

O USO DE RETARDANTES NO COMBATE A INCÊNDIOS FLORESTAIS

Antonio Carlos Batista¹

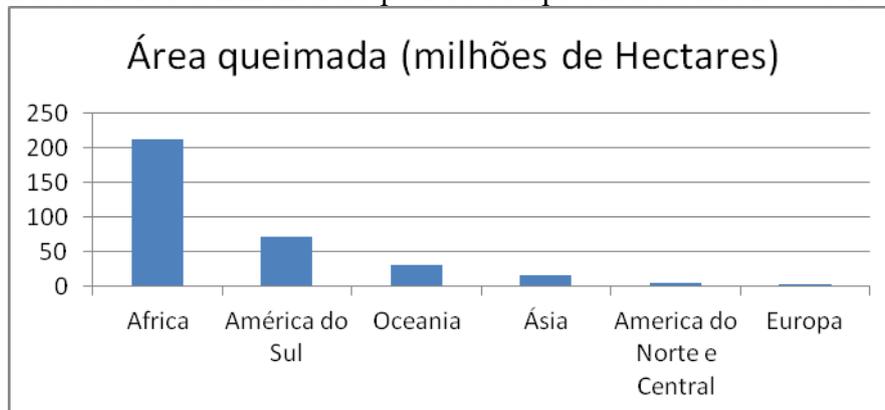
Dr. M.Sc. Professor Titular da Universidade Federal do Paraná

1. INTRODUÇÃO

Os incêndios florestais são um fenômeno global resultante da interação entre o clima, os combustíveis florestais e as atividades humanas. Os incêndios são também um componente crítico nas dinâmicas terrestres e atmosféricas do planeta. Recentes avanços nos sensores remotos a bordo de satélites têm demonstrado a importância dos incêndios em escala global. Estimativas sobre a área global queimada pelos incêndios florestais no período 1960-2000 variam entre 273 e 567 Mha, com uma média de 383 Mha (SCHULTZ *et al.*, 2008). Aproximadamente 80 a 86% da área total queimada ocorrem em campos e savanas, principalmente na África e Austrália, mas também no sul da Ásia e na América do Sul, enquanto que o restante ocorre em outras regiões de florestas do mundo. A queima de biomassa é um fenômeno contínuo e em escala global com os incêndios ocorrendo durante todo o ano em ambos os continentes (FLANNIGAN *et al.*, 2009).

Lierop *et al* (2015), analisando dados sobre distúrbios florestais em cerca de 155 países no período de 2003 a 2012, verificaram que em 140 países foram registrados incêndios florestais, sendo que o continente africano apresentou a maior área queimada anualmente, com cerca de 213 milhões de hectares queimados. Os autores contabilizaram ainda as seguintes médias anuais nesse período: 72 milhões de hectares na América do Sul, 17 milhões de hectares na Ásia, 5 milhões na América do Norte e Central e cerca de 3 milhões de hectares no continente europeu.(Figura 1).

Figura 1 – Extensão de área queimada (média anual) por incêndios florestais nos continentes no período compreendido entre 2003 e 2012.



FONTE: Lierop et al. (2015), adaptado por Machado Neto (2016).

Os incêndios têm fortes impactos globais sobre as áreas florestais e têm uma importante participação sobre as emissões dos gases de efeito estufa. Além disso, os incêndios são responsáveis por importantes efeitos localizados, que estão comumente associados à frequência e intensidade desses eventos, tais como: degradação e erosão do solo, perda de vidas humanas, de biodiversidade e de infraestruturas (CHUVIECO et al., 2010).

A previsão futura dos incêndios florestais é de fundamental importância por várias razões. Os incêndios florestais tem impacto direto na segurança, sobrevivência e propriedades humanas e esses impactos podem ser amplificados no futuro com o aumento das atividades dos incêndios. Além disso, as operações de combate aos incêndios podem se tornar inviáveis no futuro e, em situações extremas podem não ser efetivas em função dos custos (CARVALHO *et al.*, 2010).

Vários estudos têm demonstrado o impacto das mudanças climáticas no comportamento dos incêndios florestais. Flannigan *et al.* (2009) revisaram o entendimento atual do que o futuro pode trazer com respeito aos incêndios florestais. Até esta data as pesquisas sugerem um aumento geral nas áreas queimadas e nas ocorrências dos incêndios, mas com uma variação espacial considerável, com algumas áreas sem alteração ou mesmo com decréscimo nas áreas queimadas e no número de ocorrências de incêndios. Estudos recentes sugerem uma duplicação das áreas queimadas e um aumento de 50% das ocorrências em várias partes das florestas boreais até o final deste século. As temporadas dos incêndios estão se alongando nas regiões

temperadas e boreais e essa tendência deve continuar nas regiões mais quentes do mundo (TIAN *et al.*, 2011).

Não existem estatísticas oficiais sobre as ocorrências de incêndios florestais e extensão da área queimada anualmente em todo território brasileiro. As informações disponíveis são pontuais e somente para alguns estados brasileiros. Os dados globais referentes a ocorrências de incêndios florestais no Brasil são baseados em focos de calor fornecidos pelo INPE, através de imagens de satélites. No entanto, nem todo foco de calor pode ser interpretado como um incêndio ou uma queimada devido às dificuldades inerentes aos métodos de captação e interpretação das imagens de satélites (BATISTA, 2004). Em virtude desta dificuldade, normalmente as notícias na mídia sobre a extensão dos incêndios florestais no Brasil são apresentadas utilizando-se como base os dados sobre focos de calor, como por exemplo, as citadas a seguir.

“O Brasil termina 2017 com um número recorde de queimadas desde 1999, quando teve início a série histórica do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe). A análise dos locais onde os incêndios ocorreram mostra que, neste ano, o fogo aumentou em áreas de floresta natural, avançando em pontos onde antes não havia registro de chamas, e atingindo unidades de conservação e terras indígenas. Entre todos os biomas, o Cerrado foi o que teve mais unidades de conservação atingidas, contabilizando 75% de toda a destruição nas áreas protegidas” (Cleide Carvalho do Jornal O Globo – São Paulo, em 18/12/2017).

“Desde o início de ano, foram registrados cerca de 216 mil focos de incêndios em áreas florestais e de lavoura em todo país, de acordo com informação do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Com isso, o número de focos de incêndio entre janeiro e junho deste ano já é 52% maior do que o registrado no mesmo período de 2017. Os três estados com o maior número de queimadas são Roraima, Mato Grosso e Tocantins. Juntos, eles somam cerca de 55% dos focos de incêndios registrados em todo Brasil neste período” (Juliana César Nunes da Rádio Nacional – Brasília, em 27/06/2018).

Existem diversas alternativas que podem ser adotadas para atenuar ou impedir a ocorrência de incêndios florestais em determinado local, que vão depender de inúmeros fatores, mas principalmente dos recursos financeiros e tecnologias disponíveis e das

políticas públicas adotadas. Essas alternativas são conhecidas nos manuais de incêndios florestais como “técnicas e medidas de prevenção e combate aos incêndios florestais”.

A proteção das florestas contra o fogo começa com a prevenção. A melhor maneira de combater um incêndio é evitar que ele ocorra. E considerando que quase todos os incêndios florestais são provenientes de causas humanas, eles são, em sua maioria, teoricamente evitáveis. A prevenção compreende um conjunto de atividades cujo objetivo é reduzir ou anular a probabilidade do incêndio começar, assim como limitar seus efeitos, caso ele ocorra. Costuma-se dizer que a prevenção é o trabalho mais importante de um sistema de controle de incêndios. A prevenção dos incêndios envolve dois níveis de atividades. Primeiro, a prevenção dos incêndios de causas humanas, procurando através da educação da população, de uma legislação efetiva e de medidas coercitivas, evitar a primeira fagulha, isto é, evitar que o fogo comece. Segundo, usando técnicas adequadas, principalmente para manejar o material combustível, impedir ou dificultar a propagação daqueles incêndios que não foram evitados (SOARES, BATISTA, TETTO, 2017).

A prevenção é a primeira linha de defesa contra os incêndios florestais. Se a ocorrência de incêndios em áreas florestadas ou reflorestadas pudesse ser totalmente prevenida, todos os danos produzidos pelo fogo, além dos custos de combate, seriam evitados. Afinal, um incêndio prevenido não precisa ser combatido e não causa nenhum dano. Entretanto, mesmo se adotando as melhores técnicas de prevenção, alguns incêndios fatalmente ocorrerão, necessitando de uma rápida e decidida ação de combate. O combate engloba todos os procedimentos que começam depois do alarme de incêndios, utilizando-se táticas e técnicas de supressão do fogo. O principal objetivo das atividades de combate é a extinção do fogo.

Existem várias teorias sobre as formas de extinguir ou inibir a combustão (Liodakis *et al.*,2006):

1. Teoria da barreira – um produto isola o combustível florestal, impedindo-o de entrar em contato com o oxigênio;

2. Teoria térmica – o calor é absorvido por uma substância, impedindo que o combustível florestal entre em ignição;
3. Teoria dos gases não inflamáveis – um produto aplicado sobre o combustível em chamas é decomposto em gases não inflamáveis;
4. Teoria de armadilha de radicais livres – aplicação de algum produto que favorece a formação de radicais livres que inibem o mecanismo da cadeia de propagação da combustão;
5. Teoria do aumento do carvão/redução dos voláteis – aplicação de algum produto que reduz a temperatura em que ocorre a pirólise, forçando o padrão de degradação do combustível para a produção de mais carvão e menos voláteis inflamáveis.

A água é altamente efetiva nesses processos e por isso tem sido usada largamente como retardante do fogo desde que os humanos começaram a apagar incêndios. No entanto, a água não é um perfeito inibidor da combustão e existem muito produtos químicos disponíveis que podem substituir ou intensificar a habilidade da água como agente de supressão do fogo, denominados genericamente retardantes.

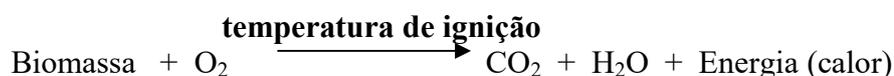
Os retardantes são utilizados no combate a incêndios florestais desde a metade do século 20, sendo largamente empregados no combate a incêndios florestais em diversos países, tais como: Estados Unidos da América, Canadá, Austrália, Espanha, Portugal e África do Sul. De acordo com o Serviço Florestal Americano (USDA FOREST SERVICE, 2018), os Estados Unidos da América utilizaram cerca de 72 milhões de litros de retardantes no combate aos incêndios florestais durante o ano de 2016. Na região da Catalunha, Espanha, foram utilizados uma média anual de 2 milhões de litros de retardantes no combate a incêndios florestais no período de 2000 a 2005 (COSTAFREDA, 2009). No Brasil, o uso de retardantes no combate a incêndios florestais é ainda incipiente devido a inúmeras dificuldades, como o custo elevado, a falta de uma legislação específica para normatização e o pouco conhecimento sobre o uso e eficiência dos produtos no combate aos incêndios.

O objetivo desse trabalho é apresentar brevemente alguns conceitos básicos e as características dos produtos utilizados como retardantes e/ou supressantes da combustão no combate aos incêndios florestais.

2. COMBUSTÃO

Antes de tratar especificamente dos produtos utilizados como retardantes, convém abordar brevemente alguns conceitos básicos sobre a combustão.

Fogo, de um modo geral, é o termo aplicado ao fenômeno físico resultante da rápida combinação entre o oxigênio e uma substância qualquer (madeira ou combustível florestal, por exemplo), com produção de calor, luz e, geralmente, chamas. Fogo, ou mais precisamente combustão é, portanto, uma reação química de oxidação. A reação de combustão pode ser descrita de uma maneira bem simplificada como:



A reação de combustão demonstra que três elementos são imprescindíveis ao processo: material combustível, oxigênio e calor. Inicialmente, é necessária uma fonte de calor suficiente para elevar a temperatura do material combustível ao ponto de ignição. Sendo o fogo uma reação de oxidação, o oxigênio é necessário para a continuidade da mesma. Sem material combustível, também não pode haver combustão.

Quando uma substância, líquida ou sólida, é submetida à ação do calor, suas moléculas se movem mais rapidamente, o que se traduz pelo aumento de temperatura da substância. Aumentando-se a quantidade de calor, algumas dessas moléculas se desprendem para formar vapor ou gás. Existindo calor suficiente, esse vapor, desde que inflamável, se converterá em chamas, iniciando o processo de combustão.

A combustão do material florestal compreende três fases distintas que, entretanto, em um incêndio florestal, se sobrepõem e ocorrem simultaneamente (SOARES, BATISTA, TETTO, 2017):

I) Pré-aquecimento - nesta fase o material combustível é secado, aquecido e parcialmente destilado, porém não existem chamas. O calor elimina o vapor d'água e continua aquecendo o combustível até a temperatura de ignição, aproximadamente entre 260 e 400°C para a maioria do material florestal. A temperatura de ignição será alcançada rápida ou lentamente, dependendo do tipo de combustível, seu conteúdo de umidade e seu estágio de maturação (se está verde ou em dormência, no caso de vegetação viva). Os componentes voláteis se movem para a superfície do combustível e são expelidos para o ar circundante. Inicialmente esse volátil contém grandes quantidades de vapor d'água e alguns compostos orgânicos não combustíveis. Nos combustíveis florestais, quando a temperatura aumenta, a hemicelulose, a celulose e a lignina começam a se decompor e liberam um fluxo de produtos orgânicos inflamáveis (pirolisados). Por estarem aquecidos, esses gases elevam-se, misturando-se com o oxigênio do ar e incendeiam-se produzindo a segunda fase.

II) Destilação ou combustão dos gases - nessa fase os gases destilados, oriundos dos combustíveis, se acendem e queimam, produzindo chamas e altas temperaturas, que podem atingir cerca de 1250°C. Nesse estágio do processo de combustão os gases estão queimando, mas o combustível propriamente dito ainda não está incandescente. Olhando-se atentamente para um pedaço de madeira que está queimando, um fósforo aceso por exemplo, observa-se que as chamas não estão ligadas diretamente à superfície da madeira, mas separadas dela por uma fina camada de vapor ou gás. Isto ocorre porque combustíveis sólidos não queimam diretamente, necessitando primeiro ser decompostos ou pirolisados, pela ação do calor, em vários gases, uns inflamáveis e outros não. Os gases inflamáveis não possuem suficiente quantidade de oxigênio para queimar quando liberados da madeira, precisando primeiro se misturar com o ar em redor para formar uma mistura inflamável. Se a pirólise é lenta, pouco gás é destilado e as chamas são curtas e intermitentes. Mas, quando grandes quantidades de combustíveis estão queimando rapidamente, como em um incêndio florestal, o volume de gases é significativo e alguns deles se expandem, afastando-se a consideráveis distâncias do

combustível antes que a mistura se torne inflamável. Nesse caso, longas e compactas chamas são formadas.

III) Incandescência (oxidação dos sólidos) - nessa fase o combustível (carvão) é consumido, restando apenas cinzas. O calor gerado é intenso, mas praticamente não existem chamas nem fumaça. A quantidade de calor liberada nessa fase depende do tipo de combustível, mas de um modo geral, pode-se dizer que 30 a 40% do poder calorífico da madeira está no seu conteúdo de carbono. A composição do carvão residual que é liberado após a fase de destilação varia de acordo com a temperatura em que ocorreu a destilação dos hidrocarbonos. Se ela ocorreu no limite inferior de temperatura, 260 a 300°C, o carvão retém considerável quantidade de alcatrão e o conteúdo de carbono pode ser de apenas 60%. Mas à temperatura normal de um incêndio florestal, 800°C ou mais, a porcentagem de carbono chega a 96%.

Embora haja certa superposição entre elas, as três fases da combustão podem ser perfeitamente observadas em um incêndio florestal. A primeira é a zona na qual as folhas e as gramíneas se enrolam e se crestam, à medida que são pré-aquecidas pelo calor das chamas que se aproximam. Em seguida vem a zona de combustão dos gases, onde se destacam as chamas. Após a passagem das chamas vem a terceira e menos distinta das zonas, a do consumo do carvão.

Em geral, altas temperaturas favorecem a evolução da fase de combustão dos gases, também conhecida como combustão em chamas, enquanto temperaturas mais baixas promovem a produção de alcatrão e carvão, favorecendo a combustão dos sólidos ou incandescência (LIODAKIS *et al.*, 2002).

Alguns produtos químicos usados como retardantes podem influenciar as fases da combustão descritas acima. Dependendo da sua natureza, os retardantes podem atuar química e/ou fisicamente na fase sólida ou na fase de combustão dos gases. Existe um consenso de que os produtos retardantes que inibem a combustão através de ação química são mais efetivos do que aqueles que atuam através de meios físicos. Na maioria dos casos, no entanto, o limite entre efeitos químicos e físicos é tão indistinto que é difícil avaliar a contribuição de cada um.

Teoricamente, o retardante ideal é aquele que extingue completamente o fogo, tanto na fase da combustão dos gases como na incandescência. Na maioria das vezes, no entanto, exceto em incêndios de pequena intensidade, o incêndio é somente retardado ou sua velocidade é reduzida por curto período de tempo (LIODAKIS *et al.*, 2006).

3. RETARDANTES QUÍMICOS – CONCEITOS E CARACTERÍSTICAS

Um retardante de fogo é um agente químico que utilizado, sozinho ou misturado com água, reduz ou elimina a combustão de um determinado combustível (RIBEIRO *et al.*, 2006). De acordo com Chandler *et al.* (1983), antigamente quando se começou a utilizar esses produtos, fazia-se distinção entre produtos retardantes e supressantes de fogo, considerando-se que os retardantes são produtos utilizados para aplicação sobre os combustíveis à frente do fogo que ainda não entraram em combustão, enquanto que os produtos supressantes são aplicados sobre as chamas na frente de fogo, nas operações de combate direto aos incêndios. Atualmente não se faz mais essa distinção, visto que a maioria dos produtos químicos são utilizados para os dois propósitos, e portanto, o termo retardante de fogo é empregado para todos os produtos químicos utilizados no combate aos incêndios florestais para a extinção do fogo.

De acordo com sua composição e propósito de uso, os retardantes podem ser classificados em dois tipos (LIODAKIS *et al.*, 2002; RIBEIRO *et al.* 2006):

- 1- Retardantes de curta duração – que atuam simplesmente pela intensificação da capacidade de extinção da água, através da maior retenção da água pelo combustível ou pelo retardamento da evaporação, ou ambos;
- 2- Retardantes de longa duração – que deixam resíduos de agentes inibidores da combustão sobre o material combustível depois de toda água ter sido evaporada.

3.1 Retardantes de curta duração

Os retardantes de curta duração são usados para extinguir a segunda e terceira fase da combustão (oxidação dos gases e incandescência), em aplicação direta nos combustíveis que estão queimando. A efetividade destes retardantes está diretamente

relacionada com a habilidade de reter a umidade e absorver calor por resfriamento. Portanto, eles permanecem efetivos até que a água tenha sido removida dos combustíveis pela evaporação. São produtos químicos preparados à base de argila, gomas e agentes naturais ou artificiais formadores de “gel”. As características reológicas (viscosidade, plasticidade, elasticidade, escoamento da matéria) são os requisitos básicos para a seleção de retardantes de curta duração. Esses produtos devem ser passíveis de bombeamento, devem fluir através de mangueiras com baixa perda por fricção, devem dividir-se em grandes gotas depois de sair pelo bico da mangueira ou do tanque de aeronaves e devem aderir imediatamente à superfície do combustível após o impacto. A maioria dos retardantes de curta duração são compostos de uma mistura de água e um aditivo com a função de reduzir sua tensão superficial (agentes umectantes) ou aumentar sua viscosidade (agentes espessantes). Exemplos de retardantes de curta duração são as espumas (LGE), e os realçadores da água (elastômeros e gels) que aumentam a capacidade da água em aderir às superfícies lisas e verticais.

3.2 Retardantes de longa duração

A seleção de retardantes de longa duração envolve processos mais complexos do que aqueles utilizados na seleção de retardantes de curta duração. A habilidade de extinguir a combustão de algumas substâncias químicas é conhecida desde o início do século passado (CHANDLER *et al.*, 1983), quando o Laboratório de Produtos Florestais do Serviço Florestal dos Estados Unidos da América testou vários produtos para uso como retardantes químicos em combate a incêndios florestais. Os elementos químicos com maior capacidade de retardar a combustão são: fósforo, antimônio, cloro, bromo, boro e nitrogênio. Na maioria dos casos, os ingredientes ativos dos retardantes para uso nos incêndios florestais são combinações de sais de enxofre e de fósforo, tais como: sulfato de amônio (AS), monoamônio fosfato (MAP), diamônio fosfato (DAP) e polifosfato de amônio (APP). Esses produtos químicos alteram o mecanismo de decomposição térmica (pirólise) dos combustíveis florestais, geralmente pelas reações de desidratação dos ácidos catalisado. Portanto, promovendo a formação de água, dióxido de carbono e carvão, às expensas dos gases inflamáveis (aldeídos, ácidos

orgânicos e outros hidrocarbonos). Tem sido observado que os fosfatos de amônio são efetivos para as fase 2 e 3 da combustão, enquanto os sulfatos de amônio são efetivos principalmente na fase 2. A efetividade dos retardantes de longa duração depende em grande parte da quantidade de sais depositados por unidade de área da superfície do combustível. O conteúdo de sais pode ser aumentado pelo uso de solução mais concentrada ou pelo aumento da viscosidade da solução, de forma que mais retardante adira a cada partícula de combustível. Soluções altamente concentradas são mais difíceis de misturar e geralmente são mais corrosivas do que soluções diluídas, enquanto que o aumento da viscosidade diminui a área coberta por quantidade de solução aplicada. Muitas pesquisas têm sido desenvolvidas para alcançar um ponto ótimo entre concentração e viscosidade.

Todos os retardantes de longa duração são corrosivos em maior ou menor grau. É difícil estabelecer testes padrão para avaliar a corrosividade dos retardantes, devido que os produtos químicos tem efeitos diferentes sobre diferentes metais e/ou diferentes efeitos sobre o mesmo metal, dependendo se o metal está sendo submetido a flexionamento ou é estático, e diferentes efeitos se é uma liga de dois metais ou apenas um metal.

4. USO DOS RETARDANTES

A água é o agente retardante mais usado na extinção dos incêndios devido a sua alta capacidade de absorver calor. Quando eficientemente aplicada, a água é o meio mais econômico de se combater um incêndio.

No combate aos incêndios florestais, o problema é como obter água em quantidade suficiente e como usá-la da maneira mais eficiente possível. Em incêndios superficiais de baixa ou média intensidade, quando as condições permitem o trabalho de bombeamento, a água é o meio mais rápido e prático para extinguir o fogo. Em incêndios de maior intensidade, longe de estradas, a aplicação de água torna-se mais difícil e cara, somente podendo ser feita com o auxílio de longas mangueiras ou bombeamento aéreo. Porém, mesmo quando existem limitações em seu uso direto nos

grandes incêndios, a água é essencial na operação de rescaldo. Entretanto, quanto maior o incêndio, menor a eficiência relativa da água no combate ao fogo. A importância do uso dos retardantes químicos, portanto, aumenta à medida que aumenta a dificuldade em se obter água e aumenta a intensidade do incêndio.

De acordo com Chandler *et al.*(1983), a maioria dos incêndios florestais são combatidos por brigadas de incêndio através de combate direto na frente de fogo, utilizando-se ferramentas manuais e veículos e equipamentos terrestres. Quando se usa água no ataque direto, os métodos e táticas adequados de aplicação da mesma são vitais. Em experimentos de combate direto, comparando-se o uso da água apenas versus água com retardante de curta duração para supressão das chamas, o uso do retardante foi duas vezes mais efetivo do que a água em condições de laboratório e uma vez e meia em condições de campo, quando aplicado por equipes bem treinadas. No entanto, quando o uso dos retardantes foi realizado por equipes regulares, sem um treinamento específico, não houve diferença no rendimento com e sem uso do retardante. De acordo com os autores, a diferença na eficiência do uso da água entre as equipes de combate a incêndios superou qualquer diferença entre as aplicações químicas e não químicas.

Os retardantes químicos de curta duração mais utilizados no Brasil são os concentrados de espuma (ou LGE – líquido gerador de espuma), isto é, produtos que misturados à água formam uma espuma que aumenta em até cinco vezes a eficiência da água na extinção dos incêndios, dependendo do equipamento usado. Para que haja maior eficiência é necessário que o ar também entre na mistura. Por este motivo, quando usado com os extintores costais ou equipamentos motorizados, é necessário utilizar bicos com entrada de ar. Os equipamentos motorizados, principalmente os pressurizados, maximizam a eficiência do produto (SOARES, BATISTA, TETTO, 2017).

O uso de retardantes químicos tem sido largamente utilizado principalmente nos Estados Unidos da América e em países da Europa no combate aéreo aos incêndios florestais de grande magnitude ou incêndios em locais de difícil acesso. De acordo com Blakely (1990), cerca de 120 milhões de litros de retardantes são utilizados todos os

anos nos EUA no combate aéreo aos incêndios. No entanto, o combate aéreo com uso de retardantes não exclui a necessidade de combate direto com equipes terrestres de combate, para realização da extinção completa do incêndio, incluindo as operações de rescaldo, que não são possíveis de realizar somente através de combate aéreo.

O ataque aéreo aos incêndios florestais é empreendido de dois modos (CHANDLER *et al.* 1983):

- a- Ataque inicial, em pequenos incêndios, onde o objetivo é suprimir momentaneamente o fogo até a chegada da equipe de terra;
- b- Ataque indireto, apoiando as equipes de terra em grandes incêndios, com o objetivo de retardar a propagação do fogo em determinados pontos críticos, a fim de possibilitar que as equipes de terra concluam as linhas de controle ou, com o objetivo de reduzir a intensidade do fogo até que as equipes de terra possam realizar o ataque direto.

Em ambos os modos de ataque aéreo, o uso de retardantes químicos é fundamental para aumentar a eficiência na extinção dos incêndios, aumentando por consequência o rendimento dos aviões e reduzindo o custo por área tratada.

Os retardantes de longa duração têm sido utilizados largamente em muitos países para confecção de aceiros químicos em operações de prevenção e combate a incêndios florestais. Esta técnica oferece grandes possibilidades de sucesso na inibição e extinção do fogo, no entanto, existem ainda muitas incertezas relacionadas com sua eficácia e a capacidade operacional, devido à falta de conhecimento sobre o seu comportamento no ambiente, ao se usar em larga escala. A eficiência dos aceiros químicos depende não somente dos sais retardantes de longa duração usados, mas também do comportamento do fogo, do tipo de combustível, das condições meteorológicas e, da distribuição e concentração do produto químico sobre o combustível. Além disso, o uso destes produtos – que são altamente recomendáveis no ataque aéreo a grandes incêndios em áreas de difícil acesso – tem implicações ambientais e econômicas. Portanto a avaliação dessa eficiência como uma função dos parâmetros mencionados anteriormente, é ainda um desafio necessário para um ótimo desempenho desta técnica de extinção (PASTOR *et al.*, 2006).

5. CONSIDERAÇÕES GERAIS

Tem-se observado uma crescente vulnerabilidade das populações humanas que vivem no entorno dos ambientes florestais (interface residencial rural/urbana). As tendências projetadas dos impactos provocados pela mudança climática global sobre a cobertura vegetal e os regimes de incêndios, da mesma forma que as tendências demográficas e socioeconômicas observadas, sugerem que os incêndios florestais vão continuar tendo um papel fundamental na destruição da cobertura vegetal, resultando em um aumento na ocorrência de desastres ecológicos e humanitários relacionados com o clima, tais como: a erosão do solo e as grandes inundações. Em outras palavras, o aumento da gravidade dos incêndios florestais está contribuindo para a variação climática global e a variação climática está contribuindo para o aumento da gravidade dos incêndios florestais (GOLDAMMER, 2004). Portanto, as atividades de prevenção e combate aos incêndios florestais devem ser intensificadas e aprimoradas para atender eficientemente essa crescente demanda. O uso dos retardantes químicos, bem como os trabalhos que visem desenvolver formulações mais adequadas, juntamente com equipamentos e metodologias para aplicação dos mesmos, é uma importante contribuição para atenuar os impactos dos incêndios florestais, especialmente no Brasil.

6. REFERÊNCIAS

BATISTA, A. C. Detecção de incêndios florestais por satélites. **Floresta**, Curitiba, v.34, n. 2, p.237-241, 2004.

BLAKELY, A. D. Combustion recovery of flame pine needle fuel ded sprayed with water/MAP mixtures. USDA Forest Service, **Intermountain research Station Research Paper INT-421**, Ogden, 15 p. 1990.

CARVALHO, A.; FLANNIGAN, M. D.; LOGAN, K. A.; GOWMAN, L. M.; MIRANDA, A. I.; BORREGO, C. The impact of spatial resolution on area burned and fire occurrence projections in Portugal under climate change. **Climatic Change**, v. 98, p. 177 – 197, 2010.

CHANDLER, C.; CHENEY, P.; THOMAS, P.; TRABAUD, L.; WILLIAMS, D. **Fire in Forestry – Forest Fire Management and Organization** (Volume II). John Wiley & Sons, New York, 298 p, 1983.

CHUVIECO, E.; AGUADO, I.; YEBRA, M.; NIETO, H.; JAVIER SALAS, J.; MARTÍN, M. P.; VILAR, L.; MARTÍNEZ, J.; MARTÍN, S.; IBARRA, P.; LA RIVA, J.; BAEZA, J.; RODRÍGUEZ, F.; MOLINA, J.R.; HERRERA, M. A.; ZAMORA, M. Development of a framework for fire risk assessment using remote sensing and geographic information system technologies. **Ecological Modelling**, v. 221, p. 46 – 58, 2010.

COSTAFREDA, A. A. **Effects of long term forest fire retardants on fire intensity, heat of combustion of the fuel and flame emissivity**. 186 f. Dissertação (Doutorado em Engenharia Química) – Department of Chemical Engineering, Centre d’Estudis del Risc Tecnologic, Universitat Politècnica de Catalunya, Espanha. 2009.

FLANNIGAN, M.; STOCKS, B.; TURETSKY, M.; WOTTON, M. Impacts of climate change on fire activity and fire management in the circumboreal forest. **Global Change Biology**, v. 15, p. 549 – 560, 2009.

GOLDAMMER, J. G. 2004. The Global Wildland Fire network: A global programme for enhancing international cooperation in wildland fire management and preparation of an international wildland fire accord. In: SOARES, R. V.; BATISTA, A. C.; NUNES, J. R. S (Ed.). 2004. **Anais do 3º Seminário Sul Americano e 7ª Reunião Técnica Conjunta Sobre Controle de Incêndios Florestais**, Curitiba, Floresta 34(2), 275-290.

Revista FLAMMAE

Revista Científica do Corpo de Bombeiros Militar de Pernambuco
XVIII Seminário Nacional de Bombeiros – Foz do Iguaçu PR
Vol.04 Nº11 - **Edição Especial XVIII SENABOM** - ISSN 2359-4829
Versão on-line disponível em: <http://www.revistaflammae.com>.

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). **Portal do Programa Queimadas do INPE**. Disponível em:<http://www.inpe.br/queimadas/portal/estatistica_paises>. Acesso em: 08 out. 2018.

LIEROP, P. V., LINDQUIST, E., SATHYAPALA, S., FRANCESCHINI, G. Global forest area disturbance from fire, insect pests, diseases and severe weather events. **Forest Ecology and Management**, v. 352, p. 78-88, 2015.

LIODAKIS, S.; BAKIRTZIS, D; LOIS, E.; GAKIS, D. The effect of $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ and $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ on spontaneous ignition properties of *Pinus halepensis* pine needles. **Fire safety Journal** 37, 481-494. 2002.

LIODAKIS, S.; VORISIS, D.; AGIOVLASITIS, I.P. Testing the retardant effect of various inorganic chemicals on smoldering combustion of *Pinus halepensis* needles. **Termochimica Acta** 444, 157-165, 2006.

LIU, Z.; YANG, J.; CHANG, Y.; WEISBERG, P. J.; HE, H. S. Spatial patterns and drivers of fire occurrence and its future trend under climate change in a boreal forest of Northeast China. **Global Change Biology**, v. 18, p. 2041 – 2056, 2012.

MACHADO NETO, A. de P. **Diagnóstico dos incêndios florestais no Parque Nacional da Chapada dos Guimarães no period de 2005 a 2014**. 147 f Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2016.

PASTOR, E.; PLANAS, E.; RIBEIRO, L. M.; VIEGAS, D.X. Modeling the effectiveness of long-term forest fire retardants. In: VIEGAS, D. X. (Ed.) **Proceedings of V International Conference on Forest Fire Research**, University of Coimbra, Portugal, 14 p, 2006.

SCHULTZ, M. G.; HEIL, A.; HOELZEMANN, J. J.; SPESSA, A.; THONICKE, K.; GOLDAMMER, J. G.; HELD, A. C.; PEREIRA, J. M. C.; VAN HET BOLSCHER, M.

Revista FLAMMAE

Revista Científica do Corpo de Bombeiros Militar de Pernambuco
XVIII Seminário Nacional de Bombeiros – Foz do Iguaçu PR
Vol.04 Nº11 - **Edição Especial XVIII SENABOM** - ISSN 2359-4829
Versão on-line disponível em: <http://www.revistaflammae.com>.

Global wildland fire emissions from 1960 to 2000. **Global Biogeochemical Cycles**, v. 22, p. 1 - 17, 2008.

SOARES, R. V.; BATISTA, A. C.; TETTO, A. F. **Incêndios Florestais – Controle, efeitos e uso do Fogo**. R. V. Soares e A. C. Batista Ed., Curitiba, 255 p. 2017.

TIAN, X. R.; SHU, F.; WANG, M. Y.; ZHAO, F. J. Forest fire danger ratings in the 2040s for northeastern China. **For. Stud. China**, v. 13, n. 2, p. 85 – 96, 2011.

USDA FOREST SERVICE. **Aerial Retardant Use**. Disponível em:

<https://www.fs.fed.us/sites/default/files/media_wysiwyg/2016_aerial_retardant_use_o_n_nfs_lands_1_17_2017_3.pdf>. Acesso em: 09 out. 2018.