



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
INSTITUTO DE QUÍMICA

Jéssica Delavechia Oliveira Rodrigues

**POLIMEROS RETARDANTES DE CHAMA: UMA
PROPOSTA DE EXPERIMENTO**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Brasília – DF

1º/2014



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
INSTITUTO DE QUÍMICA

Jéssica Delavechia Oliveira Rodrigues

**POLIMEROS RETARDANTES DE CHAMA: UMA
PROPOSTA DE EXPERIMENTO**

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

Orientadora: Patrícia Fernandes Lootens Machado

Co-orientadora: Maria José Araújo Sales.

1.º/2014

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho de conclusão de curso aos meus pais Marcia Helena e Claudio Barboza. A minha irmã Stelamaris. E a minha Vó Jorgete. Por todo apoio e incentivo que sempre me deram.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por ser a minha força, auxílio e refúgio nas horas mais difíceis em todos os momentos da graduação e da minha vida. Só com ele pude ter a certeza que conseguiria chegar ao final, por ter sido sempre amparada.

Agradeço à minha Mãe, por ser meu ombro amigo, por me escutar, apoiar, orientar e incentivar em todos os momentos, mesmo sem saber como me ajudar. Quero que saiba que só seu abraço já me fazia sentir forte, e pronta para a próxima batalha. Agradeço ao meu Pai, que me ensinou a ser forte e sempre seguir em frente diante de qualquer obstáculo, além de estar sempre ao meu lado para me ajudar. A eles devo tudo, à minha vida, às minhas conquistas, pois choraram e riram comigo, vivenciando e torcendo em toda a graduação.

Agradeço à minha Vó Jorgete que estava ali comigo, sempre me incentivando e acreditando que eu poderia sempre fazer mais e conquistar tudo que desejo. Sei que sem suas orações nada teria alcançado. Agradeço à minha irmã Stelamaris, por ser minha inspiração, meu modelo.

Agradeço ao meu namorado Nilton Claudio, que ao longo de mais da metade da graduação foi minha força, minha ajuda, meu amigo, conselheiro e companheiro, sempre me ajudando a crescer. Por sua calma e compreensão, em todos os momentos que as obrigações da universidade tiveram de falar mais alto.

Agradeço à professora Maria José, que me acolheu e acreditou em mim, em um momento tão difícil da minha vida pessoal, e que chegou a enxergar em mim o que nem eu mesma enxergava. Com seus conselhos, ajudou-me a crescer pessoalmente e profissionalmente, sei que sem a ajuda da senhora não seria nem a metade da profissional e da pessoa que sou hoje.

Agradeço à professora Patrícia Lootens, por ser a minha primeira inspiração no curso de Química. Desde lá, vem me incentivando e influenciando todo o meu crescimento, mesmo sem saber que estava fazendo. Agradeço por ter me dado a oportunidade de terminar essa etapa da minha vida, tão bem quanto comecei a minha vida acadêmica ao lado desta maravilhosa pessoa e professora.

Agradeço à minha amiga Wanessa Felix, que me ajudou em toda a graduação. Ela sempre foi meu auxílio e força, sempre compreendendo como ninguém tudo que estava vivendo e passando. Obrigada por seu ombro durante esses 4 anos, sei que sem você ao meu lado, não teria sido tão forte e persistente. Obrigada por ser meu pilar para momentos de tristezas, alegrias, derrotas e conquistas.

Agradeço aos meus amigos, que sempre torceram por mim, me ajudaram a acreditar que haveria um grande final a me esperar, e que eu realmente conseguiria.

Agradeço à Rayany e a Bia que foram as minhas ajudas antes, durante e depois a UnB. Elas que sempre foram grandes amigas, com grandes conselhos e ajuda.

Obrigada a todos os meus colegas, amigos, e conhecidos, que em algum momento fizeram parte da minha graduação em disciplinas e nos corredores. Sei que cada um, contribuiu para o meu crescimento, assim como espero fazer parte do crescimento de muitos. Cada pessoa durante todo esse tempo foi especial de alguma forma, e me ajudou a ver o mundo de uma maneira bem diferente de quando entrei aqui.

Obrigado a todos os professores, por seu tempo gasto, e pela oportunidade de ter me tornado uma pessoa melhor. Sei que a caminhada só começou, mas acredito ter começado com o pé direito e da melhor forma que poderia.

SUMÁRIO

Introdução	8
Capitulo 1: Considerações históricas e gerais sobre polímeros.....	10
Capitulo 2: Polímeros aditivados com retardante de chama.....	15
Capitulo 3: Proposta didática.....	24
Considerações finais	27
Referências	30
Apêndices	32

RESUMO

É indiscutível a presença de materiais poliméricos em nosso dia a dia da maioria das pessoas, pois muitos dos utensílios e equipamentos que fazemos uso são a base de polímeros. Então, o fato de fazer parte da vida de nossos alunos, torna a polímeros, uma temática contextualmente significativa para ser explorada em aulas de Química. O uso de temáticas proporciona ao ensino de Ciências a possibilidade de discutir aspectos sociais, ambientais, econômicos, subsidiados pelo conhecimento da Ciência. Dentre as estratégias a serem desenvolvidas na sala de aula com temáticas podemos destacar a realização de experimentos como atividades investigativas, buscando ir além da visão macroscópica, ou seja, explorando igualmente explicações microscópicas. O trabalho em questão tem, portanto, como objetivo, propor uma atividade experimental, precedida de um texto contextualizador. O tema a ser discutido é a forma de controle do fogo, com ênfase no uso de polímeros aditivados com retardante de chama. O texto e o experimento mostram, e discutem como se dá o processo de queima, e quais são as possibilidades de retardar, essa manifestação da combustão. O público alvo do texto e do experimento, são os alunos, do ensino médio, e o material deve ser a ser trabalhado por professores.

Palavras-chaves: polímeros; retardantes de chama; combustão.

INTRODUÇÃO

Os materiais poliméricos são os grandes responsáveis por boa parte do conforto que podemos desfrutar nos dias atuais, por serem eles os constituintes de muito dos utensílios utilizados no cotidiano. Estão presentes em roupas, aparelhos domésticos, meios de transportes, materiais escolares e diversos instrumentos de outras atividades.

Dentre as classes de matérias conhecidas, os poliméricos, que possuem a propriedade de retardar chama quando submetidos frequentemente ao calor, são muito utilizados, principalmente, em utensílios, embalagens, roupas e eletroeletrônicos. Sendo assim, entendemos ser necessário que os consumidores conheçam propriedades importantes que caracterizam esses materiais para que se protejam de possíveis problemas de saúde. Dentre essas propriedades destacamos: a *toxicidade*, quando o material for submetido à combustão, à *degradação* com o tempo, à *reatividade*, frente a produtos de limpeza, entre outros aspectos.

Materiais contendo retardante de chama em sua composição são cada vez mais utilizados em ambientes, com, por exemplo, supermercados, lojas, bares e boates, como medida de segurança para minimizar e evitar os efeitos de um incêndio. No entanto, como a divulgação/discussão sobre as propriedades dos retardantes de chama ainda é insignificativa, muitos negligenciam os cuidados necessários para se fazer uso de materiais com retardantes.

Defendemos nesse trabalho que assunto dessa natureza deve permear o ensino de Química nos diversos níveis, para garantir segurança física às pessoas e para tornar os consumidores conscientes dos produtos os quais adquirem, dos espaços que frequentam e das ações que praticam.

Esse conhecimento deve ser discutido no período de escolarização básica do aluno, pois são poucos os indivíduos que se interessam por aprofundar seus estudos em Química depois que saem da escola. Temas como polímeros podem ser utilizados como contextualizadores dos conceitos químicos, auxiliando no processo ensino-aprendizagem, pois fazem parte do cotidiano de todos. Isso ajuda a dar mais significado para o conhecimento produzido pela Ciência e compartilhado na escola.

A proposta de organização dos conteúdos apresentada a seguir leva em consideração duas perspectivas para o ensino de Química presentes nos PCNEM: a que considera a vivência individual dos alunos – seus conhecimentos escolares, suas histórias pessoais, tradições culturais, relação com os fatos e fenômenos do cotidiano e informações veiculadas pela mídia; e a que considera a sociedade em sua interação com o mundo, evidenciando como os saberes científico e tecnológico vêm interferindo na produção, na cultura e no ambiente. (BRASIL, 1998).

Baseados nos Parâmetros Curriculares Nacionais (BRASIL, 1998), enfatizamos que a simples transmissão de informações não é suficiente para que os alunos elaborem suas ideias de forma significativa. É imprescindível que o processo ensino-aprendizagem decorra de atividades que contribuam para que o aluno possa construir e utilizar o conhecimento.

Sendo assim, entendemos que polímeros é um tema adequado para discussões em sala de aula, pois nos permite a contextualização de aspectos explicitados acima. Por isso mesmo, a temática polímeros é encontrada facilmente nos livros aprovados pelo Programa Nacional do Livro Didático para o Ensino Médio (PNLD). Apesar de estar nos livros, nem sempre é trabalhado e dentre os motivos apresentados encontra-se a falta de recursos ou mesmo de tempo durante o ano letivo.

De fato, os recursos são limitados, pois a realização de atividades experimentais, na grande maioria dos exemplos, é complexa e demorada. No caso de polímeros com retardantes ainda pode gerar substâncias residuais de difícil gerenciamento, como gases tóxicos.

Sendo assim, esse trabalho de conclusão de curso tem por objetivo ampliar a gama de possibilidades da utilização dessa temática, com uma proposta de experimento, que pode ser realizado em sala de aula.

Para dar suporte teórico ao trabalho, no capítulo 1 foi feito um breve histórico do desenvolvimento de materiais poliméricos no Brasil e no mundo. Por sua vez, no capítulo 2 abordamos alguns dos importantes conceitos necessários para se entender os polímeros e suas propriedades. Exploramos sua classificação, como se dá o processo de combustão, os tipos de aditivos que fornecem a característica de retardar a propagação da chama e as formas de atuação dos polímeros aditivados em contato com o calor. Já no capítulo 3 foi apresentado a proposta didática a ser utilizada no ensino de Química. Por fim, é apresentado nas considerações finais, a importância do trabalho desenvolvido, para o ensino de Ciências.

CAPÍTULO 1

CONSIDERAÇÕES HISTÓRICAS E GERAIS SOBRE OS POLÍMEROS

Os plásticos compõem uma classe de materiais denominados polímeros, que são responsáveis por parte do conforto que desfrutamos hoje em dia, estando presente em muitos objetos que utilizamos com frequência, como: celulares, canetas, óculos, peças de carros, televisão, roupas, utensílios domésticos etc. No entanto, muitas foram as gerações que viveram sem os objetos confeccionados por plástico. Inclusive, materiais como escovas de dente, pente de cabelo, entre outros eram fabricados com materiais como ossos e madeira (CANTO, 1995).

Um dos materiais amplamente utilizado para a fabricação de tais utensílios foi o casco de gado, que é constituído de queratina, uma proteína que quando aquecida é maleável, facilitando sua moldagem. No entanto, a temperatura ambiente, o material apresenta-se mais rígido. Trabalhar com esse material se tornou insuficiente e inviável e, por isso, ocorreu sua substituição pelo marfim (CANTO, 1995).

Contudo, rapidamente, percebeu-se que o marfim também não seria uma alternativa viável como matéria prima, porque era originado principalmente de presas de elefantes. Para extrair o marfim era necessário abater estes animais, o que quase os levou à extinção. Economicamente, a utilização dessa matéria prima também não foi uma boa alternativa, visto que o valor das peças fabricadas era muito alto, refletindo a dificuldade, os riscos do processo de aquisição do material e o impacto ambiental. A busca para substituir o marfim ocorreu por meio de um incentivo da indústria, especificamente a que produzia bolas de bilhar, que ofereceu um prêmio vultoso em dinheiro para o pesquisador que desenvolvesse um material com propriedades físicas semelhantes ao marfim (CANTO, 1995).

John Wesley Hyatt (1837 - 1920), um cientista americano, desenvolveu um material cuja composição era nitrato de celulose solubilizado em éter e/ou álcool, denominado “colódio”. Esta mistura nada mais era do que um medicamento usado sobre machucado na

pele (cortes), que exposto ao ar endurecia com a evaporação do solvente, formando uma crosta tão dura, que poderia ser um substituto para o marfim (CANTO, 1995).

No ano de 1846, na Suécia, a síntese do nitrato de celulose foi desenvolvida por Christian Fredrich Schönbein (1799 - 1868) a partir da reação do algodão com o ácido nítrico. Por outro lado, John Wesley Hyatt, após diversos testes, propôs a síntese de um material a partir da mistura de nitrato de celulose e cânfora, em proporções adequadas, a altas temperaturas e pressões. Apesar de ter desenvolvido um substituto para o marfim, Hyatt não ganhou o prêmio em virtude da alta inflamabilidade do material. Mesmo assim, este foi patenteado em 1870 com a denominação de celulóide, sendo reconhecido como o primeiro plástico (MANO, 1998).

O celulóide foi utilizado na produção de rolos de filme para máquina fotográfica, por muitos anos. O material também impulsionou, no ano de 1980, a indústria cinematográfica, além de transformar a Kodak numa grande indústria (CANTO, 1995).

Embora o celulóide tenha sido o primeiro material classificado como polimérico, ele não foi o primeiro polímero que o homem teve contato. Mesmo sem tal classificação, a graxa e as resinas foram os primeiros materiais poliméricos utilizados, sendo estes, polímeros naturais. Segundo documentos históricos, os egípcios usavam essas graxas em carimbo e colas em atividades diárias (CANEVAROLO, 2006).

Em relação ao Brasil, pode-se dizer que em termos de polímeros começamos nossa história com a extração do látex do caule da *Hevea brasiliensis*. O látex é um líquido branco e viscoso, que apresenta propriedades como alta elasticidade e flexibilidade. Porém, foram os portugueses e os espanhóis, no período da colonização, que perceberam e reconheceram as possibilidades de sua utilização. O látex foi então levado para Europa, e denominado como borracha por conseguir apagar os traçados feitos com lápis (CANEVAROLO, 2006).

Em 1839, a borracha foi utilizada nas pesquisas de Charles Goodyear (1800 - 1860), que propôs um processo denominado vulcanização e trata da adição de enxofre ao látex, atribuindo-lhe maior resistência e durabilidade. Posteriormente, este material foi direcionado para a utilização na fabricação de pneus (CANEVAROLO, 2006).

Com isso, é possível perceber que a pesquisa na área de polímeros existe no mundo há bastante tempo, principalmente em países como Alemanha, Inglaterra, França, Estados Unidos e Rússia. Segundo Mano (1998), nos idos de 1780, período da Revolução Industrial,

já se pensava em novos materiais para impulsionar a indústria, sobremaneira à de produtos químicos.

Pode-se dizer que o grande desenvolvimento de pesquisas na área de polímeros gerou uma gama de materiais com propriedades diferentes e usos diversos. Antes deles, os materiais mais usados eram metal, vidro e papel, que comparados aos polímeros apresentam desvantagens importantes, principalmente, quanto à reatividade, ao peso e à resistência, respectivamente (CANEVAROLO, 2006).

Assim, entender um pouco sobre os polímeros é relevante para se fazer melhores escolhas, além de compreender possíveis riscos a que estamos expostos. Afinal, é a partir da composição e das interações químicas dos materiais com o meio que podemos perceber melhor a real influencia dos objetos em nossa vida. Por isso, consideramos importante falar sobre o que é um polímero, qual a sua constituição e tipos de interações. Podem essas interações nos ser malélicas?

Os polímeros, também conhecidos como macromoléculas, são constituídos de unidades repetidas, fato que justifica sua denominação, afinal a palavra é composta por *poli* (muitos) e *mero* (a unidade de repetição), além da característica de possuir alta massa molar (CANEVAROLO, 2006). O que dá origem aos meros é conhecido como monômero. A estrutura destes é modificada ligeiramente para que ocorram ligações covalentes, unindo um grande número de meros. É importante salientar que o monômero é o que caracteriza o polímero. Um bom, exemplo disso é o polietileno (PE), cujo monômero é o etileno, que desfaz sua dupla ligação para ligar-se a outro etileno e, assim, constituir uma macromolécula com milhares de meros de etileno. Na Figura 1, pode-se ver a fórmula estrutural tanto do monômero, etileno, como do polímero, sendo destacado o mero (CANEVAROLO, 2006).

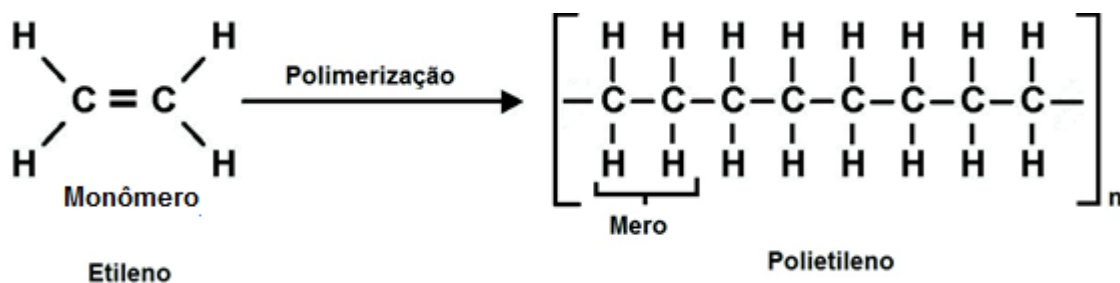


Figura 1: Representação da equação química de formação do PE.

Para que a síntese de um polímero seja possível, ele deve ser constituído por monômeros bifuncionais, ou seja, que tenham dois pontos disponíveis para a ocorrência de reações químicas, como ligações duplas, ou grupos funcionais reativos. Esses grupos não necessariamente devem ser iguais, isto é, um polímero pode ser constituído de mais de um grupo funcional, assim classificado como um copolímero. Seus grupos funcionais podem reagir de forma que a ordem de suas repetições seja mantida ou não (Figura 2). Este comportamento atribui características determinantes para as propriedades do material (CANEVAROLO, 2006).

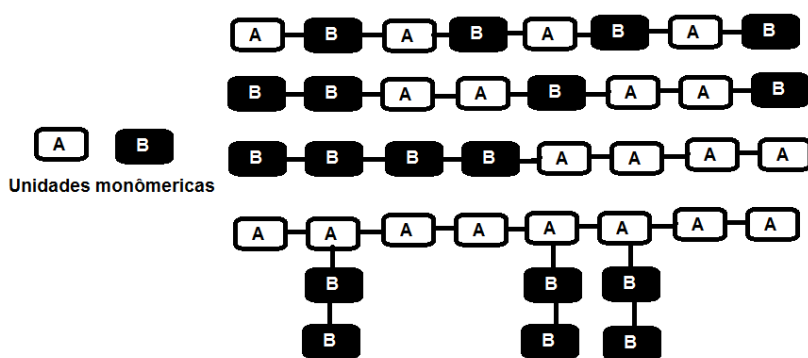


Figura 2: Representação didática de diferentes tipos de copolímeros.

As propriedades químicas e físicas dos polímeros também são determinadas de acordo com as características do mero que o compõe. Sendo assim, a forma com que estão ligados e distribuídos na cadeia polimérica definirá a possível aplicação do material (CANEVAROLO, 2006). Portanto, é o monômero que gera a classificação dos polímeros, dividindo em três grandes grupos: os plásticos, as borrachas e as fibras.

Quando se considera o comportamento mecânico do plástico, eles são divididos em dois grupos, os termoplásticos e os termorrígidos. Os termoplásticos são moldáveis a temperaturas elevadas, sendo, por isso, possíveis de reciclagem. Diferente dos termorrígidos, que não se moldam a elevadas temperaturas e acabam por se decompor (CANEVAROLO, 2006).

A utilização dos termoplásticos e termorrígidos no nosso dia a dia é vasta. Os termorrígidos usuais são os poliésteres insaturados como epóxi encontrados nos plásticos reforçados com fibras de vidro; os fenólicos são fontes de adesivos, resinas, espumas isolante anti-chama, Bakelite® e as poliuretanas (PU) aplicadas em molduras, estofados de

automóveis, colchões, isolantes térmicos e acústicos, roupas impermeáveis etc. (MORASSI 2013).

Já, entre os termoplásticos, utilizamos com frequência o polietileno tereftalato (PET), nas embalagens de refrigerante, de água e de alguns alimentos; policloreto de vinila (PVC) usados em telhas de casas, portas sanfonadas, persianas, tubo de esgoto, molduras de paredes e isolante de cabos elétricos. Além disso, tem-se o polietileno (PE) empregado em filmes para embalagens e diversos artigos domésticos; o polipropileno (PP) usado principalmente na indústria automobilística. O policarbonato (PC) é encontrado em vidros blindados, faróis de automóveis, na indústria aeronáutica em garrafas, CDs, recipientes para filtro, interiores de aviões e vitrines. A poliamida (PA), comercialmente conhecida como Nylon, é aplicada principalmente em roupas. O poliacetal (POM) que possui características lubrificantes, e o politetrafluoretileno (PTFE), conhecido como teflon, é encontrado nas panelas antiaderentes (MORASSI, 2013).

Outra propriedade de extrema importância é o comportamento mecânico do polímero, que define sua forma de aplicação. Assim, para modificar ou ressaltar propriedades físicas de um determinado polímero, ele pode ser usado como matriz, sendo a ele adicionado reforços como fibras naturais. Esse polímero reforçado é denominado compósito. As matrizes poliméricas amplamente utilizadas são poliolefinas, policarbamatos, poliamidas, poliésteres e poliuretanas (SERBAROLI Jr., 2001).

As fibras costumam atribuir aos polímeros uma melhoria em suas propriedades mecânicas, deixando-os mais rígidos e resistentes (SALES, 2013). Fato que direciona a aplicação desses materiais para peças que precisam de tais características. Um exemplo são os carros que utilizam em muitas de suas peças polímeros reforçadas com fibra de vidro.

Na matriz polimérica, além das fibras, podem ser utilizados diversos aditivos, como os plastificantes, estabilizantes, lubrificantes, cargas, espumante, antiestáticos, nucleantes, modificadores de impacto e retardantes de chama (RABELLO, 2000).

A grande maioria dos plásticos utilizados comercialmente possui algum tipo de aditivo, que é adicionado em uma etapa de fabricação, na síntese, no processamento ou na etapa de mistura. Então, utilizam-se aditivos com o propósito de modificar o material polimérico, imprimindo melhorias em suas características e aumentando sua aplicabilidade. Eles agregam valor ao novo material e podem até substituir materiais de alto custo por um novo com um menor custo, sendo economicamente mais viável (RABELLO, 2000).

Os retardantes de chama são aditivos amplamente utilizados e o foco desse trabalho é propor uma atividade experimental, que gere uma discussão sobre os materiais com esse tipo de aditivo. Eles modificam o teor de combustibilidade, evitando a rapidez na propagação do fogo. Sendo assim, o polímero aditivado com retardante queima em baixa velocidade e a chama apaga quase que momentaneamente quando a fonte é removida (RABELLO, 2000). Devido a suas propriedades e o vasto uso atualmente, aprofundaremos no próximo capítulo os conhecimentos sobre os polímeros com retardantes de chama.

CAPÍTULO 2

POLÍMEROS ADITIVADOS COM RETARDANTE DE CHAMA

Alguns polímeros já possuem como propriedade intrínseca o retardamento de chama devido à sua constituição. São eles os polímeros cuja estrutura contem halogêneos, como o policloreto de vinila (PVC) e o politetrafluoretileno (PTFE), além daqueles que possuem elevada aromaticidade como o polioxifenileno (PPO), polisulfeto de p-fenileno (PPS) e as polisulfonas (RABELLO, 2000).

Os polímeros com retardantes de chama estão muito presentes em nossas casas, carros, roupas, shoppings, boates etc. (SERBAROLI Jr., 2001). A grande maioria desses materiais é utilizada para a construção civil, transporte, indústria automobilística, têxtil, aeronáutica, moveleira e em eletroeletrônicos.

A construção civil lidera o uso desses materiais, visto que são aplicados como isolantes térmicos, que revestem paredes, coberturas e tetos, além de servirem como uma proteção para cabos condutores na parte elétrica das nossas casas (SERBAROLI Jr., 2001). Já na indústria automobilística, os polímeros com retardantes estão nas peças dos motores, painéis e assentos.

Em nossas casas, esses termoplásticos anti-chamas encontram em quase todos os aparelhos eletrônicos, como TV, equipamentos eletrodomésticos, caixas de interruptores, conectores e *plugs* (GALLO, AGNELLI 1998; NUNES, 2010). Importante observar que para eles serem fabricados e utilizados devem atender leis específicas para cada setor industrial, além de necessariamente estarem de acordo com leis nacionais e internacionais para materiais inflamáveis.

Para se estabelecer possíveis vantagens e desvantagens na utilização dos polímeros anti-chamas, faz-se necessário compreender como ocorre o processo da sua combustão, a interferência dos aditivos no processo e de que forma isso pode nos afetar (NUNES, 2010).

Sabe-se que a combustão é um processo químico e físico, resultando na formação de substâncias gasosas como vapor de água, CO₂, CO e até sólidos como o C (grafite). Esse

processo envolve cinco estágios, o aquecimento, a pirólise, a ignição, a propagação e a extinção, estágios que estão correlacionados com o aumento da temperatura no processo em função do tempo, como indica o gráfico da Figura 3 (NUNES, 2010).

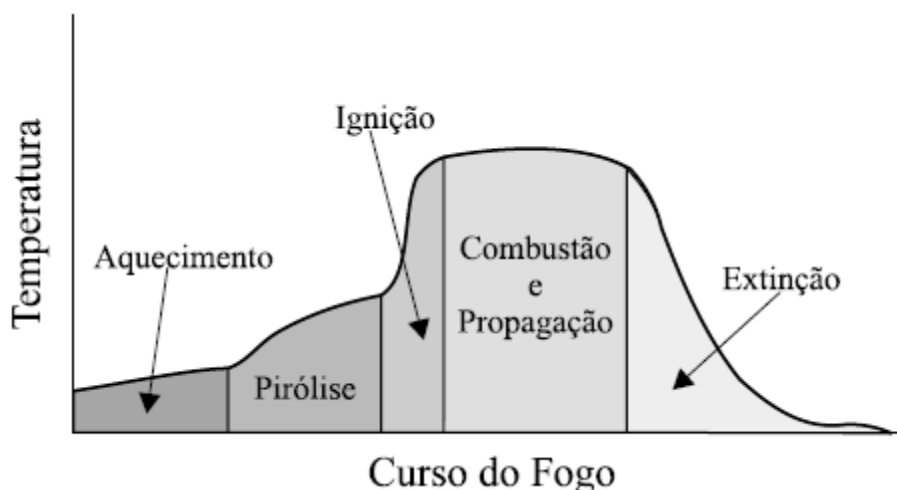
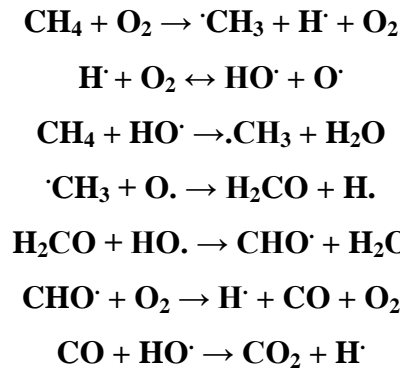


Figura 3: Etapas do processo de queima em função da temperatura (Fonte: GALLO; AGNELLI, 1998).

Durante a primeira etapa, o calor retirado de uma fonte externa é transferido para o material polimérico de forma progressiva, acompanhado de um aumento de temperatura. A transferência pode ser realizada por contato direto do material com a chama, por gases quentes ou ainda por contato com outro sólido a alta temperatura. Este processo depende do calor específico do material, que é a quantidade de energia necessária para elevar 1 °C/g do material; da condutividade térmica, que é a capacidade de uma substância conduzir calor; além do calor latente caso ocorra mudança de fase, tendo em vista que essa é a medida da quantidade de calor que um corpo precisa receber ou ceder ao meio para mudar de estado (GALLO; AGNELLI, 1998).

Na fase da pirólise, o material atinge uma elevada temperatura e inicia o processo de liberação de gases, que podem ser combustíveis, como alcanos, alcenos, formaldeídos e monóxido de carbono; não combustíveis, a exemplo de vapor de água e dióxido de carbono; corrosivos, caso do cloreto e brometo de hidrogênio; além de uma eventual liberação de líquidos, referentes à degradação de alguma parte na cadeia polimérica ou mesmo partículas sólidas como fuligem ou os aditivos constituintes e radicais livres. O fator determinante nessa etapa é dependente da temperatura de início do processo da pirólise de cada componente.

Sendo que, na grande maioria dos casos, a pirólise ocorre por mecanismos de radicais livres, como está representado no Esquema 1 (NUNES, 2010; GALLO; AGNELLI, 1998).



Esquema 1: Representação da reação radicalar, que utiliza o metano como exemplo de gás combustível

Durante a etapa de ignição, os produtos da pirólise (etapa anterior) são fundidos na superfície do material, entrando em contato com o oxigênio, reação que ocorre em região denominada zona de queima gasosa. Nessa etapa, o contínuo fornecimento da fonte externa favorece que o material chegue a temperaturas extremas, ocasionando sua ignição. Há duas temperaturas características nesse processo, a primeira em que a queima ocorre, denominada de ponto de fulgor, e a segunda, conhecida como ponto de ignição. O ponto de fulgor é a menor temperatura que um combustível inicia a liberação de vapor, porém esta não é suficiente para que a queima seja mantida. Já quando a temperatura de ignição é atingida, inicia-se a queima devido a um aumento de vapores liberados que mantém a propagação de calor, até a combustão. Saber o índice de oxigênio de um material é extremamente importante, pois determina a concentração mínima de oxigênio que um material deve estar em contato com ele para que ocorra o início da queima (GALLO; AGNELLI, 1998).

Na quarta etapa, os radicais livres formados durante o processo da pirólise, geram reações extremamente exotérmicas, iniciando o processo denominado como retroalimentação. Nesta etapa, a quantidade de calor é tão alta que pode se propagar por todo o material. O fator determinante nessa etapa é o calor de combustão dos componentes da matriz polimérica (GALLO; AGNELLI, 1998).

A última etapa, a de extinção, é referente ao momento em que começam a se tornarem escassas as quantidades de combustível e de comburente, fato que acaba por diminuir o calor

gerado nas reações químicas subsequentes, ao ponto deste não ser suficientemente alto para manter o processo de combustão. Sendo assim, o fator determinante para a continuidade ou não do fogo seria a disponibilidade de combustível e comburente durante esta etapa (GALLO; AGNELLI, 1998).

Fica claro que, para a combustão ocorrer, faz-se necessária a ação conjunta do combustível com o comburente na presença de uma fonte de ignição. O combustível é qualquer material que seja suscetível à combustão. O comburente é toda substância que, quando está associada quimicamente ao combustível, é capaz de fazê-lo entrar em combustão, há exemplo possuímos os peróxidos e os nitratos, sendo o gás oxigênio o mais comum. Por sua vez, a fonte de ignição é qualquer dispositivo que aqueça o material, sendo responsável pelo início do processo do fornecimento de calor. Com a retirada de qualquer um desses componentes a chama se extingue (NUNES, 2010).

Para minimizar os efeitos desastrosos da queima de determinados materiais, como os polímeros, é utilizado um importante aditivo, o retardante de chama, que agirá em uma dessas três fases: química, física ou evitar a formação do fogo (NUNES, 2010).

Entre as formas de ações físicas, destacamos o resfriamento, com a formação de uma camada protetora ou com a diluição do combustível gasoso (NUNES, 2010). No resfriamento, ocorre uma reação endotérmica. O aditivo em contato com o calor reage de forma a absorvê-lo, ocasionando a redução da temperatura do material (substrato) para valores abaixo da temperatura da pirólise. Exemplos mais comuns desse tipo de retardante são o hidróxido de alumínio (trihidratado) e o hidróxido de magnésio (NUNES, 2010; GALLO; AGNELLI, 1998).

O retardante de chama também pode agir formando uma camada protetora, após o início da queima, que blinda a fase sólida do substrato da fase gasosa do comburente. Nesse caso, ocorre a formação de uma superfície sólida ou gasosa, que interrompe a retroalimentação, sendo responsável pela descontinuidade do fogo. Esta camada pode ser formada por compostos essencialmente de carbono e hidrogênio, com massas molares elevadas (denominada camada carbonácea) ou pela formação de uma camada viscosa, que também faz a proteção do polímero pela formação do substrato. Ela funciona dificultando a transferência dos gases combustíveis gerados pela queima do substrato, para a superfície em que estaria ocorrendo a queima gasosa. Compostos halogenados fosforados são os

normalmente aplicados por agirem dessa maneira (NUNES 2010; GALLO; AGNELLI, 1998).

A diluição dos combustíveis também é um mecanismo de ação dos retardantes de chama. Nesse processo, são adicionados compostos, que em presença do calor liberam gases inertes, diluindo os combustíveis, minimizando sua ação, tanto na fase gasosa quanto na fase sólida. Fisicamente, esse processo atribui ao material um ponto de fulgor superior ao inicial, característica que dificulta o início do processo de liberação de gases para a combustão. Um exemplo é quando há incorporação de hidróxido de alumínio ou de bentonita (um tipo específico de argila) à matriz polimérica (NUNES, 2010; GALLO; AGNELLI, 1998).

As formas de ações químicas são divididas em duas possíveis formas, de acordo com a fase em que geram a reação, podendo ser reações na fase gasosa e reações na fase sólida (NUNES, 2010).

Nas reações na fase gasosa, o aditivo reage nesta fase, com os compostos que poderiam formar os radicais livres ou outros gases inflamáveis. Como estes são os responsáveis pelo início do processo de combustão, dificultar sua formação é algo útil para evitar a combustão do material. Dessa forma, grande parte das reações exotérmicas é interrompida, fato que gera um resfriamento em todo o material. Assim, mesmo que o processo de queima possa ter iniciado, a ação desse aditivo faz com que a chama seja extinta (NUNES, 2010).

Em reações no estado sólido, duas diferentes reações podem ocorrer. O aditivo retardante pode acelerar o processo de combustão, ocasionando a fragmentação rápida do polímero, e por falta de combustível ocorre a extinção da chama. O aditivo também pode agir formando uma camada protetora carbônica (carbonácea) de compostos formados de carbono e hidrogênio com massa elevada. A formação de duplas ligações nesses compostos, durante o início de queima, é favorável, já que pode ocorrer por desidratação. Essas insaturações são úteis para a proteção do material (formadas na camada do substrato) por sua polaridade, pois impedem que gases combustíveis cheguem ao material (GALLO; AGNELLI, 1998).

Os principais tipos de compostos utilizados como agentes retardantes de chama são; hidróxido de alumínio, borato, fosfato, halogenados, trióxido de antimônio e hidróxido de magnésio (GALLO; AGNELLI, 1998).

O hidróxido de alumínio, $\text{Al}(\text{OH})_3$, similar ao hidróxido de magnésio, $\text{Mg}(\text{OH})_2$, quando utilizados como aditivo, faz com que o polímero só inicie uma desidratação a 230 °C,

devido à reação representada abaixo, que utiliza 283 calorias por grama de material. Sua taxa máxima de decomposição é em torno de 300 a 350 °C, temperaturas que coincidem com a maior parte dos polímeros usuais (GALLO; AGNELLI, 1998).

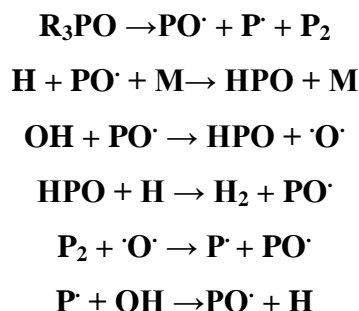


Durante a decomposição térmica, o hidróxido de alumínio absorve parte do calor de combustão para o substrato que foi formado da zona de queima, impedindo o fenômeno de retroalimentação térmica, pois ele resfria a superfície, o que reduz as taxas de aquecimento e a pirólise. Além disso, é coerente observar que, durante a queima, há uma grande liberação de água, absorvendo altas quantidades de calor. O trióxido de alumínio formado age também como uma zona de proteção, isolante térmica, reduzindo a troca de calor do combustível para o comburente. O vapor de água também formado atua como diluente do oxigênio disponível, na zona de queima gasosa. Assim, é a combinação de todos os processos que fazem do hidróxido de alumínio um eficaz retardante de chama (GALLO; AGNELLI, 1998).

O borato é utilizado com o auxílio de outros aditivos similares ao trióxido de antimônio, visto que no momento de decomposição ele funde, formando uma camada de borax ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$) sobre o substrato, isolando a zona de pirólise da zona de queima gasosa. É perceptível então, que este não possui uma grande eficiência, quando utilizado isoladamente (GALLO; AGNELLI, 1998).

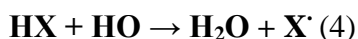
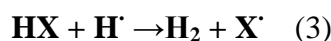
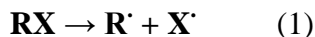
Os fosfatos podem agir de diferentes formas e em diferentes fases. Sua ação pode ocorrer na fase gasosa, na fase sólida ou nas duas ao mesmo tempo. Alguns compostos fosforados, em contato com calor, podem gerar ácido fosfórico ou ácido polifosfórico, que formam uma camada viscosa, protegendo o substrato do polímero da fase gasosa. Propostas de ação de compostos fosforados na fase gasosa são embasadas no uso de óxido de trifenilfosfina fosfato, cuja reação recombina hidrogênios e faz a eliminação de oxigênio radicalar pela reação com o fósforo molecular descrita no Esquema 2 (GALLO; AGNELLI, 1998).

O Esquema 2 representa as equações químicas e a ação que será predominante depende da característica da matriz polimérica, cujo aditivo está sendo adicionado, combinado com a estrutura do composto fosforado (GALLO; AGNELLI, 1998).



Esquema 2: Representação da reação radicalar de compostos fosforados (JOSEPH P.; EBDON 2009).

Os compostos halogenados, preferencialmente os carbohalogenados (R-X), interferem no mecanismo dos radicais livres presentes em fase gasosa, pois os radicais OH e H formados na primeira etapa de combustão são neutralizados pelos carbohalogenados, de acordo com o Esquema 3 (GALLO; AGNELLI, 1998).



Esquema 3: Representação da ação dos aditivos halogenados retardantes de chama.

Os radicais de alta energia H e OH são substituídos pelos halogenídricos, que possuem baixa energia, sendo incapazes de manter uma reação de combustão (GALLO; AGNELLI, 1998). Os halogenados que não atuam como retardantes de chama são os agentes fluorados e os iodados, pois a ligação C-F é forte suficiente para não ser rompida mesmo em altas temperaturas, sem gerar o radical do flúor. E, no caso dos iodados, a ligação C-I é tão fraca que não possui energia suficiente para reagir com os prótons da ligação C-H (GALLO; AGNELLI, 1998).

A grande maioria dos polímeros pode ter a sua inflamabilidade reduzida, podendo servir como matriz polimérica para a adição de aditivo com retardante de chama. A introdução do aditivo, geralmente ocorre, durante o processamento de extrusão ou injeção do

polímero. Como o PVC, nitrato de celulose, borrachas cloradas, borrachas nitrílicas e borrachas de estireno-butadieno, que passam por esse processamento (SCHWARCZM, 2005; NUNES 2010). É importante notar que mesmo os materiais que possuem em sua matriz polimérica o aditivo retardante de chama mais eficaz, não resistem se a chama sobre ele for emitida com grande frequência e alta intensidade (RABELLO, 2000).

A utilização de materiais modificados com esse tipo de aditivo é elevada, sabendo que o crescimento mundial de uso desse aditivo é de 8 a 10% por ano. Porém, no Brasil, o consumo ainda é pequeno, considerando que a legislação brasileira regula a utilização desse material (RABELLO, 2000).

CAPÍTULO 3

PROPOSTA DIDÁTICA

Por considerar a importância da experimentação no ensino de Ciências, visto que a atividade experimental consegue contextualizar, e ser iniciador da construção de um conceito, o trabalho em questão propõe um novo experimento, para que seja possível o trabalho do conceito de polímeros aditivados com anti chama.

Foi elaborado então, um texto motivador (Apêndice 1) que antecede ao experimento (Apêndice 2), estes seguidos de questões reflexivas, como auxílio para o aluno e para o professor, pois assim eles poderiam perceber o nível de compreensão dos conceitos trabalhados.

O experimento valoriza a investigação e possui como foco os alunos do ensino médio. Sua temática é polímeros, em específico aqueles com propriedades retardantes de chama. Baseado na limitação de atividades experimentais do conteúdo de polímeros, da pouca importância que se dá a esse assunto, e da importância da experimentação em sala de aula, é que foi pensado esse trabalho.

O texto motivador traz uma explicação sobre os elementos necessários para que inicie o fogo, seguido de uma discussão das formas de extingui-lo. Os polímeros vêm sendo mostrados como os constituintes de boa parte dos materiais em todos os ambientes que vivemos, sendo então importante que eles possam ser um impedimento em caso de incêndio. Por isso, a relevância para a segurança de vários ambientes do uso de materiais adicionados com aditivos anti-chama. Por último, há uma sucinta explicação sobre a forma em que esses aditivos agem para ser retardante da chama.

O texto é seguido de um experimento, que é apresentado em estrutura investigativa, mostrando as três formas comuns de combater a chama, com a retirada do combustível, do comburente (abafamento) e do fogo (resfriamento). Em seguida, a ação e eficácia de dois aditivos anti-chama são mostrados, o ácido ascórbico (em cápsulas de vitamina C), e o hidróxido de alumínio (em medicamentos anti-ácidos).

O texto e o experimento são seguidos de questões que envolvem perguntas a cerca do conteúdo, pois irá investigar de que forma a atividade atingiu o aluno, auxiliando a construção dos conceitos ao longo do desenvolvimento de toda a atividade. É esperado que, com o desenvolvimento da prática o aluno consiga perceber os importantes aspectos, em relação as formas de combate a incêndio, a importância de materiais aditivados, e a relevância do desenvolvimento da Ciência, para a segurança da sociedade.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A utilização da experimentação no ensino de Ciências é primordial em qualquer nível de ensino para auxiliar na compreensão de conceitos, além de ser uma excelente forma de contextualização. Porém, esta é uma prática ainda pouco utilizada no cotidiano das escolas de nível médio e fundamental. Fato esse justificado pelo falta de laboratório, material, técnico e até pelo tempo insuficiente, visto que as aulas são de curta duração, e a escola costuma diminuir ainda mais esse tempo, com tantos eventos e projetos ao longo do ano letivo.

Há vários outros fatores que influenciam a não contextualização dos conceitos na escola e um desses que vem sendo apontado por pesquisas na área de ensino é a falta de experimentos de fácil realização, com o uso de materiais não impactantes ao ambiente e de baixo custo. Consideramos que uma proposta experimental deve levar em consideração a acessibilidade da maioria das estruturas das nossas escolas públicas, como a não existência de laboratórios e de muitos reagentes químicos ou mesmo equipamentos (balanças) e vidrarias precisas.

As estratégias de ensino-aprendizagem que valorizam o aluno e o seu nível de compreensão têm sido estimuladas, apesar de não serem usadas por boa parte dos professores de escolas públicas ou privadas. Isso vem ocorrendo em parte devido às práticas de ensino focadas nos aspectos teóricos, com objetivos centrados na memorização de conteúdos para a resolução de questões e não para o aprendizado significativo. Isso tem gerado uma legião de alunos fazedores de provas, sem uma cultura científica mínima, visto que as informações “transmitidas” não se transformam em conhecimento.

Então, o que se preconiza nos documentos norteadores da educação brasileira e que é tão almejado por educadores acaba não se efetivando nas escolas. Acreditando que o estímulo ao pensar, à formulação de argumentos, a elaboração, o teste e a defesa de hipóteses e de ideias e a reflexão sobre os resultados são ações inerentes do ensino de Ciências e devem se efetivar na escola, é que elaboramos a proposta que consta nos apêndices 1 e 2. Defendemos

que o professor deve participar ativamente do processo de construção de estratégias para a boa formação de seus alunos, futuros cidadãos da nação brasileira.

Sou da opinião que aqueles que amam de fato a profissão devem ser mais que professor dentro de uma escola, as vezes é necessário assumir a posição de conselheiro, pois nem sempre o aluno tem em seus pais orientadores. Nas escolas de nível fundamental e n a influência do professor muitas vezes é o diferencial para o futuro de um aluno. E o alcance de sua influencia é muito grande, já que passam em médio por um único professor, cerca de 500 alunos por ano letivo. Sendo assim, a postura do docente em sala de aula e o tratamento que ele dispensa para seus alunos, influenciaram na formação do indivíduo humano. Todos os docentes já foram alunos, e devem ter decidido por sua profissão baseados em momentos vividos junto a bons exemplos de um profissional professor. Faz parte de sua missão, além de compartilhar o conhecimento, extrair ou fazer emergir o que há de bom em cada aluno.

O experimento proposto nesse trabalho é para o nível médio e tem como pressuposto que se deve ensinar Química partindo-se do macroscópico, para o microscópico, por considerar a dificuldade que um aluno possui para abstrair e compreender os conceitos da Ciência. O assunto polímeros possibilita a visualização da Química como algo necessário para compreensão mais profunda de fenômenos do dia-a-dia, que envolvem o conhecimento de substâncias, materiais, cujos constituintes são moléculas e/ou átomos.

Um dos problemas encontrados nas etapas do experimento proposto foi a toxicidade dos gases produzidos como resultantes da queima dos materiais poliméricos aditivados com retardante de chama. Sendo assim, optou-se por um trabalho diferenciado, trazendo como alternativa, substâncias anti-chama que não geram gases tóxicos quando queimados.

O experimento é relativamente simples, fácil, e pode vir a motivar e estimular a formulação das explicações pelos alunos, dependendo, para isso, da forma como o professor irá explorá-lo no contexto da sala de aula.

Considero que trabalhar a problemática do fogo e das formas possíveis de extinção da chama é de extrema importância, visto a ocorrência de acidentes com incêndios de grande monta vivenciados nos últimos anos no Brasil. Ficou claro com o acidente da Boate Kiss, em Santa Maria, no Rio Grande do Sul, que há uma carência generalizada de conhecimento por parte da população brasileira, principalmente com respeito às formas de agir em caso de incêndios.

Então, faz parte do ensino de Química mostrar aos alunos como a Ciência vem buscando soluções, a partir do desenvolvimento de novos materiais, para situações de risco ou perigos eminentes. Isso mostra a Ciência não é algo distante da realidade e que não está a serviço da construção de conhecimento desvinculado à realidade dos alunos.

Todo o trabalho desenvolvido ao longo de um ano tem uma forte influência da vivência adquirida no Estágio Obrigatório, pois nessa atividade foi possível perceber necessidade e fragilidades do ensino público. Desde o início do estágio, percebi que a experimentação é sempre muito bem recebida em qualquer contexto escolar, pois participei da realidade dos alunos de ensino médio regular e de EJA. Portanto, propor um experimento que atingisse diferentes alunos, estimulando-os a curiosidade, o interesse, e fosse ao mesmo tempo uma proposta para desenvolver a investigação, foi um desafio, que acredito ter alcançado. Espero que o material desenvolvido seja útil e possa ajudar no desenvolvimento de conhecimentos em diversos âmbitos escolares.

Além disso, percebo que pude crescer como pessoa e como educadora que pretendo ser. Tenho plena convicção que meu papel como professora é muito significativo para o processo ensino-aprendizagem, mas vai além do compartilhamento de saberes, está na ordem do comprometimento com o outro, da doação daquilo que tenho de melhor.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL. Ministério da Educação – MEC, Secretaria de Educação Média e Tecnológica– Semtec. Parâmetros Curriculares Nacionais. Brasília: MEC/Semtec, 1998.

JOSEPH P.; EBDON. J. R. Cap. 5. Phosphorus-Based Flame Retardants. In: WILKIE C. A.; MORGAN A. B. **Fire Retardancy of Polymeric Materials**. 2º edição, London, New York. Editora CRC Press, 2009. Pag 120.

CANEVAROLO JR. S. V. **Ciência dos polímeros: um texto para tecnólogos e engenheiros**. 2ª edição. São Paulo. Editora Artliber, 2006.

CANTO, E. L. **Plásticos: bem supérfluo ou mal necessário?** 2ª edição. São Paulo: Editora Moderna, 2004.

GALLO. J. B.; AGNELLI, J. A. M. **Aspectos do Comportamento de Polímeros em Condições de Incêndio**. Polimeros: Ciência e tecnologia. Janeiro/Março, 1998.

MANO, E. B. **Aspectos Históricos de Ciência e Tecnologia de Polímeros no Brasil**. Polímero: ciência e tecnologia. n. 8, v. 4. Outubro/Dezembro. São Carlos. 1998.

Morassi O. J. Minicurso 2013: **Polímeros termoplásticos, termofixos e elastômeros**. Conselho Regional de Química IV Região (SP). Agosto 2013.

NUNES, S. A. **Influência do uso de retardantes de chama halogenados e não halogenados em poliolefinas**. Universidade federal de Santa Catarina. Tese de Mestrado. Florianópolis. Fevereiro, 2010.

RABELLO. M. **Aditivação de polímeros**. 1º edição. São Paulo. Editora Artliber, 2000.

J. D. O. Rodrigues ; T. F. da Silva ; LOPES, Roseany de Vascelos V ; Júlio L. de Macedo ; Sales, M. J. A. . **Estudo da estabilidade térmica de compósitos de poliuretanas obtidas do biodiesel do óleo de maracujá**. In: 20 Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais CBECiMat, 2012, Joinville- SC. 20 Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais CBECiMat, 2012. p. 402-146

SCHWARCZM J. <http://www.freepatentsonline.com/3945974.html> [Online] // Smoke suppressants for halogen-containing plastic compositions. - Highland Park, março 23, 1976.

www.freepatentsonline.com. SEBAROLI Jr., J. A. **Plastics 101 - A Primer on Flame Retardants for Thermoplastics.** *Plastic Engineering magazine. Ampacet Corporation, Tarrytown, N.Y. Agosto, 2006.*

APÊNDICE 1

Texto



O fogo: Como podemos controlar?

Como controlar o fogo?

Você viu ou esteve próximo a um incêndio? Já viu algum material começar a pegar fogo? Já se perguntou o motivo de alguns materiais pegarem fogo facilmente e outros não? Pensou sobre quais são os elementos necessários para iniciar uma combustão?

Para responder a qualquer uma dessas perguntas faz-se necessária a compreensão de diversos conceitos. Inicialmente, precisamos entender como ocorre a queima de materiais, a partir da sua natureza química e física. Também é importante saber como ocorre a proliferação da chama, e como se pode extingui-la. Informações sobre os tipos de fonte de calor, a composição destas fontes, as condições para que ocorra uma queima e as características do combustível são primordiais para começar a compreender todo o processo de combustão.

Então, a primeira coisa que precisa ficar clara é que para ocorrer uma combustão precisamos de três componentes: o combustível, o comburente e a fonte de ignição. Por isso, utiliza-se o triângulo do fogo para facilitar a compreensão dos elementos principais que o constituem. Afinal, sem algum desses três elementos não há fogo.

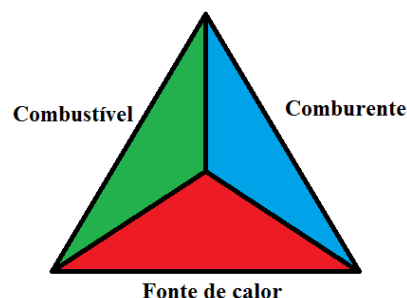


Figura 1 - Triângulo do fogo.

O combustível é todo material ou substância capaz de queimar, sendo a superfície, que acaba por alimentar a propagação da chama. O combustível pode estar nos três estados físicos (sólido, líquido e gasoso), sendo mais comum encontrá-lo no estado sólido.

O comburente é o responsável por manter a chama e controlar a intensidade da queima. O mais comum dos comburentes é o gás oxigênio (O_2).

Por sua vez, a fonte de calor é responsável pelo início da chama. É ela que fornece energia para a elevação de temperatura do combustível, que em contato com o comburente e começa a queimar. Essa fonte pode ser um fósforo, um isqueiro ou qualquer material que produza faísca.

Há, então, três formas de combater o incêndio, sendo elas, o resfriamento, o abafamento e o isolamento. Para o resfriamento, as fontes de calor devem ser retiradas. Fazemos isso quando jogamos água em algum material ardendo em chamas. Por outro lado, no abafamento, deve-se retirar o comburente. Um ótimo exemplo é

quando se joga um pano úmido em cima de uma panela que pegou fogo sobre o fogão. Quando fazemos isso, estamos impedindo o fluxo do gás oxigênio do ar atmosférico. Já, no isolamento provoca-se a retirada do combustível, ou seja, do material que permite a propagação da chama.

Logo, para evitar que o fogo se alastre e torne-se incontrolável, deve-se agir rapidamente, identificando esses três elementos (combustível, comburente e fonte de calor). Dessa forma, podemos decidir sobre qual dos elementos vamos atuar para extinguir a chama efetivamente, isto é, qual fonte será retirada. Afinal, dependendo do ambiente e situação em que o fogo está se alastrando, os componentes mudam completamente e a nossa ação fica comprometida.

Pense um pouco, qual seria o combustível, o comburente e a fonte de calor em um incêndio numa mata do Cerrado, ou em uma floresta? E no incêndio na cozinha de sua casa?

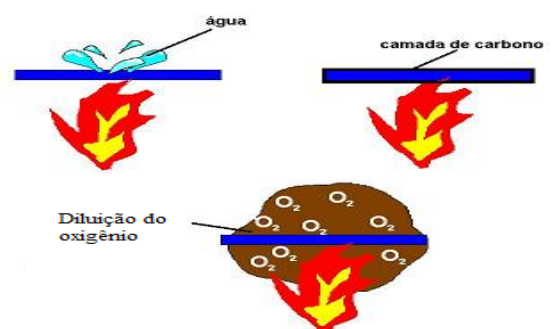
Por falar em cozinha, pensando em incêndio de utensílios plásticos, foram desenvolvidos materiais poliméricos especiais com aditivos que retardam a combustão, no momento em que entram em contato com uma fonte de calor constante. Os retardantes de chama são substâncias que encontramos hoje em dia em roupas, como nos uniformes dos bombeiros (kevlar), nos macacões de pilotos de corrida ou mesmo de avião de caça. Esses

plásticos com retardantes são encontrados em equipamentos eletroeletrônicos e nos revestimentos dos carros, por exemplo.



Figura 2 – Eletroeletrônico em combustão.

As substâncias retardantes agem em mais de um componente do triângulo do fogo, pois estão inseridos nos combustíveis, que nesse caso são materiais no estado sólido. No momento da queima, eles agem no comburente, diminuindo a concentração dos gases formados (gases oxidantes) que, em geral, favorecem a propagação do calor na queima. Ou até mesmo formando uma camada protetora sobre o combustível, evitando que a chama entre em contato com o restante do material. A sua característica química é que determinará a forma que cada aditivo irá impedir a propagação da chama.



Figura– Esquema de aditivos retardantes de chama.

É importante notar que essas substâncias que evitam a chama por retardamento. Porém, se o material mantiver contato constante com a fonte de ignição, acaba por queimar, pois a ação do retardante se torna insuficiente.

Interessante conhecer como a ciência estuda novos materiais, e

formas de nos proteger, não é? E, muitos de nós, nem se atenta para isso. A história dos plásticos com retardantes de chama pode servir de motivação para estudarmos ciências e, quem sabe, até nos tornarmos um cientista, para desenvolver novos materiais ou substâncias que ajudem a proteger as pessoas.

Pare, pense e responda:

1. Quais são as condições necessárias para a formação do fogo?
2. Como podemos extinguir o fogo?
3. Há novos materiais que ajudam na prevenção contra incêndio? Se sim, onde estão presentes e como agem?

APÊNDICE 2

Sugestão de experimento

Extinção do fogo

Parte 1: *Retirada do combustível.*

Materiais

- 1 bico de Bunsen
- 4 tiras de tecido de algodão (4 cm x 4 cm).
- 1 pinça.
- 1 cronômetro.

Procedimento

- Colocar um dos pedaços do tecido no fogo, cronometrando o tempo que ele queima completamente (aproximadamente 30 segundos). Anote o tempo que demora, para que toda a chama se propague.
- Colocar o segundo pedaço do pano em contato com a chama, 10 segundos a menos em relação ao tempo inicial do primeiro pedaço (aproximadamente 20 segundos). Anote o tempo para que toda a chama se propague.
- Colocar o terceiro pedaço em contato com a chama, 20 segundos a menos em relação ao tempo inicial do primeiro pedaço (aproximadamente 10 segundos). Anote o tempo para que toda a chama se propague.
- Colocar o quarto pedaço em contato com a chama, 25 segundos a menos em relação ao tempo inicial do primeiro pedaço (aproximadamente 5 segundos). Anote o tempo para que toda a chama se propague.
- Pesar todas as mostras de pano queimadas.
- Anotar as características físicas de todas as amostras.

Parte 2: *Retirada do comburente (abafamento).*

Materiais

- 2 tiras de tecido de algodão (4 cm x 4 cm).
- 1 placa de Petri (com tampa).
- 1 bico de Bunsen.
- 1 cronômetro.

Procedimentos

- Colocar a primeira tira de pano em contato (rapidamente) com a chama do bico de Bunsen.
- Retirar a amostra da chama e colocá-la na placa de Petri, sem tampar.
- Cronometrar e anotar o tempo que a chama leva para apagar.
- Colocar a segunda tira de pano em contato (rapidamente) com a chama do bico de Bunsen.
- Retirar a amostra da chama e colocá-la na placa de Petri e, em seguida, coloque a tampa (rapidamente).
- Cronometrar e anotar o tempo que a chama leva para apagar.

Parte 3: Retirada do fogo. (resfriamento)

Materiais

- 2 tiras de pano de algodão (4 cm x 4 cm).
- 1 placa de Petri.
- 1 bico de Bunsen.
- 1 pisseta com água.
- 1 cronômetro.
- 1 pinça.

Procedimento

- Colocar o tecido em contato com a chama do bico de Bunsen.
- Quando o tecido começar a queimar, colocar na placa Petri, sem tampa.
- Cronometrar e anotar o tempo que a chama leva para apagar.
- Colocar a segunda amostra em contato com a chama do bico de Bunsen.
- Quando o tecido começar a queimar, colocar na placa Petri, sem tampa.
- Em seguida, colocar água no tecido.
- Inicie a contagem do tempo no cronômetro, no momento que a água foi adicionada.
- Anotar o tempo que a chama leva para apagar.

Parte 4: Ação de aditivos que agem como retardantes de chama.

Materiais

- Solução de Vitamina C - $C_6H_8O_6$. (25 g.L⁻¹)

Considerando que cada comprimido possui 1g de ácido ascórbico, e a solução foi feita com 40 mL de água,

- 40 mL de hidróxido de alumínio - $Al(OH)_3$ (80 g.L⁻¹)

Considerando que a cada 15 mL do remédio antiácido há 1,2 g de hidróxido de alumínio.

Para o experimento foram utilizados 40 mL desse remédio.

- 3 tiras de tecido de algodão (12 cm x 2 cm)
- 1 cronômetro
- Fósforos

Procedimento

- Fazer a imersão de uma tira de tecido na solução de Vitamina C.
- Fazer a imersão de uma tira na solução de hidróxido de alumínio.
- Deixar as 2 tiras secarem por 24 horas.
- Pesar todas as 3 tiras, e anotar os valores (essas serão as massas iniciais).
- Amarrar as 3 fitas, de modo que fiquem estendidas.
- Colocar cada uma das fitas em contato com o fogo por 10 segundos.
- Cronometrar e anotar o tempo que a chama leva para apagar, de cada uma das tiras.
- Pesar novamente todas as 3 tiras (essas serão as massas finais).
- Comparar as massas iniciais e finais.

Pare, pense e responda:

1. Na parte 1. Quais foram às massas dos quatro tecidos? Qual foi o componente do triângulo do fogo retirado?
2. Na parte 2. Qual o tempo que o tecido? Por que o tecido?
3. Na parte 3. Por que a água apagou a chama do tecido. Pode-se dizer que a combustão se encerrou?
4. Na parte 4. Qual foi o tempo, que a chama levou para acabar, em cada uma das fitas? O fogo se propagou da mesma forma em todas as fitas? Descreva cada situação e diga a que você atribui qualquer mudança observada.
5. Na parte 4. Coloque em ordem crescente de velocidade de propagação da chama em cada uma das fitas. Como agem as soluções no processo de queima?

RESULTADOS

Parte 1.

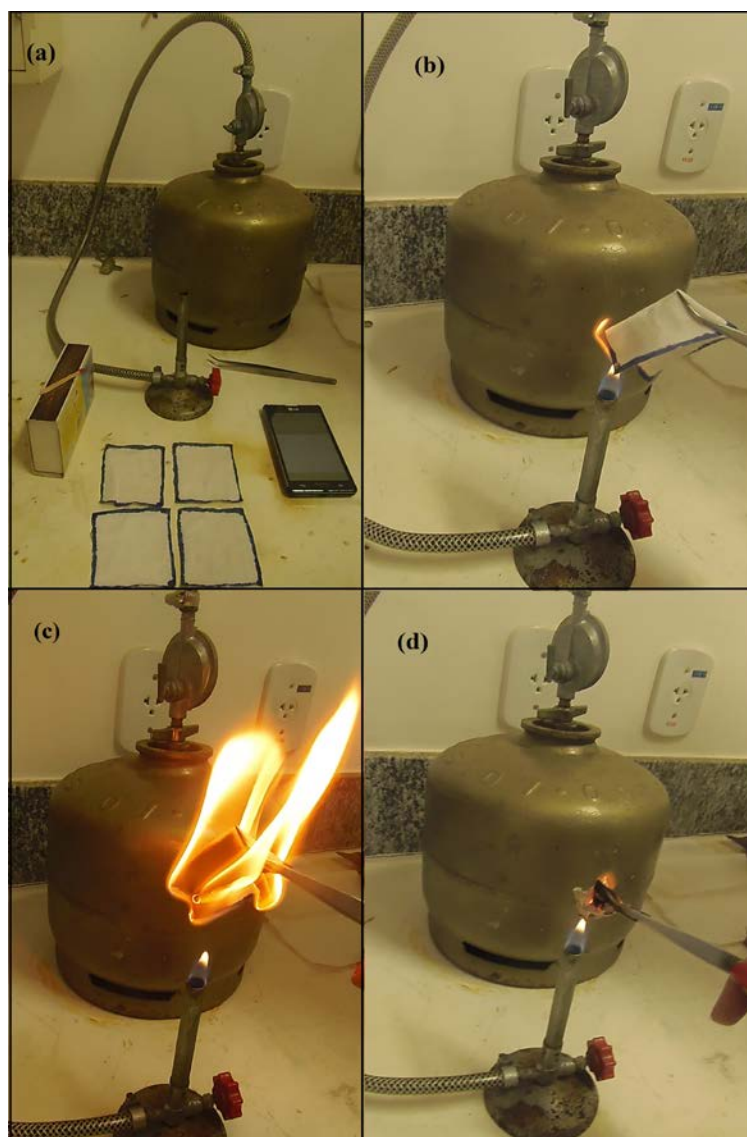


Imagem parte 1. *Retirada do combustível.* (a) materiais utilizados. (b) Primeira tira de tecido de algodão em contato com a chama. (c) Tira de tecido, completamente em chama, ainda em contato com o bico de Bunsen. (d) Tira de pano, completamente queimada.



Imagem parte 1. *Retirada do combustível.* (e) Tempo que levou para que a chama apagasse da primeira tira. (f) Segunda tira de pano, em contato com a chama.(g) Tira de tecido, completamente em chamas, ela que foi retirada do contato com o fogo, 10 segundos a menos, em relação a primeira tira.(h) Tempo que levou para que a chama apagasse da segunda tira

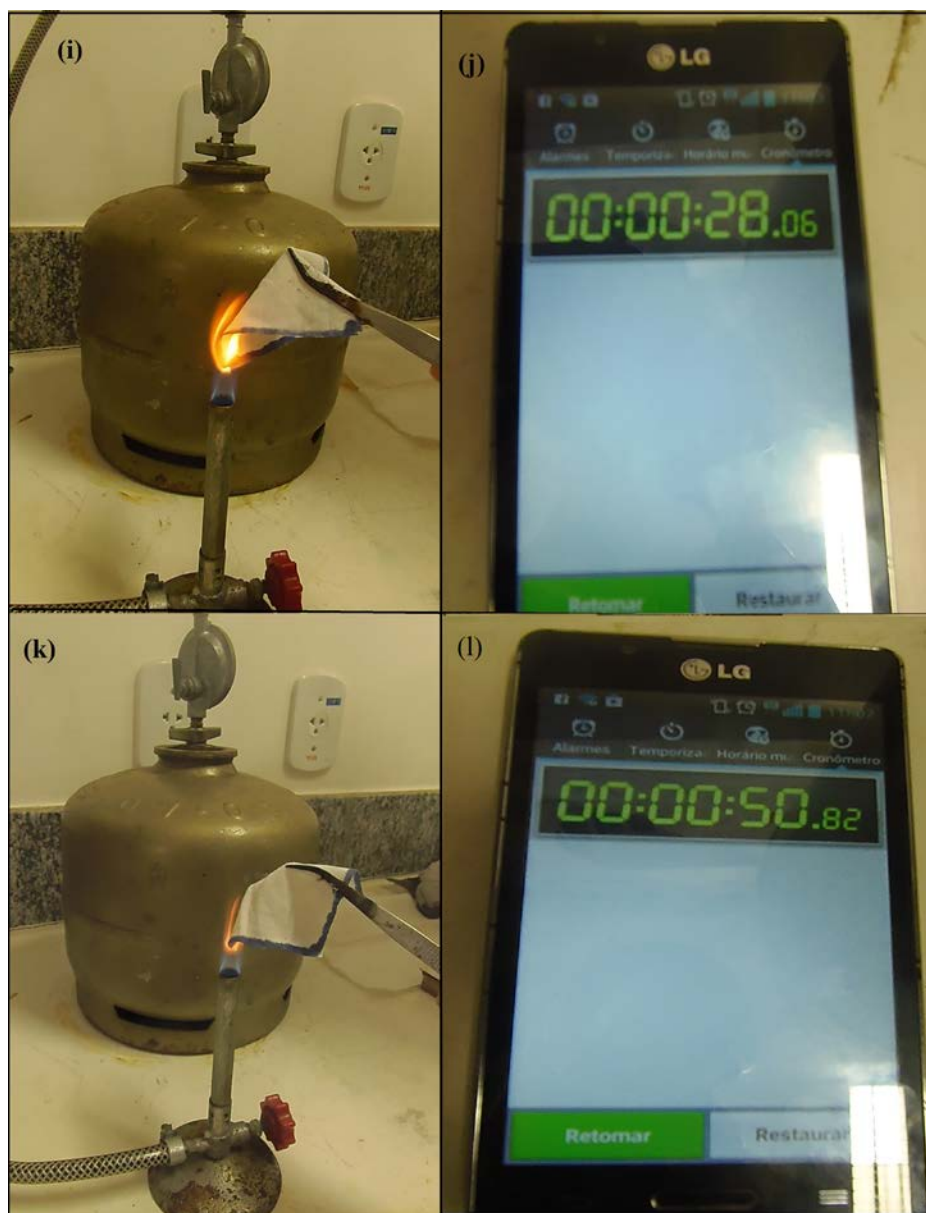


Imagem parte 1. *Retirada do combustível.* (i) Terceira tira de tecido em contato com a chama. (j) Tempo que levou para que a chama apagasse da terceira tira. Considerando que está permaneceu 20 segundos a menos em relação á primeira tira. (k) Quarta tira de pano, em contato com a chama. (l) Tempo que levou para que a chama apagasse da primeira tira. Considerando que esta permaneceu 25 segundos a menos em contato com a chama, em relação a primeira tira.

Parte 2

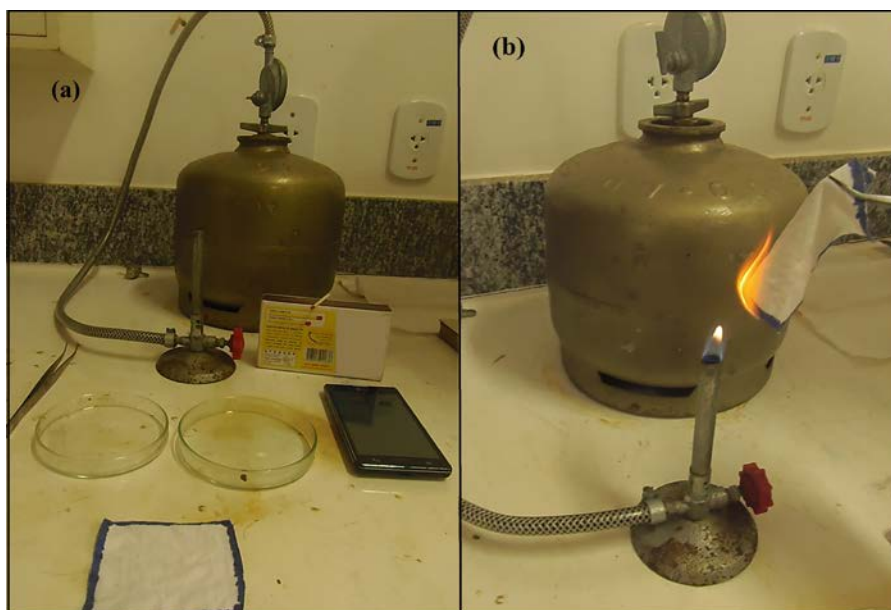


Imagem parte 2. *Retirada do comburente (abafamento)*. **(a)** Materiais utilizados. **(b)** Primeira tira de tecido, em contato com a chama do bico de Bunsen.

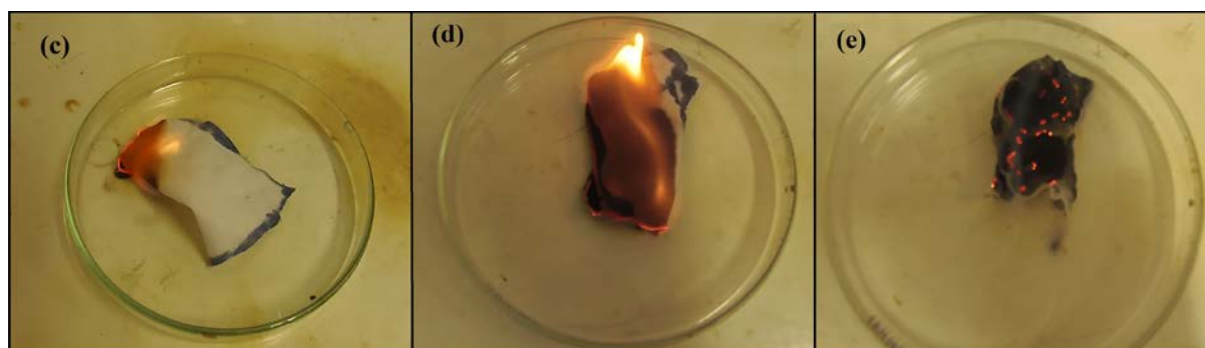


Imagem parte 2. *Retirada do comburente (abafamento)*. **(c)** Primeira tira de tecido sobre o vidro de relógio, no momento em que a chama começando a se espalhar. **(d)** Fogo se alastrando sobre a primeira tira de pano. **(e)** Primeira tira de tecido completamente queimada.

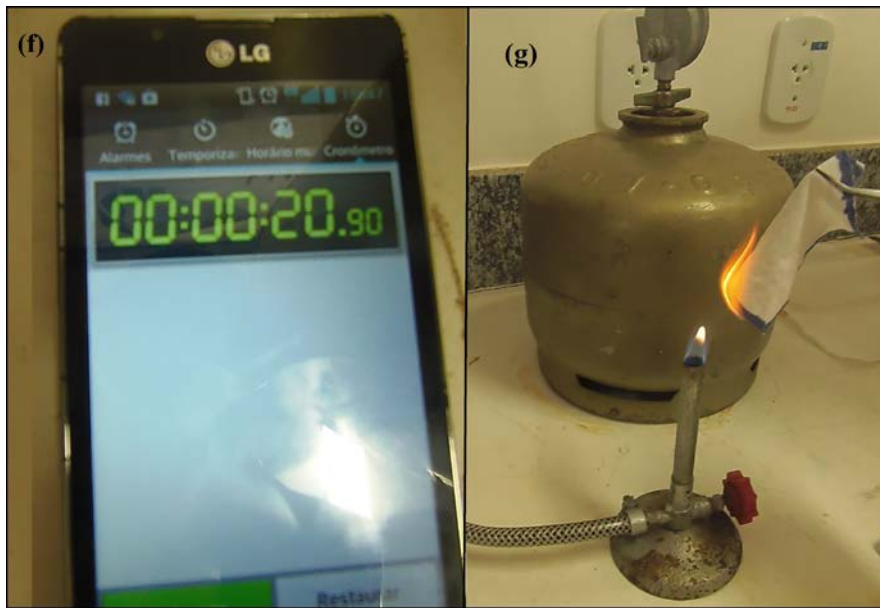


Imagem parte 2. *Retirada do comburente (abafamento)*. (f) Tempo que levou para que a chama apagasse da primeira tira (g) Segunda em contato com a chama.

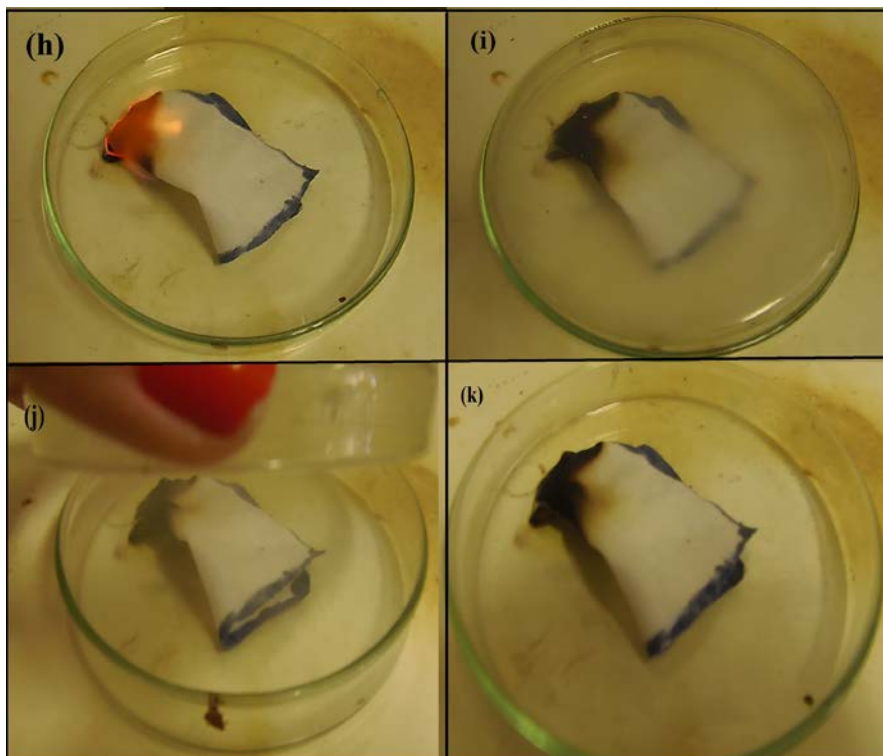


Imagem parte 2. *Retirada do comburente (abafamento)*. (h) Segunda tira de pano na placa de Petri em chamas. (i) Abafamento da tira de tecido em chamas. (j) Momento em que foi aberta a placa de Petri. É possível observar, o gás formado pela queima da tira. (k) Tira de pano parcialmente queimado. Nota-se que com o abafamento, o fogo parou de se alastrar sobre a superfície da segunda tira de tecido, e pouco dela foi queimada.

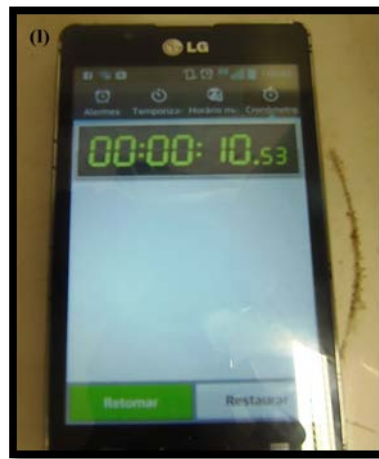


Imagem parte 2. *Retirada do comburente (abafamento)*. (I) Tempo que levou para que a chama apagassem da segunda tira

Parte 3



Imagem parte 3. *Retirada do fogo. (Resfriamento).* (a) Materiais utilizados. (b) Primeira fita entrando em contato com a chama. (c) se alastrando sobre a primeira tira de pano. (d) Momento em que o fogo está se alastrando sobre a superfície da primeira tira de pano.



Imagem parte 3. *Retirada do fogo. (Resfriamento).* (e) Primeira fita de pano, na placa de Petri, no momento em que o tecido está completamente queimada. (f) Primeira fita totalmente queimada. (g) Tempo levou para que a chama apagasse. (h) Segunda fita entrando em contato com a chama



Imagem parte 3. *Retirada do fogo. (Resfriamento)*. **(i)** Segunda fita de tecido, em combustão. **(j)** Segunda fita de pano, na placa de Petri, e em contato com a água. **(k)** Tira de tecido em contato com a água. **(l)** Tempo que levou para que a chama apagasse.

Parte 4



Imagem parte 4. *Ação de aditivos que agem como retardante de chama.* (a) Materiais utilizados. (b) Solução de hidróxido de alumínio (80g/L) (c) Solução de vitamina C - ácido ascórbico (25g/L). (d) As duas fitas sendo banhadas pelas soluções.

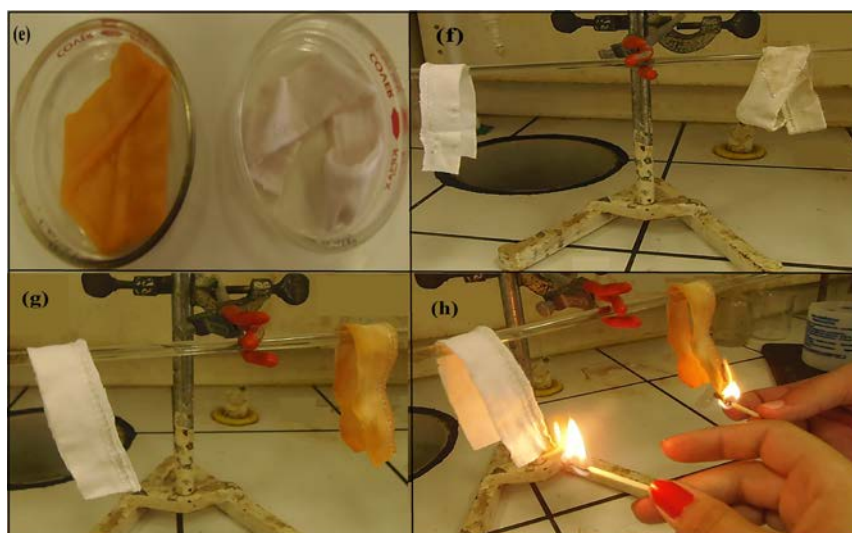


Imagem parte 4. *Ação de aditivo retardante de chama.* (e) As duas fitas de tecido após 24 horas que permaneceram em solução. (f) Fita de pano, que foi banhada com hidróxido de alumínio, e seca por 30 minutos em estufa, ao lado da fita de algodão sem nenhum aditivo. (g) Fita de tecido, banhada ela solução de vitamina C, e seca por 30 minutos, ao lado da fita de algodão sem nenhum aditivo. (h) Início da combustão da fita sem aditivo, com aquela que foi banhada com a solução de vitamina C. A imagem deixa claro, que o fogo foi colocado ao mesmo tempo nas duas fitas.

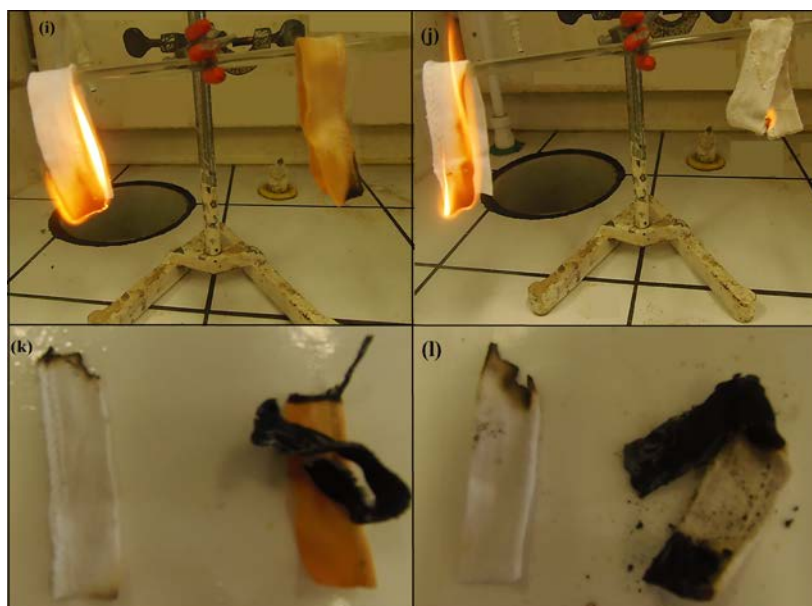


Imagem parte 4. *Ação de aditivo retardante de chama.* **(i)** A queima das fitas de tecido, a que foi banhada com a solução de vitamina C, e a que não possui nenhum aditivo. **(j)** A queima das fitas de pano, a que foi banhada com a solução hidróxido de alumínio, e a que não possui nenhum aditivo. **(k)** Comparação da queima da fita sem aditivo que permaneceu por 10 segundos em contato com o fogo, e da fita aditivada com ácido ascórbico, que permaneceu em contato com o fogo por 40 segundos. **(l)** Comparação da queima da fita sem aditivo que permaneceu por 10 segundos em contato com o fogo, e da fita aditivada com Hidróxido de alumínio, que permaneceu em contato com o fogo por 40 segundos.