

ANÁLISE DOS SISTEMAS ATMOSFÉRICOS RELACIONADOS AOS IMPACTOS PLUVIAIS NA ÁREA URBANA DE RIO CLARO (SP)

Leiliane Cristina Lopes,
Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”
leili_lopes@hotmail.com

Anderson Luis Hebling Christofoletti,
Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”
alhc@rc.unesp.br

Diego Correa Maia,
Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”
diegocmaia@bol.com.br

RESUMO:

As atmosferas urbanas são caracterizadas pelo aumento das precipitações e da frequência das tempestades, o que ocasionam diversos tipos de impactos nas cidades, como prejuízos materiais e humanos. A cidade de Rio Claro (SP) é considerada um exemplo dessa realidade. Logo, o objetivo do presente trabalho foi analisar os impactos à população provenientes das precipitações pluviais na área urbana, durante o período de 2005 a 2010, por meio de um mapeamento dos pontos críticos e uma análise dos sistemas atmosféricos atuantes. As informações referentes às ocorrências foram coletadas no Corpo de Bombeiros e na Imprensa, já as cartas sinóticas foram obtidas na biblioteca do INPE, em Cachoeira Paulista e no site da Marinha do Brasil. O mapeamento mostrou as localidades mais problemáticas, sendo elas: a Avenida Visconde do Rio Claro e a Zona Central, ambas com o total de 23 ocorrências, o bairro Jardim Inocoop, com 20, a Avenida Tancredo Neves, totalizando 12 e a Vila Paulista, com 10 ocorrências. Através de gráficos, foi possível verificar que o sistema atmosférico mais recorrente, durante o período estudado, é o relacionado à precipitação convectiva, no entanto, analisando os anos separadamente, outros tipos de eventos predominaram.

Palavras-chave: Clima Urbano, Climatologia Geográfica, Impactos Pluviais

ABSTRACT:

The urban atmospheres are characterized by the increase in precipitation and frequency of storms, which causes various types of impacts in cities, such as material and human damage. The city of Rio Claro (SP) is considered an example of this reality. Therefore, the aim of this study was to analyze the impacts to the population from the rainfall in the urban area, during the period 2005 to 2010, through a mapping of the critical points and an analysis of the active weather systems. The information regarding events were collected in the Fire Department and Press, the synoptic maps used were obtained in the library of INPE, located in Cachoeira Paulista and at the website of the Navy of Brazil. The mapping showed the most problematic locations, which are: Avenida Visconde do Rio Claro and the Central Zone, both with the amount of 23 occurrences, Jardim Inocoop, 20, Avenida Tancredo Neves, 12 and Vila Paulista, 10. Through the graphs, it was possible to verify that the most recurrent atmosphere system, during the study period, is related to convective precipitation, however, by the analysis of the years, separately, other types of events predominated.

Key-words: Urban Climate, Geographical Climatology, Rain Impacts

Introdução

Inúmeras cidades brasileiras enfrentam problemas ambientais referentes à atmosfera, como alterações da temperatura e aumento das precipitações. Devido a essa modificação das intempéries atmosféricas, o clima das cidades passa a ter especificidades próprias.

Com o objetivo de entender os fenômenos atmosféricos, partindo de uma concepção dinâmica, *SORRE* (apud *MONTEIRO*, 1976) concebe o clima como sendo “a série de estados atmosféricos acima de um lugar em sua sucessão habitual”. *MONTEIRO* (1976), baseando-se nessa concepção, propõe uma metodologia fundamentada na noção de ritmo para investigar o clima, concluindo que para compreender as variações dos elementos climáticos, é preciso associá-los à circulação atmosférica regional e correlacioná-los a outros fatores geográficos. Pode-se dizer, dessa forma, que sua obra acabou por nortear a Climatologia Geográfica Brasileira.

A Climatologia Geográfica, ao estar diretamente associada às modificações do clima, tem como um de seus enfoques estudar e entender as diversas alterações que vem ocorrendo na atmosfera urbana. *MONTEIRO* (1976) define o clima urbano como “um sistema que abrange o clima de um dado espaço terrestre e sua urbanização” e propõe uma metodologia específica para abordá-lo, o Sistema Clima Urbano (S.C.U.). De acordo com o autor, “o S.C.U. importa energia através do seu ambiente, é sede de uma sucessão de eventos que articulam diferenças de estados, mudanças e transformações internas, a ponto de gerar produtos que se incorporam ao núcleo e/ou são exportados para o ambiente, configurando-se como um todo de organização complexa que se pode enquadrar na categoria dos sistemas abertos”.

Dentre as principais modificações da atmosfera urbana, destacam-se o aumento das precipitações e da frequência das tempestades. Segundo *AYOADE* (1986), o aumento das precipitações está relacionado, parcialmente, à abundante presença de núcleos de condensação, oriundos dos poluentes gerados pelos veículos motorizados e pelas indústrias. Além disso, considera outros fatores, como o acréscimo do vapor d’água, devido aos processos de combustão, a convecção térmica sobre a ilha de calor urbano e a turbulência mecânica criada pelo efeito de fricção das estruturas da cidade sobre os fluxos de ar.

Verificam-se, desse modo, inúmeros impactos provenientes das chuvas intensas nas cidades, os quais ocasionam diversos transtornos à população, sendo os mais frequentes, danos às pavimentações de ruas e avenidas, alagamentos, deslizamentos e desabamentos. A cidade de Rio Claro (SP) enquadra-se nesse cenário, tornando-se imprescindível estudar os diferentes tipos de impactos, suas principais localidades, como também quais sistemas atmosféricos estavam associados.

O objetivo geral do presente trabalho foi analisar os impactos oriundos das precipitações pluviais na área urbana de Rio Claro (SP) durante o período de 2005 a 2010, relacionando com os sistemas atmosféricos predominantes e mapeando os pontos críticos no que concerne a frequência das ocorrências.

Materiais e métodos

Os dados pluviométricos diários, dos anos de 2005 a 2010, foram coletados no Centro de Análise e Planejamento Ambiental (CEAPLA), localizado no campus da UNESP, Rio Claro. Os

boletins pluviométricos obtidos continham, além da precipitação diária, o total mensal e o total anual. Em relação aos dados referentes aos sistemas atmosféricos, as cartas sinóticas dos dias necessários para a pesquisa foram coletadas na biblioteca do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), em Cachoeira Paulista e no site da Marinha do Brasil.

Para a realização do mapeamento, feito no programa *CorelDRAW*, dos locais mais problemáticos, no que diz respeito à frequência de ocorrência dos impactos, foram obtidas notícias sobre chuvas e seus devidos impactos na cidade através do manuseio dos jornais Diário do Rio Claro e Cidade, assim como o levantamento de ocorrências junto ao Corpo de Bombeiros. As informações relevantes para a pesquisa foram: a data da ocorrência, o tipo de impacto e a localidade correspondente.

A partir daí, foram elaboradas tabelas utilizando o programa *Word*, contendo os dados adquiridos, de modo a facilitar a análise das precipitações, seus respectivos impactos e os sistemas atmosféricos predominantes.

Foram feitos, então, gráficos visando relacionar os diferentes tipos de impactos com os sistemas atmosféricos predominantes, permitindo verificar em quais anos determinado evento atmosférico foi mais atuante e em quais impactos teve maior influência.

Resultados e discussão

Foi possível observar 13 tipos de impactos no período estudado, sendo eles: alagamento, queda de árvore, danos em vias, danos em imóveis, desabamento, deslizamento, problemas na rede de esgoto, problemas no abastecimento de água, falta de energia, danos no sistema telefônico, danos em obras contra erosão, lama e óbito. Segue abaixo o número de ocorrências correlacionadas aos tipos de impactos em cada ano analisado:

Quantidade de ocorrências referentes a cada tipo de impacto no período de 2005 a 2010

	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Alagamento	32	18	14	17	14	38
Queda de árvore	16	5	3	5	6	8
Danos em vias	8	2	7	2	-	10
Danos em imóveis	-	-	-	-	10	1
Desabamento	8	1	-	1	1	1
Deslizamento	-	-	-	-	-	3
Problemas na rede de esgoto	1	1	-	-	1	3
Problemas no abastecimento de água	1	-	-	-	-	1
Falta de energia	1	-	-	-	-	-
Danos no sistema telefônico	-	-	-	1	-	-
Danos em obras contra erosão	-	-	-	-	-	1
Lama	-	-	-	2	-	2
Óbito	-	-	-	-	-	1

Fonte: Organizado por LOPES, 2012

No total, foram 247 ocorrências, com destaque para as de alagamento, que juntas somaram 133. Os outros dois tipos mais comuns verificados foram queda de árvore, 43 ocorrências, e danos em vias, 29. Segue abaixo o mapa (Figura 1) com as localidades consideradas pontos críticos no que diz respeito à frequência das ocorrências, nos seis anos estudados:

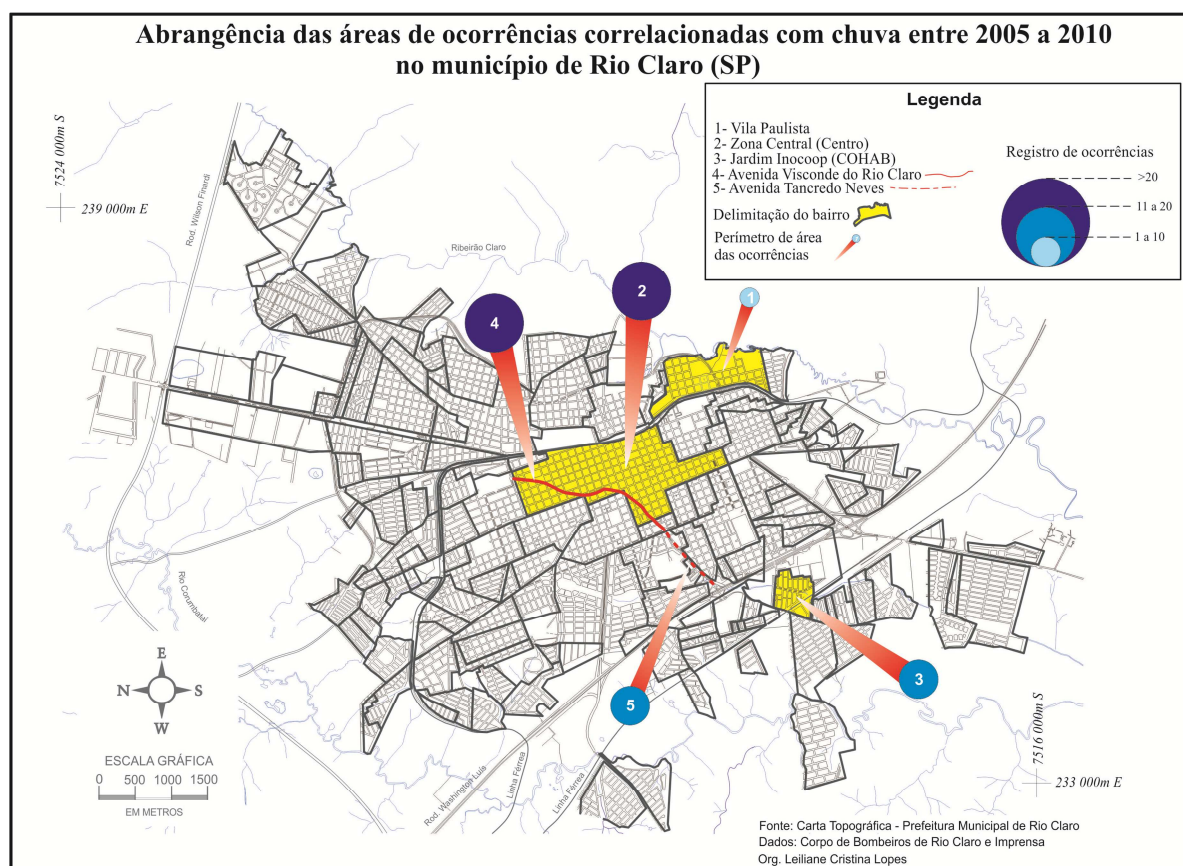


Figura 1

Dentre os locais acima destacados, a Avenida Visconde do Rio Claro e a Zona Central possuem os maiores índices de ocorrências, totalizando 23 cada. O bairro Jardim Inocoop, por sua vez, apresenta 20, seguido pela Avenida Tancredo Neves, com 12 e a Vila Paulista, com 10. É possível notar, desse modo, uma concentração das ocorrências na área central da cidade, com exceção do bairro Jardim Inocoop e Vila Paulista.

Segundo a classificação de MONTEIRO (1973) do Estado de São Paulo, Rio Claro (SP) localiza-se na feição climática denominada Centro-Norte, ou seja, sobre a Depressão Periférica Paulista, tendo sua dinâmica climática controlada por massas equatoriais e tropicais com predomínio de climas tropicais alternadamente secos e úmidos. Logo, o período em que foi verificado maior número de ocorrências foi o primavera-verão, com o número de 233, mais de 94% do total analisado, devido ao fato desta estação ser caracterizada como a chuvosa do clima correspondente ao município.

Segue abaixo os dias com índices acima de 50 mm de chuva e com maior quantidade de ocorrências, assim como os sistemas atmosféricos associados:

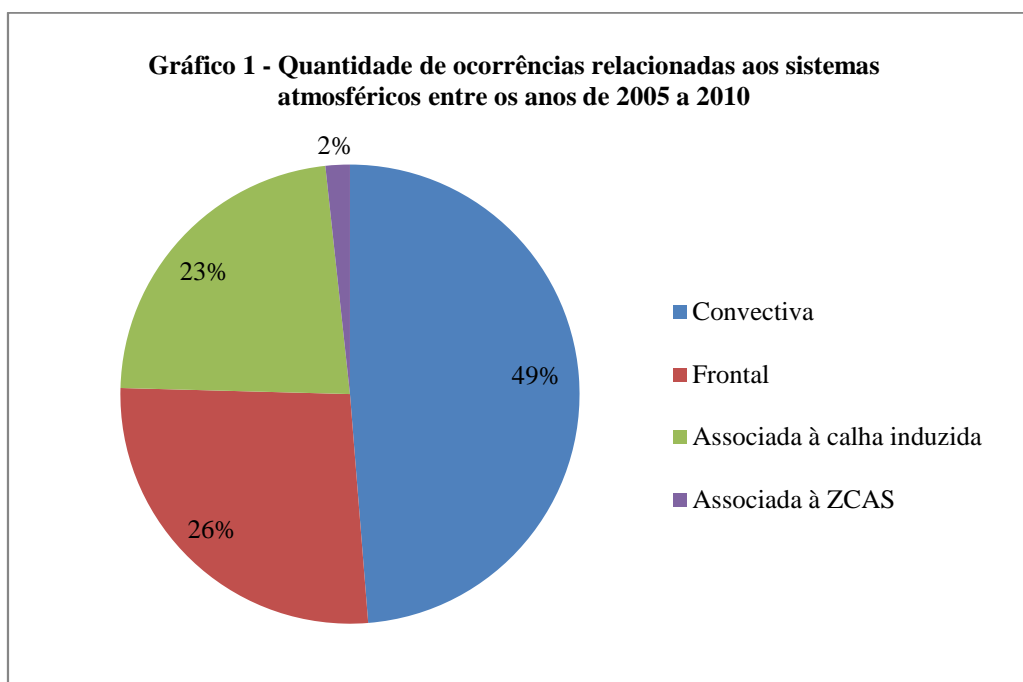
Quantidade de precipitação, número de ocorrências e sistema atmosférico

Dia	Precipitação (mm)	Número de ocorrências	Tipo de sistema atmosférico
22/01/2005	64,7	11	Frontal
29/01/2005	122,6	14	Convectiva
23/11/2005	78,4	17	Associada à calha induzida
20/11/2006	56,5	10	Frontal
18/01/2007	54,9	9	Associada à calha induzida
08/01/2010	106,9	25	Convectiva
25/02/2010	61	15	Frontal

Fonte: Organizado por LOPES, 2012

De acordo com a análise da tabela, o mês de Janeiro, principalmente nos anos de 2005, 2007 e 2010, teve altos índices pluviométricos, registrando os maiores números de ocorrências em um mesmo dia. Em relação ao sistema atmosférico, apesar dos dois maiores índices corresponderem à precipitação convectiva, dentre esses sete dias, três estão relacionados à entrada de um sistema frontal.

Entretanto, considerando o total das ocorrências, foi constatada uma predominância de precipitações convectivas (49%), assim como pode ser observado no gráfico (Gráfico 1) a seguir:

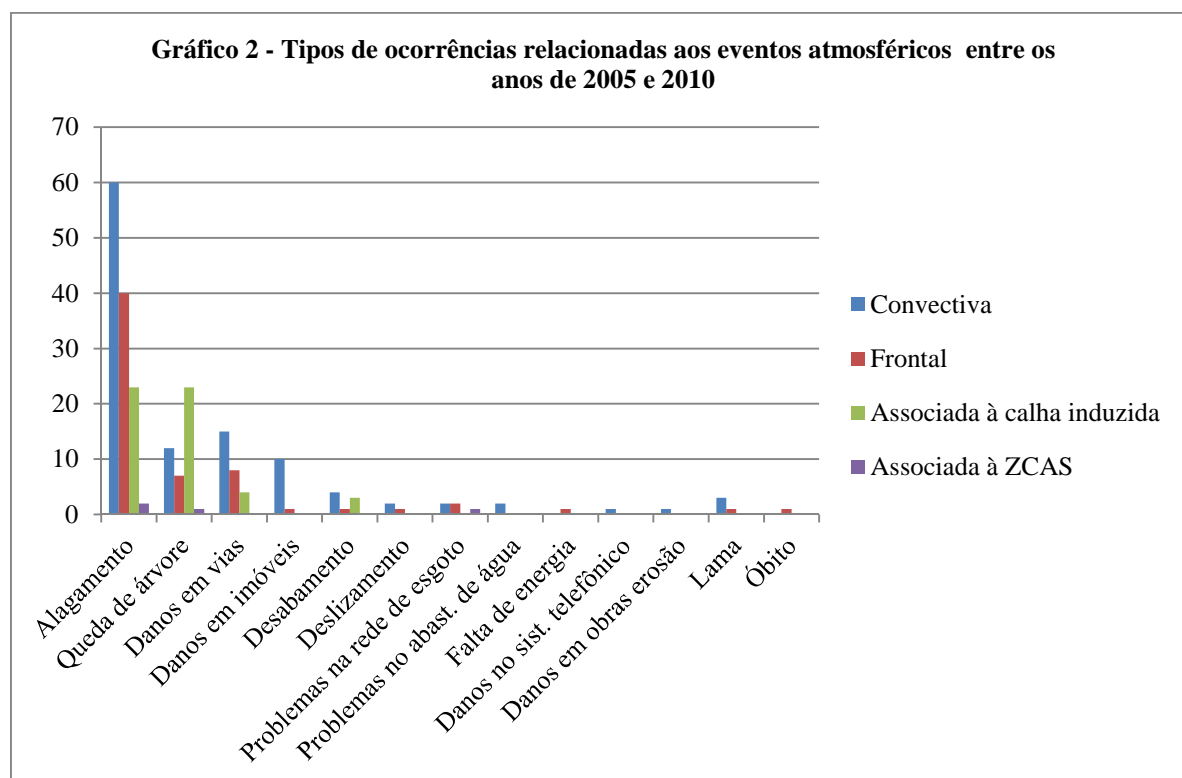


Fonte: Organizado por LOPES, 2012

As precipitações associadas à entrada de um sistema frontal aparecem como o segundo tipo de sistema atmosférico mais frequente (26%), seguidas, com pouca diferença, pelas chuvas relacionadas à

calha induzida (23%). Já as precipitações referentes à Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) são as menos recorrentes, correspondendo somente 2% do total.

O gráfico a seguir (Gráfico 2) elucida a relação entre os tipos de ocorrências e quais sistemas atmosféricos estavam associados, durante o período estudado.



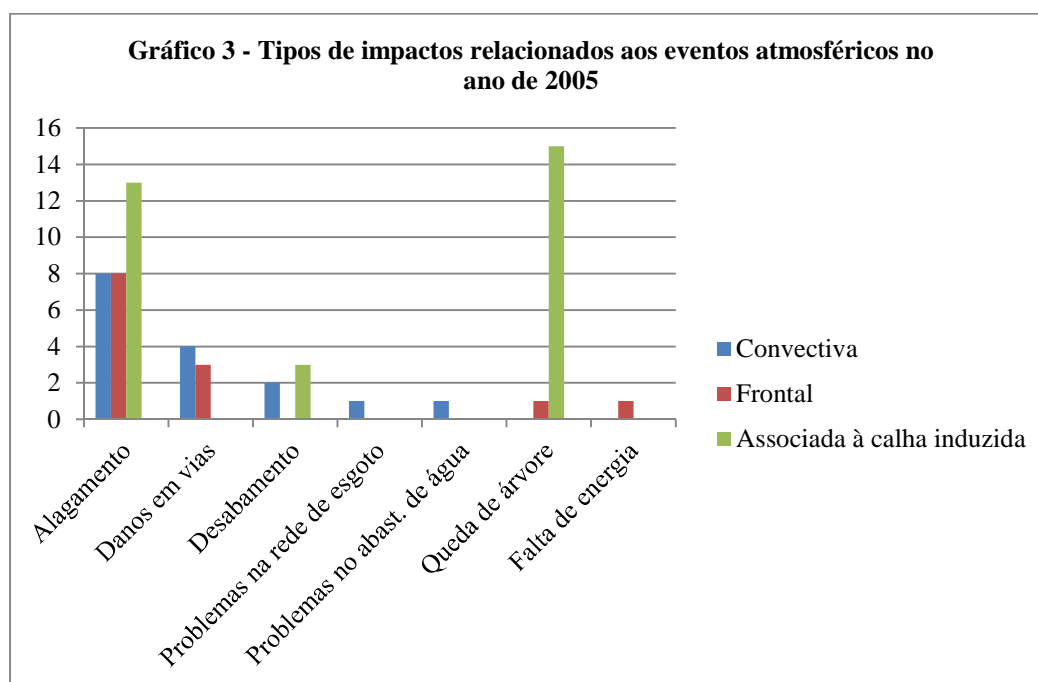
Fonte: Organizado por LOPES, 2012

Observou-se que a precipitação convectiva apresenta-se como a mais recorrente no que diz respeito a grande maioria das ocorrências. No entanto, em relação ao impacto correspondente à queda de árvore, há uma predominância de chuvas associadas à calha induzida. O impacto referente a desabamento está relacionado, de maneira igual, à precipitação convectiva e à calha induzida. Já as ocorrências de falta de energia e óbito foram ocasionadas por chuvas ligadas a entrada de um sistema frontal.

Primeiramente, antes de iniciar as análises com os gráficos a seguir, é necessário salientar que os totais das ocorrências nos gráficos 3 e 4 não correspondem com a quantidade real verificada, devido ao fato de duas cartas sinóticas, do dia 16 de Setembro de 2005 e do dia 12 de Outubro de 2006, não terem sido encontradas, tanto no site da Marinha, quanto na biblioteca do INPE, em Cachoeira Paulista.

No ano de 2005, foram verificadas 67 ocorrências, sendo elas: 32 alagamentos, 16 quedas de árvores, 8 danos em vias, 8 desabamentos, uma falta de energia, uma referente à problemas na rede de

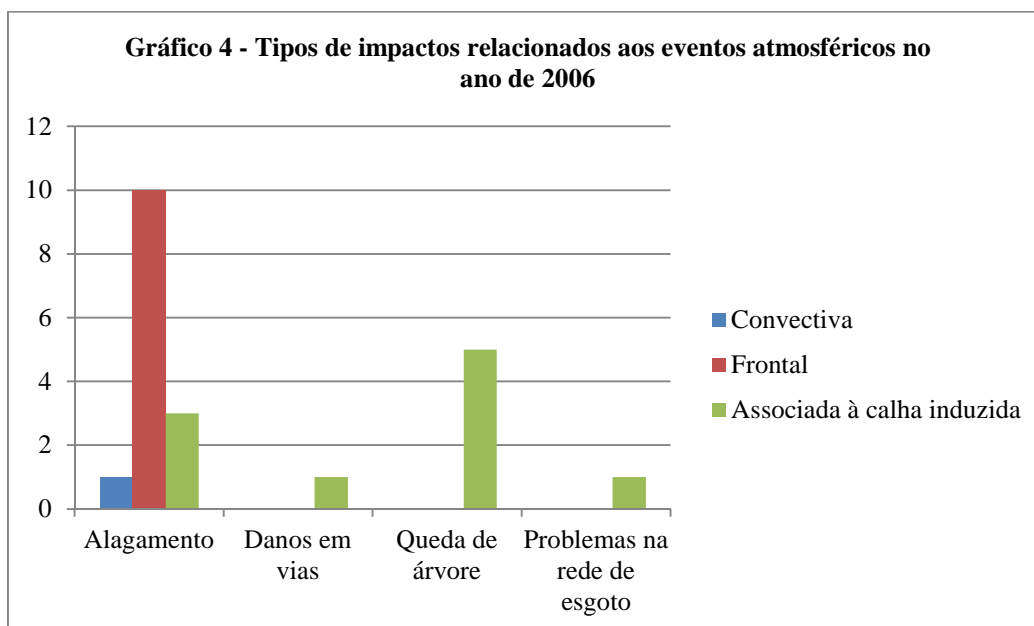
esgoto e uma à problemas no abastecimento de água. Segue abaixo a relação das ocorrências com os sistemas atmosféricos (Gráfico 3):



Fonte: Organizado por LOPES, 2012

A partir do gráfico acima, foi possível verificar que o ano de 2005 teve marcante presença de chuvas associadas à calha induzida, somando, ao todo, 31 ocorrências, enquanto as relacionadas à precipitação convectiva totalizaram somente 16. Em relação às chuvas frontais, foram responsáveis por 13 ocorrências, em sua maioria, alagamentos. Neste ano não foram observadas ocorrências associadas à ZCAS.

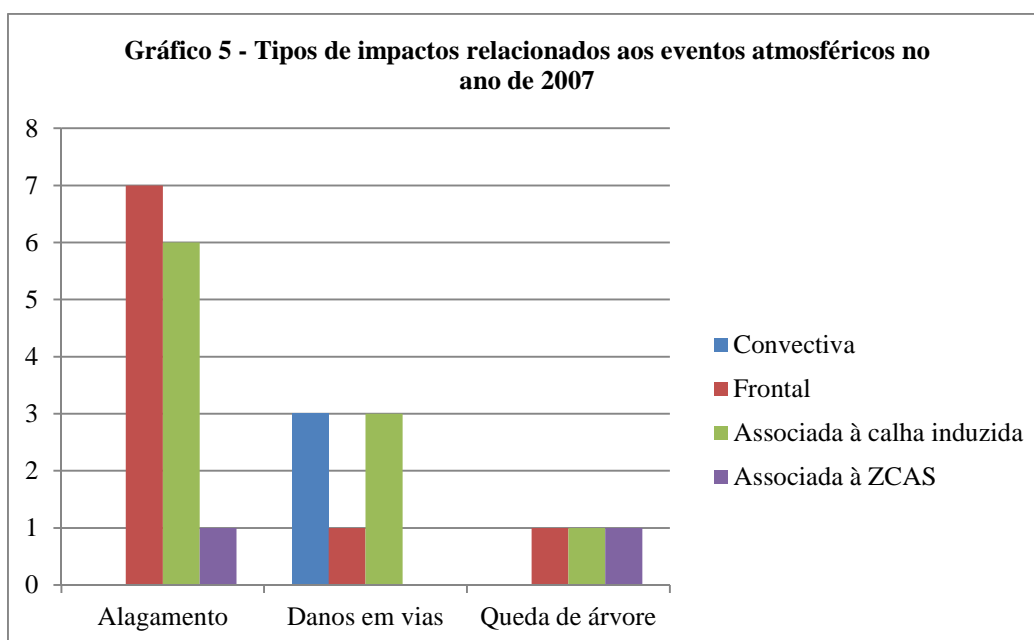
O ano de 2006 teve significativa diminuição, em relação ao ano anterior, no que concerne a quantidade de ocorrências, somando apenas 27, sendo elas: 18 alagamentos, 5 quedas de árvores, 2 danos em vias, um desabamento e uma referente à problemas na rede de esgoto.



Fonte: Organizado por LOPES, 2012

Apesar de a maior parte dos alagamentos ter sido causada por sistemas frontais, as ocorrências do ano de 2006 foram igualmente influenciadas por chuvas frontais e associadas à calha induzida, ambas com o total de 10 ocorrências (Gráfico 4). Somente um dos alagamentos foi ocasionado por chuva convectiva e, como o ano anterior, não foram verificados impactos associados à ZCAS.

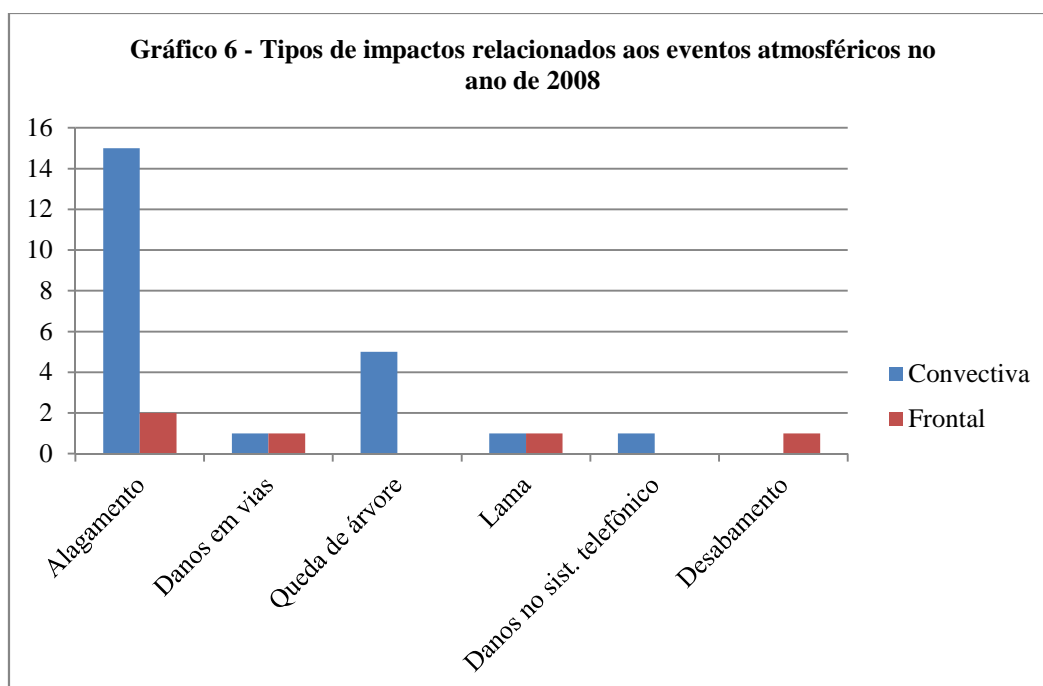
Já o ano de 2007 foi o que teve menor número de ocorrências no período estudado, possuindo apenas 24, as quais são: 14 alagamentos, 7 danos em vias e 3 quedas de árvores.



Fonte: Organizado por LOPES, 2012

Novamente, conforme a análise do gráfico acima (Gráfico 5), foram poucas as ocorrências relacionadas à precipitação convectiva, somente 3 referentes a danos em vias. Neste ano, os sistemas atmosféricos que predominaram foram os associados à calha induzida, com 10 ocorrências e à entrada de frentes, com o total de 9. Foram observadas também duas ocorrências associadas à ZCAS.

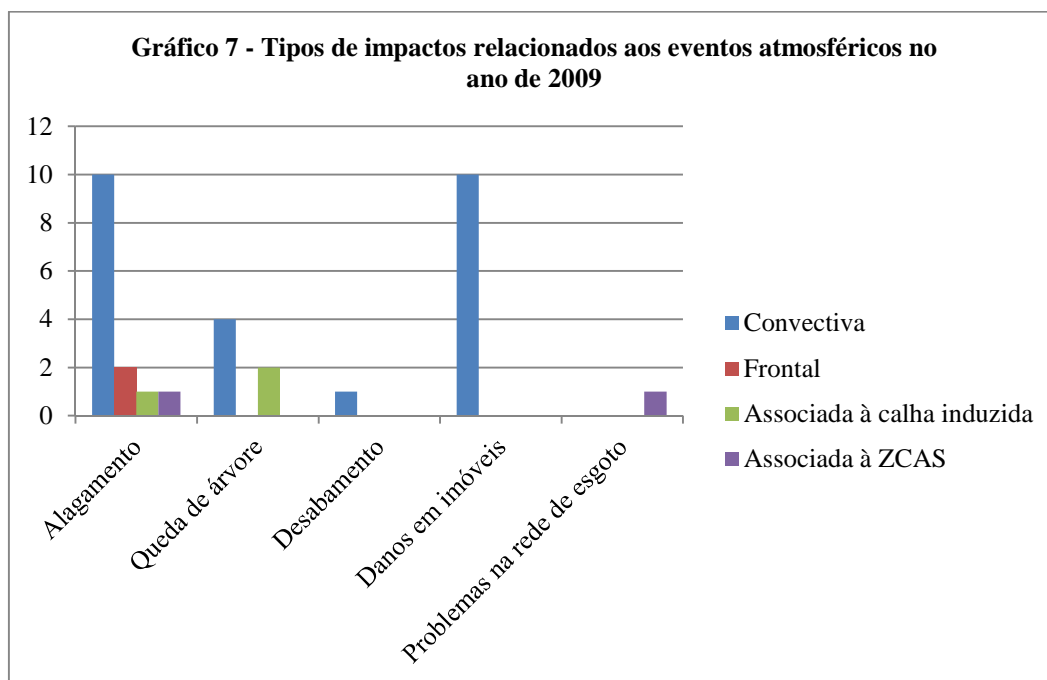
No ano de 2008 foram verificadas 28 ocorrências, sendo elas: 17 alagamentos, 5 quedas de árvores, 2 danos em vias, 2 referentes à lama, um desabamento e uma correspondente à danos no sistema telefônico.



Fonte: Organizado por LOPES, 2012

A partir da análise do gráfico acima (Gráfico 6), ficou evidente que o sistema atmosférico predominante no ano de 2008 foi o relacionado à precipitação convectiva, com o total de 23 ocorrências, restando apenas 5 referentes à entrada de sistemas frontais. Não foram verificadas ocorrências correspondentes à calha induzida e à ZCAS.

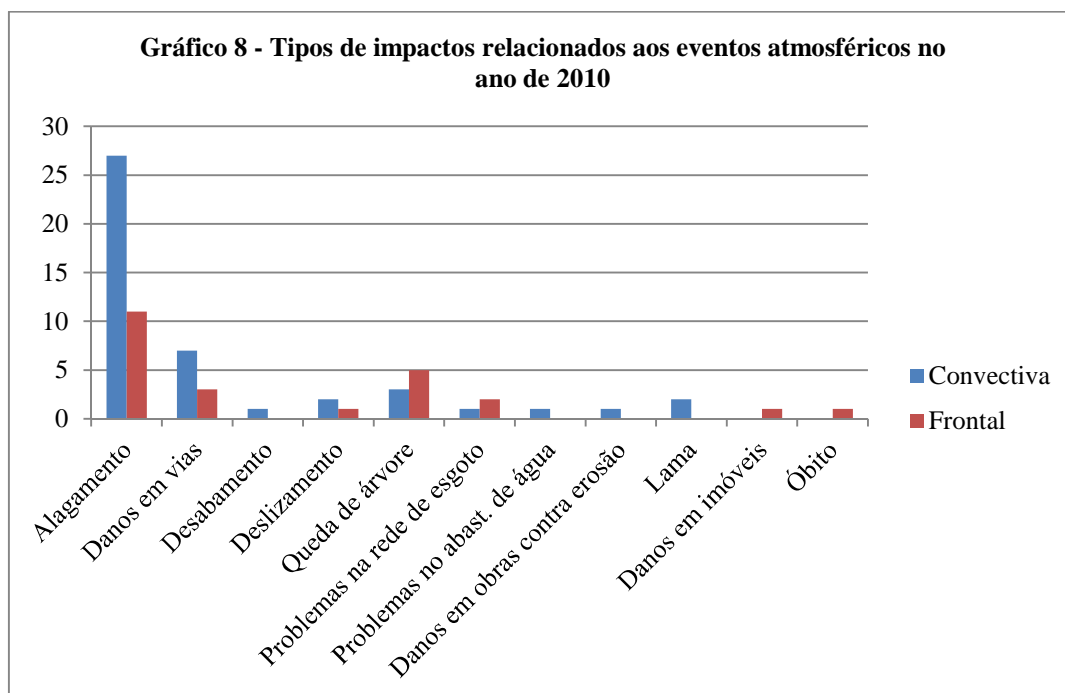
O ano de 2009 teve 32 ocorrências, sendo elas: 14 alagamentos, 10 danos em imóveis, 6 quedas de árvores, um desabamento e uma referente à problemas na rede de esgoto.



Fonte: Organizado por LOPES, 2012

A partir da análise do gráfico (Gráfico 7), é possível inferir que grande parte das ocorrências está relacionada à precipitação convectiva, assim como o ano anterior, com o total de 25. Os outros tipos de sistemas atmosféricos tiveram uma participação reduzida, somando, juntos, somente 7 ocorrências.

O último ano do período estudado, 2010, possuiu o maior número de ocorrências, como também uma maior variedade de tipos de impactos. No total, foram 69, sendo elas: 38 alagamentos, 10 danos em vias, 8 quedas de árvores, 3 deslizamentos, 3 referentes à problemas na rede de esgoto, 2 referentes à lama, um desabamento, um correspondente à danos em imóveis, uma à danos em obras contra erosão, uma à problemas no abastecimento de água e uma à óbito.



Fonte: Organizado por LOPES, 2012

Apesar do ano de 2010 ter a maior quantidade de ocorrências, 45 do total, como foi verificado acima (Gráfico 8), estão associadas à precipitação convectiva, sendo somente 24 referentes a entrada de sistemas frontais. Também não foram verificadas ocorrências que correspondam à calha induzida e à ZCAS.

Considerações finais

A partir do mapeamento dos pontos críticos correspondentes à frequência das ocorrências, foi possível mostrar quais localidades são as mais vulneráveis, sendo elas: a Avenida Visconde do Rio Claro, a Avenida Tancredo Neves, a Zona Central e os bairros Jardim Inocoop e Vila Paulista. Nesses locais, geralmente precipitações a partir de 20 mm já ocasionam alagamentos.

Em relação aos gráficos, apesar do sistema atmosférico mais recorrente, durante o período estudado, ser a precipitação convectiva, as análises de cada ano, separadamente, mostrou que a predominância dos diferentes tipos de eventos atmosféricos é variável. No entanto, há a exceção do evento associado à Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), o qual está relacionado à somente quatro ocorrências, não predominando, portanto, em nenhum dos anos analisados.

No que tange o período de maior ocorrência de impactos, a grande maioria concentra-se na estação primavera-verão. Em suma, torna-se imprescindível que o poder público providencie um planejamento visando à resolução desses problemas através de ações preventivas, de modo que seja possível diminuir o número das ocorrências e seus consequentes transtornos para a população.

Referências bibliográficas

AYOADE, J. O. **Introdução à climatologia para os trópicos**. São Paulo: DIFEL, 1986.

MONTEIRO, C. A. F. **A dinâmica climática e as chuvas no estado de São Paulo, estudo geográfico sob a forma de atlas**. São Paulo: USP – Instituto de Geografia, 1973.

MONTEIRO, C. A. F. **O clima e a organização do espaço no estado de São Paulo: problemas e perspectivas**. São Paulo: IGEOG-USP série teses e monografias, n 28, 1976.

MONTEIRO, C. A. F. **Teoria e clima urbano**. São Paulo: USP – Instituto de Geografia, 1976.

MONTEIRO, C. A. F.; MENDONÇA, F. **Clima Urbano**. São Paulo: Contexto, 2011.