

## Rápida progressão do incêndio: um resumo

### 1 Introdução

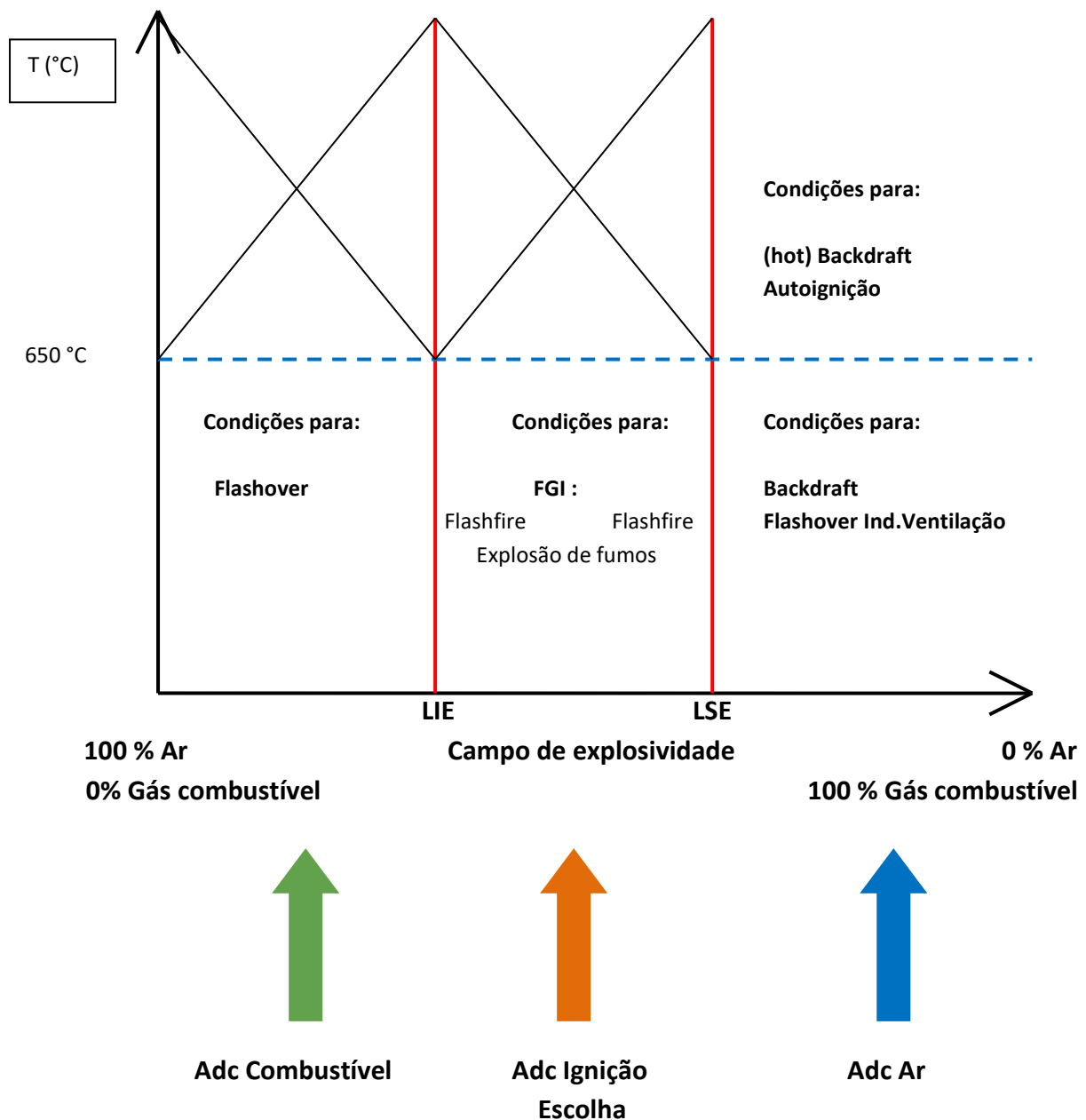
Os artigos anteriores desta série falavam sobre três grupos de fenómenos de incêndios. Tendo sido explicada a mecânica subjacente a cada um, ou seja, foi descrito detalhadamente a série de eventos por trás de cada fenómeno. Para entender melhor a rápida progressão dum incêndio, olharemos para os diferentes fenómenos de um ponto de vista diferente. Na prática, é mais importante para um bombeiro saber que algo pode vir a correr mal, do que saber exatamente o que está a acontecer quando algo está a correr mal. Recorrer a um exemplo pode ajudar a esclarecer as coisas. É mais importante para um bombeiro reconhecer as condições que podem levar a um flashover, do que perceber que este se encontra num flashover quando esta transição ocorre realmente.

A figura 1 representa um gráfico no qual a maior parte dos fenómenos de rápida progressão se situam. Este gráfico ilustra as condições que estão presentes antes que um fenómeno específico ocorra. É muito importante que os bombeiros sejam capazes de avaliar quais os fenómenos que podem ocorrer na situação em que estão a trabalhar a cada momento, este gráfico dá-nos uma visão geral das diferentes formas de progressão do incêndio.

Cada fenómeno necessita dum período de tempo de desenvolvimento para que na realidade ocorra, na verdade, o gráfico demonstra as circunstâncias antes do fenómeno ter ocorrido, significando isto que existe pelo menos um lado do triângulo de fogo ausente. Cabe-nos a nós reconhecer as condições em que determinado fenómeno possa ocorrer. Os sinais e sintomas avisadores de possibilidade de flashover e / ou backdraft devem ser bem conhecidos por todos os bombeiros. No entanto, é mais difícil prever quando a ignição dos gases de incêndio (FGI) possa ocorrer.

Uma observação atenta (e boa comunicação) pelos bombeiros podem levar ao reconhecimento das condições antes de que determinado fenómeno ocorra. Com base nessas observações, podem ser realizadas várias ações para evitar que o incêndio se agrave mais. Caso tal não seja possível, retirar pode ser a opção a considerar. Aumentando a distância entre um fenómeno de incêndio e os bombeiros, o risco de baixas diminui.

O gráfico é um modelo, uma forma de simular a realidade. O chefe Ed Hartin (EUA) usa frequentemente a seguinte expressão, ao discutir modelos: "Todos os modelos estão errados, mas alguns são úteis". Certamente que esta expressão se aplica à Figura 1, aqui são ilustradas as condições com as quais diferentes fenómenos de incêndio podem ocorrer. Um modelo é uma aproximação da realidade e certamente não é perfeito, este foi reformulado ao longo dos anos e pode mesmo vir a melhorar ainda mais. Sugestões são sempre bem-vindas.



**Figura 1** Visão geral do rápido desenvolvimento do incêndio. (Gráfico: Karel Lambert)

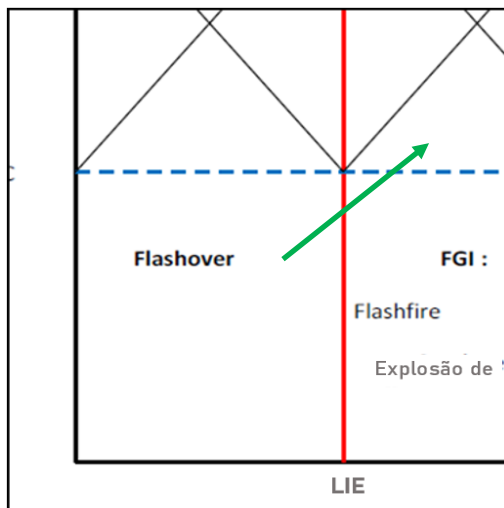
## 2 Revisão dos diferentes fenômenos do incêndio

### 2.1 Flashover

Flashover é uma forma de desenvolvimento rápido em que o incêndio transita de um regime de controlado pelo combustível para um regime de controlado pela ventilação. Antes da transição a flashover ocorrer, deve existir uma acumulação suficiente de temperatura no compartimento onde este se desenvolve. Isto requer energia, esta energia é libertada pelo processo de combustão. No estágio de crescimento de incêndio, a superfície envolvida pelo foco de incêndio aumentará continuamente, a quantidade de combustível envolvido também. A taxa de libertação de temperatura do incêndio

aumentará devido ao seu crescimento. Significando isto que ainda mais energia será libertada. Em determinado momento, será alcançado um nível crítico, sendo libertada energia suficiente para permitir que a transição a flashover ocorra.

Antes que o flashover possa ocorrer, a temperatura no compartimento é bastante limitada, precisando esta ainda de aumentar. A quantidade de combustível envolvida no incêndio também é limitada. O incêndio ainda permanece circunscrito a determinado espaço.



**Figure 2** A seta verde indica flashover.

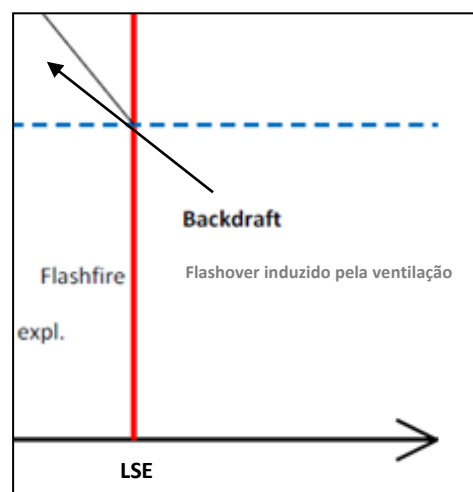
O incêndio cresce, por causa de uma carga combustível crescente, aumentando também a energia libertada. A camada de fumo torna-se mais espessa, baixando até ao chão contendo uma quantidade crescente de gases inflamáveis. No gráfico, isto significa uma mudança para o lado direito. No nível crítico, a camada de fumo inflamasse, por si só este é realmente um fenómeno: o rollover, resultando num aumento maciço do calor radiante vindo da camada de fumo, direcionado para os objetos abaixo. Causando um crescimento ainda mais rápido do incêndio. Alguns segundos depois, toda o compartimento estará em chamas e o flashover ocorre.

Na figura 2, a seta verde indica como a situação progrediu durante o flashover.

## 2.2 Backdraft e flashover induzido pela ventilação.

O backdraft é um fenómeno muito raro, no entanto, muito violento, por este motivo, é bastante infame. Quase todos os bombeiros têm algo a dizer sobre este fenómeno.

As condições necessárias para que o backdraft ocorra são as seguintes: um incêndio que se tenha desenvolvido num compartimento, necessita de combustível e oxigénio para tal. Nalgum momento, esse desenvolvimento do incêndio foi interrompido motivado pela falta de oxigénio. Isto é identificado de incêndio infraventilado. Como a temperatura no interior do compartimento já subiu substancialmente, o recheio existente que foi aquecido continuará a pirolisar. O incêndio "morre", a combustão com chama viva cessa e o que resta é um incêndio latente. Enquanto isto, mais e mais gases de fumo e especialmente gases de pirólise estão-se a produzir. No gráfico, a atmosfera dentro do



**Figura 3** Ocorrência de backdraft e Flashover induzido pela ventilação.

compartimento fará a transição da extrema esquerda para a extrema direita. A concentração de gases inflamáveis aumentará para que se forme uma mistura muito rica em combustível. Esta mistura está acima do limite superior de inflamabilidade (LSI).

No momento em que o serviço de incêndio abrir a porta do compartimento ou se uma janela se quebrar, o oxigênio retornará ao compartimento. A mistura rica em combustível será diluída. Quando o incêndio reaparece, as suas chamas podem inflamar a mistura, se esta entrar nos seus limites de inflamabilidade (LII e LSI), o backdraft irá ocorrer e uma onda de pressão irá empurrar o gás do fumo para o exterior do compartimento através das aberturas existentes. Esta onda de pressão será seguida por uma frente de chama. O resultado é a típica e espetacular bola de fogo.

O backdraft foi e sempre será um fenómeno raro, dado que muitas condições terão que ser cumpridas para que este ocorra. Um fenómeno menos conhecido é o flashover induzido pela ventilação, este fenómeno começa em normais condições de incêndio, contudo ao se converter num incêndio infraventilado originará condições necessárias para que tal fenómeno ocorra: um incêndio que vai ficando controlado pela falta de oxigênio e um compartimento inundado de gases inflamáveis.

Uma vez mais, quando o serviço de bombeiros abrir a porta, fluirá ar fresco para o interior do compartimento, reacendendo o incêndio. Devido ao facto de muitos objetos no compartimento já terem sido aquecidos, o incêndio pode desenvolver-se rapidamente, crescendo, e, antes "do fumo ter desaparecido", pode transitar a flashover. Este tipo de flashover foi causado (ou induzido) pela alteração do perfil de ventilação. A seta verde da figura 3 ilustra esse processo.

Porque os métodos de construção de hoje são diferentes dos métodos existentes à algumas décadas atrás, ocorrem cada vez mais incêndios infraventilados. Parece até que no futuro teremos cada vez mais incêndios infraventilados do que ventilados. Significando isto que haverá um risco cada vez maior de flashover induzido pela ventilação. Embora seja mais conhecido o backdraft, os bombeiros necessitam ter mais cuidado com o flashover induzido pela ventilação.

### 2.3 Flashfire e Explosão de fumos



**Figure 4** Ocorrência de FGI

Para além das famílias existentes de flashovers e de backdrafts, existe também uma terceira família: a de ignições de gases de incêndio (FGI). Esses fenómenos acontecem da mesma forma que uma explosão causada por uma fuga de gás numa habitação. Para que o fenómeno ocorra, devem ser atendidos os seguintes critérios: presença de gases inflamáveis suficientes no compartimento para que a concentração esteja acima do limite inferior de inflamabilidade (LII). Num cenário de incêndio, esses gases podem ser originários por combustão (gás do fumo) ou pela pirólise (pirolisados).

Quando durante um incêndio, se acumulam muitos gases resultantes dos fumos deste num compartimento fechado, formasse uma atmosfera pressurizada no interior. Esta pressão positiva fará com que

esse fumo seja pressionado para o exterior através das aberturas existentes, apesar disto, também é possível que o fumo acabe em espaços contíguos ou vazios: tetos falsos, pisos elevados ou paredes secas. A concentração destes gases não deve atingir ou ultrapassar limite superior de inflamabilidade (LSI), caso contrário tornar-se-ia muito rica para inflamar.

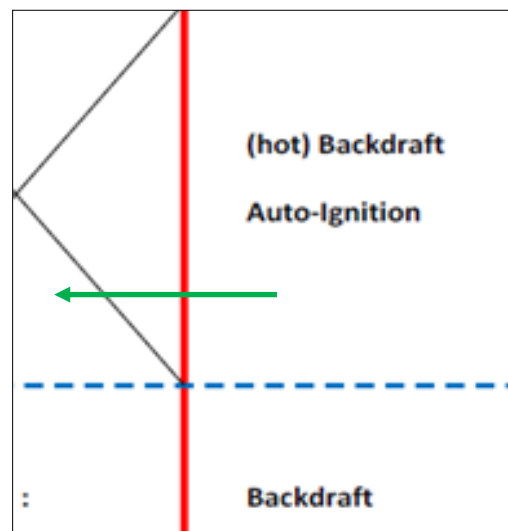
Desta forma, existe no compartimento uma mistura de oxigénio e combustível que se pode inflamar. Se for aportada uma fonte de ignição à mistura, esta inflamasse. Isto é ilustrado pela seta verde na figura 4.

O tipo de fenómeno que ocorre (rápido desenvolvimento do incêndio ou explosão de fumos) é determinado pela concentração dos gases dos fumos. Algures no meio da área inflamável encontra-se o rácio estequiométrico, ou seja, a proporção ideal de combustível e oxigénio, se se inflamarem estes gases, ocorre uma poderosa explosão. Misturas de um rácio ideal de combustível e oxigénio formarão uma explosão de fumos após a sua ignição, estas misturas estão no meio do seu campo de inflamabilidade, mais perto dos limites externos deste campo estão as misturas menos ideais, contudo, ainda se podem inflamar, causando uma rápida combustão. A acumulação de pressão no compartimento causada por essa combustão é bastante limitada. Tais fenómenos são descritos como "flashfires".

## 2.4 Autoignição

A autogignição é um fenómeno que na geralidade não é bem conhecido, não representando uma ameaça frequente para os bombeiros, no entanto pode causar a propagação do incêndio. Para além disso, autoignição significa que a temperatura dentro do compartimento está muito elevada.

Para que esta ocorra, é necessário que existam gases do fumo em quantidade suficiente num compartimento. Estes gases têm uma temperatura muito elevada, acima de 650°C, este valor é apenas uma estimativa aproximada. Podendo também ser 600°C ou 700°C, alguns textos mencionam a possibilidade de autoignição a temperaturas ainda mais baixas quando a capa de fumos é composta maioritariamente por gases de pirólise.



**Figura 5** Ocorrência de autoignição e backdraft (quente)

Uma condição final que deve ser cumprida é que a concentração de fumos tem de ser muito elevada para que a mistura passe do limite superior de inflamabilidade (LSI). Caso contrário, inflamar-se-iam dentro, em vez, de fora do compartimento.

No momento em que é realizada uma abertura, o fumo quente sai do compartimento. Uma vez fora, mistura-se com ar fresco, diluindo a mistura, este processo é representado pela seta verde na figura 5. Assim que o fumo e o ar formarem uma mistura inflamável, a ignição ocorrerá, a temperatura dos gases de fumo servem de fonte de ignição.

## 2.5 Backdraft quente

Na cidade de Valónia, o serviço de bombeiros foi alertado para um incêndio totalmente desenvolvido numa loja com produtos alimentícios congelados. À sua chegada, parecia que as chamas estavam a sair pelo telhado da loja (ver a figura 6). A loja estava fechada, para que os bombeiros pudessem aceder e combater o incêndio tiveram que realizar uma entrada forçada. Por causa das chamas estarem a sair para o exterior, ninguém considerou o backdraft. Na lista de sinais de alerta para backdraft, a ausência de chamas é muitas vezes apontada como uma das principais características.

Depois de ter sido quebrada uma janela para entrar, uma grande quantidade de ar entrou rapidamente na loja e logo de seguida ocorreu um violento backdraft, felizmente ninguém ficou ferido. Os bombeiros ficaram surpreendidos com o facto deste acontecimento. Afinal, eram claramente visíveis chamas. Deve aqui ser realizada uma importante distinção: não haviam chamas visíveis no interior do compartimento, as que se observavam à chegada eram provavelmente (parcialmente) causadas pela autoignição na saída existente dos gases dos fumos.



**Figura 6** A fotografia mostra três tons da esquerda para a direita: gás de pirólise, gás de fumos e chamas. A clareza das chamas indica a autoignição dos gases dos fumos que saem ao exterior. (Foto: Benoît Amans)



**Figura 7** Após um bombeiro ter criado uma abertura numa janela, ocorre um violentíssimo backdraft. (Foto: Benoît Amans)

Uma situação rara pode surgir quando o fumo muito quente se acumula num compartimento no qual se forma um súbito fluxo de ar. Num backdraft comum, o ar fresco e o fumo (combustível) misturam-se e, em seguida, inflamam-se pelas chamas que se reavivam. O reacendimento do incêndio é também determinado pelo suprimento de oxigénio, ou seja, um backdraft comum tem dois aspetos que são determinados pela ventilação, tem que ser formada uma mistura inflamável e o incêndio necessita de oxigénio suficiente para reacender.

No entanto, quando os gases estão extremamente quentes e acima da temperatura de autoignição, não é necessária nenhuma fonte extra de ignição. O próprio gás é a fonte de ignição, podendo nestes casos ocorrer, um "backdraft quente". Este fenómeno é extremamente raro e não há consenso geral sobre o seu processo, mesmo entre especialistas em comportamento de incêndios.

## 2.6 Revisão do gráfico

Ao observar a figura 1 detalhadamente, podemos ver que existem três mecanismos diferentes para alcançar alguma forma de rápida progressão do incêndio:

- Adicionando combustível (seta verde)
- Adicionando energia (seta laranja)
- Adicionando ar (seta azul)

Sabemos que os arquitetos prestam cada vez mais atenção à construção de caixas de ar justas. Os incêndios tornar-se-ão cada vez mais infraventilados. Situações em que adicionar ar originam sérios problemas, serão cada vez mais frequentemente. No entanto, isto não significa que as outras situações não possam mais ocorrer, compete aos chefes de equipa terem em consideração as condições e o comportamento do incêndio durante as operações de combate, cabendo-lhes a eles evitarem acidentes, reconhecendo e antecipando o comportamento do incêndio.

## 3 Bibliografia

- [1] *McDonough John, personal talks, 2009-2012*
- [2] *Hartin Ed, personal talks, 2010-2012*
- [3] *Lambert Karel & Baaij Siemco, Brandverloop: technisch bekeken, tactisch toegepast, 2011*
- [4] *Kerber Steve, Impact of ventilation on fire behavior in legacy and contemporary residential Construction, 2011*
- [5] *Grimwood Paul, personal talks, 2008*
- [6] *Lambert Karel & Desmet Koen, Binnenbrandbestrijding, versie 2008 & versie 2009*
- [7] *Grimwood Paul, Hartin Ed, McDonough John & Raffel Shan, 3D Firefighting, Training, Techniques & Tactics, 2005*
- [8] *Bengtsson Lars-Göran, Enclosure Fires, 2001*
- [9] *Hartin Ed, [www.cfbt-us.com](http://www.cfbt-us.com)*
- [10] *Raffel Shan, [www.cfbt-au.com](http://www.cfbt-au.com)*

Karel Lambert