

XX Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica
IX Simpósio Brasileiro de Mecânica das Rochas
IX Simpósio Brasileiro de Engenheiros Geotécnicos Jovens
VI Conferência Sul Americana de Engenheiros Geotécnicos Jovens
XI Congresso Luso Brasileiro de Geotecnia
23 a 26 de Agosto de 2022 – Campinas – SP



COBRAMSEG 2022
23 A 26 DE AGOSTO | CAMPINAS | SP | BRASIL
COBRAMSEG | SBMR | GEOJOVEM | CLBG

Análise da carta geotécnica de Bauru e comparação com os dados de desastres naturais do IPMet entre 2000 e 2020

André Luiz Vianna de Paula

Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Bauru, Brasil, alvianna9@gmail.com

Luiza Reis Simionato

Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Bauru, Brasil, luiza.simionato@unesp.br

Monyk dos Santos Sandes

Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Bauru, Brasil, monyk.sandes@unesp.br

Anna Silvia Palcheco Peixoto

Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Bauru, Brasil, anna.peixoto@unesp.br

RESUMO: O município de Bauru, localizado no interior paulista, sofre com processos erosivos hídricos desde o início de sua urbanização. Além de erosão, devido às altas taxas de precipitação no verão, a cidade também sofre com a ocorrência de inundações, alagamentos, enchentes, etc. Dentro desse contexto, o objetivo deste estudo foi analisar as características do solo do município de Bauru em relação à sua suscetibilidade à erosão por meio de informações presentes na Carta Geotécnica do Estado de São Paulo do Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT) e comparar com os dados de ocorrências registradas entre os anos de 2000 e 2020 no Banco de Dados de Desastres Naturais do Centro de Meteorologia de Bauru (IPMet-UNESP). De acordo com a carta geotécnica, o município apresentou alta suscetibilidade à erosão por sulcos, ravinas e boçorocas de grande porte em quase todo seu território, predominantemente induzida por concentração de escoamento superficial. Os registros do banco de dados revelaram que os desastres naturais que apresentaram maior percentual de ocorrência foram alagamentos (33%) e inundações (25%). Os registros de erosões revelaram uma ocorrência de 12%. Esses resultados apontam um déficit de eficiência no sistema de drenagem de Bauru. Apesar das diferenças, ambos devem ser vistos como ferramentas de caráter preventivo a fim de subsidiar os órgãos gestores no gerenciamento das cidades.

PALAVRAS-CHAVE: Carta Geotécnica, IPMet, Desastres de Origem Geotécnica, Desastres de Origem Hidrológica, Banco de Dados.

ABSTRACT: The municipality of Bauru, located in the interior of São Paulo, has suffered from water erosion processes since the beginning of its urbanization. In addition to erosion, due to the high precipitation rates in summer, the city also suffers from the occurrence of inundation, flooding, floods, etc. Within this context, the objective of this study was to analyze the soil characteristics of the municipality of Bauru in relation to its susceptibility to erosion through information present in the Geotechnical Chart of the State of São Paulo of the Institute of Technological Research (IPT) and compare with the data of occurrences registered between the years 2000 and 2020 in the Database of Natural Disasters of the Meteorology Center of Bauru (IPMet-UNESP). According to the geotechnical chart, the municipality showed high susceptibility to erosion by large grooves, ravines and potholes in almost all of its territory, predominantly induced by the concentration of surface flow. The database records revealed that the natural disasters with the highest percentage of occurrence were flooding (33%) and inundation (25%). Erosion records revealed an occurrence of 12%. These results point to an deficit of efficiency in the Bauru drainage system. Despite the differences, both should be seen as preventive tools in order to support management bodies in the management of cities.

KEYWORDS: Geotechnical Chart, IPMet, Geotechnical Disasters, Hydrological Disasters, Database.



1 Introdução

O município de Bauru, localizado no interior paulista, sofre com processos erosivos hídricos desde o início de sua urbanização, devido a um conjunto de fatores como o clima com regime chuvoso nos meses de verão, a suscetibilidade de seu solo arenoso e a falta de planejamento e de medidas preventivas e mitigadoras deste fenômeno (CAMPOS E RODRIGUES, 2014).

Além de erosão, devido às altas taxas de precipitação no verão, a cidade também sofre com a ocorrência de inundações, alagamentos, enchentes, etc. Nos últimos anos, o número de ocorrências e pessoas afetadas vêm aumentando significativamente. Este fato pode ser atribuído às alterações antrópicas, principalmente relacionadas com a intensa e desordenada urbanização, ocupação de áreas de risco e desmatamento.

2 Objetivo

Analisar as características do solo do município de Bauru em relação a sua suscetibilidade à erosão por meio de informações presentes na Carta Geotécnica do Estado de São Paulo do Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT) e comparar com os dados de ocorrências registradas entre os anos de 2000 e 2020 no Banco de Dados de Desastres Naturais do Centro de Meteorologia de Bauru (IPMet-UNESP).

3 Revisão Bibliográfica

Os desastres naturais causam grande impacto econômico e social, de modo que a Organização das Nações Unidas (ONU) decretou a década de 1990 como sendo a década internacional para redução de desastres naturais, o que resultou na declaração de Hyogo que estabeleceu estratégias para redução de riscos causados por desastres naturais. Em 2015, uma conferência das Nações Unidas para redução de riscos em desastres naturais, culminou no marco de Sendai, que estabeleceu que cada país organizasse um sistema de gestão de riscos e reforçasse a necessidade de se coletar, analisar e gerir as informações em nível local e nacional (VIEIRA, PEIXOTO E KAISER, 2016).

As cartas geotécnicas são importantes instrumentos para o melhor planejamento e ordenamento territorial dos municípios. Elas são documentos cartográficos que trazem detalhes do meio físico e seus processos geodinâmicos, e permitem conhecer as limitações e potencialidades dos terrenos, orientando assim o seu uso. As cartas são essenciais sobretudo para as cidades com áreas suscetíveis a deslizamentos, inundações e demais desastres naturais, entendimento expresso na Lei Federal 12.608/2012, que instituiu a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil (PNPDEC), tornando obrigatória a elaboração de cartas geotécnicas no país.

O Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT), vinculado à Secretaria da Ciência, Tecnologia e Desenvolvimento Econômico do Estado de São Paulo, elaborou a Carta Geotécnica do Estado de São Paulo.

O Centro de Meteorologia de Bauru (IPMet-UNESP), localizado em Bauru, possui um sistema integrado de monitoramento, previsão e alerta de tempestades para as regiões sul e sudeste do Brasil. Esse sistema quantifica e monitora tempestades e a pluviosidade nessas regiões, através do uso de um radar meteorológico, e possui um banco de dados de desastres naturais disponível online, de acordo com dados fornecidos pela Defesa Civil e pelos jornais das cidades.

Castilho e Peixoto (2016) analisaram a ocorrência de desastres naturais em Bauru no período de 2001 a 2015 e verificaram que os desastres mais registrados foram inundações graduais e alagamentos, variando de 30% a 35%. Os autores explicam que inundação gradual por definição, é o transbordamento das águas de um canal de drenagem atingindo as áreas marginais (planície de inundação ou área de várzea); Alagamento é uma inundação brusca com acúmulo de água nas ruas e nos perímetros urbanos, por problemas de drenagem; Enchente ou cheia refere-se ao aumento temporário do nível d'água no canal, porém sem transbordamento.

Os autores ainda estudaram as distribuições mensais dos desastres naturais ocorridos nos municípios de Bauru e Sorocaba e constataram que foram semelhantes e estão relacionadas com as altas precipitações nos meses de verão. Por outro lado, em Bauru, as erosões, apesar de serem mais intensas nos meses chuvosos, também ocorrem em outros meses do ano e são um reflexo da fragilidade geológica, de arenitos com cimentação carbonática, pertencentes às formações Marília e Adamantina do Grupo Bauru, além do desmatamento e impermeabilização do solo gerado em função da expansão urbana (CASTILHO E PEIXOTO, 2016).



Em relação à vulnerabilidade das cidades, o município de Bauru apresentou mais registros de desastres naturais, enquanto Sorocaba, com maior densidade demográfica (2,6 vezes maior que Bauru) apresentou mais danos humanos, ou seja, a população sorocabana estava mais vulnerável (CASTILHO E PEIXOTO, 2016).

4 Método

O estudo foi dividido em duas etapas. A primeira etapa consistiu em delimitar o território do município de Bauru na Carta Geotécnica do Estado de São Paulo do IPT e identificar os processos do meio físico importantes para a previsão do comportamento geotécnico dos terrenos ante o seu uso, bem como identificar as principais manifestações de processos do meio físico com danos à ocupação. A segunda etapa consistiu em levantar as ocorrências de desastres de origem geotécnica e hidrológica no município de Bauru, entre os anos de 2000 e 2020, registradas no Banco de Dados de Desastres Naturais do Centro de Meteorologia de Bauru. Posteriormente foi realizada uma comparação entre tais ferramentas. Após o levantamento dos fenômenos meteorológicos desencadeadores e dos danos ocorridos entre 2000 e 2020, os dados foram cruzados para a análise estatística das porcentagens de ocorrência e consonância espacial com a suscetibilidade a erosão.

5 Resultados e Análises

5.1 Carta Geotécnica do Estado de São Paulo do IPT - Folha Bauru

Na Figura 1, extraída da carta geotécnica do Estado de São Paulo, é possível observar a delimitação do território do município de Bauru.

Na Tabela 1 é apresentado um detalhamento, elaborado com base na legenda da carta geotécnica, para maior compreensão da Figura 1.

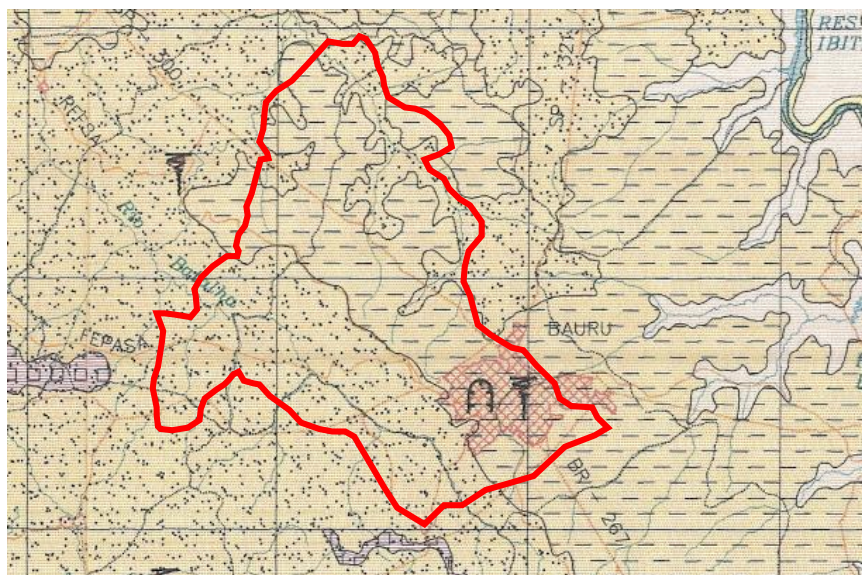


Figura 1. Delimitação do território do município de Bauru na Carta Geotécnica do Estado de São Paulo - Folha Bauru.

Fonte: Modificado de Nakazawa et. al (1994).



Tabela 1. Detalhamento elaborado com base na legenda da carta geotécnica.

Representação	Significado
	Mail de 100.000 habitantes
	Muito alta suscetibilidade à erosão por sulcos, ravinas e boçorocas
	Alta suscetibilidade à erosão por sulcos, ravinas e boçorocas de grande porte, predominantemente induzida por concentração do escoamento superficial
	Boçorocas
	Sulcos e ravinas

Fonte: Modificado de Nakazawa et. al (1994).

Conforme a Carta Geotécnica do Estado de São Paulo, o município de Bauru apresenta alta suscetibilidade à erosão por sulcos, ravinas e boçorocas de grande porte em quase todo seu território. Isso ocorre principalmente devido a concentração do fluxo de escoamento superficial aliado ao solo predominantemente arenoso com alto índice de vazios.

5.2 Banco de Dados de Desastres Naturais do IPMet

Com base nos dados extraídos do banco de dados do IPMet foi possível elaborar a Figura 2, que apresenta o percentual de ocorrência de cada evento ou fenômeno meteorológico desencadeador de desastres naturais.

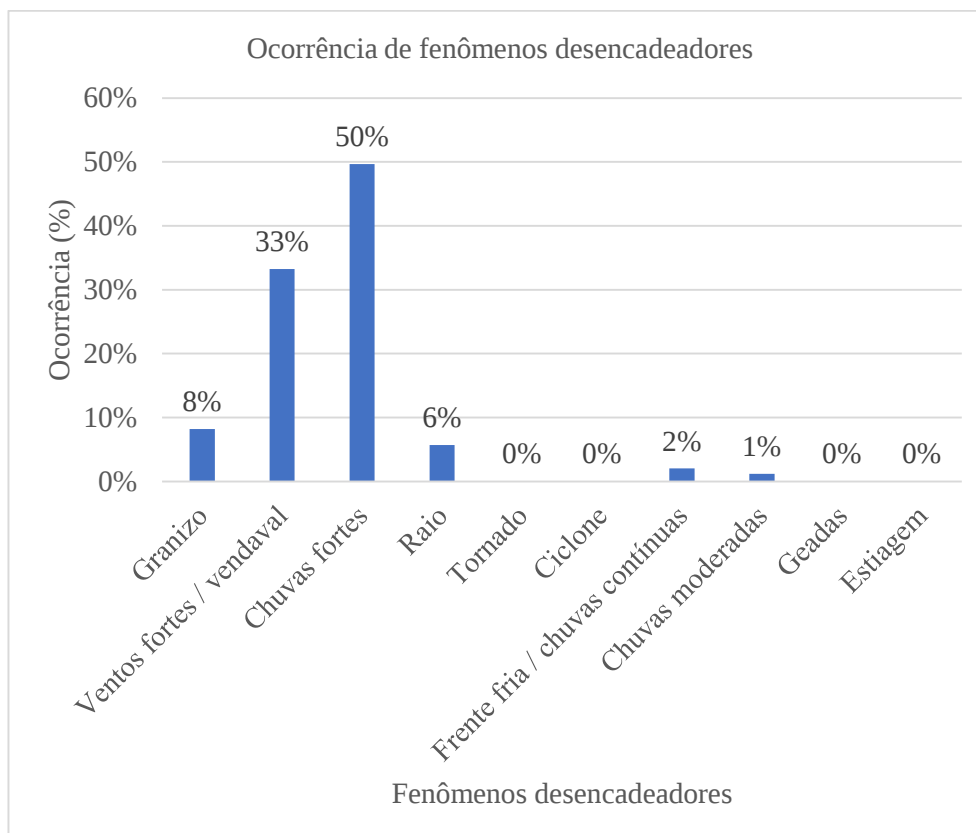


Figura 2. Percentual de ocorrência de eventos ou fenômenos meteorológicos desencadeadores de desastres naturais extraídos do banco de dados do IPMet, no município de Bauru, entre os anos de 2000 e 2020.



Os fenômenos meteorológicos desencadeadores que ocorreram com maior frequência nos últimos 20 anos, em Bauru, foram chuvas fortes (50%), seguidas de ventos fortes (33%) e granizo (8%). Os danos que esses fenômenos meteorológicos causaram no município estão apresentados na Figura 3.

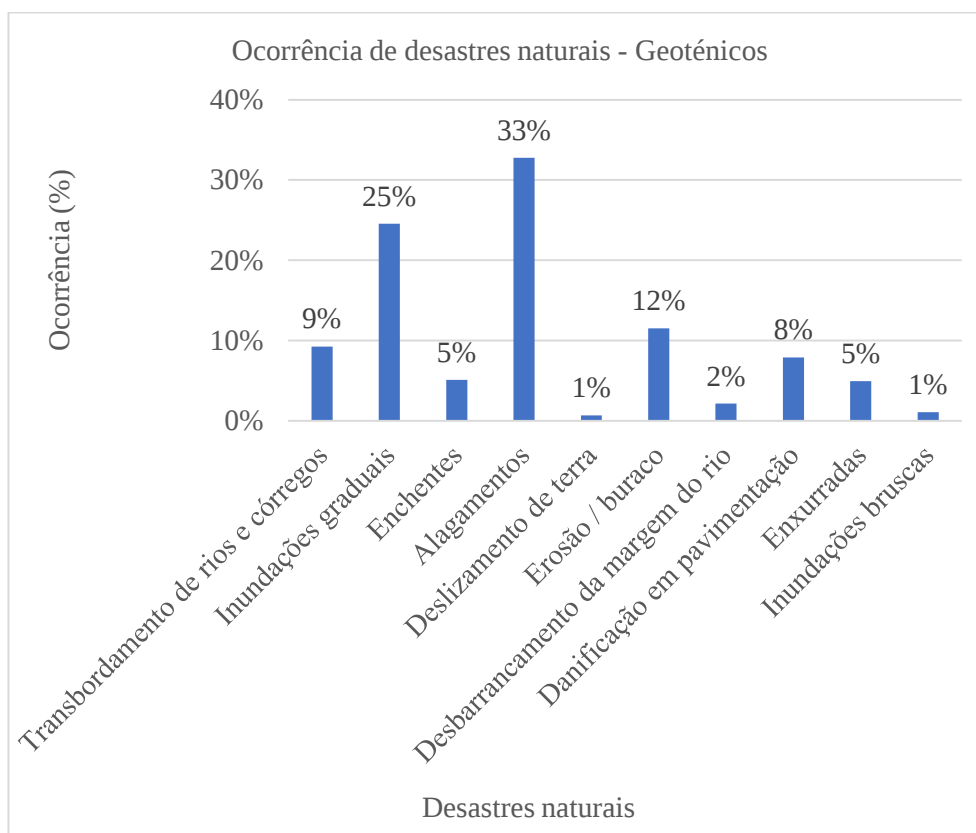


Figura 3. Percentual de ocorrência de danos ou desastres naturais causados pelos fenômenos meteorológicos, extraídos do banco de dados do IPMet, no município de Bauru, entre os anos de 2000 e 2020.

Os desastres naturais relacionados à área de geotecnia que apresentaram maior percentual de ocorrência, no período em questão, foram alagamentos (33%), inundações graduais (25%) e erosão/buraco (8%).

Para facilitar a representação das análises estatísticas dos dados apresentados na Figura 4, foram adotadas siglas para os diferentes tipos de desastres naturais, de acordo com a Tabela 2.

Tabela 2. Siglas relacionadas aos danos ou desastres naturais ocorridos, para melhor representação.

Danos ou desastres naturais	Sigla correspondente
Transbordamento de rios e córregos	TR
Inundações graduais	IG
Enchentes	EN
Alagamentos	AL
Deslizamento de terra	DT
Erosão / buraco	ER
Desbarrancamento da margem do rio	DM
Danificação em pavimentação	DP
Enxurradas	EX
Inundações bruscas	IB



A Figura 3 apresenta a frequência mensal acumulada dos danos ou desastres naturais causados pelos fenômenos meteorológicos em Bauru nos últimos 20 anos.

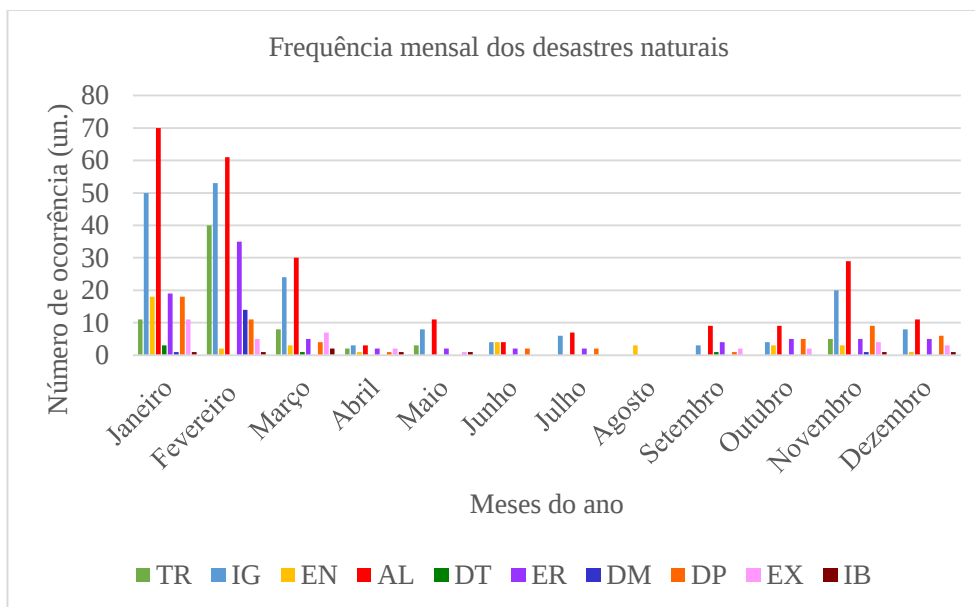


Figura 4. Frequência mensal dos danos ou desastres naturais causados pelos fenômenos meteorológicos, extraídos do banco de dados do IPMet, no município de Bauru, entre os anos de 2000 e 2020.

A Figura 5 apresenta o percentual de ocorrência de desastres naturais ocorrido em cada estação do ano no período em análise.

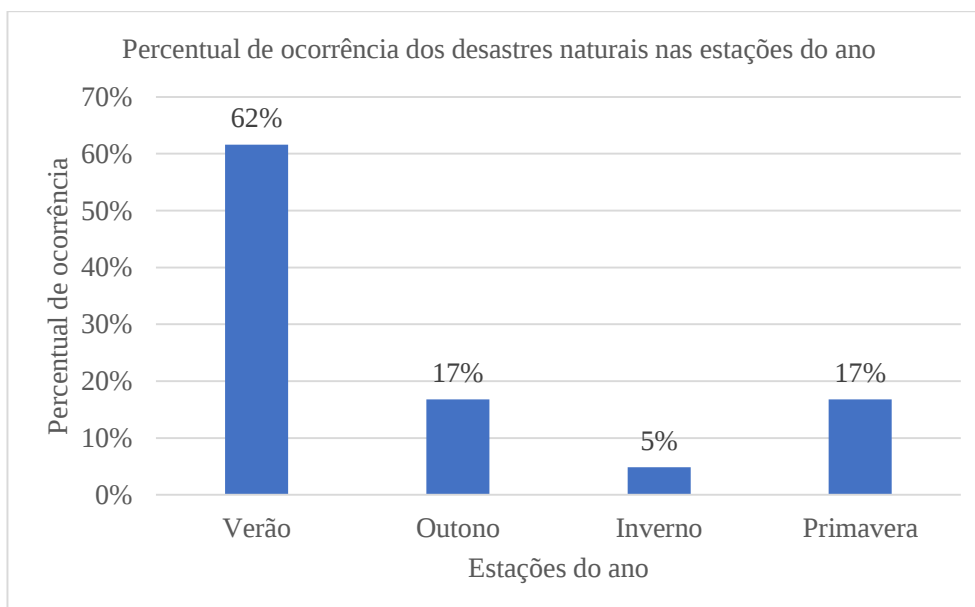


Figura 5. Percentual de desastres naturais ocorridos em cada estação do ano, extraídos do banco de dados do IPMet, no município de Bauru, entre os anos de 2000 e 2020.

Analisando as Figuras 4 e 5 é possível observar que os desastres naturais ocorrem durante todo o decorrer do ano, no entanto, mostraram-se mais intensos nos meses de verão, indicando relação com o regime hídrico local, caracterizado por altas taxas de pluviosidade nessa estação do ano.



Tratando-se da vulnerabilidade dos municípios bauruenses perante a ocorrência dos fenômenos meteorológicos, a Figura 6 apresenta a ocorrência de desastres naturais com danos humanos, no período em estudo.

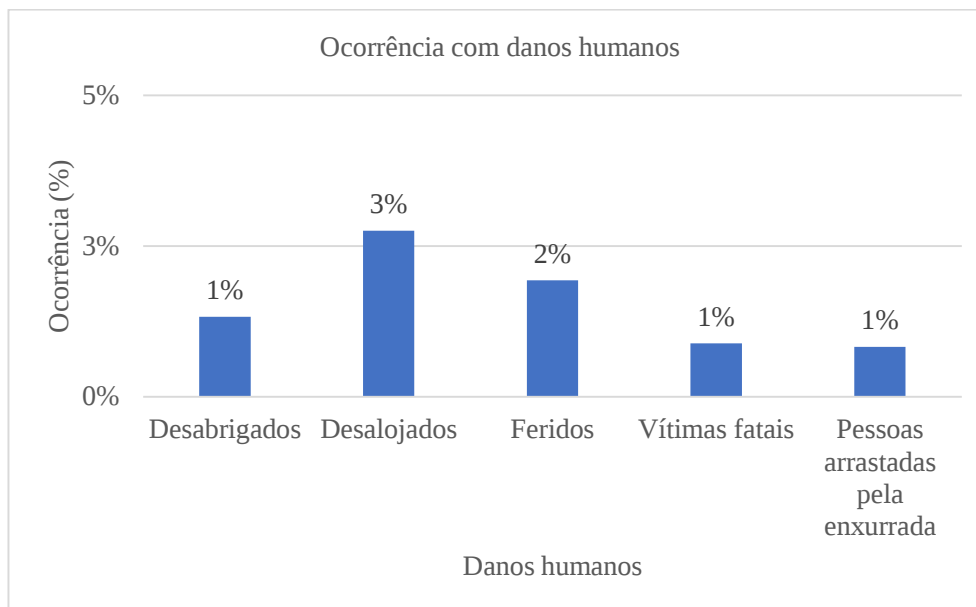


Figura 6. Percentual de ocorrência de desastres naturais com danos humanos causados pelos fenômenos meteorológicos, extraídos do banco de dados do IPMet, no município de Bauru, entre os anos de 2000 e 2020.

De acordo com a Figura 6, 3% dos fenômenos meteorológicos ocorridos entre 2000 e 2020 resultaram em desalojados, 2% resultaram em feridos, 1% resultou em desabrigados, vítimas fatais e pessoas arrastadas pela enxurrada. De modo geral, observa-se que 8% das ocorrências de desastres naturais acabaram gerando danos humanos.

6 Conclusão

Conforme a Carta Geotécnica do Estado de São Paulo, o município de Bauru apresenta alta suscetibilidade à erosão por sulcos, ravinas e boçorocas de grande porte em quase todo seu território. Isso ocorre principalmente devido a concentração do fluxo de escoamento superficial.

De acordo com os registros do Banco de Dados de Desastres Naturais do Centro de Meteorologia de Bauru, os eventos ou fenômenos meteorológicos desencadeadores dos desastres naturais que ocorreram com maior frequência nos últimos 20 anos foram chuvas fortes (50%), seguidas de ventos fortes (33%) e granizo (8%). Consequentemente, os danos ou desastres naturais que apresentaram maior percentual de ocorrência foram alagamentos com 33% e inundações graduais com 25%. Os registros de erosões revelaram uma ocorrência de 12%.

Esses resultados apontam um déficit de eficiência no sistema de drenagem de Bauru, no que se refere ao escoamento superficial em períodos de chuva intensa.

Com relação à vulnerabilidade da cidade, observou-se que 8% das ocorrências de desastres naturais resultaram em danos humanos. Assim, verifica-se a importância dos registros das ocorrências de desastres naturais e de sua espacialização, a fim de contribuir para a determinação das possíveis áreas de riscos e subsidiar os órgãos gestores quanto ao planejamento territorial, gerenciamento das cidades e ocupação urbana.

Dessa maneira, fica constatada a eficiência de se utilizar conjuntamente as duas ferramentas. A carta geotécnica fornece a suscetibilidade local e provê uma expectativa de desempenho do terreno diante das formas usuais de ocupação, enquanto o banco de dados contribui de maneira espacial e temporal, permitindo uma análise da evolução dos desastres naturais, além de fornecer os eventos ou fenômenos meteorológicos desencadeadores desses desastres.

XX Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica
 IX Simpósio Brasileiro de Mecânica das Rochas
 IX Simpósio Brasileiro de Engenheiros Geotécnicos Jovens
 VI Conferência Sul Americana de Engenheiros Geotécnicos Jovens
 XI Congresso Luso Brasileiro de Geotecnia
 23 a 26 de Agosto de 2022 – Campinas – SP



COBRAMSEG 2022
 23 A 26 DE AGOSTO | CAMPINAS | SP | BRASIL
 COBRAMSEG | SBMR | GEOJOVEM | CLBG

Apesar das diferenças, ambos devem ser vistos como ferramentas de caráter preventivo. Esses instrumentos possibilitam a elaboração de diagnósticos que fornecem diretrizes para aumentar a resiliência das cidades, a fim de que elas possam lidar melhor com a possibilidade de desastres e também com problemas geotécnicos do dia a dia. A correta utilização das cartas geotécnicas pode auxiliar a prevenir e evitar problemas relacionados ao uso e ocupação do solo, desde os mais simples até os que tendem a gerar desastres naturais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Brasil. Lei Federal 12.608, de 10 de abril de 2012. Institui a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil - PNPDEC; dispõe sobre o Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil - SINPDEC e o Conselho Nacional de Proteção e Defesa Civil - CONPDEC; autoriza a criação de sistema de informações e monitoramento de desastres; altera as Leis nºs 12.340, de 1º de dezembro de 2010, 10.257, de 10 de julho de 2001, 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.239, de 4 de outubro de 1991, e 9.394, de 20 de dezembro de 1996; e dá outras providências. Brasília, 10 de abril de 2012. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/112608.htm>. Acesso em 18 set. 2020.
- Campos, C. J. M.; Rodrigues, R. A. (2014) *Estudo da erodibilidade do solo de um processo erosivo no município de Bauru/SP*. Anais do VII Congresso Brasileiro de Geógrafos, Vitória.
- Castilho, T. W. L.; Peixoto, A. S. P. (2016) *Análise do Banco de Dados de Desastres Naturais (IPMet) comparado à Carta Geotécnica do Estado de São Paulo (IPT)*. Anais do XVIII Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica, 2016, Minas Gerais.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). *Cidades e Estados*. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/sp/bauru.html>>. Acesso em: 18 set. 2020.
- IPMet-UNESP Centro de Meteorologia de Bauru. *Banco de dados de desastres naturais*. Disponível em: <<https://www.ipmetradar.com.br/2desastres.php>>. Acesso em: 18 set. 2020.
- Vieira, G.S.; Peixoto, A. S. P.; Kaiser, I. M. (2016) *Análise da estrutura dos bancos de dados de desastres no Estado de São Paulo*. Anais do XVIII Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica, 2016, Minas Gerais.
- Nakazawa, V. A.; Freitas, C. G. L.; Diniz, N. C. (1994) *Carta geotécnica do Estado de São Paulo: escala 1:500.000*. 1ª ed., São Paulo, Instituto de Pesquisas Tecnológicas IPT.