

A Química dos Incêndios no Ensino de Termoquímica: Vídeos com Abordagem em Aditivos Retardantes de Chama e Ensaio de Inflamabilidade para o Ensino Médio

The Chemistry of Fires in Thermochemistry Teaching: Videos Focusing on Flame Retardant Additives and Flammability Tests for High School Students

Guilherme Mendes Barbosa,^a Simone Pereira da Silva Ribeiro,^a Michelle Jakeline Cunha Rezende^{a,*}

^a Universidade Federal do Rio de Janeiro, Cidade Universitária, CT, Instituto de Química, Programa de Mestrado Profissional em Química em Rede Nacional, CEP 21941-909, Rio de Janeiro-RJ, Brasil

*E-mail: mjcrezende@gmail.com

Submissão: 30 de Março de 2026 – Aceite: 26 de Maio de 2026 – Publicado online: 5 de Junho de 2026

This work used two videos as complementary teaching tools for learning thermochemistry concepts, using the flammability of polymers and the action of a class of flame retardant additives, metallic hydroxides, for contextualization. With this novel approach, the videos were exhibited during a thematic workshop held with third-year high school students from two public schools. The first video, 8 minutes long, addressed the polymer combustion process, a real-life fire case, and the importance of flame retardant materials. The second video, 12 minutes long, showed tests for evaluating flame retardancy: cone calorimetry, limit oxygen index, UL-94, and glow-wire test. The workshop lasted approximately 90 minutes and also included a dialogued lesson and the application of a questionnaire before and after the activity. Learning gain was calculated using Hake's method. The results indicated that the videos aided in learning thermochemistry concepts and raised students' awareness of fire safety. Furthermore, the videos allowed them to learn about experiments that could only be seen in laboratories conducting research in this area and serve as a helpful tool for high school chemistry teachers, as they are relatively short, adaptable to different uses, and can even be shown during a regular class.

Keywords: Flame retardants; fire; high school; polymers; thermochemistry; videos.

1. Introdução

A termoquímica é um importante segmento do ensino de química, envolvendo conteúdos relacionados à quebra e formação de ligações químicas, mudanças de estado físico da matéria, absorção ou liberação de energia. Durante a aprendizagem da termoquímica, conceitos de química, física e matemática são abordados ao mesmo tempo, tornando o tema multidisciplinar.¹ O assunto é tradicionalmente considerado difícil pelos alunos de ensino médio, pois requer a associação de conceitos abstratos, interpretações gráficas e cálculos matemáticos.

Na literatura são encontrados trabalhos que abordam diferentes metodologias e ferramentas para o ensino dos conceitos de termoquímica. Silva Jr. e Silva² trazem uma sequência de aulas para elaboração de uma unidade de ensino potencialmente significativa (UEPS). Os autores apresentam um vídeo sobre combustíveis e uma aula dialogada sobre os conceitos de termoquímica. A avaliação da aprendizagem é feita através da participação dos alunos durante todo o

processo e da construção final de um mapa conceitual sobre os tópicos discutidos. Brito, Barbosa e Dantas Filho³ propõem uma sequência didática composta por: um experimento de dissolução de sabão em pó em água e outro de solubilização de etanol em água, relacionando a energia envolvida com os processos de dissolução; a apresentação de um vídeo; e o uso do jogo “A termoquímica no cotidiano”, desenvolvido pelos autores. Duarte⁴ utilizou os 3 momentos pedagógicos de Delizoicov e Angotti⁵ para criar uma sequência didática, utilizando 12 tempos de aula de 45 minutos, para o ensino de termoquímica. As atividades abrangeram a construção de um texto em conjunto com os alunos; um experimento sobre calor, transferência de calor e sensação térmica; outro experimento sobre reações endotérmicas e exotérmicas; a apresentação de *slides* com exemplos do cotidiano; e a realização de mais um experimento sobre queima. Kiouranis e Silveira⁶ também propõem uma sequência didática a partir dos 3 momentos pedagógicos de Delizoicov e Angotti,⁵ porém utilizam a temática de combustíveis. Cavalcante⁷ propôs 3 oficinas experimentais para o ensino de termoquímica.

O autor concluiu que a utilização de experimentos auxilia na construção de conhecimento desde que aplicados por uma ótica investigativa, que possibilite estabelecer uma relação entre a teoria e o fenômeno observado. Adams e Nunes⁸ criaram e aplicaram o jogo de tabuleiro didático “Na trilha dos combustíveis”. Durante o jogo, os alunos respondem perguntas relacionadas à energia, combustíveis, poluição, alternativas sustentáveis e curiosidades; e a cada acerto avançam de acordo com o número obtido no dado. Esse recurso foge à aula mais tradicional e motiva a interação entre os alunos e a busca do conhecimento, já que tudo é feito de maneira mais descontraída. Pereira⁹ realizou uma avaliação do próprio trabalho feito em 2017 e propôs algumas alterações na sequência didática que aborda todo o conteúdo de termoquímica do ensino médio. Segundo o autor, as atividades experimentais e o tempo para resolução de questões a respeito do tema contribuíram bastante para os alunos sedimentarem melhor os conceitos relacionados à termoquímica. Kunzler, Beber e Kunzler¹⁰ propuseram que os alunos criassem mapas conceituais abordando a termoquímica com o tema alimentos. Através da construção bem-sucedida dos mapas conceituais pelos alunos, foi observado pelos autores que a aprendizagem foi significativa. Pereira *et al.*¹¹ trouxeram uma proposta de ensino investigativo de termoquímica na perspectiva Ciência-Tecnologia-Sociedade-Ambiente (CTSA), cujo desenvolvimento se deu por meio das Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC) com atividades síncronas e remotas. Segundo os autores, foi evidente a contribuição das TIC (WhatsApp, e-mails, Google Forms e plataforma Jitsi Meet) e do ensino na perspectiva CTSA para a melhor compreensão dos processos químicos do cotidiano. Além disso, Leite e Soares¹² criaram o jogo “O caminho termoquímico” para aplicação na educação para jovens e adultos (EJA). Durante o jogo de tabuleiro, os alunos responderam perguntas sobre processos endotérmicos e exotérmicos, entalpia e variação de entalpia em reações químicas, entre outros conceitos. Esses trabalhos mostram que diversos temas geradores, metodologias e ferramentas podem aproximar os conceitos de termoquímica do cotidiano. Contudo, ao realizar uma pesquisa nas bases de dados *ERIC*, *Science Direct* e *Scielo*, usando os descritores termoquímica, polímeros, retardância de chama, ensino médio, vídeos, *thermochemistry*, *polymers*, *flame retardancy*, *high school*

e *videos* não foram encontrados trabalhos que relacionam o ensino de termoquímica para o ensino médio com a inflamabilidade dos polímeros, ou seja, com as reações de queima de polímeros e com ação de aditivos retardantes de chama.

Ao pesquisar vídeos, mais especificamente, relacionando os temas: “ensino”; “termoquímica”; “incêndios”; e “inflamabilidade dos polímeros” na plataforma de vídeos YouTube®, não foram encontrados conteúdos direcionados ao ensino médio. O Canal USP (<https://youtube.com/watch?v=Dg64ZQr-ZCI>)¹³ possui um vídeo chamado: “Aula 8 Parte 4/4 Polímeros (Comportamento ao incêndio dos plásticos) - Materiais de Construção I” que apresenta uma aula introdutória sobre o comportamento dos polímeros em relação aos incêndios e aborda a ação da alumina tri-hidratada como retardante de chama. Entretanto, a aula não foca nos conceitos de termodinâmica envolvidos. O Canal Brasil Escola (<https://www.youtube.com/watch?v=0q6Fn2r6koU>),¹⁴ direcionado ao ensino médio, em sua aula “Polímeros - Brasil Escola” apresenta os polímeros de maneira bem geral, focando na identificação dos plásticos presentes no nosso dia a dia. Esse vídeo não aborda incêndios nem aditivos retardantes de chama. Ainda no Canal Brasil Escola, o vídeo “Termoquímica - Brasil Escola” (<https://www.youtube.com/watch?v=5aPH2E9UxhM>)¹⁵ foca no ensino de termoquímica para o ensino médio, mas não aborda a queima de polímeros, aditivos retardantes de chama ou incêndios. O Canal Videoteca (<https://www.youtube.com/watch?v=HkyEWQCYXo4>)¹⁶ é direcionado ao ensino médio e possui um vídeo intitulado “Polímeros Naturais e Sintéticos - Química - Vestibulando Digital” que apresenta uma visão geral sobre o conceito de polímeros, sem abordar incêndios e aditivos retardantes de chama.

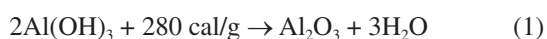
Os polímeros são materiais amplamente difundidos e com várias aplicações para a sociedade, como eletrodomésticos, fios, tomadas e eletroeletrônicos. Por isso, é difícil pensar em atividades cotidianas sem a presença de polímeros. Essa amplitude de aplicações dos polímeros traz à tona a preocupação com a segurança, visto que esses materiais são altamente inflamáveis, favorecendo a ignição e a propagação de incêndios.^{17,18} O processo de queima de um polímero é dividido em cinco etapas: aquecimento, pirólise, ignição, combustão e extinção (Figura 1).¹⁹



Figura 1. Etapas de queima de um polímero

A primeira etapa do processo de queima de um polímero é o aquecimento, no qual o material recebe calor de uma fonte externa, provocando o aumento de sua temperatura. Essa fonte de calor pode ser uma sobrecarga em um sistema elétrico ou uma pequena chama, por exemplo. Na sequência, ocorre a pirólise, etapa em que há a decomposição dos componentes presentes no polímero. Há formação de hidrocarbonetos de baixa massa molar e radicais livres ($H\cdot$ e $HO\cdot$) que são altamente reativos. Essas espécies químicas ficam na superfície do material polimérico, criando uma zona de queima gasosa, onde entram em contato com o oxigênio presente na atmosfera ocasionando o início da etapa de ignição. A terceira etapa é a ignição, em que há o aparecimento da chama e ocorrem reações altamente exotérmicas, ou seja, que liberam grande quantidade de energia em forma de calor. A etapa de combustão é iniciada devido ao calor liberado na ignição, que propaga a chama por retroalimentação térmica, tornando a queima irreversível e mantendo os processos de pirólise e de ignição, que geram mais material combustível. A extinção do fogo ocorre quando a concentração de combustível, ou de oxigênio, é insuficiente para manter a retroalimentação da chama.¹⁹

Assim, é cada vez mais importante pensar alternativas que aumentem a resistência dos polímeros ao fogo. Os aditivos retardantes de chama têm como objetivo aumentar o tempo de ignição, diminuir a velocidade de queima e diminuir a liberação de fumaça em condições de incêndio. Nesse contexto, existem diversos aditivos retardantes de chama, como por exemplo, compostos orgânicos halogenados (clorados e bromados), inorgânicos (hidróxidos de alumínio, antimônio e estanho), organofosforados, compostos nitrogenados e formulações intumescentes.¹⁹⁻²³ O hidróxido de alumínio ou alumina tri-hidratada (ATH), particularmente, é um retardante de chama que possui uma estrutura química familiar aos estudantes de ensino médio ($Al(OH)_3$) e envolve uma reação endotérmica em seu mecanismo de ação. A ação retardante de chama do hidróxido de alumínio ocorre através de uma reação de degradação endotérmica em torno de $230\text{ }^\circ\text{C}$, conforme a Equação 1, que diminui o calor disponível, desfavorecendo a decomposição térmica do polímero, inibindo as etapas de pirólise e ignição. Além disso, durante a degradação térmica da ATH, há a liberação de vapor de água que contribui para diluir os gases inflamáveis liberados durante a pirólise ou ignição dos polímeros. Além da água, o outro produto formado é o óxido de alumínio que é refratário e fica depositado sobre a matriz polimérica formando uma camada de proteção e isolamento térmico entre o polímero e a zona de queima.^{19,24} A ação retardante de chama da ATH pode ser exemplificada nos trabalhos de Cavodeau *et al.*,²⁴ Araújo, Ribeiro e Landesmann,²⁵ e Araújo, Ribeiro e Landesmann.²⁶



O presente trabalho propõe a exibição de dois vídeos que usam um caso real de incêndio com grande repercussão no Brasil, a teoria envolvida na ação de aditivos retardantes de chama, especialmente da alumina tri-hidratada, e ensaios de avaliação das propriedades retardantes de chama dos polímeros, como material didático auxiliar na aprendizagem dos conceitos de termoquímica abordados no ensino médio. Os vídeos foram exibidos durante uma oficina temática e a estratégia visou aproximar os conceitos teóricos do cotidiano dos alunos. O público jovem, em especial, frequenta muitos espaços fechados (*shoppings*, boates, casas de espetáculos, entre outros), por vezes inseguros, o que aumenta a importância da conscientização dessa faixa etária em relação à sua segurança, oferecendo a eles conhecimento a respeito da inflamabilidade de polímeros, que muitas vezes compõem esses espaços, e sua relação direta com acidentes envolvendo incêndios.

2. Metodologia

A proposta baseou-se nos três momentos pedagógicos de Delizoicov e Angotti⁵: problematização inicial (apresentação do primeiro vídeo), organização do conhecimento (aula expositiva dialogada) e aplicação do conhecimento (apresentação do segundo vídeo). A oficina foi planejada para duração de 90 minutos, sendo dividida em 6 momentos. Inicialmente, foi realizada uma breve apresentação da atividade seguida pela aplicação de um questionário inicial com 20 minutos de duração. Após isso, o vídeo “A química por trás de um incêndio”²⁷ foi exibido com duração aproximada de 8 minutos, seguido pela aula expositiva dialogada com duração de 30 minutos. A exibição do vídeo “Avaliação das propriedades retardantes de chama de materiais poliméricos”²⁸ foi realizada na sequência, com duração de 12 minutos, e a atividade foi finalizada com a aplicação do segundo questionário com mais 20 minutos de duração. A atividade teve como público-alvo os alunos da terceira série do ensino médio, a fim de revisar o conhecimento de termoquímica visto na série anterior e apresentar o tema de polímeros, abordado nas escolas durante o último ano do segmento. A metodologia apresenta uma abordagem predominantemente quantitativa.

2.1. Abordagem dos vídeos utilizados na oficina

Dois vídeos foram apresentados durante a oficina. O vídeo “A química por trás de um incêndio” possui 8 minutos e 39 segundos, e pode ser visto no *link*: <https://youtu.be/iIV4HcAkGL8>.²⁷ Já o vídeo “Avaliação das propriedades retardantes de chama de materiais poliméricos” possui 12 minutos e 13 segundos de duração e está disponível no *link*: <https://youtu.be/WvnEhkEBXjE>.²⁸ Os dois vídeos foram

produzidos por Barbosa,²⁹ que relata em detalhes as fases de produção, incluindo a seleção dos tópicos abordados, o roteiro construído para cada vídeo, a elaboração dos *slides*, a infraestrutura necessária, a gravação, a edição e a publicação na plataforma YouTube®.

O vídeo “A química por trás de um incêndio”²⁷ traz uma contextualização inicial, com dados e imagens sobre o incêndio da boate Kiss ocorrido em 27 de janeiro de 2013, em Santa Maria, Rio Grande do Sul. Uma maneira de contextualizar e, conseqüentemente, facilitar a compreensão de um processo de queima é o uso de um exemplo verídico de incêndio. A tragédia ocorrida na boate Kiss matou 242 pessoas e feriu outras 680, sendo considerada a segunda maior do Brasil. As investigações apontaram que o incêndio foi iniciado por uma faísca de um sinalizador que foi disparado no teto da boate, feito de poliuretano, uma classe de polímeros comumente utilizada em espumas de isolamento acústico.^{30,31} O vídeo segue com os conceitos básicos sobre polímeros, o conceito do “triângulo do fogo” explicando os três elementos necessários para uma reação de combustão acontecer (a saber: calor, combustível e comburente), as etapas do processo de queima de um polímero, as reações de combustão completa e incompleta, os poliuretanos e, por fim, a importância do uso dos retardantes de chamas e a aplicação de hidróxido de alumínio com esse objetivo. Em seu documento, Barbosa²⁹ faz uma descrição completa do vídeo, explicando os conceitos e assuntos tratados em cada momento. Cabe ressaltar que não foi identificado na plataforma YouTube® um vídeo com caráter educacional que trouxesse uma abordagem dos conteúdos de termoquímica e/ou polímeros com dados e imagens sobre a queima dos polímeros; sua conexão com um caso de incêndio; e a importância dos aditivos retardantes de chama. Assim, pode-se considerar o vídeo “A química por trás de um incêndio” pioneiro na plataforma supracitada com esse enfoque.

O vídeo “Avaliação das propriedades retardantes de chama de materiais poliméricos”²⁸ traz uma breve contextualização dos aditivos retardantes de chama e sua importância. O vídeo segue apresentando os conceitos e aspectos de quatro importantes técnicas em escala de bancada para a avaliação de materiais poliméricos retardantes de chama que são: a calorimetria de cone, classificação UL-94, índice limite de oxigênio (LOI) e fio incandescente (*glow-wire*).³²⁻³⁴ Os ensaios mostrados no vídeo foram gravados no Laboratório de Estudos para o Meio Ambiente e Energia do Instituto de Química da UFRJ (<https://lemae.iq.ufrj.br/infraestrutura.html>).³⁵ Maiores detalhes sobre as quatro técnicas podem ser encontrados em Barbosa.²⁹ O autor apresenta esquemas e fotos, com a descrição de cada técnica, conceitos, normas, parâmetros e a interpretação dos resultados fornecidos por cada uma. Também não identificou-se um vídeo na plataforma YouTube® com caráter educacional para o ensino

médio, que mostrasse técnicas de avaliação das propriedades retardantes de chama de um material através de experimentos práticos em um laboratório, revelando o ineditismo do vídeo “Avaliação das propriedades retardantes de chama de materiais poliméricos”.

2.2. Preparo da aula expositiva sobre termoquímica e polímeros

O objetivo da aula expositiva dialogada foi revisar os conceitos de termoquímica como energia, calor, temperatura, processos endotérmicos e exotérmicos, entalpia e reações de combustão; apresentar uma introdução à ciência dos polímeros, abordando como os polímeros são formados, aplicações dos polímeros no cotidiano, exemplos de polímeros naturais e sintéticos; o processo de queima, fazendo um paralelo com casos reais de incêndios e mostrando o papel dos aditivos retardantes de chama na sua prevenção, aumentando, dessa forma, a segurança no dia a dia. Assim, o aluno tem a oportunidade de compreender melhor os conceitos abordados nos vídeos e de fazer um paralelo entre o assunto e o cotidiano, tornando a atividade mais estimulante. Todo o material conceitual usado para construção da aula dialogada foi elaborado e disponibilizado por Barbosa.²⁹ Os *slides* utilizados na aula estão disponíveis no material suplementar e constituem uma opção de material didático adicional para professores de ensino médio, que podem ser usados ou não em conjunto com os vídeos produzidos.

2.3. Elaboração dos questionários para avaliação do ganho de aprendizagem

Dois questionários foram elaborados para avaliação do ganho de aprendizagem e para avaliação da oficina perante a percepção dos alunos. O primeiro questionário foi aplicado no início da atividade, com o objetivo de verificar o conhecimento prévio dos participantes sobre os temas que seriam abordados na oficina. O questionário foi estruturado com 10 questões objetivas, cada uma com 5 opções de resposta. As questões versaram sobre os conceitos de termoquímica e de polímeros. Também foram feitas 3 questões discursivas sobre os temas polímeros e aditivos retardantes de chama. O segundo questionário foi aplicado ao final da oficina e continha as mesmas 10 questões objetivas, cada uma com as mesmas 5 opções de resposta, para que o ganho de conhecimento dos alunos pudesse ser avaliado através da metodologia de Hake.³⁶ Também foram colocadas as mesmas 3 questões discursivas para uma avaliação qualitativa do ganho de conhecimento através do incremento no detalhamento das respostas em relação ao questionário inicial. Além das questões relacionadas aos conceitos químicos, o segundo questionário contou com 7 questões voltadas para a opinião dos alunos

sobre a atividade. Foram 6 questões objetivas envolvendo diferentes aspectos da oficina e 1 questão discursiva sobre o impacto da oficina na observação dos alunos aos materiais que podem propagar um incêndio, nas rotas de fuga e na presença de extintores nos locais que eles frequentam, além de um espaço para comentários e sugestões. Assim, o questionário foi reaplicado com o objetivo de verificar o ganho de conhecimento, observar as questões de maior dificuldade de entendimento dos alunos, além de observar o impacto da oficina no cotidiano deles. Ambos estão disponíveis nas informações suplementares.

2.4. Aplicação da oficina

A oficina foi aplicada em duas turmas de terceira série do ensino médio regular no formato presencial. A primeira aplicação foi realizada com uma turma do período noturno do Colégio Estadual Governador Roberto Silveira (CEGRS), em São João de Meriti. Neste dia, a turma contou com a presença de 38 alunos. A segunda aplicação foi realizada no período da manhã, no Colégio Estadual José Veríssimo (CEJV), em Magé. Neste dia, 55 alunos participaram da oficina.

2.5. Metodologia utilizada para o cálculo do ganho de aprendizagem

Para a avaliação do desempenho dos alunos após a realização da oficina, foi proposto o ganho de Hake normalizado.^{36,37} O ganho percentual normalizado pode ser calculado para cada aluno e para cada turma, definido por Hake (Equação 2):

$$[g] = \frac{G}{100 - Spré} \quad (2)$$

onde: $[g]$ = Ganho conceitual normalizado; G = Ganho conceitual simples = $Spós - Spré$; $Spré$ = Percentual de acertos antes da aplicação do conteúdo; $Spós$ = percentual de acertos após aplicação do conteúdo.

Para uma melhor visualização dos dados obtidos através dos cálculos de ganho normalizado entre os alunos e/ou entre as turmas, tem-se a ideia de categorizar através das proposições de Hake utilizando as faixas: alto ganho ($[g] \geq 0,7$); médio ganho ($0,7 > [g] \geq 0,3$); e baixo ganho ($[g] < 0,3$).

3. Resultados e Discussão

A oficina temática “A Química do Incêndio” foi planejada para ser realizada em dois tempos de aula de química. A atividade foi realizada com duas turmas de escolas públicas do estado do Rio de Janeiro, uma no período noturno e outra

no período da manhã. Na escola diurna, os tempos de aula possuem duração de 50 minutos, com um total de 100 minutos para dois tempos consecutivos. Na escola noturna, os tempos possuem uma duração menor, de 40 minutos, com um total de 80 minutos de aula. Isso indica a flexibilidade da oficina proposta, que pode ser adaptada para as diferentes realidades das escolas públicas e privadas, assim como para os diferentes tempos de aula que cada professor de química tem disponível para ministrar o seu conteúdo.

Em ambas as escolas, a oficina começou com uma breve explicação sobre a atividade e a importância de os alunos responderem aos questionários para esta pesquisa. Foi esclarecido que os questionários não faziam parte da avaliação regular da disciplina. O objetivo foi que os resultados dos ganhos de aprendizagem e das avaliações qualitativas fossem os mais fidedignos possíveis. A avaliação qualitativa foi elaborada com o intuito de conhecer as percepções, a satisfação, as expectativas e as opiniões dos alunos. No segundo momento, foi apresentado o vídeo “A química por trás de um incêndio”²⁷ e a aula expositiva dialogada foi ministrada. Em seguida, o segundo vídeo “Avaliação das propriedades retardantes de chama de materiais poliméricos”²⁸ foi exibido e a oficina foi finalizada com uma breve discussão dos alunos sobre os temas abordados e a aplicação do segundo questionário. A intercalação da aula expositiva dialogada com a apresentação dos vídeos durante a oficina possibilitou a exposição dos conteúdos com a participação ativa dos alunos. A oficina “A química do incêndio” promoveu uma atividade interativa, e que despertou o interesse dos alunos. Ademais, a oficina permitiu que o professor fosse um mediador da construção do conhecimento, com um espaço onde os alunos puderam aprender, questionar e interpretar o objeto de estudo, neste caso, a termoquímica, polímeros, combustão e aditivos retardantes de chama.

Outros autores tiveram percepções próximas a desta pesquisa em relação às oficinas temáticas. Almeida, Sabino e Lobato³⁸ demonstraram em seu trabalho que o uso de oficinas pedagógicas envolvendo conceitos de geociências fornecem oportunidade aos alunos de refletirem, investigarem e construir conhecimento a partir de fatos e fenômenos do cotidiano, utilizando textos, vídeos, experimentos, reportagens, entre outros, para a construção do conhecimento e do pensamento crítico. Winkler, Souza e Sá³⁹ apresentaram uma oficina temática na área de produtos naturais e óleos essenciais, e destacaram que as oficinas de ensino são importantes ferramentas que podem ser utilizadas nos processos de ensino-aprendizagem por estimularem os alunos a interagirem mais intensamente com os conteúdos programáticos das disciplinas, possibilitando uma ampliação mais fácil dos conhecimentos. Kraisig e Braibante⁴⁰ apresentaram a oficina “A química das cores” que abordou conceitos como o da luz, espectro eletromagnético e

presença de cor em soluções iônicas. Para os autores, abordar a temática através de uma oficina possibilitou relacionar os conteúdos programáticos com temas do cotidiano, além de ter estimulado a interdisciplinaridade. Além disso, Martins⁴¹ apresentou em sua dissertação de mestrado três oficinas temáticas para o ensino de química. As oficinas seguiram uma metodologia semelhante à oficina “A química de um incêndio” desta pesquisa: parte de uma problematização inicial, seguida de uma parte de aquisição do conhecimento e finalizada com a aplicação do conhecimento.

O método proposto pela oficina “A química de um incêndio”, com o uso de aula expositiva, de vídeos como recurso didático, e conectando os conceitos químicos com o cotidiano do aluno, permitiu a maior atenção dos alunos para o conteúdo programático ensinado. Um outro ponto positivo da atividade foi o estreitamento da distância da relação entre os alunos e o professor, abrindo espaço para uma construção coletiva de conhecimento onde questionamentos, críticas, reflexões e discussões foram bem-vindas. Essas observações foram verificadas durante a aplicação da oficina no CEGRS, em São João de Meriti. Mesmo no período noturno, em que se espera um maior índice de dispersão, houve significativa interação dos alunos com o professor da oficina, mostrando interesse no tema apresentado e discutido. Após a aplicação dos vídeos e da aula expositiva, surgiram perguntas como “*Se a casa estiver pegando fogo e eu ficar embaixo do chuveiro, fico salva?*”. Já no CEJV, no município de Magé, onde a oficina foi realizada no período da manhã, os alunos também participaram ativamente da atividade. Eles demonstraram um grande interesse nos equipamentos e nas análises apresentados no vídeo “Avaliação das propriedades retardantes de chama de materiais poliméricos”. Além disso, mostraram curiosidade com relação ao local onde foram gravados os vídeos, surgindo perguntas como: “*A gente pode conhecer esse laboratório?*”. Foi perceptível o entusiasmo dos alunos com a apresentação de atividades realizadas em um laboratório de pesquisa, já que

muitos pretendem cursar o nível superior. Assim, a oficina através dos vídeos “A química por trás de um incêndio” e “Avaliação das propriedades retardantes de chama de materiais poliméricos” permitiu uma maior integração dos alunos de ensino médio à pesquisa desenvolvida na universidade.

Com relação a avaliação do ganho de aprendizagem, o cálculo de Hake normalizado foi realizado a partir das respostas pareadas dos alunos aos dois questionários aplicados. A Figura 2 é um histograma comparativo dos dois resultados, pré-teste e pós-teste, mostrando a porcentagem de acertos antes e após a realização da oficina no CEGRS, uma turma noturna.

É possível observar que as questões **1**, **3**, **6** e **8**, que abordavam respectivamente, conceitos de termoquímica, temperatura, entalpia e exemplos de processos endotérmicos e exotérmicos, tiveram a porcentagem média de acertos menor após a aplicação da oficina. Para as questões **1** (A termoquímica é a parte da Química em que se estuda:) e **6** (Em uma reação endotérmica, ocorre absorção de energia. Numa reação endotérmica, portanto, a entalpia dos reagentes é:), a variação na porcentagem de acertos antes e depois da oficina, foi em torno de apenas 5%. As questões **3** e **8** tiveram uma discrepância maior entre o percentual de acertos no pré-teste e pós-teste. Na questão **3** (A temperatura pode ser definida, como:), pode ter ocorrido uma ambiguidade entre os conceitos de temperatura e calor que, apesar de estarem presentes no cotidiano, não são de fácil abordagem e assimilação. Esse equívoco pode ser atribuído a uma necessidade de desconstrução do conhecimento popular a respeito de temperatura e calor, que necessita de tempo para ser reconstruído da maneira correta. Na questão **8** (Analisar as afirmativas e marque a resposta correta: I. A decomposição, em torno de 300 °C, do hidróxido de alumínio é um processo endotérmico II. A fusão é um processo exotérmico. III. A reação de combustão é um processo exotérmico IV. Ferver a água é um processo endotérmico.), foram apresentadas

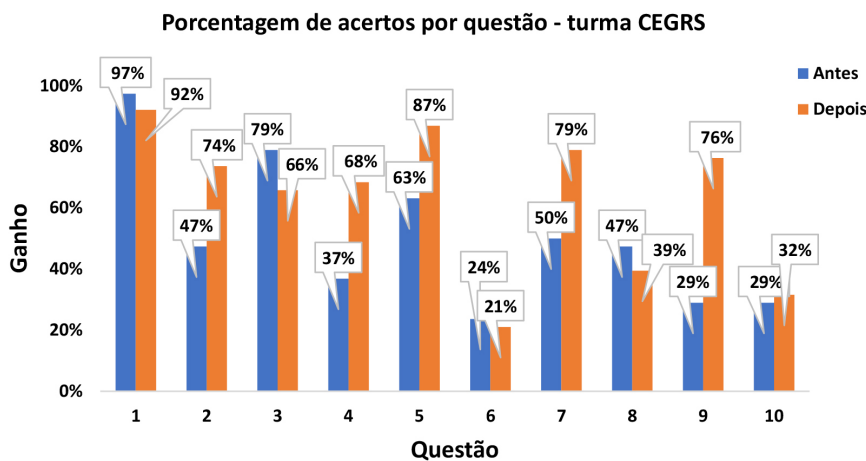


Figura 2. Comparativo do desempenho médio da turma noturna, do CEGRS, em cada questão do questionário inicial e do questionário final

4 afirmações para serem classificadas como verdadeiras ou falsas. Esse tipo de questão envolve diferentes aspectos e exemplos da termoquímica, podendo gerar dúvidas nos alunos. Além disso, uma única afirmativa que seja classificada de forma equivocada torna a resposta da questão errada. Vale destacar que a questão com mais acertos, acima de 90%, foi a questão **1**, apesar da porcentagem final ter sido menor que a porcentagem inicial. Por outro lado, a questão **6** foi a que teve o menor percentual de acertos no pré-teste e pós-teste. O fato dessa questão também envolver um conceito matemático, que é um dos grandes pontos de dificuldade dos alunos do ensino médio, pode ter favorecido esse resultado. A diminuição do ganho nessas 4 questões indica que a oficina não promoveu avanços significativos na aprendizagem dos alunos em relação aos conceitos de termoquímica, temperatura e entalpia. Provavelmente, o conhecimento prévio que tinham não estava bem consolidado, de tal forma que a reapresentação dos conceitos em apenas uma aula, na forma de oficina, apesar de ter aumentado o interesse dos alunos, não foi suficiente para que pudesse ser verificado o ganho de aprendizagem. Acredita-se que essa diminuição da porcentagem de acertos em 40% das questões também pode estar relacionada com o horário da aula e com o cansaço dos alunos. Mesmo com as dificuldades do turno noturno, a maioria das questões (**2, 4, 5, 7, 9 e 10**) apresentou um aumento no percentual de acerto no pós-teste em relação ao pré-teste. O resultado indica um ganho de conhecimento sobre os conceitos de energia, calor, transferência de calor, reação de combustão e seus produtos, e tipos de polímeros. Vale destacar que a questão **9** (Durante a reação de combustão completa de hidrocarbonetos, há grande liberação de energia. Os produtos formados nessa reação são:) foi a que obteve o maior acréscimo em percentual de acertos ao comparar o questionário inicial (29%) e o questionário final (76%). Esse resultado, provavelmente, pode estar relacionado ao fato de a oficina ter abordado um caso real de incêndio com as reações de combustão e seus produtos, fazendo, portanto, a contextualização do conceito químico com o cotidiano do aluno.

A Figura 3 mostra um histograma do ganho de Hake da turma do CEGRS, classificado como ganho baixo, médio, alto ou ainda que não houve ganho. É possível verificar que não houve alunos na turma com ganho alto de conhecimento, 20 alunos tiveram ganho médio, 5 alunos ganho baixo e outros 13 não apresentaram ganho. Apesar de não ter ganho alto nessa turma, 66% dos alunos tiveram algum ganho de conhecimento.

A Figura 4 mostra o histograma do desempenho pré-teste e pós-teste dos alunos do CEJV. Na oficina realizada com a turma desta escola, observou-se que as questões **1** e **7** apresentaram o maior percentual de acertos. A questão **1** (A termoquímica é a parte da Química em que se estuda:) abordou o conceito fundamental de termoquímica e a questão **7** (Algumas pizzarias possuem forno à lenha. A queima da lenha é um processo:) abordou uma reação de combustão, obrigatoriamente exotérmica, ou seja, que libera calor. Apesar da porcentagem de acertos do questionário final ter sido menor que a do questionário inicial na primeira questão, essas questões abordavam o que a termoquímica estuda e qual tipo de processo ocorre na queima da lenha, conceitos abordados no ensino médio regular e que pareciam já ser de conhecimento prévio dos alunos. Vale destacar também, que os conceitos foram abordados em perguntas muito diretas. Nesta turma, a questão **2** (A energia pode ser definida, como:) se destaca por ser a que apresentou o maior percentual de ganho, de 5% para 45%, quando se compara o número de acertos das respostas nos questionários inicial e final. Esse conceito é amplamente utilizado no ensino de química, porém parte de um conceito físico, que é a capacidade de realizar trabalho. Além de ser uma questão interdisciplinar, vale ressaltar que a física é uma disciplina que os alunos tradicionalmente têm muita dificuldade, o que pode explicar o baixo índice de acertos. Porém, o fato de o percentual de acertos no questionário final ser 9 vezes maior que do questionário inicial mostra a importância da atividade para o aumento de compreensão deste grupo de alunos. A questão **6** (Em uma reação endotérmica, ocorre absorção de energia. Numa reação endotérmica, portanto, a entalpia dos

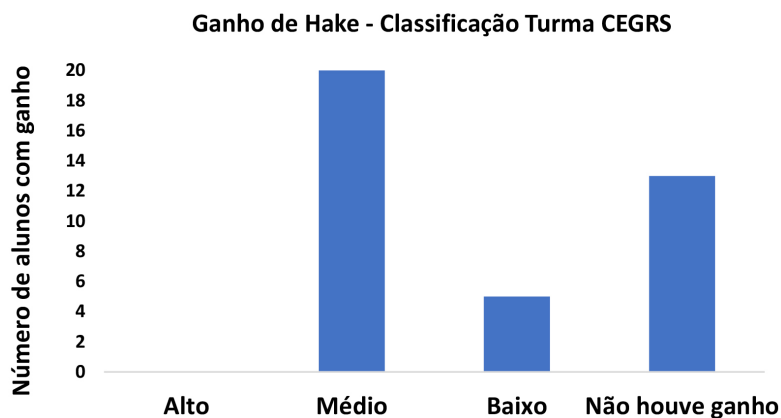


Figura 3. Classificação do ganho de Hake para a turma noturna do CEGRS

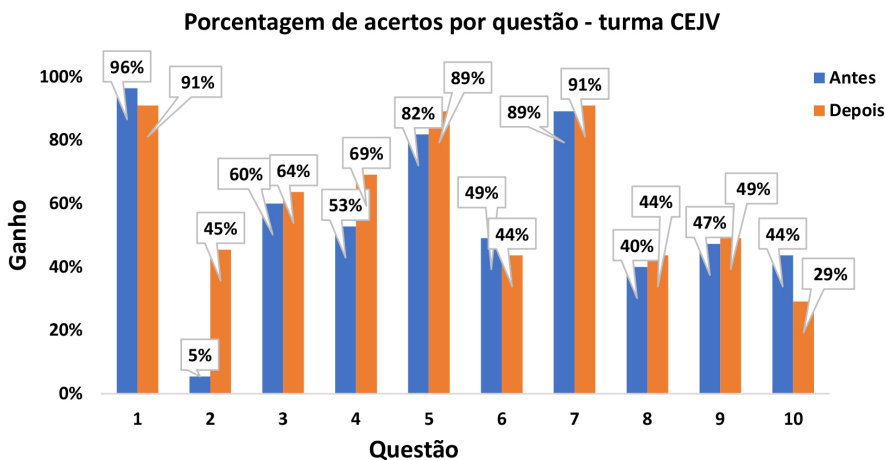


Figura 4. Comparativo do desempenho médio da turma diurna, do CEJV, em cada questão do questionário inicial e do questionário final

reagentes é:) e a questão **10** (Polímeros são macromoléculas (moléculas grandes) orgânicas constituídas a partir de muitas unidades pequenas que se repetem, chamadas monômeros. Indique a alternativa que apresenta somente polímeros naturais.) apresentaram percentual de acertos inferior a 50% e ainda houve redução de acertos ao aplicar o questionário final. A questão **6**, por abordar um conceito que utiliza conceitos matemáticos, apresentou caráter mais interdisciplinar, sendo esperado que os alunos demonstrassem maior dificuldade em sua resolução. Já a questão **10**, que abordou o tema polímeros, os alunos tiveram um desempenho baixo em ambas as escolas. Existe a possibilidade de os alunos não terem sido apresentados previamente ao assunto, especialmente sobre polímeros naturais e, por isso, tiveram maior dificuldade em responder essa questão.

A Figura 5 mostra um histograma do ganho de Hake (baixo, médio, alto ou não houve ganho) da turma do CEJV. Apenas 1 aluno da turma (composta por 55 alunos presentes na atividade) obteve ganho alto de conhecimento. Do restante, 15 alunos tiveram ganho médio, 11 alunos obtiveram ganho baixo e outros 28 alunos não apresentaram ganho. Os dados mostram que 51% dos alunos não apresentaram ganho. Foi possível perceber que os questionários dos alunos que

estavam sentados lado a lado foram entregues juntos e tinham muitas respostas iguais. Seja pelo cansaço, ou simplesmente para acabar mais rápido, foi perceptível que houve um compartilhamento de ideias e de respostas entre grupos de alunos.

Ao comparar os resultados das duas escolas, é possível observar semelhanças e diferenças. Houve um alto índice de acertos da questão **1** e um baixo percentual de acertos da questão **6** nas duas escolas. O percentual de acertos no questionário final foi menor do que no questionário inicial para as duas questões, em ambas as escolas. Por outro lado, os alunos das duas escolas melhoraram o percentual de acertos das questões **2** e **4** após a atividade. Em ambas as escolas houve aumento do índice de acertos para a maioria das questões. No CEGRS, o aumento ocorreu em 6 das 10 questões, enquanto no CEJV ocorreu em 7 questões. Além disso, os alunos que tiveram ganho durante a atividade, independente do colégio, obtiveram no geral, um ganho médio de aprendizagem. Em relação às diferenças, os alunos do CEJV apresentaram menor índice de acertos no questionário inicial em relação à questão **2**. Quando analisamos a resposta final, a questão **10** apresentou o menor índice de acertos. Os alunos do CEGRS apresentaram o menor índice de acertos na questão **6** tanto no

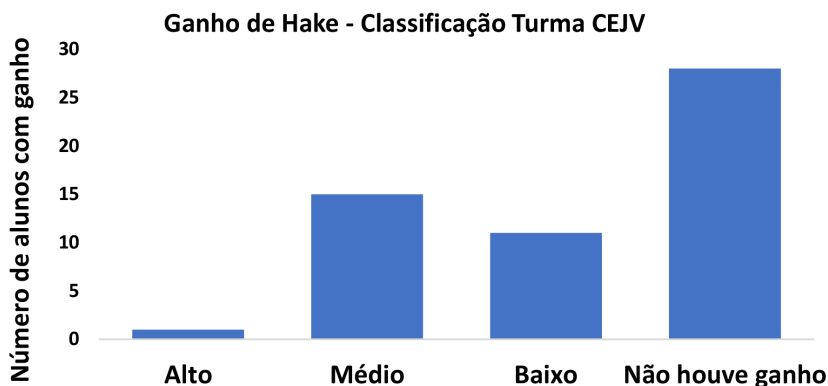


Figura 5. Classificação do ganho de Hake para a turma diurna do CEJV

questionário inicial quanto no questionário final da atividade. O maior ganho de aprendizagem no CEGRS foi na questão 9. No CEJV, a maior evolução foi na questão 2.

Ao aplicar a oficina, os tempos destinados à exibição dos vídeos e à aplicação dos questionários são fixos. Em virtude disso, dispôs-se de 25 minutos para a realização da aula expositiva e para perguntas dos alunos no CEGRS; enquanto no CEJV foram 45 minutos. Esse tempo pode ser considerado insuficiente para apresentar os conteúdos de termoquímica e ainda tirar as dúvidas dos alunos. Desta forma, pode-se propor o acréscimo de mais um tempo de aula quando for realizar a oficina novamente, de modo que o tema possa ser melhor desenvolvido com o objetivo de despertar mais o potencial dos alunos. Mesmo assim, avaliando os resultados de uma maneira geral, o aumento no índice de acertos para a maioria das questões foi um aspecto positivo. O uso de metodologias semelhantes, empregando um questionário inicial e um questionário final para mensurar o conteúdo aprendido pelos alunos, é adotado em trabalhos na área de educação.^{42,43}

Ao analisar as questões discursivas, todas relacionadas diretamente à polímeros, foi possível observar que praticamente não houve respostas no questionário inicial, enquanto no questionário final a maioria dos alunos respondeu às perguntas. Esse resultado sugere que os alunos não responderam as perguntas antes da atividade porque não tinham conhecimento sobre polímeros e aditivos retardantes de chama. Polímeros são vistos no terceiro ano do ensino médio, porém, como a oficina foi aplicada no início do ano letivo, os alunos, provavelmente, não haviam tido contato com esse conteúdo. Aditivos retardantes de chama é um assunto que não faz parte da grade curricular do ensino médio. Mas, a partir das respostas das questões discursivas do questionário final, é possível considerar que os alunos conseguiram perceber o uso de polímeros no cotidiano e a importância dos materiais retardantes de chama.

Apesar da oficina ter sido aplicada em apenas duas escolas, os resultados indicam que a metodologia proposta pode levar a um ganho de conhecimento sobre os temas estudados (termoquímica, inflamabilidade de polímeros e aditivos retardantes de chama). Ambas as escolas são estaduais, mas as turmas possuem realidades distintas, o que corrobora a representatividade dos resultados obtidos. Além disso, foi possível observar a importância dos vídeos para o aumento do interesse e engajamento dos estudantes em ambas as escolas. Acredita-se que os vídeos contribuíram para o ganho de aprendizagem. Essa percepção é baseada no comportamento das turmas durante a oficina e na pesquisa feita junto aos alunos. No CEGRS, 79% dos alunos avaliaram o vídeo 1 como ótimo, 13% como bom e os 8% restantes não responderam. Já o vídeo 2 foi ótimo para 53% dos alunos, 39% acharam que foi bom e 8% não responderam. A avaliação geral da oficina também foi positiva, 63% acharam ótimo,

29% acharam bom e 8% não responderam. Nesse mesmo colégio, para 37% dos alunos o vídeo 1 foi a melhor parte da atividade, 34% preferiram o vídeo 2, 18% preferiram a aula expositiva, 8% não responderam e 3% disseram que gostaram de todas as atividades. Ainda no CEGRS, 60% responderam que assistem poucos vídeos para ajudar no aprendizado. Quanto ao uso de materiais retardantes de chama, 84% disseram achar extremamente importante. No CEJV, 51% dos alunos avaliaram o vídeo 1 como ótimo, 45% como bom, 2% acharam regular e 2% não responderam. Já o vídeo 2 foi ótimo para 51%, outros 42% acharam que foi bom, 5% acharam regular e 2% não responderam. A avaliação geral da atividade também foi positiva, 71% acharam ótimo, 25% acharam bom, 2% acharam regular e 2% não responderam. Para 16% dos alunos, o vídeo 1 foi a melhor parte da atividade, 35% preferiram o vídeo 2, 38% preferiram a aula expositiva, 2% não responderam e 9% disseram que gostaram dos experimentos do vídeo 2. Ainda no CEJV, 58% disseram que assistem poucos vídeos para ajudar no aprendizado. Quanto ao uso de materiais retardantes de chama, 65% disseram achar extremamente importantes e 27% acharam importante. Esses resultados estão coerentes com pesquisas relatadas na literatura, as quais apontam que o uso de vídeos favorece o processo de aprendizagem quando uma nova informação apresentada aos alunos é relacionada com seus conhecimentos prévios e/ou com situações cotidianas.⁴⁴⁻⁴⁶ Segundo Rocha, Martins e Costa,⁴⁷ a seleção de vídeos que tragam experimentos que não possam ser realizados nas escolas torna-se uma alternativa para enriquecer e aprofundar o conhecimento obtido em sala de aula.

Por fim, uma análise global dos resultados obtidos mostra que a escolha dos três momentos pedagógicos de Delizoicov e Angotti⁵ como dinâmica didático-pedagógica para a estruturação da oficina foi acertada. Na problematização inicial, o vídeo sobre o incêndio da Boate Kiss cumpriu o papel de conectar a termoquímica a uma situação real e socialmente relevante. Na organização do conhecimento, a aula dialogada forneceu o aporte teórico-conceitual necessário para o aluno associar os dados observados. Por último, a aplicação do conhecimento ocorreu na exibição do segundo vídeo e na resolução do questionário final, onde os estudantes utilizaram os conceitos para compreender a função dos aditivos retardantes de chama, evidenciando um ganho de aprendizagem que valida a transição do conhecimento prévio para uma percepção crítica da segurança contra incêndios.

4. Conclusão

Este estudo realizou uma abordagem inédita do conteúdo de termoquímica para o ensino médio, usando a inflamabilidade de polímeros e aditivos retardantes de chama

para contextualização. O uso dos vídeos durante a oficina aproximou os alunos de um tema do cotidiano e ajudou a tornar a atividade interessante e estimulante. Apesar do curto tempo para desenvolver a atividade, 27 dos 55 alunos do CEJV e 25 dos 38 alunos do CEGRS apresentaram ganho de conhecimento, calculado pelo método de Hake, mostrando que a oficina proposta foi uma atividade exitosa como um recurso complementar no âmbito escolar. Os vídeos, especialmente, despertaram a atenção dos estudantes para a importância do desenvolvimento de polímeros com propriedades retardantes de chama e para estarem mais atentos à segurança contra incêndios. Além disso, os vídeos permitiram que tivessem conhecimento de experimentos que só poderiam ser vistos em laboratórios que realizam pesquisas nessa área. Para os professores de química do ensino médio, os vídeos se configuram como uma ferramenta auxiliar, pois são relativamente curtos e adaptáveis a diferentes modos de utilização, podendo, inclusive, ser exibidos durante a própria aula.

Informações Suplementares

Os slides utilizados na aula expositiva dialogada e os questionários aplicados antes e após a realização da oficina estão nas informações suplementares e estão disponíveis gratuitamente em <https://rvq.sbq.org.br/pdf/PROFQUI2026-5176-MS>.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Programa de Mestrado Profissional em Química em Rede Nacional (PROFQUI). À Danielle Carvalho, pelo auxílio na gravação e edição dos vídeos. Ao professor Rodrigo Martins de Ascensão e à diretora geral Joseli Mendes Quaresma da Silva, do Colégio Estadual Governador Roberto Silveira, ao professor Leandro Damiano Saldanha e à diretora geral Geisa Adriano Estácio, do Colégio Estadual José Veríssimo, pela oportunidade de aplicar a oficina em suas turmas. O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

Referências Bibliográficas

- Carletto, B. M.; Mendes, A. N. F.; O ensino de termoquímica através da abordagem lúdica com o uso do autorama químico. *Scientia Naturalis* **2021**, *3*, 760. [Crossref]
- Silva Júnior, C. N.; Silva, T. P.; Elaboração e avaliação de uma unidade de ensino potencialmente significativa para discutir conteúdos da termoquímica. *Enseñanza de las Ciencias* **2017**, *53*, 13. [Link]
- Brito, C. N. E. M.; Barbosa, F. M.; Dantas Filho, F. F.; *Resumos do IV Congresso Nacional de Educação*, Imperatriz, Brasil, 2017. [Link]
- Duarte, K. P.; *Dissertação de Mestrado*, Universidade Estadual da Paraíba, 2017. [Link]
- Delizoicov, D.; Angotti, J. A.; *Metodologia do ensino de ciências*. Cortez: São Paulo, 1990.
- Kiouranis, N. M. M.; Silveira, M. P.; Combustíveis: uma abordagem problematizadora para o ensino de química. *Química Nova na Escola* **2017**, *39*, 68. [Crossref]
- Cavalcante, F. G.; *Dissertação de Mestrado*, Universidade de Brasília, 2017. [Link]
- Adams, F. W.; Nunes, S. M. T.; O jogo didático “na trilha dos combustíveis”: em foco a termoquímica e a energia. *Revista Eletrônica Ludus Scientiae* **2018**, *2*, 90. [Link]
- Pereira, F. G.; *Dissertação de Mestrado*, Universidade Federal de Uberlândia, 2019. [Link]
- Kunzler, K. K.; Beber, S. Z. C.; Kunzler, K. R.; Aprendizagem significativa dos conceitos de termoquímica: um estudo utilizando mapas conceituais. *Experiências em Ensino de Ciências* **2019**, *14*, 158. [Link]
- Pereira, L. C. K. P.; Wobeto, C.; Guilardi Junior, F.; Rosinke, P.; Termoquímica na perspectiva CTSA para o ensino de química por meio das TIC. *Revista Insignare Scientia* **2020**, *3*, 328. [Crossref]
- Leite, M. A. S.; Soares, M. H. F. B.; Jogo Pedagógico para o Ensino de Termoquímica em turmas de educação de jovens e adultos. *Química Nova na Escola* **2020**, *43*, 227. [Crossref]
- YouTube. Canal USP. Aula 8 Parte 4/4 Polímeros (Comportamento ao incêndio dos plásticos) - Materiais de Construção I. Disponível em: <<https://youtube.com/watch?v=Dg64ZQr-ZCI>>. Acesso em: 20 maio 2026.
- YouTube. Brasil Escola Oficial. Polímeros - Brasil Escola. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=0q6Fn2r6koU>>. Acesso em: 20 maio 2026.
- YouTube. Brasil Escola Oficial. Termoquímica – Brasil Escola. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=5aPH2E9UxhM>>. Acesso em: 20 maio 2026.
- YouTube. Videoteca. Polímeros Naturais e Sintéticos - Química - Vestibulando Digital. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=HkyEWQCYXo4>>. Acesso em: 20 maio 2026.
- Laoutid, F.; Bonnaud, L.; Alexandre, M.; Lopez-Cuesta, J.-M.; Dubois, Ph.; New Prospects in Flame Retardant Polymer Materials: From Fundamentals to Nanocomposites. *Materials Science and Engineering: R: Reports* **2009**, *63*, 100. [Crossref]
- Siqueira, F. F. S.; Cosse, R. L.; Azevedo, J. B.; Barbosa, R.; Alves, T. S.; *Resumos do 22º Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais*, Natal, Brasil, 2016. [Link]
- Gallo, J. B.; Agnelli, J. A. M.; Aspectos do Comportamento de Polímeros em Condições de Incêndio. *Polímeros: Ciência e Tecnologia* **1998**, *8*, 23. [Crossref]

20. Troitzsch, H.; Overview of Flame Retardants. *Chimica Oggi/ Chemistry Today* **1998**, *16*, 1. [[Link](#)]
21. Bourbigot, S.; Le Bras, M.; Duquesne, S.; Rochery, M.; Recent Advances for Intumescent Polymers. *Macromolecular Materials and Engineering* **2004**, *289*, 499. [[Crossref](#)]
22. Martins, R. C.; Ribeiro, S. P. S.; Rezende, M. J. C.; Nascimento, R. S. V.; Nascimento, M. A. C.; Batistella, M.; Lopez-Cuesta, J.-M.; Flame-Retarding Properties of Injected and 3D-Printed Intumescent Bio-Based PLA Composites: The Influence of Brønsted and Lewis Acidity of Montmorillonite. *Polymers* **2022**, *14*, 1702. [[Crossref](#)]
23. Bernardes, F. R.; Rodrigues, V. O.; Rezende, M. J. C.; Martins, R. C.; Ribeiro, S. P. S.; Influence of Amorphous Silica-Aluminas Acidic Sites Concentration on the Flame-Retarding Properties and on the Thermal Stability of Intumescent Polypropylene Composites. *Journal of Applied Polymer Science* **2026**, *143*, e70408. [[Crossref](#)]
24. Cavodeau, F.; Otazaghine, B.; Sonnier, R.; Lopez-Cuesta, J.-M.; Delaite, C.; Fire retardancy of ethylene-vinyl acetate composites e Evaluation of synergistic effects between ATH and diatomite fillers. *Polymer Degradation and Stability* **2016**, *129*, 246. [[Crossref](#)]
25. Araújo, P. T. T.; Ribeiro, S. P. S.; Landesmann, A.; Experimental evaluation of tri-hydrated aluminium in fire-retardant properties of glass fibre reinforced polymers. *Fire and Materials* **2022**, *46*, 1000. [[Crossref](#)]
26. Araújo, P. T. T.; Ribeiro, S. P. S.; Landesmann, A.; Optimizing Alumina Trihydrate in GFRP Unsaturated Polyester Composites: Flame Retardancy and Mechanical Performance. *Fire and Materials* **2026**, *50*, 279. [[Crossref](#)]
27. YouTube. Guilherme Mendes. Vídeo1 final PE. Disponível em: <<https://youtu.be/iIV4HcAkGL8>>. Acesso em: 20 maio 2026.
28. YouTube. Guilherme Mendes. Vídeo2 final PE. Disponível em: <<https://youtu.be/WvnEhkEBXjE>>. Acesso em: 20 maio 2026.
29. Barbosa, G. M.; *Dissertação de Mestrado*, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2025. [[Link](#)]
30. Gerez, M. P.; *Trabalho de Conclusão de Especialização*, Centro Universitário de Brasília, 2017. [[Link](#)]
31. Borges, G. O.; *Trabalho de Conclusão de Curso*, Centro Universitário de Brasília, 2018. [[Link](#)]
32. Zheng, Z.; Liu, Y.; Zhang, L.; Wang, H.; Synergistic effect of expandable graphite and intumescent flame retardants on the flame retardancy and thermal stability of polypropylene. *Journal of Material Science* **2016**, *51*, 5857. [[Crossref](#)]
33. Zirnstein, B.; Schulze, D.; Schartel, B.; Mechanical and Fire Properties of Multicomponent Flame Retardant EPDM Rubbers Using Aluminum Trihydroxide, Ammonium Polyphosphate, And Polyaniline. *Materials* **2019**, *12*, 1932. [[Crossref](#)]
34. Ribeiro, S. P. S.; Martins, R. C.; Barbosa, G. M.; Rocha, M. A. F.; Landesmann, A.; Nascimento, M. A. C.; Nascimento, R. S. V.; Influence of the zeolite acidity on its synergistic action with a flame-retarding polymeric intumescent formulation. *Journal of Material Science* **2020**, *55*, 619. [[Crossref](#)]
35. Laboratório de Estudos para o Meio Ambiente e Energia. Disponível em: <<https://lemae.iq.ufrj.br/infraestrutura.html>>. Acesso em: 20 maio 2026.
36. Hake, R. R.; Interactive-engagement versus traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses. *American Journal of Physics* **1998**, *66*, 64. [[Crossref](#)]
37. Galhardi, A. C.; Azevedo, M. M.; *Resumo do VII Workshop de Pós-Graduação e Pesquisa do Centro Paula Souza*, São Paulo, Brasil, 2013. [[Link](#)]
38. Almeida, J. L.; Sabino, C. V. S.; Lobato, W.; Caderno de oficinas pedagógicas de apoio ao professor: Temas de Geociências para o Ensino Médio. Belo Horizonte, 2016. [[Link](#)]
39. Winkler, M. E. G.; Souza, J. R. B.; Sá, M. B. Z.; A utilização de uma oficina de ensino no processo formativo de alunos de ensino médio e de licenciandos. *Química Nova na Escola* **2017**, *39*, 27. [[Crossref](#)]
40. Kraisig, A. R.; Braibante, M. E. F.; “A Química das Cores”: uma oficina temática para o ensino e aprendizagem de Química. *Ciência e Natura* **2017**, *39*, 687. [[Link](#)]
41. Martins, A. B. S. J.; *Dissertação de Mestrado*, Universidade Federal Fluminense, 2018. [[Link](#)]
42. Silva, I. K. O.; Morais II, M. J. O.; Desenvolvimento de jogos educacionais no apoio do processo de ensino-aprendizagem no ensino fundamental. *Holos* **2011**, *5*, 153. [[Crossref](#)]
43. Konflanz, G. M.; Martins, M. M.; Menegais, D. A. F. N.; Ferreira, V. L. D.; Unidade de Ensino Potencialmente Significativa mediada pelas Tecnologias de Informação e Comunicação para o ensino de Séries de Fourier. *Revista Brasileira de Ensino de Ciências e Matemática* **2019**, *2*, 446. [[Crossref](#)]
44. Oliveira, C. B.; Mourao, I. C.; Santos, S. C. S.; Teixeira, A. F.; *Resumos do XXII Congresso Ibero-Americano sobre Educação e Tecnologia*, Manaus, 2009. [[Link](#)]
45. Silva, J. L.; Silva, D. A.; Martini, C.; Domingos, D. C. A.; Leal, P. G.; Benedetti Filho, E.; Fiorucci, A. R.; A Utilização de Vídeos Didáticos nas Aulas de Química do Ensino Médio para Abordagem Histórica e Contextualizada do Tema Vidros. *Química Nova na Escola* **2012**, *34*, 189. [[Link](#)]
46. Viana, E. S.; Batista, S. C. F.; Ensino de Radioatividade: utilização de vídeos como ferramentas pedagógicas. *Vértices* **2016**, *17*, 103. [[Crossref](#)]
47. Rocha, G. C. F. S.; Martins, B. M.; Costa, R. L.; Vídeos Experimentais: Uma Alternativa para o Déficit de Laboratórios de Ensino de Química em Escolas Públicas. *Tecnologias, Sociedade e Conhecimento* **2019**, *6*, 25. [[Link](#)]