg>>

Para calcular o valor total que cada um desses efeitos exerce, pode-se fazer a diferença entre a média (da resposta quando determinada variável de análise está no nível alto (positivo +1,  $\bar{X}_+$ ) e a média da resposta quando essa mesma variável está no nível baixo (negativo -1,  $\bar{X}_-$ ). A equação 1 mostra como é efetuado o cálculo acima referido:

$$\text{Valor total exercido pelo Efeito} = \bar{X}_+ - \bar{X}_- \quad \text{Equação 1}$$

Para o caso da superfície de contato (SC) por exemplo, ter-se-á o seguinte resultado:

$$\text{Valor total exercido pela SC} = \frac{120+22+70+19}{4} - \frac{160+55+80+30}{4} = -23,5 \quad \text{Equação 2}$$

A mesma lógica foi utilizada para os demais efeitos e os resultados obtidos são dispostos na Tabela 4.

**Tabela 4.** Tabela de coeficiente de contrastes e valor total exercido pelos efeitos<sup>5</sup>

Experimento	Variável			Resposta	Efeitos						
	SC	T	Q		SC	T	Q	SC-T	SC-Q	T-Q	SC-T-Q
1	-1	-1	-1	160	-160	-160	-160	160	160	160	-160
2	1	-1	-1	120	120	-120	-120	-120	-120	120	120
3	-1	1	-1	55	-55	55	-55	-55	55	-55	55
4	1	1	-1	22	22	22	-22	22	-22	-22	-22
5	-1	-1	1	80	-80	-80	80	80	-80	-80	80
6	1	-1	1	70	70	-70	70	-70	70	-70	-70
7	-1	1	1	30	-30	30	30	-30	-30	30	-30
8	1	1	1	19	19	19	19	19	19	19	19
Valor total exercido pelo efeito					-23,5	-76	-39,5	1,5	13	25,5	-2

Primário (1ª ordem – SC, T e Q); Secundário (2ª ordem – interações entre SC-T, SC-Q e T-Q); Terciário (3ª ordem – interação SC-T-Q).

Com auxílio da tabela 4 percebe-se que alguns efeitos são altos (temperatura, quantidade do comprimido e sua interação de segunda ordem) e outros praticamente desprezíveis (pouca contribuição na resposta por exemplo do efeito secundário entre temperatura e superfície de contato ou ainda do terciário). Entretanto, é necessário estabelecer critérios e mecanismos

<sup>5</sup> Uma ilustração do cálculo dos efeitos tais como os efetuados neste estudo pode ser visualizada em: <<http://youtu.be/8UHjmn0ievA>>

estatísticos para identificar quais efeitos são realmente importantes no tempo observado para efervescência total no experimento realizado e se existe algum que possa ser desconsiderado.

Uma alternativa é verificar qual é a porcentagem que cada quadrado dos efeitos exerce sobre a soma dos quadrados deles. Neste caso, deve-se elevar ao quadrado cada efeito, calcular a soma e, finalmente, calcular a contribuição que cada quadrado exerce sobre a soma, como mostrado pela Equação 3:

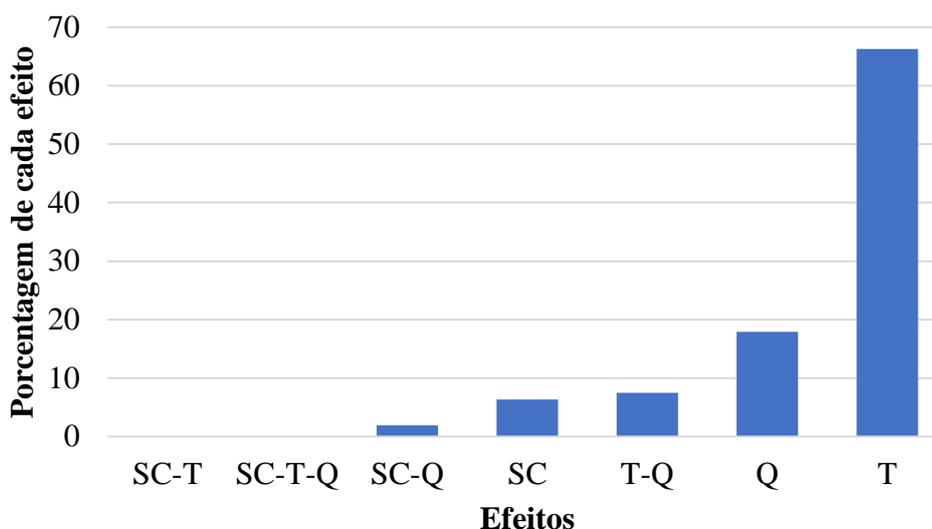
$$\text{Porcentagem (P)} = \left( \frac{\text{Efeito}^2}{\sum \text{Efeito}^2} \right) * 100 \quad \text{Equação 3}$$

A tabela 5 mostra os cálculos efetuados e a figura 9 ilustra a porcentagem de contribuição de cada efeito para os dados do experimento analisado. Esta alternativa é bastante interessante e possibilita verificar graficamente qual é a contribuição de cada um dos efeitos na resposta que está sendo avaliada. Neste caso, fica cada vez mais evidente que certas variáveis são mais significativas que outras, alterando mais rapidamente a reação estudada.

**Tabela 5.** Contribuição que cada efeito exerce sobre a soma dos quadrados dos efeitos.<sup>6</sup>

Identificação do efeito	Módulo do valor do efeito em ordem crescente	(Efeito) <sup>2</sup>	% de cada (Efeito) <sup>2</sup> em relação à soma	
SC-T	1,5	2,25	0,026	
SC-T-Q	2	4	0,046	±2,0%
SC-Q	13	169	1,9	
SC	23,5	552,25	6,3	
T-Q	25,5	650,25	7,4	±98%
Q	39,5	1560,25	18	
T	76	5776	66	
Soma		8714		100%

<sup>6</sup> Um exemplo de como foram realizados os cálculos para obtenção das percentagens de contribuição de cada efeito pode ser visualizada em: <<http://youtu.be/m4b8AayadS8>>



**Figura 9.** Representação da contribuição que cada efeito exerce sobre a soma dos quadrados dos efeitos.

Com base em todas as estratégias ilustradas para a identificação dos efeitos mais importantes, é possível concluir que as variáveis fundamentais para o experimento cinético criticado são a Temperatura (T) e a Quantidade de comprimido (Q) e que ocorre interação considerável entre elas sendo mais razoável numa abordagem de ensino investigativo descrevê-la.

Algumas outras conclusões podem ser elencadas após a obtenção destes dados. Alterando o que uma visão tradicional da apresentação dos fatores que influenciam a cinética de uma reação tenderia a mostrar, percebe-se que nem todas as variáveis contribuem igualmente para as repostas observadas, isso significa que as variáveis influenciam cada efeito em sua própria intensidade.

A temperatura desempenha um papel acentuado frente às demais, isso deve-se sobretudo ao aumento de colisões com orientação adequada e energia suficiente para que a reação ocorra, decorrendo em taxas de reação mais rápidas. No entanto, cabe alertar que a influência da temperatura não necessariamente será diretamente proporcional a seu incremento, na mesma medida que um aumento eleva a taxa de reação principal outras reações também podem estar acontecendo simultaneamente, existindo, portanto, um limite ideal para este parâmetro na rapidez da reação.

No caso da quantidade de comprimido, tem-se uma maior presença de reagentes, consequentemente aumento nas suas concentrações, o que faz com que se tenha uma maior

quantidade de partículas ou moléculas confinadas num mesmo espaço. Isso aumenta a quantidade de choques entre elas e aumenta também a probabilidade de ocorrerem colisões eficazes que resultem na ocorrência da reação. O resultado é que a reação ocorre com maior rapidez, o que explica qualitativamente o porquê desta variável também ter um efeito total mais intenso no planejamento.

Por último, ressalta-se que conforme observado uma variável tem a capacidade de interferir na outra com maior ou menor grau, sendo esta contribuição do planejamento fatorial interessante para mudança de visão que os professores, que não costumam abordar esta possibilidade ao ensinar a cinética química. Um profissional que tenha tido a oportunidade de aprender e fazer planejamento do experimento, muito provavelmente estaria mais preparado para trabalhar ainda que nível médio com a discussão teórica existente em cada variável, não abordando-as apenas de maneira tradicional, mas buscando instigar a reflexão a respeito delas.

Na segunda parte da abordagem proposta neste trabalho de conclusão, prosseguir-se-á pela análise do experimento “A volta do catalisador”.

Dentre os fatores que alteram a rapidez de uma reação a presença de um catalisador é dos mais importantes, especialmente em reações que ocorrem nas indústrias químicas. Para se ter uma ideia da importância da catálise, basta pensar que mais de 90% de todos os reagentes químicos produzidos passaram por um catalisador em alguma etapa da sua produção (SANTEN, 2009)<sup>7</sup>.

O experimento escolhido, tal como apresentado, permite ao estudante e ao professor a chance de questionar e buscar respostas, conforme a abordagem investigativa. Por exemplo, o porquê de ser usado o cobalto como catalisador, se este apresenta é muitas vezes caro, apresenta toxicidade elevada (sendo indicado como carcinogênico) e necessita de descarte apropriado, coisa que dificilmente o laboratório escolar possuiria. Isto pode ser o gatilho para um tema gerador de uma problemática no tema de saúde e meio ambiente, podendo se citar alguma alternativa mais barata e menos agressiva, tais como as que posteriormente aqui serão discutidas a fim de contribuir para a experimentação neste aspecto.

Mas o maior e rotineiro questionamento que surge para este experimento é justamente se todo o cobalto presente na solução reacional retorna a sua forma original. Será a mudança de coloração é por si só um indicativo verídico e confiável que este “retorno” ocorre? Pergunta

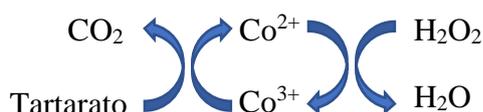
---

<sup>7</sup> O apêndice 2, localizado na página 43, apresenta uma visão geral sobre a catálise e como ela é importante para o desenvolvimento científico.

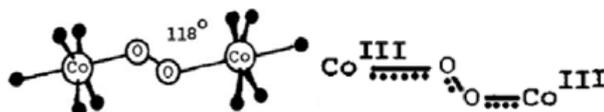
esta que vai de encontro a maneira como qual os professores se acostumaram a ensinar o conceito e função de um catalisador: “substância que altera a rapidez da reação sem ser consumida no processo”.

À fim de oportunizar uma reflexão sobre esta visão reduzida<sup>8</sup>, realizaram-se testes em relação a identificação das espécies envolvidas na reação de decomposição do sal de Rochelle.

No ciclo catalítico (figura 10), o complexo (figura 11) de cobalto (II) com sal duplo – Rochelle – (cor rosa arroxeadada) reage com a água oxigenada e o cobalto (II) passa a ser cobalto (III) (cor verde). Na etapa seguinte, o sal duplo se oxida, reduzindo o cobalto (III) de volta a cobalto (II). Alguns autores colocam que esta oxidação do sal duplo a gás carbônico é completa, enquanto outros afirmam que além do gás carbônico se formam íons metanoato ( $\text{HCOO}^-$ ) (DUCA, 2012).



**Figura 10.** Ciclo catalítico simplificado para degradação do sal de Rochelle (adaptada de DUCA, 2012).



**Figura 11.** Representação do complexo formado entre átomos de cobalto, responsável pela ação observada (DUCA, 2012).

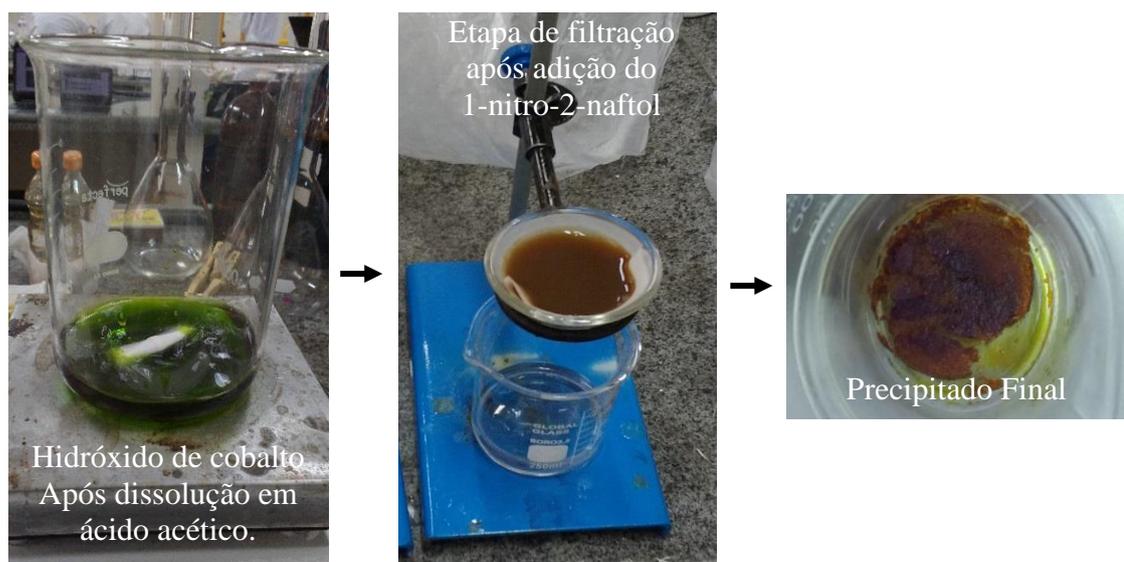
Porém, será mesmo que todo cobalto retorna a forma original? Ou ocorrem perdas desta fase ativa no transcorrer da reação?

Para responder a estas questões, podem se lançar mão de processos químicos clássicos, que além de serem de fácil execução são capazes de confrontar a teoria que muitas vezes é trabalhada dentro de sala quanto o uso de catalisadores.

<sup>8</sup> Um estudo histórico complementar às propostas experimentais para reflexão desta ideia é apresentado no apêndice 3, localizado na página 44, onde traz-se uma discussão quanto à adequação da definição do termo catálise.

- ✓ Determinação qualitativa de Cobalto (III) por precipitação (BASSET *et al.*, 1981)

Um dos métodos presentes na literatura para a correta identificação de diferenciação do Cobalto nos seus dois estados de oxidação é a marcha analítica utilizando o agente complexante 1-nitro-2-naftol que faz precipitar apenas o cobalto (III) e pode ser separado. O procedimento (Figura 12) consiste em adicionar ao término da reação de decomposição do sal de Rochelle um pouco de solução de hidróxido de sódio ( $2 \text{ mol L}^{-1}$ ) até que comece a se precipitar o hidróxido de cobalto (III); este é dissolvido em ácido acético quente (10 mL). O reagente 1-nitroso-2-naftol (2 mL) é adicionado gota a gota, com agitação, à solução quente. O precipitado alaranjado é filtrado e seco. Como resultado, o que se observa justamente é que no momento final da reação (quando acabam a geração de bolhas e a solução fica verde) toda espécie química presente na solução é o cobalto (III).



**Figura 12.** Representação da marcha analítica de identificação de Cobalto (III).

Se realizado o mesmo procedimento, porém ao “retorno” do catalisador quando a solução volta a ter a coloração inicial que é roxa, ainda é obtida uma fração do mesmo óxido, ou seja, nem todo cobalto retornou já que apenas o (III) se complexa, assim evidencia-se qualitativamente que a afirmação da total retirada do sistema da fase ativa (catalisador) não é verdadeira (como originalmente o experimento destaca), e que este é sim em parte perdida no processo, porém numa escala pequena, mas que pode ser vista.

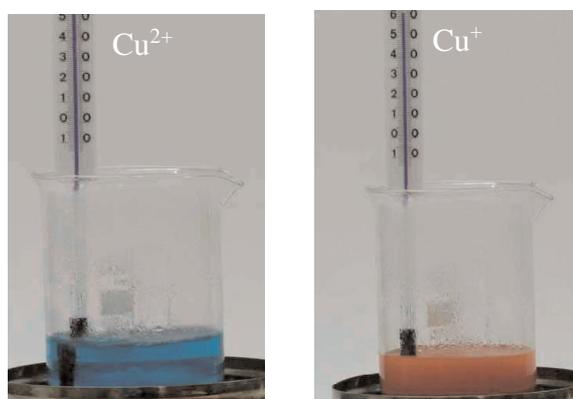
De fato, esta verificação já foi observada por muitos pesquisadores da área de catálise que relatam em seus artigos que nem toda fase ativa pode ser recuperada após reações, até mesmo porque durante processos químicos podem ocorrer difusões mássicas e desativações (HAGEN, 2006).

Por fim, ainda percebendo que o experimento analisado poderia ser trabalhado como gerador de discussões em química ambiental, propõem-se nesta última etapa uma alternativa mais barata e menos agressiva de catalisador que pode ser usado na reação de decomposição do sal duplo: o sulfato de cobre ( $\text{CuSO}_4$ ).

Apesar deste reagente também ser indicado como um metal bioacumulável, ele apresenta toxicidade relativa menor, não sendo classificado como carcinogênico igual aos compostos de cobalto e seu preço é cerca de 50% menor quando comparado ao Cloreto de Cobalto (II) – R\$ 87,00 reais 250 g no mercado nacional.

Usando as mesmas condições proposta no experimento de origem, porém agora com uma solução sulfato de cobre, o que se observa é também a ação catalítica de uma espécie que está envolvida num processo do tipo óxido-redução (Figura 13).

Primeiro aparece uma coloração azul clara devido ao complexo do sal duplo com cobre (II), então há uma forte efervescência indicando, por parte, a oxidação do tartarato em dióxido de carbono e, outro, a produção de oxigênio por decomposição catalítica de água oxigenada. Após esta etapa também precipita óxido de cobre (I) de cor vermelha. Se mais água oxigenada é adicionada o óxido de cobre (I) é oxidado novamente e o complexo é remodelado com tartarato que ainda existia em solução e o processo é repetido. Pode ser mostrado desta forma que os íons  $\text{Cu}^{2+}$  são catalisadores ativos na reação do sal duplo de Rochelle.



**Figura 13.** Representação da reação de decomposição do sal de Rochelle sendo catalisada por cátions  $\text{Cu}^{2+}$ .

## CONSIDERAÇÕES FINAIS E PERSPECTIVAS

Este trabalho se propôs a refletir pedagogicamente sobre o Ensino de Química, especificamente em sua vertente da experimentação. Partindo-se do pressuposto de que alguns conceitos da área de Físico-Química são tratados de forma equivocada dentro de sala apresentaram-se mudanças em relação a suas explanações, sendo destacados alguns instrumentos experimentais e estatísticos para que de forma crítica estes fossem construídos.

Por meio de uma análise mais aprofundada dos fatores que alteram uma reação química no contexto da cinética, demonstrou-se que a experimentação pode ser uma alternativa a rotineira aula expositiva, sendo ainda um fator gerador de reflexões a respeito da natureza do conhecimento científico e imposição de definições clássicas no ensino.

A utilização de ferramentas tais como o planejamento fatorial aplicado ao primeiro experimento (Bomba Efervescente) permitiu identificar dentre um número de variáveis que a temperatura e a quantidade de comprimido apresentavam maior importância sobre o tempo gasto na reação. Ainda pelo uso deste instrumento estatístico foi possível observar se existiam interações sinérgicas (efeitos secundários) e antagônicas (efeitos terciários) entre as variáveis, permitindo uma generalização de resultados e conseqüentemente hipóteses para o direcionamento de futuras pesquisas, característica importante para geração de menos resíduos químicos e economia de tempo (visto que menos experimentos precisam ser feitos).

Na segunda parte da análise, objetivando que ocorresse uma melhor explicitação daquilo que envolve o processo catalítico, apresentou-se a análise do experimento “A volta do catalisador” que evidenciou a não total recuperação do catalisador ao término do processo (espécies de cobalto ativas não retornaram completamente ao seu estado inicial), verificação importante para mudança da maneira como qual os professores se acostumaram a ensinar o conceito e função de um catalisador. Ainda no quesito de modificação das condições deste experimento, sugeriu-se o sulfato de cobre como catalisador alternativo ao cloreto de cobalto, que além de se mostrar ativo é mais viável financeiramente e de menores riscos associados.

Desta forma, de maneira geral pode-se indicar que a execução deste trabalho se apresentou como uma ferramenta importante no processo de ensino e aprendizagem, uma vez possibilitou o debate sobre os conceitos químicos e ainda instigou a reflexão na experimentação no Ensino de Química.

## REFERÊNCIAS

- ASSAÍ, N. D. S., FREIRE, L. I. F. A utilização de atividades experimentais investigativas e o uso de representações no ensino de cinética química. **Experiências em Ensino de Ciências**, v. 12, n. 6, p. 153-162, 2017.
- ATKINS, P. The evolution of physical chemistry courses. In: ELLISON, M. D., SCHOOLCRAFT, T. A. (Eds.). **Advances in teaching physical chemistry**. Washington: Ed. ACS, p. 44-55, 2007.
- BASSOLI, F. Atividades práticas e o ensino-aprendizagem de ciência(s): mitos, tendências e distorções. **Ciência & Educação**, v. 20, n. 3, p. 579-593, 2014.
- BASSET, J., DENNEY, R. C., JEFERRY, G. H., MENDHAM, J. **Análise Inorgânica Quantitativa**, Rio de Janeiro: Guanabara Dois, 1981.
- BERGAMO, M. **Experimentação como ferramenta de apoio para a aprendizagem de cinética química no ensino médio**. Paraná: EduPR, 2010.
- BORGES, A.T. Novos rumos para o laboratório escolar de ciências. **Cadernos Brasileiros de Ensino de Física**, v. 19, n.3, p.291-313, 2002.
- BRASIL. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília, DF: Ministério da Educação, 2017.
- CAPES/MEC. Portal de Periódicos.  
Disponível em: <http://www.periodicos.capes.gov.br>. Acesso em 18 set. 2019.
- CAS. Scifinder.  
Disponível em: <https://scifinder.cas.org>. Acesso em 16 abr. 2019.
- CASTRO, M. C., SIRAQUE, M., TONIN, L. T. D. Aprendizagem significativa no ensino de cinética química através de uma oficina problematizadora. **Actio**, v. 2, n. 3, p. 151-167, 2017.
- COSTA, M. C. P., OLIVEIRA, J. R. S. **Inovação no ensino de físico-química: experimentos com materiais alternativos**, Ponta Grossa: Editora Atena, 2019.
- CNPq. Diretório dos Grupos de Pesquisa no Brasil.  
Disponível em: <http://dgp.cnpq.br/dgp>. Acesso em 16 abr. 2019.
- DEL PINTOR, V. F. Estudo investiga dificuldades de compreensão no Ensino de Química. **Agência Universitária de Notícias**, São Paulo, 17 maio 2016.  
Disponível em: <http://www.usp.br/aun/antigo/exibir?id=7697&ed=1342&f=24>. Acesso em: 23 abr. 2019.
- DUCA, G. **Homogeneous Catalysis with Metal Complexes - Fundamentals and Applications**, Berlim: Springer, 2012.

PEREIRA-FILHO, E. R. **Série Apontamentos: Planejamento Fatorial em Química – Maximizando a obtenção de resultados.** São Paulo: EdUFSCar, 2015.

FOX, L. J., ROEHRIG, G. H. Nationwide survey of the undergraduate physical chemistry Course. **Journal of Chemical Education.** v. 92, n. 9, p. 1456-1465, 2015.

GALIAZZI, M. C., GONÇALVES, F. P. A natureza pedagógica da experimentação: uma pesquisa na licenciatura em química. **Química Nova na Escola.** v. 27, n. 2, p. 326-331, 2004.

GONÇALVES, F. P., MARQUES, C. A. A experimentação na docência de formadores da área de Ensino de Química. **Química Nova na Escola.** v. 38, n. 1, p. 84-98, 2016.

HAGEN, J. **Industrial Catalysis: a practical approach.** Alemanha: Wiley-VCH, 2006.

HAGHI, A. K., THOMAS, S., PRAVEEN, K. M., AVINASH, R. P. **Theoretical models and experimental approaches in physical chemistry: research methodology and practical methods.** Florida: Apple Academic Press, 2019.

HODSON, D. Hacia un enfoque más crítico del trabajo de la laboratório. **Enseñanza de las Ciencias,** v. 12, n 3, p. 299-313, 1994.

IBICT. Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações.  
Disponível em: <http://bdtd.ibict.br/vufind/>. Acesso em 17 abr. 2019.

LAILDLER, K. J. A glossary of terms used in chemical kinetics, including reaction dynamics (IUPAC Recommendations 1996). **Pure and Applied Chemistry,** v. 68, n. 1, p. 149-192, 1996.

LINDSTRÖM, B., PETTERSSON, L. J. A brief history of catalysis. **CatTech,** v. 7, n. 4, 2003.

MACK, M. R. **A study of faculty approaches to teaching undergraduate physical chemistry courses.** West Lafayette, Indiana: Purdue, 2015. Originalmente apresentada como Tese de Doutorado, Purdue University, 2015.

MACK, M. R., TOWNS, M. H. Faculty beliefs about the purposes for teaching undergraduate physical chemistry courses. **Chemistry Education Research and Practice,** v. 17, p. 80-99, 2016.

MALDANER, O. A. **Fundamentos e Propostas de Ensino de Química para a educação Básica no Brasil.** Ijuí: Editora Unijuí, 2007.

MARQUES, M. M., LIMA, G, C. **Experimentos de Química para Turmas de Ensino Médio.** Ponta Grossa: Editora Atena, 2019.

MONTEIRO, P. C., RODRIGUES, M. A., SANTIN-FILHO, O. Experimentos com abordagem investigativa propostos por licenciandos em Química. *In: Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, XI, Florianópolis. Anais [...].* Santa Catarina: UFSC, 2017.

MORAIS, R. O., SILVA, T.S., OLIVEIRA, J. B., SILVA, A. B., RIBEIRO, M. E. N. P. Reflexão sobre a pesquisa em ensino de química no Brasil através do panorama da linha de pesquisa: linguagem e formação de conceitos. **Holos**, v. 4, p. 473-491, 2014.

MOURA, G. N., CHAVES, S. N. Visões e virtudes pedagógicas do ensino experimental da química. *In: VII ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, Florianópolis. Anais [...].* Santa Catarina: UFSC, 2009.

NOVAIS, V. L. D. de. **Química**. São Paulo: Atual, 1999.

NUNES, A. S., ADORNI, D. S. O ensino de química nas escolas da rede pública de ensino fundamental e médio do município de Itapetinga-BA: O olhar dos alunos. *In: ENCONTRO DIALÓGICO TRANSDISCIPLINAR, Vitória da Conquista. Anais [...].* Bahia: UESB, 2010.

OLIVEIRA, J. R. S. Contribuições e abordagens das atividades experimentais no ensino de ciências: reunindo elementos para a prática docente. **Acta Scientiae**, v. 12, n.1 p.139-153, 2010.

PEREIRA, B. B. Experimentação no ensino de ciências e o papel do professor na construção do conhecimento. **Cadernos da FUCAMP**, v. 9, n. 11, 2010.

Pontociência. A volta do catalisador (2011).

Disponível em: <http://pontociencia.org.br/experimentos/visualizar/a-volta-do-catalisador/725>. Acessado em 04 mar. 2019.

Pontociência. Bomba efervescente (2009).

Disponível em: <http://pontociencia.org.br/experimentos/visualizar/bomba-efervescente/98>. Acessado em 04 mar. 2019.

Portal do professor. Ministério da Educação, Brasil.

Disponível em: <http://portaldoprofessor.mec.gov.br/recursos.html>. Acessado em 04 mar. 2019.

POZO, J. I., ECHEVERRÍA, M. D. P. P. Aprender a resolver problemas e resolver problemas para aprender. In: BEATRIZ, A. N. (Trad.). **A solução de problemas: aprender a resolver, resolver para aprender**. Porto Alegre: Artmed, pp. 13 – 42, 1998.

RABELATO, M. C. **A importância das aulas experimentais no ensino de química**. Medianeira, Paraná: UTFPR, 2014. Originalmente apresentada como Monografia de Especialização, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2014.

ROSSI, M. Physical chemistry: education and challenges. **Chemistry Internacional**. v. 27, n. 6, nov.-dez. 2005.

SANTEN, R. V. **Future perspectives in catalysis**, NRSC-Catalysis: Eindhoven, 2009.

SANTOS, A. P. B., MICHEL, R.C. Vamos jogar um SueQuímica? **Química Nova na Escola**, vol. 31, n. 3, p.179-183, 2009.

GOJAK-SALIMOVIĆ, S., KORÁC, F., ZEJNILAGIĆ-HAJRIĆ, M., NUIC, I. Physical Chemistry for Undergraduate Students: Sources of Students Difficulties and Potential Solutions. **Bulletin of the Chemists and Technologists of Bosnia and Herzegovina**, n. 51, p. 35-40, 2018.

SCHNETZLER, R. P. A pesquisa no ensino de Química e a importância da Química Nova na Escola. **Química Nova na Escola**, n. 20, p. 49-54, 2004.

SILVA, A. L. S. Erros Conceituais em Catalisadores. **Infoquímica**. 2008. Disponível em: <https://bit.ly/32DBqti>. Acesso em: 10 abr. 2019.

SILVA, R. R., MACHADO, P. F. L. M., TUNES, E. Experimentar sem medo de errar. In: SANTOS, W. L. P., MALDANER, O. A. (Org.). **Ensino de química em foco**. Ijuí: Ed. Unijuí, p. 231-261, 2010.

SILVA, P. N., SIMÕES-NETO, J. E., SILVA, F. C. V. Uma análise para a transposição didática da cinética química. **Revista Dynamis. FURB**, v. 22, n. 2, p. 3-17, 2016.

SÖZBILIR, M. What Makes Physical Chemistry Difficult? **Journal of Chemical Education**, v. 81, n. 4, 2004.

SUART, R.C.; MARCONDES, M.E.R. As habilidades cognitivas manifestadas por alunos de ensino médio de química em uma atividade experimental investigativa. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 2, 2008

TOLEDO, E. J. de L., FERREIRA, L. H. Planejamento fatorial sob uma perspectiva investigativa com base na teoria de falseamento de Karl R. Popper. **Revista Brasileira de Ensino de Ciências e Tecnologia**, v. 9, n. 3, p. 1-19, 2016.

TRÓPIA, G. B. A. Percursos históricos de ensinar ciências através de atividades investigativas. **Ensaio: pesquisa em educação em ciências**, v. 13, n. 1, p. 121-138, 2011.

TSAPARLIS, G. Teaching and learning physical chemistry: a review of educational research. In: ELLISON, M. D., SCHOOLCRAFT, T. A. (Eds.). **Advances in teaching physical chemistry**. Washington: Ed. ACS, p. 75-112, 2007.

TSAPARLIS, G., FINLAYSON, O. E. Physical chemistry education: its multiple facets and aspects. **Chemistry Education Research and Practice**, v. 15, p. 257-265, 2014.

TSAPARLIS, G. First and second thoughts about teaching secondary chemistry. In: THE SPECIAL ISSUE OF ECRICE 2014, Jyväskylä. **Book of abstracts** [...]. Finlândia: Lumat, 2015.

VIDRIK, E. C. F., MELLO, I. C. Experiment@: Guia Didático com Abordagem Investigativa para o Ensino Experimental de Química. *In: ENCONTRO NACIONAL DE ENSINO DE QUÍMICA, XVIII, Florianópolis. Anais [...].* Santa Catarina: UFSC, 2016.

WARTHA, E. J., LEMOS, M. M. Abordagens investigativas no ensino de Química: limites e possibilidades. **Amazônia: Revista de Educação em Ciências e Matemáticas**, v. 12, n. 24, p. 5-13, 2016.

ZIELINSKI, T. J., SCHWENZ, R. W. Physical Chemistry: A Curriculum for 2004 and Beyond. **The Chemical Educator**, v. 9, 108-121, 2004.

Youtube. Bomba Efervescente

Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=rP00vxivUpQ>. Acesso em 10 set. 2019

Youtube. A Volta do Catalisador

Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=cEw9EM8-SzE&t=200s>. Acesso em 10 set. 2019

Youtube. Exemplo da sequência para execução de um planejamento fatorial.

Disponível em: <http://youtu.be/pXBIK97q3qg>;

<http://youtu.be/8UHjmn0ievA>;

Acesso em 12 set. 2019

## APÊNDICE 1

### *Planejamento Fatorial: uma importante ferramenta para a Química e Ensino*

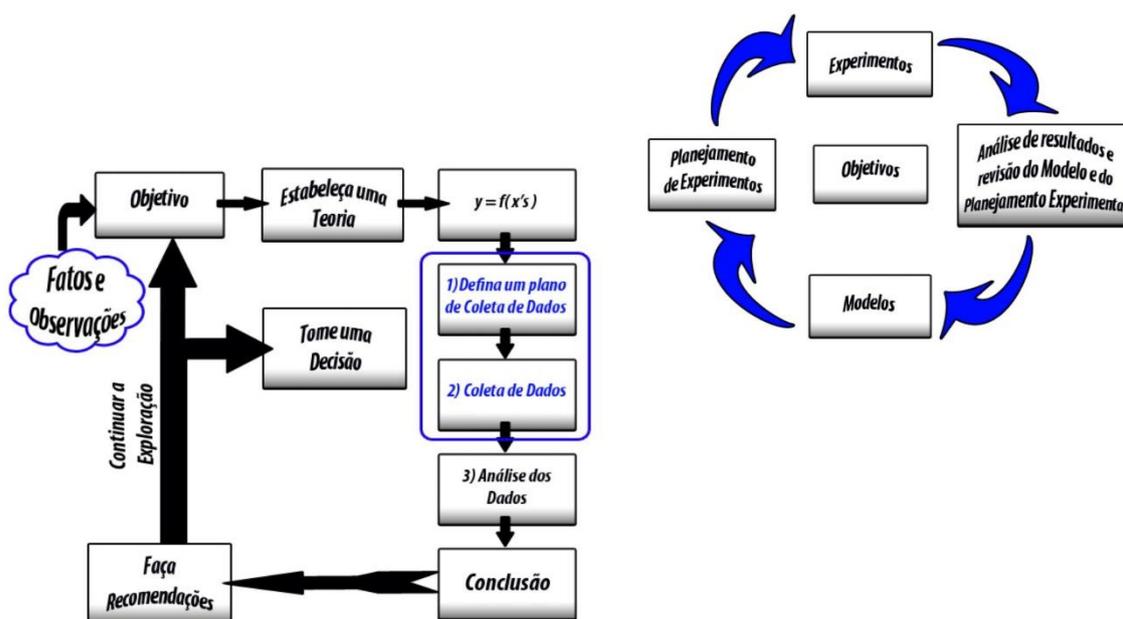
Química é uma ciência predominantemente experimental. Boa parte das atividades do químico se desenvolve em um laboratório fazendo medidas. Como não há medida sem erro, é necessário o apoio da ciência Estatística para o tratamento adequado dos resultados encontrados nas medidas realizadas em laboratório.

Neste aspecto, cada vez mais novas ferramentas estatísticas adequadas têm sido utilizadas para auxiliar numa interpretação crítica dos dados, situação esta que pode ser aliada na proposição de abordagens para o ensino de química.

O planejamento fatorial é uma dessas ferramentas que auxilia na otimização de processos. É especialmente útil em sistemas mais complexos em que diversas **variáveis ou fatores** podem influenciar na resposta final. Triagens de experimentos podem ser realizadas a fim de ajudar a definir quais fatores são importantes e quais já podem ser eliminados sem a necessidade de análises mais profundas.

É possível designar os efeitos das variáveis (**efeitos principais ou de primeira ordem**) e de suas interações (**efeitos secundários**, terciários, a depender do número de variáveis). Então, ao estudar um sistema com  $k$  fatores e dois níveis (os **níveis** são os diferentes valores escolhidos para os fatores), o planejamento fatorial completo consistirá na execução de  $2k$  experimentos.

No ensino, a execução de um arranjo fatorial pode levar o aluno a compreensão do caráter dinâmico das partículas, da interrelação que pode haver entre vários fatores numa reação química ou ainda que num sistema as variáveis não atuam de forma equivalente na resposta observada.



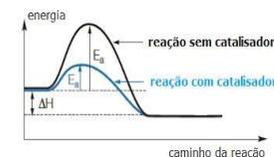
**Fontes das informações:**

Miller, J. N.; Miller, J. C. *Statistics and Chemometrics for Analytical Chemistry*. 6ª Ed., Pearson, England, 2010.

## APÊNDICE 2

## Catálise: construindo "pontes de energia e conhecimento"

A catálise é uma tecnologia poderosa com vasto potencial para ajudar a enfrentar os desafios globais. Desempenha um papel crucial nos esforços para melhorar a eficiência energética, reduzir as emissões de gases de efeito estufa, alimentar uma população crescente e melhorar os padrões de saúde e de vida. Dados seus importantes benefícios, o ensino e divulgação de catálise deve ser uma prioridade.



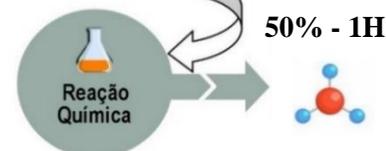
### O que é catálise?

De muitas maneiras, a catálise torna possível a vida moderna, com contribuições valiosas em áreas como transporte, energia, produção de alimentos e saúde.

Sem catalisador



Com catalisador



Catalisadores são substâncias que aumentam a rapidez de reações químicas. Uma quantidade menor de energia é usada por unidade de produto.

### Benefícios da catálise para sociedade



Alguns detergentes para roupa contêm enzimas que permitem trabalhar em água fria - isso é catálise!



Conversores catalíticos em carros reduziram drasticamente emissões de gases nocivos.



A catálise contribui para mais de 35% do PIB global, mostram estimativas.



Enzimas fazem reações bioquímicas acontecerem mais de um milhão de vezes mais rápido.



A catálise é importante para a produção de produtos químicos, farmacêuticos, energia e agricultura.



15 prêmios Nobel foram relacionados à catálise.

### Linha do Tempo - Como chegamos a 90% de processos que utilizam catálise?

**10,000-4,000AC**

Catalisadores usados para fermentação de vinho, cerveja e pães.



**1831**

Primeira patente em catálise industrial.

**1897**

Descoberta de catalisadores de níquel, que levaram a combustíveis de menor emissão.



**1913**

Invenção do processo Haber-Bosch para a produção moderna de fertilizantes.



**1925**

Invenção do processo Fischer-Tropsch para combustíveis líquidos.



**1950-59**

Invenção da polimerização de Ziegler-Natta, que levou a embalagens mais confiáveis e acessíveis e veículos mais leves.



**1960-69**

Invenção do sistema catalisador de gases de escape para automóveis, agora o reator catalítico mais comum.



**1980-Atualidade**

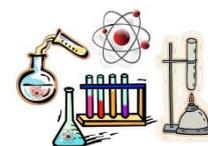
Introdução da tecnologia de Redução Catalítica Seletiva, agora usada para aplicações móveis e controle de emissões.

### APÊNDICE 3

---

#### *Uma definição, várias controvérsias – Afinal, o que é um catalisador?*

---



Apesar de se encontrar formalmente descrito em livros didáticos e científicos, o conceito de catalisador não é tão fácil de ser definido quanto parece, isto porque se observado de forma mais atenta este guarda em sua elaboração diversos contextos segundo o qual esteve sendo estudado e que são interessantes de serem revisitados quando objetiva-se fazer uma análise crítica da maneira como este assunto pode ser trabalhado no Ensino de Cinética Química.

Surgidos ainda nos tempos de Jons Jacob Berzelius (1779-1848), os catalisadores foram primeiramente descritos por este cientista como sendo substâncias que em pequenas quantidades eram capazes de ocasionar extensas transformações químicas sem serem consumidas nos processos. Isto à época representou um grande avanço para a síntese de compostos em escala laboratorial, mas seria somente 70 anos após estas descobertas que essas tais “substâncias catalíticas” teriam suas propriedades investigadas mais a fundo sobretudo pelo trabalho de Wilhelm Ostwald (1853- 1932) e reconhecimento da chamada teoria mecânica, que passava a edificar bases cinéticas para o estudo dos catalisadores que alteravam a rapidez de uma reação sem aparecer nos produtos (LINDSTRÖM, PETTERSSON, 2003).

Atentos a estas colocações, porém insatisfeitos com a proposição de que os catalisadores poderiam ser completamente removidos ao final dos processos, Mittasch e Sabatier se dedicaram então a síntese de novos materiais que possuíssem também a propriedade de influenciar no andamento das reações. Como resultado, estes cientistas dois anos mais tarde seriam laureados com o Prêmio Nobel pela elucidação da formação de compostos instáveis na superfície de um catalisador durante uma reação (LINDSTRÖM, PETTERSSON, 2003). É interessante destacar que já neste período viam-se controvérsias ainda não resolvidas na história dos catalisadores, sobretudo em relação a sua definição. De um lado era defendida arduamente a ideia que por serem “estranhos” a estequiometria tais substâncias poderiam ser completamente removidas nas reações, de outro já não se relacionava sua definição quanto a aspectos de remoção, mas por elucidação de sua atividade.

Com advento da modernidade e a revolução científica vivida neste período, introduziu-se então uma série metodologias que passaram a fomentar a construção de um novo conceito para os catalisadores, relacionado agora com as implicações energéticas de sua utilização. É neste momento que se tem os primeiros relatos da definição em relação a diminuição da energia

de ativação de um processo químico, que posteriormente foi revisitada para que pudesse também incluir a afinidade química como propriedade chave sobretudo na biocatálise (LINDSTRÖM, PETTERSSON, 2003).

Observando que para um mesmo agente – o catalisador – existiam uma diversidade de definições, a IUPAC convocou no ano de 1976 seus delegados de todo o mundo para que fosse realizada uma assembleia geral, onde além deste uma série de conceitos puderam ser uniformizados. Oficialmente, um catalisador passaria a ser definido como um material estranho à estequiometria que ao ser adicionado em quantidade relativamente pequena seria capaz de aumentar a rapidez de uma reação química sem ser consumido consideravelmente no processo (SANTEN, 2009). Porém o que a palavra relativamente significaria?

Apesar da tentativa, a padronização para uma definição continuou em aberto, até que em 1996, por meio de uma publicação no periódico internacional *Pure and Applied Chemistry*, a mesma entidade científica estabeleceria a definição mais atual a que se tem referência para o catalisador: uma substância que aumenta a rapidez de uma reação sem alterar a variação da energia padrão de Gibbs do processo. (LAIDLER, 1996).

Apresentados estes aspectos, parece até duvidoso se realmente poderá manter-se o termo catalisador como algo definido, se não seria mais correto falar-se antes só de ação catalítica, no sentido de ativação de um composto a reagir mediante um estado especial. Disto não se pode ter certeza, mas as definições e suas controvérsias criaram e continuam a gerar, sem dúvida, novas perspectivas neste ramo cada vez mais atual que são os catalisadores, o que reforça a importância de se bem explicar estes materiais e sua participação na cinética química ainda no ensino básico, não limitando o seu ensino a apenas uma definição.

---

Fontes das informações:

LAIDLER, K. J. A glossary of terms used in chemical kinetics, including reaction dynamics (IUPAC Recommendations 1996). **Pure and Applied Chemistry**, v. 68, n. 1, p. 149-192, 1996.

LINDSTRÖM, B., PETTERSSON, L. J. A brief history of catalysis. **CatTech**, v. 7, n. 4, 2003.

SANTEN, R. V. **Future perspectives in catalysis**, NRSC-Catalysis: Eindhoven, 2009.

## ANEXO 1: CURRÍCULO LATTES (EXTRAÍDO EM 08/12/2019)



### Mateus Freitas Paiva

Bolsista de Mestrado do CNPq

Endereço para acessar este CV: <http://lattes.cnpq.br/8706613462389618>

ID Lattes: **8706613462389618**

Última atualização do currículo em 08/12/2019

Bacharel e Licenciado em Química pela Universidade de Brasília (UnB), atualmente é mestrando pelo Programa de Pós-Graduação em Química, na mesma instituição. Desde o início da graduação desenvolve pesquisas no Laboratório de Catálise (LabCat) - IQ/UnB, sob orientação dos Profs. Drs. José Alves Dias e Sílvia Cláudia Loureiro Dias, atuando no preparo de catalisadores contendo heteropoliácidos suportados em matrizes sólidas, suas respectivas caracterizações por diferentes técnicas espectroscópicas, morfológicas e térmicas (FRX/EDX, fissorção de N<sub>2</sub>, FT-IR, DRX, MAS-RMN de 29Si, 27Al e 31P, MEV, TG, calorimetria e adsorções líquida/gasosa de piridina) e aplicação em reações tais como esterificação de ácidos graxos, desidratação de álcoois, fotodegradação de compostos orgânicos e polimerização do ácido d,l-lático. Tem experiência na área de catálise heterogênea e seus mecanismos. **(Texto informado pelo autor)**

### Identificação

<b>Nome</b>	Mateus Freitas Paiva
<b>Nome em citações bibliográficas</b>	PAIVA, M. F.; PAIVA, MATEUS F.; Paiva, Mateus Freitas
<b>Lattes iD</b>	<a href="http://lattes.cnpq.br/8706613462389618">http://lattes.cnpq.br/8706613462389618</a>
<b>Orcid iD</b>	<a href="https://orcid.org/0000-0001-5819-5574">https://orcid.org/0000-0001-5819-5574</a>

### Endereço

<b>Endereço Profissional</b>	Universidade de Brasília. Instituto de Química, Laboratório de Catálise Asa Norte 70904970 - Brasília, DF - Brasil Telefone: (61) 31073848 URL da Homepage: <a href="http://labcat.unb.br/">http://labcat.unb.br/</a>
------------------------------	--

### Formação acadêmica/titulação

<b>2019</b>	Mestrado em andamento em Química (Conceito CAPES 5). Universidade de Brasília, UnB, Brasil. Título: Estudo da transformação catalítica de etanol para butanol via reação de acoplamento de Guerbet, Orientador:  José Alves Dias. Bolsista do(a): Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, CNPq, Brasil. Palavras-chave: Reação de acoplamento de Guerbet; Catálise Heterogênea.
<b>2018 - 2019</b>	Grande área: Ciências Exatas e da Terra Graduação em Química - Licenciatura. Universidade de Brasília, UnB, Brasil. Título: O ensino de cinética química: uma abordagem experimental. Orientador: Evelyn Jeniffer de Lima Toledo.
<b>2013 - 2018</b>	Graduação em Química - Bacharelado. Universidade de Brasília, UnB, Brasil.
<b>2011 - 2013</b>	Ensino Médio (2º grau). Centro Educacional Bandeirantes, CEBAN, Brasil.

### Formação Complementar

<b>2015</b>	Inglês - Currículo Pleno. (Carga horária: 600h). Centro Interescolar de Línguas 02, CIL, Brasil.
<b>2019 - 2019</b>	Nanomateriais Plasmônicos. (Carga horária: 6h). Sociedade Brasileira de Química, SBQ, Brasil.
<b>2019 - 2019</b>	

	VI Curso de Verão de Toxicologia (CVTox). (Carga horária: 40h). Universidade de Brasília, UnB, Brasil.
<b>2019 - 2019</b>	Escola de Catálise - New Challenges and Approaches to Modern Catalysis. (Carga horária: 20h). Sociedade Brasileira de Catálise, SBCAT, Brasil.
<b>2018 - 2018</b>	Noções Básicas de Validação de Métodos Analíticos. (Carga horária: 4h). Sociedade Brasileira de Química, SBQ, Brasil.
<b>2018 - 2018</b>	Desenvolvimento de metodologias analíticas verdes baseadas em imagens. (Carga horária: 4h). Sociedade Brasileira de Química, SBQ, Brasil.
<b>2018 - 2018</b>	Métodos espectroscópicos avançados aplicados ao estudo de materiais. (Carga horária: 6h). Sociedade Brasileira de Química, SBQ, Brasil.
<b>2012 - 2018</b>	Francês - Currículo Pleno. (Carga horária: 567h). Centro Interescolar de Línguas 01, CIL 01, Brasil.
<b>2017 - 2017</b>	Cálculo de incertezas em medições analíticas segundo o GUM e Guia EURACHEM. (Carga horária: 8h). Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência - São Paulo, SBPC, Brasil.
<b>2017 - 2017</b>	V Curso de Verão de Toxicologia (CVTox). (Carga horária: 40h). Universidade de Brasília, UnB, Brasil.
<b>2017 - 2017</b>	Análise Térmica (Termogravimetria). (Carga horária: 4h). Universidade de Brasília, UnB, Brasil.
<b>2017 - 2017</b>	Movimento e a extraordinária força eletrostática de materiais. (Carga horária: 4h). Sociedade Brasileira de Química, SBQ, Brasil.
<b>2017 - 2017</b>	Bioinorgânica e íons Lantanídeos. (Carga horária: 4h). Sociedade Brasileira de Química, SBQ, Brasil.
<b>2017 - 2017</b>	II Semana Virtual de Softwares em Engenharia Química. (Carga horária: 20h). BetaEQ, BETAEQ, Brasil.
<b>2017 - 2017</b>	Workshop de Microscopia Avançada: Avanços Tecnológicos e Análise de Imagem. (Carga horária: 40h). Universidade de Brasília, UnB, Brasil.
<b>2016 - 2016</b>	Extensão universitária em Visualização e Simulação de Proteínas. (Carga horária: 6h). Universidade de Brasília, UnB, Brasil.
<b>2016 - 2016</b>	Extensão universitária em Biologia Sintética: Aplicações e Desafios. (Carga horária: 6h). Universidade de Brasília, UnB, Brasil.
<b>2016 - 2016</b>	Métodos voltamétricos de análise. (Carga horária: 4h). Sociedade Brasileira de Química, SBQ, Brasil.
<b>2016 - 2016</b>	4º Ciclo de Palestras sobre Peneiras Moleculares. (Carga horária: 16h). Universidade Federal do Rio Grande do Norte, UFRN, Brasil.
<b>2016 - 2016</b>	Quantificação de fármacos e drogas de abuso por RMN. (Carga horária: 4h). Sociedade Brasileira de Química, SBQ, Brasil.
<b>2016 - 2016</b>	Propriedades e aplicações dos nanocatalisadores. (Carga horária: 6h). Sociedade Brasileira de Química, SBQ, Brasil.
<b>2015 - 2015</b>	Refino de petróleo: Conceitos e processos. (Carga horária: 9h). Associação Brasileira de Química, ABQ, Brasil.
<b>2015 - 2015</b>	IV Curso de Verão de Toxicologia (CVTox). (Carga horária: 40h). Universidade de Brasília, UnB, Brasil.
<b>2015 - 2015</b>	Visualizando os Orbitais Moleculares de Moléculas. (Carga horária: 6h). Sociedade Brasileira de Química, SBQ, Brasil.
<b>2015 - 2015</b>	IV Escola de Catálise - Técnicas in situ e operando. (Carga horária: 18h). Sociedade Brasileira de Catálise, SBCAT, Brasil.
<b>2015 - 2015</b>	Reações que marcaram a Química Sintética. (Carga horária: 4h). Universidade de Brasília, UnB, Brasil.
<b>2015 - 2015</b>	Síntese Orgânica Sob Condições de Fluxo Contínuo. (Carga horária: 4h). Universidade de Brasília, UnB, Brasil.
<b>2014 - 2014</b>	Extensão universitária em Tecnologia e produção de xampus. (Carga horária: 4h). Universidade de Brasília, UnB, Brasil.
<b>2014 - 2014</b>	Extensão universitária em A Química das tintas durante a História. (Carga horária: 4h). Universidade de Brasília, UnB, Brasil.
<b>2014 - 2014</b>	Extensão universitária em Aspectos químicos em testes biológicos. (Carga horária: 4h). Universidade de Brasília, UnB, Brasil.
<b>2014 - 2014</b>	Conversação de Espanhol. (Carga horária: 14h). Centro Interescolar de Línguas 02, CIL, Brasil.
<b>2013 - 2013</b>	Extensão universitária em Materiais de carbono - VI Semana de Química da UnB. (Carga horária: 4h). Universidade de Brasília, UnB, Brasil.
<b>2013 - 2013</b>	Extensão universitária em Materiais em catálise heterogênea. (Carga horária: 6h). Universidade de Brasília, UnB, Brasil.
<b>2011 - 2013</b>	Espanhol - Específico. (Carga horária: 367h). Centro Interescolar de Línguas 02, CIL, Brasil.

## Atuação Profissional

---

Universidade de Brasília, UnB, Brasil.

### Vínculo institucional

2019 - Atual

Vínculo: Bolsista, Enquadramento Funcional: Bolsista de Pós-Graduação, Carga horária: 40, Regime: Dedicção exclusiva.

Mestrado acadêmico pelo Programa de Pós-Graduação em Química.

### Outras informações

### Vínculo institucional

2014 - 2018

Vínculo: Bolsista, Enquadramento Funcional: Bolsista de Iniciação Científica (PIBIC), Carga horária: 20

### Outras informações

Pesquisas relacionadas a síntese e caracterização dos ácidos 12-tungstosfórico (H3PW12O40) e 12-tungstosilícico (H4SiW12O40) suportados em matrizes sólidas (e.g. sílica-alumina, zeólitas Y e BEA) visando o desenvolvimento de catalisadores heterogêneos com maior estabilidade, seletividade e atividade catalítica. As atividades são desenvolvidas no Laboratório de Catálise (LabCat) do Instituto de Química - IQ da referida instituição de ensino.

### Vínculo institucional

2017 - 2017

Vínculo: Monitor, Enquadramento Funcional: Monitor de Métodos Físicos em Química, Carga horária: 2

### Vínculo institucional

2016 - 2016

Vínculo: Monitor, Enquadramento Funcional: Monitor de Tópicos em Química Inorgânica, Carga horária: 2

### Vínculo institucional

2015 - 2015

Vínculo: Monitor, Enquadramento Funcional: Monitor de Química dos Elementos de Transição, Carga horária: 2

### Vínculo institucional

2015 - 2015

Vínculo: Monitor, Enquadramento Funcional: Monitor de Seminários de Graduação em Química, Carga horária: 2

### Atividades

08/2014 - Atual

Pesquisa e desenvolvimento , Laboratório de Catálise - IQ/UnB, .  
Linhas de pesquisa  
Catálise Ácida de Zeólitas e Zeotipos;  
Caracterização e Aplicação de Polioxometalatos em Catálise.

## Linhas de pesquisa

---

1.

Catálise Ácida de Zeólitas e Zeotipos;  
Objetivo: Síntese, modificação, caracterização e aplicação de zeólitas e zeotipos como catalisadores sólidos de amplo uso em processos industriais e de despoluição do meio ambiente. Utilização de técnicas espectroscópicas e um novo método de análise para avaliação das propriedades catalíticas dos diversos catalisadores preparados.  
Grande área: Ciências Exatas e da Terra  
Grande Área: Ciências Exatas e da Terra / Área: Química / Subárea: Catálise Heterogênea.  
Setores de atividade: Fabricação de produtos químicos; Fabricação de coque, de produtos derivados do petróleo e de biocombustíveis.  
Palavras-chave: Catálise; Metodos Espectroscópicos; Metodos Calorimétricos; Zeólitas; Acidez; Difração de raios-X.

2.

Caracterização e Aplicação de Polioxometalatos em Catálise.  
Objetivo: Aplicação de polioxometalatos do tipo Keggin como catalisadores para processos que envolvam reações ácidas. As reações estudadas envolvem química fina e processos industriais de relevância ambiental. Caracterização de propriedades importantes para catálise usando métodos térmicos e espectroscópicos de análise.  
Grande área: Ciências Exatas e da Terra  
Grande Área: Ciências Exatas e da Terra / Área: Química / Subárea: Catálise Heterogênea.  
Setores de atividade: Fabricação de produtos químicos.  
Palavras-chave: Polioxometalatos; Catálise; Metodos Espectroscópicos; Metodos Calorimétricos; Difração de raios-X; Acidez.

## Projetos de pesquisa

---

2017 - 2018

Avaliação da polimerização do ácido D,L-lático com catalisadores suportados de H3PW12O40 em matrizes de sílica-alumina, zeólitas FAU e \*BEA.  
Projeto certificado pelo(a) coordenador(a) Sílvia Cláudia Loureiro Dias em 30/05/2018.  
Descrição: Reações catalíticas heterogêneas se constituem como um importante avanço na área de pesquisa de polímeros para empregos industrial e médico. Deste modo, este projeto tem por objetivo dar prosseguimento a aplicação de uma série de catalisadores anteriormente preparados e caracterizados pelo grupo de catálise da UnB. Serão testadas metodologias de modo a obter-se condições experimentais ótimas na reação de

polimerização do ácido D,L-lático, destacando-se a avaliação dos ciclos catalíticos, regeneração e estabilidades dos catalisadores mais promissores.

Situação: Concluído; Natureza: Pesquisa.

Alunos envolvidos: Graduação: (1) .

#### 2017 - Atual

Integrantes: Mateus Freitas Paiva - Integrante / Sílvia Cláudia Loureiro Dias - Coordenador. Financiador(es): Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - Bolsa.

Desenvolvimento de catalisadores heterogêneos para desidratação de álcoois e adsorção/degradação de hidrocarbonetos policíclicos aromáticos

Projeto certificado pelo(a) coordenador(a) José Alves Dias em 11/02/2019.

Descrição: O objetivo do presente projeto consiste na síntese e modificação de diversos catalisadores heterogêneos para aplicações em duas linhas principais de reações: a desidratação de álcoois e a adsorção/degradação de hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (PAH). Estudos prévios do Grupo de Catálise da UnB indicaram que zeólitas (FER e Y) desaluminizadas (5, 10, 15, or 20 mol% de remoção de Al) foram eficientes na desidratação de etanol a etileno com 100% seletividade a 300 °C (Microporous Mesoporous Materials 204, 50-57, 2015). Outro estudo (Analytica Chimica Acta 733, 103-109, 2012) indicou que a zeólita BEA pode ser utilizada com êxito para a pré-concentração por adsorção dos 15 principais PAH monitorados pela agência de proteção ambiental ? EUA, os quais apresentam propriedades carcinogênicas e potenciais mutagênicos de alto risco para humanidade..

Situação: Em andamento; Natureza: Pesquisa.

Integrantes: Mateus Freitas Paiva - Integrante / José Alves Dias - Coordenador / Elon Ferreira de Freitas - Integrante / Sílvia Cláudia Loureiro Dias - Integrante / Estelle Silva Diorato - Integrante / Mayara Resende Alves - Integrante / Anndrêia Letícia Leite Fiusa - Integrante.

Financiador(es): Fundação de Apoio à Pesquisa do Distrito Federal - Auxílio financeiro. Impregnação de Heteropoliácidos em Zeólitas Y e BEA para Aplicação em Reações de Polimerização

Projeto certificado pelo(a) coordenador(a) Sílvia Cláudia Loureiro Dias em 02/06/2019.

Descrição: Uma das linhas de pesquisa do grupo de Catálise Química do IQ/UnB reside na síntese e caracterização de compostos com estruturas de Keggin. Dentre as estruturas citadas, os heteropoliácidos 12-tungstosilícico (HSIW) H4SIW12O40 e 12-tungstosofórfico (HPW) H3PW12O40 apresentam propriedades ácidas apropriadas para o desenvolvimento de catalisadores heterogêneos. Isto posto, este trabalho tem como objetivo principal dar continuidade ao estudo envolvendo a síntese, caracterização estrutural e avaliação da seletividade e atividade catalítica de heteropoliácidos suportados em zeólitas (Y e BEA), sobretudo quando aplicados na reação de polimerização do D,L-ácido lático para formação do poli(ácido lático) - PLA, um produto de extrema importância devido suas interessantes propriedades ópticas, biocompatibilidade e a biodegradabilidade.

Situação: Concluído; Natureza: Pesquisa.

#### 2016 - 2017

Integrantes: Mateus Freitas Paiva - Integrante / Sílvia Cláudia Loureiro Dias - Coordenador. Financiador(es): Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - Bolsa.

Desenvolvimento de materiais poliméricos por catálise heterogênea para aplicações biológicas e industriais

Projeto certificado pelo(a) coordenador(a) Sílvia Cláudia Loureiro Dias em 11/02/2019.

Descrição: Os polímeros estão presentes no nosso dia-a-dia em diversas formas (higiene pessoal, embalagens, automóveis, biopolímeros, etc.). O desenvolvimento científico e tecnológico da preparação destes materiais levou ao alto grau de especificidade de aplicações que conhecemos atualmente. No entanto, o grande desafio reside na busca de fontes renováveis para o desenvolvimento de materiais de alto desempenho e que estejam associados à sustentabilidade. Como a maioria dos polímeros sintéticos é obtida a partir de matérias primas de derivados do petróleo, há uma demanda urgente pela utilização de materiais de partida que tenham origem em recursos renováveis. Neste contexto, o presente projeto tem por objetivo a produção de dois sistemas: polímeros baseados em ácido lático e biopolietileno produzido a base de etanol. A preparação destes polímeros se dará via catálise heterogênea de modo a seguir os princípios da Química Verde e da sustentabilidade..

Situação: Em andamento; Natureza: Pesquisa.

#### 2016 - Atual

Integrantes: Mateus Freitas Paiva - Integrante / José Alves Dias - Integrante / Elon Ferreira de Freitas - Integrante / Sílvia Cláudia Loureiro Dias - Coordenador / Júlia Marina Müller - Integrante.

Financiador(es): Fundação de Apoio à Pesquisa do Distrito Federal - Auxílio financeiro.

Síntese de Catalisadores de H3PW12O40 em Zeólitas do Tipo Y

Projeto certificado pelo(a) coordenador(a) José Alves Dias em 02/06/2019.

Descrição: O desenvolvimento de novos materiais catalíticos suportados em matrizes sólidas tem sido cada vez mais impulsionado, para que processos químicos clássicos sejam aperfeiçoados. Dentro desta perspectiva, o uso conjunto de heteropoliácidos (HPAs) e zeólitas tem ganhado destaque, já que quando combinados esses materiais podem através

#### 2015 - 2016

de suas propriedades ácidas, possibilitar a obtenção de produtos com altas taxas de conversão e a minimização de custos. Diante do exposto o projeto tem por objetivo dar continuidade à pesquisa já iniciada anteriormente envolvendo a preparação, caracterização estrutural e avaliação da atividade catalítica de H3PW12O40 suportado em zeólita Y comercial. Após as primeiras sínteses e aplicações, novas metodologias deverão ser efetuadas, ao que se refere às etapas de impregnação e novas aplicações em reações de esterificação de ácidos graxos.

Situação: Concluído; Natureza: Pesquisa.

2014 - 2015

Integrantes: Mateus Freitas Paiva - Integrante / José Alves Dias - Coordenador.  
 Financiador(es): Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - Bolsa.  
 Estudo de catalisadores envolvendo heteropoliácidos suportados em faujasita  
 Descrição: Uma importante aplicação para catálise heterogênea de Polioxometalatos (POMs) reside em suportá-los em diferentes matrizes, tais como zeólitas e materiais mesoporosos, em geral de alta área superficial. Com isso, pode-se controlar a força ácida, a dispersão dos prótons na superfície, a área superficial e a solubilidade do novo catalisador. Estudos fundamentais destes parâmetros têm permitido um controle das condições ótimas de preparação visando à aplicação mais promissora e a não lixiviação da fase suportada. Dado o exposto, o projeto tem por objetivo a preparação, caracterização estrutural e avaliação da atividade catalítica do ácido 12-tungstosofórico (H3PW12O40) suportado em zeólita Y-300 comercial.  
 Situação: Concluído; Natureza: Pesquisa.  
 Alunos envolvidos: Graduação: (1) .

Integrantes: Mateus Freitas Paiva - Integrante / José Alves Dias - Coordenador.  
 Financiador(es): Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - Bolsa.

## Áreas de atuação

1.	Grande área: Ciências Exatas e da Terra / Área: Química.
2.	Grande área: Ciências Exatas e da Terra / Área: Química / Subárea: Química Inorgânica.
3.	Grande área: Ciências Exatas e da Terra / Área: Química / Subárea: Catálise.
4.	Grande área: Ciências Exatas e da Terra / Área: Química / Subárea: Cinética Química e Catálise.

## Idiomas

<b>Espanhol</b>	Compreende Bem, Fala Razoavelmente, Lê Bem, Escreve Razoavelmente.
<b>Francês</b>	Compreende Razoavelmente, Fala Razoavelmente, Lê Bem, Escreve Bem.
<b>Inglês</b>	Compreende Razoavelmente, Fala Pouco, Lê Razoavelmente, Escreve Razoavelmente.
<b>Português</b>	Compreende Bem, Fala Bem, Lê Bem, Escreve Bem.

## Prêmios e títulos

<b>2019</b>	Melhor painel apresentado da Divisão de Catálise durante a 42ª RASBQ, Sociedade Brasileira de Química.
<b>2017</b>	Menção Honrosa - Aluno Destaque, Centro Interescolar de Línguas 01 de Brasília.
<b>2016</b>	Menção Honrosa - Aluno Destaque, Centro Interescolar de Línguas 02 de Brasília.
<b>2016</b>	Menção Honrosa na área de ciências exatas do 22º Congresso de Iniciação Científica da UnB e 13º Congresso de Iniciação Científica do DF, Universidade de Brasília.
<b>2015</b>	Melhor painel apresentado da Divisão de Catálise durante a 38ª RASBQ, Sociedade Brasileira de Química.
<b>2015</b>	Menção Honrosa na área de ciências exatas do 21º Congresso de Iniciação Científica da UnB e 12º Congresso de Iniciação Científica do DF, Universidade de Brasília.

## Produções

### Produção bibliográfica

### Artigos completos publicados em periódicos

Ordenar por

Ordem Cronológica ▼

1. CHAFRAN, L. S. ; **PAIVA, M. F.** ; FRANCA, J. O. C. ; SALES, M. J. A. ; DIAS, S. C. L. ; DIAS, José A. . Preparation of PLA blends by polycondensation of D,L-lactic acid using supported 12-tungstophosphoric acid as a heterogeneous catalyst. HELIYON, v. 5, p. e01810, 2019.
2. ★ FREITAS, E. F. ; ARAUJO, A. A. L. ; **PAIVA, M. F.** ; DIAS, S. C. L. ; DIAS, José A. . Comparative acidity of BEA and Y zeolite composites with 12-tungstophosphoric and 12-tungstosilicic acids. Molecular Catalysis **JCR**, v. 458, p. 152-160, 2018.
3. ★ MATTOS, FLÁVIA C. G. DE ; CARVALHO, EDUARDO N. C. B. DE ; FREITAS, ELON F. DE ; **PAIVA, MATEUS F.** ; GHESTI, GRACE F. ; MACEDO, JULIO L. DE ; DIAS, SÍLVIA C. L. ; DIAS, José A. . Acidity and Characterization of 12-Tungstophosphoric Acid Supported on Silica-Alumina. Journal of the Brazilian Chemical Society (Impresso) **JCR**, v. 28, p. 336-347, 2017.
4. ★ FREITAS, ELON F. ; **PAIVA, MATEUS F.** ; DIAS, SÍLVIA C.L. ; DIAS, José A. . Generation and characterization of catalytically active sites of heteropolyacids on zeolite Y for liquid-phase esterification. CATALYSIS TODAY **JCR**, v. 289, p. 70-77, 2017.

### Capítulos de livros publicados

1. **Paiva, Mateus Freitas**; França, Juliene Oliveira Campos de ; Freitas, Elon Ferreira de ; Dias, José Alves ; Dias, Sílvia Cláudia Loureiro . IMPREGNAÇÃO INCIPIENTE DE HSIW EM ZEÓLITA Y PARA PRODUÇÃO DE ACETATO DE BUTILA. In: Cleberton Correia Santos. (Org.). Estudos Interdisciplinares nas Ciências Exatas e da Terra e Engenharias 5. 1ed. Ponta Grossa: Atena Editora, 2019, v. , p. 287-297.

### Trabalhos completos publicados em anais de congressos

1. BARBOSA, L. S. ; **PAIVA, M. F.** ; FREITAS, E. F. ; DIAS, S. C. L. . Efeito da via de incorporação do heteropoliácido nas propriedades catalíticas de materiais à base de zeólita Y. In: XXVI Congresso Ibero-Americano de Catálise, 2018, Coimbra. Livro de Atas - XXVI CiCat. Bragança: Sociedade Portuguesa de Química, 2018. p. 560-565.
2. ALVES, M. R. ; **PAIVA, M. F.** ; FREITAS, E. F. ; DIAS, S. C. L. ; FANTINI, M. C. A. ; DIAS, José A. . Síntese, caracterização e acidez de sílicas mesoporosas ordenadas. In: XXVI Congresso Ibero-Americano de Catálise, 2018, Coimbra. Livro de Atas - XXVI CiCat. Bragança: Sociedade Portuguesa de Química, 2018. p. 1775-1780.
3. FRANCA, J. O. C. ; **PAIVA, M. F.** ; CHAFRAN, L. S. ; DIAS, S. C. L. ; DIAS, José A. . Policondensação do ácido D,L-lático para a produção de PLA utilizando catalisadores heterogêneos. In: XII Encontro de Catálise do Norte, Nordeste e Centro Oeste, 2018, Belém. Anais do Evento - Plataforma Online, 2018.
4. **PAIVA, M. F.**; FRANCA, J. O. C. ; FIUSA, A. L. L. ; CHAFRAN, L. S. ; DIAS, S. C. L. ; DIAS, José A. . Catalisadores heterogêneos baseados no ácido 12-tungstosilicico suportado para polimerização do ácido D,L-lático. In: IX Congresso Mercosul de Catálise/19º Congresso Brasileiro de Catálise, 2017, Ouro Preto. Anais do 19º Congresso Brasileiro de Catálise - 19º CBCat, 2017.
5. **PAIVA, M. F.**; DIAS, José A. ; DIAS, S. C. L. . Síntese de Catalisadores de H3PW12O40 em Zeólitas do Tipo Y. In: 69ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência, 2017, Belo Horizonte. Anais/Resumos da 69ª Reunião Anual da SBPC, 2017.
6. DIAS, S. C. L. ; **PAIVA, M. F.** ; FREITAS, E. F. ; ARAÚJO, F. A. ; SILVA, R. S. ; DIAS, José A. . Influência da metodologia de impregnação na morfologia de catalisadores HPW/HSIW em zeólita Y. In: 18º Congresso Brasileiro de Catálise: Descobrir novas rotas para o desenvolvimento sustentável, 2015, Porto Seguro - BA. Anais do 18º Congresso Brasileiro de Catálise, 2015.
7. **PAIVA, M. F.**; FREITAS, E. F. ; ARAUJO, A. A. L. ; DIAS, S. C. L. ; DIAS, José A. . Síntese e caracterização de catalisadores de HPW/HSIW suportados na zeólita BEA. In: 55º Congresso Brasileiro de Química, 2015, Goiânia - GO. Anais Virtuais do 55º Congresso Brasileiro de Química, 2015.

### Resumos expandidos publicados em anais de congressos

1. **PAIVA, MATEUS F.**; FIUSA, A. L. L. ; DIAS, José A. ; DIAS, S. C. L. . Condensação estereoseletiva de ácido D,L-lático na presença de catalisadores de alumina contendo HPW. In: II Encontro Regional da Sociedade Brasileira de Química - Centro Oeste, 2018, Taguatinga. Livro de resumos - II Encontro Regional da Sociedade Brasileira de Química - Centro Oeste, 2018. p. 51-52.
2. FREITAS, E. F. ; **PAIVA, M. F.** ; DIAS, S. C. L. ; DIAS, José A. . Comparative acidity of zeolite Y and BEA composites with 12-tungstophosphoric and 12-sicotungstic acids. In: 8th International Symposium on Acid-Base Catalysis, 2017, Rio de Janeiro. Book of abstracts - 8th ABC, 2017.
3. FREITAS, E. F. ; **PAIVA, M. F.** ; DIAS, S. C. L. ; DIAS, José A. . Acidic properties of supported heteropolyacids on zeolite Y. In: 18TH International Zeolite Conference, 2016, Rio de Janeiro, RJ. IZC 2016: CD-ROM - Presentations, 2016.
4. **PAIVA, M. F.**; FRANCA, J. O. C. ; FREITAS, E. F. ; DIAS, José A. ; DIAS, S. C. L. . Esterificação do ácido oleico com butanol utilizando HPW e HSIW suportados em baixas proporções na zeólita Y protônica. In: 11º Encontro de Catálise - Regional 1 (N-NE-DF), 2016, Brasília - DF. Anais Eletrônicos do 11º Encontro de Catálise - Regional 1 (N-NE-DF), 2016.
5. **PAIVA, M. F.**; FREITAS, E. F. ; DIAS, José A. ; DIAS, S. C. L. . Impregnação de heteropoliácidos de Keggin em zeólita Y amoniacal: síntese e caracterização. In: 11º Encontro de Catálise - Regional 1 (N-NE-DF), 2016, Brasília - DF. Anais Eletrônicos do 11º Encontro de Catálise - Regional 1 (N-NE-DF), 2016.
6. FREITAS, E. F. ; **PAIVA, M. F.** ; ARAUJO, A. A. L. ; DIAS, José A. ; DIAS, S. C. L. . Ácidos 12-tungstosilicico e 12-tungstosilicico suportados em zeólita Beta para catálise ácida em reação de esterificação. In: 11º Encontro de Catálise - Regional 1 (N-NE-DF), 2016, Brasília - DF. Anais Eletrônicos do 11º Encontro de Catálise - Regional 1 (N-NE-DF), 2016.
7. DIORATO, E. S. ; FÁRIA, A. C. B. ; **PAIVA, M. F.** ; DIAS, S. C. L. ; DIAS, José A. . Caracterização ácida de nanopartículas magnéticas a base de ferro revestidas com sílica. In: 11º Encontro de Catálise - Regional 1 (N-NE-DF), 2016, Brasília - DF. Anais Eletrônicos do 11º Encontro de Catálise - Regional 1 (N-NE-DF), 2016.
- 8.

**PAIVA, M. F.**; FREITAS, E. F.; ARAÚJO, F. A.; SILVA, R. S.; DIAS, José A.; DIAS, S. C. L. . Avaliação estrutural da zeólita Y atuando como suporte para H3PW12O40 e H4SiW12O40. In: 10º Encontro de Catálise - Regional 1 (N-NE-DF), 2014, Recife - PE. Anais Eletrônicos do 10º Encontro de Catálise - Regional 1 (N-NE-DF), 2014.

### Resumos publicados em anais de congressos

- PAIVA, M. F.**; FRANCA, J. O. C.; CHAFRAN, L. S.; SALES, M. J.; DIAS, S. C. L.; DIAS, José A. . Properties of PLA polymers produced by heterogeneous catalytic polycondensation of D,L-lactic acid. In: 42ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química, 2019, Joinville. Eixos Mobilizadores em Química: Programa e Resumos, 2019. p. 137-137.
- PAIVA, MATEUS F.**; CHAFRAN, L. S.; DIAS, José A.; DIAS, S. C. L. . Preparation of Poly(lactic acid) blends by heterogeneous catalysis using supported 12-tungstophosphoric acid. In: 41ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química, 2018, Foz do Iguaçu. Livro de resumos - 41ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química, 2018. p. 318-318.
- PAIVA, M. F.**; FREITAS, E. F.; DIAS, José A.; DIAS, S. C. L. . Modificação da zeólita NH4Y pela inserção de ácido fosfotungstico. In: I Encontro Regional da SBQ Centro Oeste, 2017, Pirenópolis - GO. Livro de Resumos do IERSBQ-CO, 2017. v. 1. p. 17-17.
- PAIVA, M. F.**; DIAS, S. C. L. . Impregnação de Heteropoliácidos em Zeólitas Y e BEA para Aplicação em Reações de Polimerização. In: 23º Congresso de Iniciação Científica da UnB e 14º Congresso de Iniciação Científica do Distrito Federal, 2017, Brasília. Portal de Conferências da UnB, 23º Congresso de Iniciação Científica da UnB e 14º do DF, 2017.
- PAIVA, MATEUS F.**; DIAS, S. C. L. . Impregnação de Heteropoliácidos em Zeólitas Y e BEA para Aplicação em Reações de Polimerização. In: 23º Congresso de Iniciação Científica da UnB e 14º Congresso de Iniciação Científica do Distrito Federal, 2017, Brasília. Portal das conferências UnB - Livro de Resumos, 2017.
- PAIVA, M. F.**; FRANCA, J. O. C.; FREITAS, E. F.; DIAS, José A.; DIAS, S. C. L. . Catalytic synthesis of butyl oleate by supported heteropolyacids on zeolite HY. In: 46th World Chemistry Congress/40ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química, 2017, São Paulo - SP. Technical Papers, 2017.
- PAIVA, M. F.**; FREITAS, E. F.; FRANCA, J. O. C.; DIAS, José A.; DIAS, S. C. L. . Incipient wetness impregnation of HSiW on zeolite Y to butyl acetate production. In: 39ª Reunião da Sociedade Brasileira de Química, 2016, Goiânia - GO. Anais da 39ª Reunião da Sociedade Brasileira de Química, 2016.
- PAIVA, M. F.**; DIAS, José A. . Síntese de Catalisadores de H3PW12O40 em Zeólitas do Tipo Y. In: 22º Congresso de Iniciação Científica da UnB e 13º Congresso de Iniciação Científica do Distrito Federal, 2016, Brasília-DF. Livro de Resumos, 2016. v. 1. p. 337-337.
- PAIVA, M. F.**; FREITAS, E. F.; ARAÚJO, F. A.; SILVA, R. S.; DIAS, José A.; DIAS, S. C. L. . Estabilidade de heteropoliácidos suportados em faujasita e aplicados em reação de esterificação. In: 38ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química, 2015, Águas de Lindóia - SP. Anais da 38ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química, 2015.
- PAIVA, M. F.**; DIAS, José A. . Estudo de catalisadores envolvendo heteropoliácidos suportados em faujasita. In: 21º Congresso de Iniciação Científica da UnB e 12º Congresso de Iniciação Científica do Distrito Federal, 2015, Brasília - DF. Livro de Resumos, 2015. v. 3. p. 130-130.

### Apresentações de Trabalho

- PAIVA, M. F.**; FRANCA, J. O. C.; CHAFRAN, L. S.; SALES, M. J.; DIAS, José A.; DIAS, S. C. L. . Properties of PLA polymers produced by heterogeneous catalytic polycondensation of D,L-lactic acid. 2019. (Apresentação de Trabalho/Congresso).
- PAIVA, M. F.**; FIUSA, A. L. L.; DIAS, José A.; DIAS, S. C. L. . Condensação estereoseletiva de ácido D,L-lático na presença de catalisadores de alumina contendo HPW. 2018. (Apresentação de Trabalho/Congresso).
- PAIVA, M. F.**; CHAFRAN, L. S.; DIAS, José A.; DIAS, S. C. L. . Preparation of Poly(lactic acid) blends by heterogeneous catalysis using supported 12-tungstophosphoric acid. 2018. (Apresentação de Trabalho/Congresso).
- BARBOSA, L. S.; **PAIVA, M. F.**; FREITAS, E. F.; DIAS, S. C. L. . Efeito da via de incorporação do heteropoliácido nas propriedades catalíticas de materiais à base de zeólita Y. 2018. (Apresentação de Trabalho/Congresso).
- ALVES, M. R.; **PAIVA, M. F.**; FREITAS, E. F.; SILVA, L. C. C.; FANTINI, M. C. A.; DIAS, José A. . Síntese, caracterização e acidez de sílicas mesoporosas ordenadas. 2018. (Apresentação de Trabalho/Congresso).
- FRANCA, J. O. C.; **PAIVA, M. F.**; CHAFRAN, L. S.; DIAS, S. C. L.; DIAS, José A. . Policondensação do ácido D,L-lático para a produção de PLA utilizando catalisadores heterogêneos. 2018. (Apresentação de Trabalho/Congresso).
- PAIVA, M. F.**; FREITAS, E. F.; DIAS, José A.; DIAS, S. C. L. . Modificação da zeólita NH4Y pela inserção de ácido fosfotungstico. 2017. (Apresentação de Trabalho/Congresso).
- FREITAS, E. F.; **PAIVA, MATEUS F.**; DIAS, S. C. L.; DIAS, José A. . Comparative acidity of zeolite Y and BEA composites with 12-tungstophosphoric and 12-silicotungstic acids. 2017. (Apresentação de Trabalho/Simpósio).
- ★ **PAIVA, M. F.**; FRANCA, J. O. C.; FREITAS, E. F.; DIAS, José A.; DIAS, S. C. L. . Catalytic synthesis of butyl oleate by supported heteropolyacids on zeolite HY. 2017. (Apresentação de Trabalho/Congresso).
- PAIVA, M. F.**; DIAS, José A.; DIAS, S. C. L. . Síntese de Catalisadores de H3PW12O40 em Zeólitas do Tipo Y. 2017. (Apresentação de Trabalho/Outra).
- PAIVA, M. F.**; FRANCA, J. O. C.; FIUSA, A. L. L.; CHAFRAN, L. S.; DIAS, S. C. L.; DIAS, José A. . Catalisadores heterogêneos baseados no ácido 12-tungstosfórico suportado para polimerização do ácido D,L-lático. 2017. (Apresentação de Trabalho/Congresso).
- PAIVA, M. F.**; DIAS, SÍLVIA C.L. . Impregnação de Heteropoliácidos em Zeólitas Y e BEA para Aplicação em Reações de Polimerização. 2017. (Apresentação de Trabalho/Congresso).
- PAIVA, M. F.**; FREITAS, E. F.; FRANCA, J. O. C.; DIAS, José A.; DIAS, S. C. L. . Incipient wetness impregnation of HSiW on zeolite Y to butyl acetate production. 2016. (Apresentação de Trabalho/Congresso).
- ★ FREITAS, E. F.; **PAIVA, M. F.**; DIAS, S. C. L.; DIAS, José A. . Acidic properties of supported heteropolyacids on zeolite Y. 2016. (Apresentação de Trabalho/Conferência ou palestra).
- FREITAS, E. F.; **PAIVA, M. F.**; ARAUJO, A. A. L.; DIAS, José A.; DIAS, S. C. L. . Ácidos 12-tungstosfórico e 12-tungstosilícico suportados em zeólita Beta para catálise ácida em reação de esterificação. 2016. (Apresentação de Trabalho/Congresso).

16. **PAIVA, M. F.**; FREITAS, E. F. ; DIAS, José A. ; DIAS, S. C. L. . Impregnação de heteropoliácidos de Keggin em zeólita Y amoniacal: síntese e caracterização. 2016. (Apresentação de Trabalho/Congresso).
17. **PAIVA, MATEUS F.**; FRANCA, J. O. C. ; FREITAS, E. F. ; DIAS, José A. ; DIAS, S. C. L. . Esterificação do ácido oleico com butanol utilizando HPW e HSIW suportados em baixas proporções na zeólita Y protônica. 2016. (Apresentação de Trabalho/Congresso).
18. **PAIVA, M. F.**; DIAS, José A. . Síntese de Catalisadores de H3PW12O40 em Zeólitas do Tipo Y. 2016. (Apresentação de Trabalho/Congresso).
19. DIORATO, E. S. ; FÁRIA, A. C. B. ; **PAIVA, M. F.** ; DIAS, S. C. L. ; DIAS, José A. . Caracterização ácida de nanopartículas magnéticas a base de ferro revestidas com sílica. 2016. (Apresentação de Trabalho/Congresso).
20. **PAIVA, M. F.**; FREITAS, E. F. ; ARAÚJO, F. A. ; SILVA, R. S. ; DIAS, S. C. L. ; DIAS, José A. . Estabilidade de heteropoliácidos suportados em faujasita e aplicados em reação de esterificação. 2015. (Apresentação de Trabalho/Congresso).
21. DIAS, S. C. L. ; **PAIVA, M. F.** ; FREITAS, E. F. ; ARAÚJO, F. A. ; SILVA, R. S. ; DIAS, José A. . Influência da metodologia de impregnação na morfologia de catalisadores HPW/HSIW em zeólita Y. 2015. (Apresentação de Trabalho/Congresso).
22. **PAIVA, M. F.**; DIAS, José A. . Estudo de catalisadores envolvendo heteropoliácidos suportados em faujasita. 2015. (Apresentação de Trabalho/Congresso).
23. **PAIVA, M. F.**; FREITAS, E. F. ; ARAUJO, A. A. L. ; DIAS, S. C. L. ; DIAS, José A. . Síntese e caracterização de catalisadores de HPW/HSIW suportados na zeólita BEA. 2015. (Apresentação de Trabalho/Congresso).
24. **PAIVA, M. F.**. Evasão dos cursos de graduação em Química. 2014. (Apresentação de Trabalho/Conferência ou palestra).
25. **PAIVA, M. F.**; FREITAS, E. F. ; ARAÚJO, F. A. ; SILVA, R. S. ; DIAS, José A. ; DIAS, S. C. L. . Avaliação estrutural da zeólita Y atuando como suporte para H3PW12O40 e H4SiW12O40. 2014. (Apresentação de Trabalho/Congresso).

#### Produção técnica

#### Redes sociais, websites e blogs

1. **PAIVA, M. F.**; FIUSA, A. L. L. . Página Oficial do Laboratório de Catálise - IQ/UnB (<http://labcat.unb.br>). 2019; Tema: Pesquisa Acadêmico-Científica. (Site).

#### Demais tipos de produção técnica

### Eventos

#### Participação em eventos, congressos, exposições e feiras

1. 20º Congresso Brasileiro de Catálise. 2019. (Congresso).
2. 42ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química. Properties of PLA polymers produced by heterogeneous catalytic polycondensation of D,L-lactic acid. 2019. (Congresso).
3. Escola de Catálise "New Challenges and Approaches to Modern Catalysis. 2019. (Outra).
4. Workshop 12<sup>o</sup>CRQ - Portaria MJSP 240/2019 e Sistema Siproquim 2. 2019. (Outra).
5. Workshop Técnicas Avançadas de Caracterização de Materiais ? Projeto SIRIUS. 2019. (Outra).
6. 41ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química. Preparation of Poly(lactic acid) blends by heterogeneous catalysis using supported 12-tungstophosphoric acid. 2018. (Congresso).
7. II Encontro Regional da Sociedade Brasileira de Química - Centro Oeste. Condensação estereoseletiva de ácido D,L-lático na presença de catalisadores de alumina contendo HPW. 2018. (Encontro).
8. Workshop SBQ Jovem: para construir o amanhã. 2018. (Outra).
9. 23º Congresso de Iniciação Científica da UnB e 14º Congresso de Iniciação Científica do Distrito Federal. Impregnação de Heteropoliácidos em Zeólitas Y e BEA para Aplicação em Reações de Polimerização. 2017. (Congresso).
10. 46th World Chemistry Congress/40ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química. Catalytic synthesis of butyl oleate by supported heteropolyacids on zeolite HY. 2017. (Congresso).
11. 69ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência. Síntese de Catalisadores de H3PW12O40 em Zeólitas do Tipo Y. 2017. (Outra).
12. 8th International Symposium on Acid-Base Catalysis. Comparative acidity of zeolite Y and BEA composites with 12-tungstophosphoric and 12-silicotungstic acids. 2017. (Simpósio).
13. I Encontro Regional da SBQ Centro Oeste. Modificação da zeólita NH4Y pela inserção de ácido fosfotungstico. 2017. (Encontro).
14. I Workshop de Microscopia Avançada: Avanços Tecnológicos e Análise de Imagem. 2017. (Outra).
15. IX Congresso Mercosul de Catálise/19º Congresso Brasileiro de Catálise. Catalisadores heterogêneos baseados no ácido 12-tungstofosfórico suportado para polimerização do ácido D,L-lático. 2017. (Congresso).
16. V Curso de Verão de Toxicologia. 2017. (Outra).
17. 11º Encontro de Catálise - Regional 1 (N-NE-DF). Ácidos 12-tungstofosfórico e 12-tungstosilícico suportados em zeólita Beta para catálise ácida em reação de esterificação. 2016. (Encontro).
18. 11º Encontro de Catálise - Regional 1 (N-NE-DF). Caracterização ácida de nanopartículas magnéticas a base de ferro revestidas com sílica. 2016. (Encontro).
19. 11º Encontro de Catálise - Regional 1 (N-NE-DF). Esterificação do ácido oleico com butanol utilizando HPW e HSIW suportados em baixas proporções na zeólita Y protônica. 2016. (Encontro).

20. 11º Encontro de Catálise - Regional 1 (N-NE-DF). Impregnação de heteropoliácidos de Keggin em zeólita Y amoniacal: síntese e caracterização. 2016. (Encontro).
21. 18TH International Zeolite Conference. Acidic properties of supported heteropolyacids on zeolite Y. 2016. (Outra).
22. 22º Congresso de Iniciação Científica da UnB e 13º Congresso de Iniciação Científica do Distrito Federal. Síntese de Catalisadores de H3PW12O40 em Zeólitas do Tipo Y. 2016. (Congresso).
23. 39ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química. Incipient wetness impregnation of HSIW on zeolite Y to butyl acetate production. 2016. (Congresso).
24. III Encontro Regional SBQ - DF. 2016. (Encontro).
25. Workshop de transformações inteligentes de resíduos para obtenção de catalisadores e materiais estratégicos. 2016. (Outra).
26. XV Semana da Biologia da Universidade de Brasília: Homo Science. 2016. (Outra).
27. 18º Congresso Brasileiro de Catálise: Descobrimo novas rotas para o desenvolvimento sustentável. Influência da metodologia de impregnação na morfologia de catalisadores HPW/HSIW em zeólita Y. 2015. (Congresso).
28. 21º Congresso de Iniciação Científica da UnB e 12º Congresso de Iniciação Científica do Distrito Federal. Estudo de catalisadores envolvendo heteropoliácidos suportados em fausajita. 2015. (Congresso).
29. 38ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química. Estabilidade de heteropoliácidos suportados em faujasita e aplicados em reação de esterificação. 2015. (Congresso).
30. 55º Congresso Brasileiro de Química. Síntese e caracterização de catalisadores de HPW/HSIW suportados na zeólita BEA. 2015. (Congresso).
31. I Escola de Química Sintética e Biológica Professor Peter Bakuzis. 2015. (Outra).
32. IV Curso de Verão de Toxicologia. 2015. (Outra).
33. IV Escola de Catálise: Caracterização de catalisadores usando técnicas in situ e operando. 2015. (Outra).
34. Workshop de Materiais e Processos Catalíticos Verdes. 2015. (Outra).
35. 10º Encontro de Catálise - Regional 1 (N-NE-DF). Avaliação estrutural da zeólita Y atuando como suporte para H3PW12O40 e H4SIW12O40. 2014. (Congresso).
36. VII Semana de Química da UnB. Evasão em cursos de graduação em Química. 2014. (Outra).
37. VI Semana de Química da UnB. 2013. (Outra).

#### Organização de eventos, congressos, exposições e feiras

1. MULLER, J. M. ; FREITAS, E. F. ; **PAIVA, MATEUS F.** ; CRAESMEYER, G. R. ; DIORATO, E. S. ; ALVES, M. R. ; CLEMENTE, M. C. H. ; AMORIM, A. M. ; CRISAFULLI, R. . 11º Encontro Regional de Catálise - Regional 1 (N-NE-DF). 2016. (Congresso).

## Educação e Popularização de C & T

---

#### Apresentações de Trabalho

1. **PAIVA, M. F.**. Evasão dos cursos de graduação em Química. 2014. (Apresentação de Trabalho/Conferência ou palestra).

## Outras informações relevantes

---

Aprovado em 1º lugar na seleção geral de Mestrado Acadêmico do Programa de Pós-Graduação em Química da UnB - 2º/2019. Indicado ao Prêmio Destaque de Iniciação Científica no 22º Congresso de Iniciação Científica da UnB e 13º Congresso de Iniciação Científica do DF (2016), com o trabalho intitulado "Síntese de Catalisadores de H3PW12O40 em Zeólitas do Tipo Y" realizado sob orientação do Prof. Dr. José Alves Dias, estando entre os 14 melhores trabalhos da área de ciências exatas. Este mesmo trabalho foi selecionado pela Universidade de Brasília para representação oficial na Jornada Nacional de Iniciação Científica (JNIC) realizada durante a 69ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência, no período de 16 a 22 de julho de 2017.