

# OTIMIZAÇÃO MULTI-OBJETO DE PLANEJAMENTO ESTRATÉGICO, GESTÃO E PREVENÇÃO CONTRA INCÊNDIOS EM CURITIBA-PR

---

Rafael Commim Busatto<sup>1</sup>

## RESUMO

A cidade de Curitiba Capital do Estado do Paraná, como outras grandes metrópoles, tem um elevado número de ocorrências envolvendo incêndios. O Corpo de Bombeiros Militar do Estado Paraná, órgão que atua diretamente na segurança da capital Paranaense sendo representado pelo 1º e 7º Grupamentos, assistem toda a capital paranaense, fazendo frente ao combate as chamas. O objetivo deste artigo é consolidar os dados referentes a incêndios nos anos de 2013, 2014 e 2015 e apresentá-los agrupados de forma quantitativa e qualitativa, pontuando alguns indicadores como: bairros mais atingidos, horários de maior incidência e os tipos de incêndios. A metodologia utilizada foi a exportação dos dados do Sistema de Registro de Ocorrência e Estatísticas do Corpo de Bombeiros (SYSBM), cujos quais foram compilados, analisados e desmembrados em planilhas, gráficos e tabelas. Identificamos que alguns bairros e horários apresentaram maior índice de ocorrências e que o tipo de incêndio mais comum é o que ocorre em edificações. Por se tratar de um levantamento estatístico mais abrangente, alguns resultados nos permitirão aprofundar de forma mais específica futuramente em alguma direção, envolvendo talvez até a análise cuidadosa das informações registradas nas ocorrências. A princípio, podemos nos ater a questões de cunho geográfico e cronológico, uma vez que o sistema nos permitiu informações qualitativas sobre estes aspectos. A visualização de dados de forma ordenada permite uma análise melhor das situações, bem como subsidiar futuras discussões e eventuais sugestões de melhorias.

**PALAVRAS-CHAVE:** Otimização Multi-Objeto, Incêndio, Curitiba, Gestão, Planejamento Estratégico, Prevenção.

Atualmente, com o crescimento desorganizado das cidades tanto na vertical quanto na horizontal se verifica um aumento acentuado nos incêndios em residências na cidade de Curitiba (capital do estado do Paraná), sendo necessário reestruturar estratégias de planejamento pensando como um jogo de xadrez (Robert H. Hayes, David M. Upton 1998). Assim a preocupação na prevenção vem aumentando e para poder atuar nessa área é necessário o entendimento de fenômenos e a busca por sistemas análogos que podem representar esses fenômenos os quais são desafios relevantes.

---

<sup>1</sup> Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas (PPGEPS), Escola Politécnica, Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUCPR), Curitiba, PR, Brasil. E-mail: rafael\_busatto@yahoo.com.br

Entende-se por sistema análogo um sistema que consiga reproduzir algumas características do fenômeno observado, se esse sistema é um sistema análogo matemático então se diz modelo matemático que representa o fenômeno em estudo (Michell, Tom M. 1997). Desde os tempos mais remotos do início da humanidade, o incêndio além de perdas materiais, transtornos sociais, e até mesmo morte, traz com sigo os mais variados aspectos sociais, emocionais e econômicos.

As técnicas de modelagem computacional, agrupamento de dados, Aprendizado de Máquina e de Análise de Séries Temporais (AST), tais como as Redes Neurais Artificiais (RNA), Sistemas Nebulosos (*fuzzy systems*), Algoritmos Evolutivos (AE), Árvores de Decisão (AD) e Máquinas de Vetor de Suporte (MVS) vêm sendo aplicadas a diversos problemas, nos mais variados ramos do conhecimento, demonstrando eficiência e robustez na geração de modelos matemáticos de previsão e apoio a tomada de decisão (Trevor et. al. 2008). Para que tais técnicas obtenham os resultados esperados, devem se aplicar o conjunto de parâmetros construtivos ajustado para cada problema.

O fator tempo, ou seja, a agilidade e a rapidez nos atendimentos de urgência e emergência têm se tornado cada vez mais, fatores determinantes de sucesso nas operações do Corpo de Bombeiros e demais órgãos de segurança pública: “Em janeiro de 2013, uma tragédia ocorrida em Santa Maria (RS), decorrente de um incêndio em ambiente fechado resultou em 242 mortes. A organização e agilidade no atendimento foram cruciais para evitar uma catástrofe ainda maior” (BASSI, Estevão et al; 2014.)

Sendo assim o embasamento teórico que permita análise e estudo científico é fundamental para que isto ocorra, para (Platts, K 1994) uma característica necessária para formular um plano de estratégia é a criação de um quadro de informações. Por este motivo foi desenvolvido este trabalho baseado em dados estatísticos de incêndios na cidade de Curitiba/PR.

Para observarmos os dados estatísticos sobre incêndios na cidade de Curitiba, capital do estado do Paraná, será seguida uma sequência lógica de desmembramento de dados, partindo de uma visão macro para uma visão mais específica e detalhada.

Primeiramente a quantidade de incêndios por ano. Em seguida por tipo de incêndio (incêndio em edificação, ambiental e meio de transporte) por ano. Na sequência, poderemos observar, já de forma qualitativa, os bairros (regiões) com maior índice de ocorrências

também de forma anual e finalmente quais os horários de maior incidência, também de forma anual.

Sendo assim, começaremos com a quantidade de ocorrências registradas nos anos de 2013, 2014 e 2015, salientando aqui que neste caso não será realizada uma tratativa qualitativa dos dados e sim uma tratativa quantitativa apenas.

Reforçando que uma análise mais aprofundada dos dados somente será possível em relação às regiões mais afetadas (bairros), bem como os horários em que as ocorrências foram registradas. Isto devido a limitações sistêmicas, ou seja, as condições de relatórios que o sistema (SYSBM) permite extrair.

## **22 METODOLOGIA DA PESQUISA**

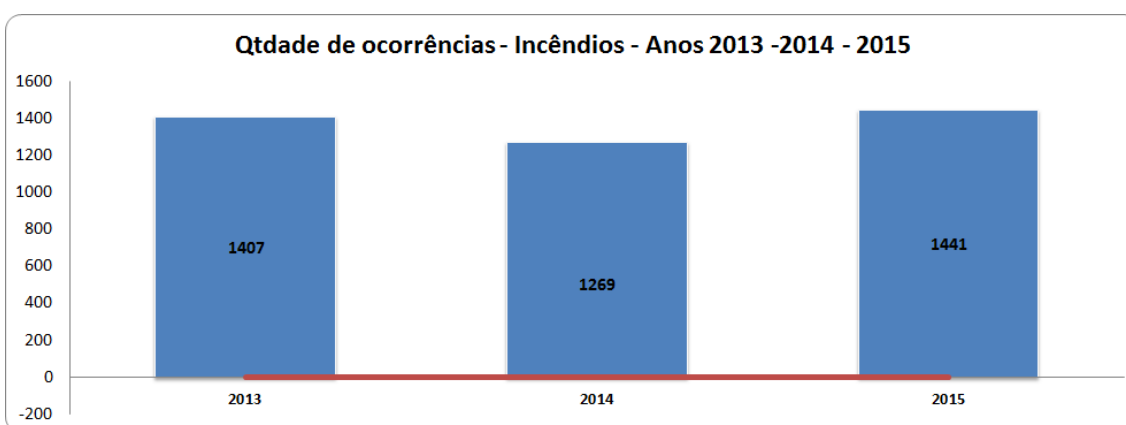
O presente trabalho foi realizado na cidade de Curitiba/PR, com intuito de apresentar e analisar dados acerca dos incêndios ocorridos foi realizado a obtenção e análise dos dados.

O registro dos incêndios ocorridos nos anos de 2013, 2014 e 2015, encontra-se em um banco de dados (SYSBM-CCB), do qual foram utilizadas as seguintes informações: quantidade de incêndios por ano, região (bairro), horário, quantidade e tipos de incêndios (ambiental, edificação e meio de transporte). Foi feito um levantamento de dados naturalmente com a perfeita compreensão dos elementos digitados nas linhas e colunas de uma tabela a fim de analisar e apresentar a maior quantidade de ocorrências de incêndios nestes anos.

Os dados das ocorrências nas respectivas regiões foram divididos de acordo com a quantidade de incêndios para comparação do número de ocorrências nestes anos e de acordo com os meses para se visualizar o período de maiores ocorrências, posteriormente lançados em gráficos de acordo com o respectivo ano. Os dados obtidos foram também relacionados de acordo com os bairros para identificar as regiões de maiores quantidades de ocorrências, posteriormente distribuídos em gráficos. E ainda os dados obtidos foram analisados de acordo com as horas do dia para se saber qual o período com maior incidência de incêndios. Posteriormente os horários de maiores incidências foram posicionados em uma tabela. Por fim os dados obtidos foram separados de acordo com o tipo de ocorrência com o propósito de se ter uma ideia geral do tipo de incêndio de maior frequência.

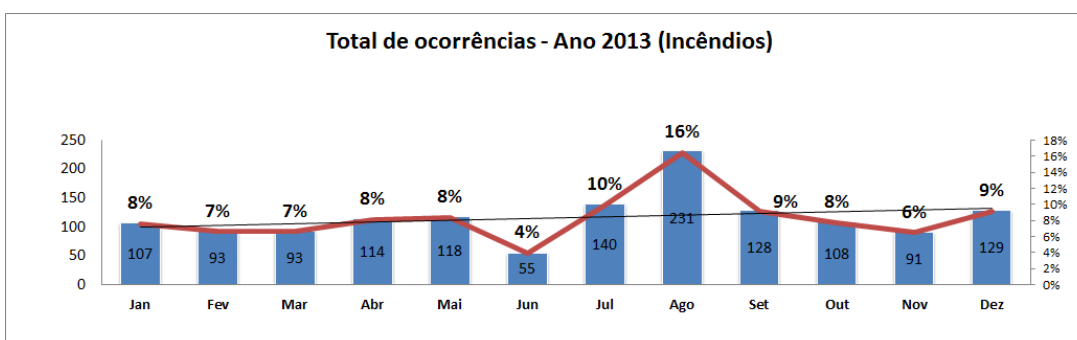
## 23 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Dando início ao nosso trabalho, mostraremos a quantidade de ocorrências registradas na cidade de Curitiba nos anos de 2013, 2014 e 2015 (gráfico 1). Salientando que estes registros referem-se somente as ocorrências caracterizadas e devidamente classificadas como incêndio.



**Gráfico 1**

Aumentando um pouco o nosso nível de detalhamento, podemos observar que no ano de 2013, o mês com maior número de ocorrências foi o de agosto (gráfico 2). No ano de 2014, é possível perceber que o mês de janeiro foi o de maior incidência de ocorrências relacionadas a incêndios, seguido do mês de agosto (gráfico 3). Em 2015 também foi evidenciado que o mês de agosto apresentou o maior número de ocorrências relacionadas a incêndios (gráfico 4).



**Gráfico 2**

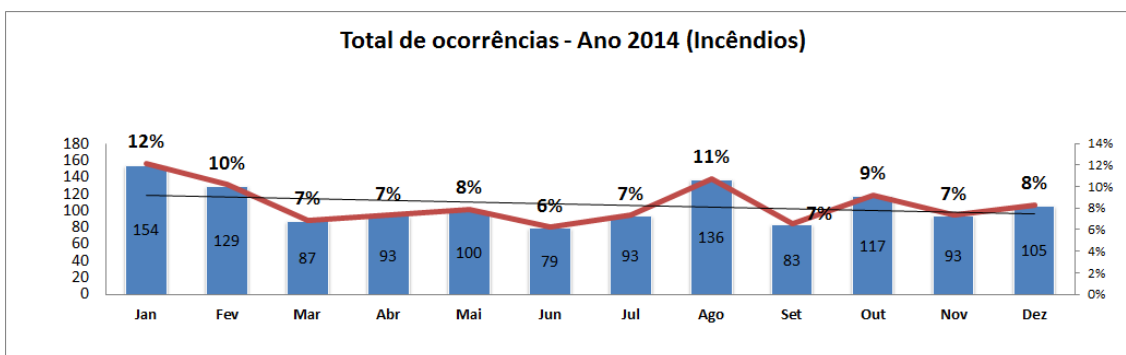


Gráfico 3

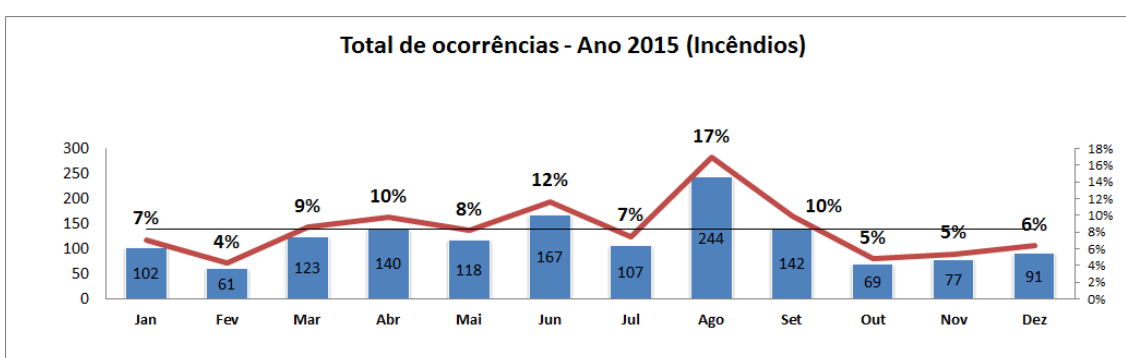


Gráfico 4

Os dados apresentados a seguir referem-se à quantidade de ocorrências classificadas por tipo de incêndio, ou seja, pelo tipo: “Incêndio em edificação”, “Incêndio Ambiental” e “Incêndio em meio de transporte”.

No ano de 2013 foram registradas 1407 ocorrências relacionadas a incêndio. Destas, 717 (50,96%) do tipo incêndio em edificação, 508 (36,11%) do tipo incêndio ambiental e 182 (12,94%) do tipo incêndio em meio de transporte.

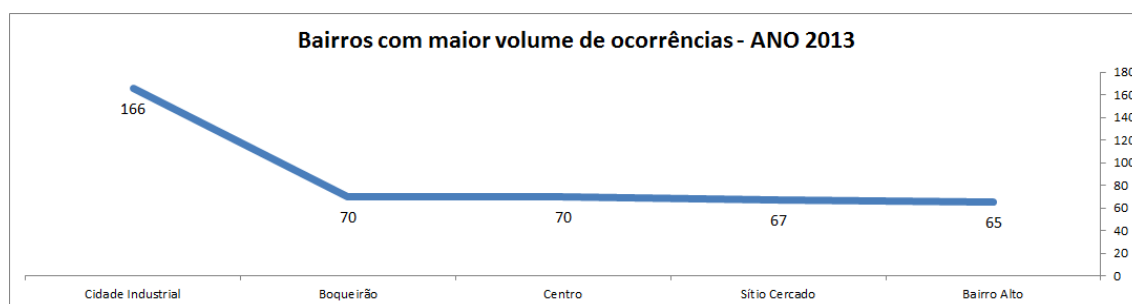
No ano de 2014, foram 1269 ocorrências relacionadas a incêndio. Destas, 711 (56,03%) do tipo incêndio em edificação, 302 (23,80%) do tipo incêndio ambiental e 256 (20,17%) do tipo incêndio em meio de transporte.

Em relação ao período de 2015, o total de registros foi de 1441, dos quais 634 (44%) foram do tipo incêndio em edificação, 558 (38,72%) do tipo incêndio ambiental e 249 (17,28%) do tipo incêndio em meio de transporte.

A variação que mais chama atenção dentre os dados estudados, foi o declínio mais acentuado de ocorrências do tipo incêndio ambiental no ano de 2014 em relação aos anos de 2013 (redução de aproximadamente 41%) e 2015 (redução de aproximadamente 46%).

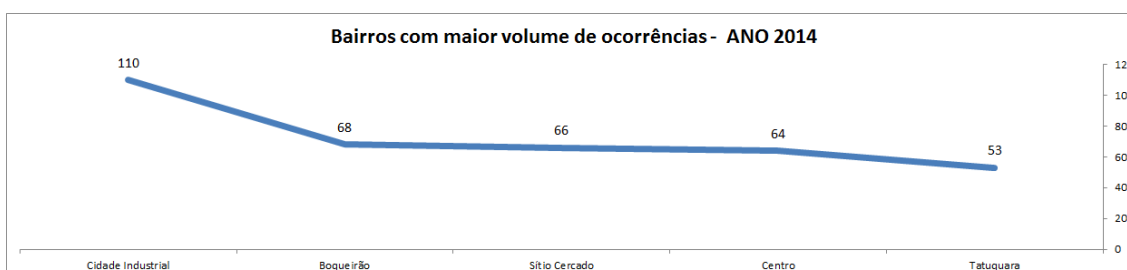
Outros dados estatísticos obtidos e concatenados foram em relação à incidência de ocorrências de incêndio por bairros. Como não há guarnições, ou seja, equipe de bombeiros em plantão específica para atender os tipos diferentes de incêndios (edificação, ambiental e meio de transporte), optamos aqui por não estratificar os dados e sim consolidá-los ou agrupá-los por região.

No ano de 2013 foi possível observar que o bairro da Cidade Industrial de Curitiba (CIC), foi o que mais teve ocorrências registradas, seguido dos bairros do Boqueirão, Centro, Sítio Cercado e Bairro Alto (gráfico 5). Vale observar que dos cinco primeiros bairros com maior quantidade de ocorrências, quatro são da região sul da cidade, região esta atendida preferencialmente pelo 1º grupamento de bombeiros.



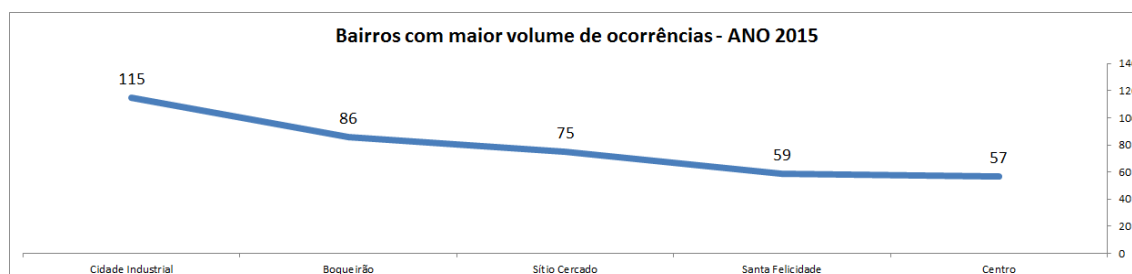
**Gráfico 5**

Em 2014 também o bairro com maior índice de ocorrências relacionadas a incêndios foi a Cidade Industrial de Curitiba (CIC), seguida novamente do bairro do Boqueirão. Na sequência os bairros do Sítio Cercado e Tatuquara (gráfico 6). Neste caso, todas as regiões são atendidas pelo 1º grupamento de bombeiros.



**Gráfico 6**

Em 2015, os dois primeiros bairros com maior incidência de incêndios se repetem, Cidade Industrial de Curitiba e Boqueirão, seguidos dos bairros do Sítio Cercado, Santa Felicidade e Centro (gráfico 7).



**Gráfico 7**

Ainda em relação a atendimentos no aspecto geográfico, no ano de 2013, das 1407 ocorrências relacionadas a incêndio na cidade de Curitiba – PR, 1020 ocorreram na região do 1º grupamento de bombeiros, equivalendo assim a 72% dos atendimentos.

Em 2014, das 1269 ocorrências, 939 ocorreram na região pertinente ao 1º grupamento de bombeiros, isto se dá o equivalente a 74% do total.

Em 2015, das 1441 ocorrências, 1032 aconteceram na região do 1º grupamento de bombeiros, equivalendo assim a 72% do total de ocorrências.

É importante salientar que os dados aqui obtidos consideram somente a cidade de Curitiba. Sendo assim, não são contabilizadas ocorrências em municípios vizinhos da região norte da cidade que são atendidos pelo 7º grupamento de bombeiros.

Os dados abaixo se referem aos horários de maior incidência de ocorrências relacionadas a incêndios, considerando os 3 tipos de classificação.

No ano de 2013 o total de ocorrências foi 1407. Destes, 717 referem-se a incêndios em edificação tendo como o período de maior incidência o horário entre 18h00min e 18h59min, totalizando 45 registros (tabela 1).

Nos tipos de incêndio ambiental o total de ocorrências foi 508, tendo como o período de maior incidência entre as 15h00min e 15h59min com 57 registros (tabela 1).

Em relação ao tipo de incêndio em meios de transporte, o total foi de 182 ocorrências, onde dois períodos apresentaram uma maior quantidade de ocorrências, sendo elas entre as 14h00min e 14h59min e 19h00min às 19h59min, ambas com 14 registros (tabela 1).

<b>ANO 2013</b>			
<b>Tipo de Ocorrência</b>	Incêndio em edificação	Incêndio Ambiental	Incêndio em meio de transporte
<b>Período c/ maior qtdade de ocorrências</b>	18:00 à 18:59	15:00 às 15:59	14:00 às 14:59 19:00 às 19:59
<b>Nº de ocorrências</b>	45	57	14

Tabela 1 – Período (hora) do dia com maior número de ocorrência – Fonte SYSBM.

No ano de 2014 o total de ocorrências foi de 1269. Destas, 711 se referem a ocorrências do tipo incêndio em edificação e o horário de maior incidência se deu entre às 18h00min e 18h59min totalizando 57 atendimentos (tabela 2).

Em relação ao tipo de incêndio ambiental, o total de registros foi de 302 e o horário de maior incidência foi das 15h00min às 15h59min com 30 ocorrências (tabela 2).

No que se refere ao tipo de incêndio em meio de transporte, o total de ocorrências foi de 256 e o horário de maior incidência foi o período das 23h00min às 23h59min (tabela 2).

<b>ANO 2014</b>			
<b>Tipo de Ocorrência</b>	Incêndio em edificação	Incêndio Ambiental	Incêndio em meio de transporte
<b>Período c/ maior qtdade de ocorrências</b>	18:00 à 18:59	15:00 às 15:59	23:00 às 23:59
<b>Nº de ocorrências</b>	57	30	22

Tabela 2 – Período (hora) do dia com maior número de ocorrência – Fonte SYSBM.

No ano de 2015 o total de ocorrências relacionadas a incêndio foi de 1441. Destas, 634 foram classificadas como incêndio do tipo edificação e o horário de maior incidência se deu entre o período das 18h00min às 18h59min com 43 ocorrências (tabela 3).

Em relação ao tipo de incêndio ambiental, foram 558 registros e o horário de maior incidência foi das 14h00min às 14h59min com 62 registros (tabela 3).

Em relação ao tipo de incêndio em meio de transporte, foram registradas 249 ocorrências e o horário de maior incidência foi das 22h00min às 22h59min com 21 registros (tabela 3).

<b>ANO 2015</b>			
<b>Tipo de Ocorrência</b>	Incêndio em edificação	Incêndio Ambiental	Incêndio em meio de transporte
<b>Período c/ maior</b>	18:00 à	14:00 às 14:59	22:00 às 22:59



<b>qtdade de ocorrências</b>	18:59		
<b>N° de ocorrências</b>	43	62	21

Tabela 3 – Período (hora) do dia com maior número de ocorrência – Fonte SYSBM.

## 24 CONCLUSÃO

Diante dos dados descritos acima, conseguimos identificar algumas variações que nos chamaram a atenção. Nos anos de 2013 e 2015, o mês com maior índice de ocorrências foi o mês de agosto. No ano de 2014, o mês com maior incidência de ocorrências foi o de janeiro, seguido do mês de agosto com uma diferença de apenas 18 ocorrências.

O fato do mês de agosto ter sido o de maior registro de ocorrências nestes três anos, nos leva a sugerir certa influencia climática. Após o período de frio intenso e geadas na região, que ocorrem geralmente nos meses de maio, junho e julho, aliado há uma diminuição na incidência de chuvas, tornam a mata mais seca e mais propensa a incêndios.

Abaixo mostramos um comparativo entre os meses de janeiro e agosto nos anos respectivos (tabela 4), reforçando esta tese da influência do clima na quantidade de ocorrências, exceto no ano de 2014 quanto tivemos aumento do índice pluviométrico e baixas temperaturas em comparação ao ano anterior e posterior.

ANO	MÊS	INCÊNDIO		
		Tipo Ambiental	Tipo Edificação	Tipo Meio de transporte
2013	Janeiro	42	59	6
	Agosto	142	64	25
2014	Janeiro	45	82	27
	Agosto	47	65	24
2015	Janeiro	29	56	17
	Agosto	160	58	26

Tabela 4 – Comparativo entre os meses de janeiro e agosto – Triênio 2013 a 2015 – Fonte SYSBM.

Os dados que apontaram os bairros mais atingidos por incêndios nos levam a crer que estão relacionados diretamente a densidade demográfica, ou seja, a quantidade da população presente nos respectivos bairros. Nos três anos (2013, 2014 e 2015) o bairro com mais ocorrências foi a Cidade Industrial de Curitiba, mais comumente conhecida como CIC. Este é o bairro mais populoso de Curitiba com em torno de 172 mil habitantes. Ainda a este bairro, podemos relacionar a grande concentração de empresas e indústrias. O segundo bairro

mais populoso, que é o Sítio Cercado com em torno de 115 mil habitantes, também aparece como um dos bairros mais atingidos por incêndios na capital paranaense. Na seqüência citamos também o bairro do Boqueirão que é o quarto bairro mais populoso de Curitiba com em torno de 96 mil habitantes.

Em relação ao período do dia de maior incidência de ocorrências, foi perceptível que os incêndios do tipo edificação, nos três anos analisados, ocorreram entre as 18h00min e 18h59min. Neste caso específico, seria de fundamental importância um levantamento mais aprofundado, inclusive com análise nas descrições dos registros de ocorrência sobre os motivos dos incidentes, uma vez que o sistema não nos permite extrair estas informações de forma qualitativa, ainda que por se tratar de um horário de pico, possamos ter uma inclinação a direcionar este indicador para uma vertente mais antrópica. Ainda no que se refere ao período do dia com maior incidência de incêndios, outro aspecto se destacou e nos leva a deduzir sobre a influência do clima nas ocorrências de incêndio. Durante os três anos analisados, foi possível perceber que os casos de incêndio do tipo ambiental, ocorreram entre o período das 14h00min às 15h59min, período este que sofre a maior incidência de calor: “A temperatura mais alta ocorre usualmente no começo ou meio da tarde, enquanto o pico de radiação ocorre ao meio dia.” (UFPR).

## REFERÊNCIAS

Association, National Fire Protection (2015). “Fire Code”. NFPA

Hastie, Trevor; Tibshirani Robert; Friedman Jerome. (Second Edition). “The Elements of Statistical Learning”. Springer.

Hayes, R ; Upton, D. Harvard Business Review, vol. 40, n. 4, p. 8-25, summer 1998

Mitchell, Tom M. “Machine Learning”. McGraw-Hill (2007) Science/Engineering/Math.

Paraná, Corpo de Bombeiros. “Código de Segurança Contra Incêndio e Pânico”. CB PMPR 2012

Platts, K. Computer Integrated Manufacturing Systems, v. 7, n. 2, p. 93-99. 1994

Link:<http://www.agencia.curitiba.pr.gov.br/publico/conteudo.aspx?codigo=48> Acessado em 06/07/2016 às 21h59min;

Link: <http://fisica.ufpr.br/grimm/aposmeteo/cap3/cap3-5.html> . Acessado em 06/07/2016 às 22h45min;

Link:[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0103-507X2014000400421](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-507X2014000400421)  
Acessado em 06/07/2016 às 22h41min.

Sistema de cadastro de ocorrências – SYSBM-CCB. Disponível em:  
<http://www.bombeiroscascavel.com.br/registroccb/>. Acessado em 18/06/2016 às 20h35min;