

PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA DIÁRIA NO MUNICÍPIO DE GUARUJÁ (SP), DEZEMBRO DE 1998-2020: UMA CONTRIBUIÇÃO PARA O PLANO PREVENTIVO DE DEFESA CIVIL DO ESTADO DE SÃO PAULO EM ESPECIAL PARA O MUNICÍPIO DO GUARUJÁ

Jozzefer Vincov de Abreu¹; Carlos Adolfo Silva Fernandez ²; Alessandra Cristina Corsi ³

Resumo – A alta taxa de concentração pluviométrica é responsável pela maioria dos casos de eventos exógenos, tais como: escorregamentos, alagamentos, enchentes e inundações, além dos danos e prejuízos ambientais e sociais. A Defesa Civil de Guarujá opera o Plano Preventivo de Defesa Civil-PPDC, através da coordenação da Coordenadoria Estadual de Proteção e Defesa Civil com o apoio do Instituto de Pesquisas Tecnológicas e Instituto Geológico. O plano entra em vigência anualmente, no período do verão, a partir de 01 de dezembro estendendo-se até 31 de março, podendo ser prorrogado. O PPDC é considerado como uma medida não estrutural específico para escorregamentos nas encostas na Serra do Mar no Estado de São Paulo. De acordo com o Banco de Dados da Coordenadoria de Proteção e Defesa Civil de Guarujá o município apresenta uma taxa pluviométrica anual de 2250 mm, sendo 1075 mm apenas durante a estação do verão, dezembro a março. Ademais, 974 escorregamentos deflagrados em encostas naturais e artificiais foram registrados pela Defesa Civil municipal durante um período de 22 anos. Ressalta-se que 723 movimentos gravitacionais de massa ocorreram somente no período de operação do PPDC. O presente artigo apresenta as características de intensidade e frequência mensal/anual dos eventos pluviométricos diários em Guarujá, com o objetivo principal de apresentar subsídios e ações de gestão de desastres, durante as etapas de prevenção, preparação, resposta e recuperação para a atuação da Proteção e Defesa Civil de Guarujá.

Abstract – The high rate of rainfall is responsible for most cases of exogenous events, such as: landslides, floods, spate and inundation. The Civil Defense of Guarujá operates the Civil Defense Preventive Plan - PPDC, through the coordination of the State Coordination of Civil Protection and Defense with the support of the Institute for Technological Research and Geological Institute. The plan comes into force annually, in the summer period, starting on december 1st and extending until march 31st, and can be extended. The PPDC is considered as a specific non-structural measure for landslides on the slopes of Serra do Mar in the State of São Paulo. According to the Civil Defense and Protection of Guarujá Coordination Database, the municipality has an annual rainfall of 2250 mm, with 1075 mm only during the summer season, december to march. In addition, 974 landslides occurred on natural and artificial slopes were recorded by municipal civil defense during a period of 22 years. It is noteworthy that 723 gravitational mass movements occurred only in the PPDC operation period. This article presents the characteristics of intensity and monthly / annual frequency of daily rainfall events in Guarujá, with the main objective of presenting subsidies and disaster management actions, during the stages of prevention, preparation, response and recovery for the performance of Civil Defense and Protection of Guarujá.

Palavras-Chave – Escorregamentos; Defesa Civil de Guarujá; Plano Preventivo de Defesa Civil; gestão de desastres.

¹ Geól., Programa de Pós-Graduação em Geociências, Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo, (13) 99670-2959, jvincov@usp.br

² Geól., Coordenadoria Municipal de Proteção e Defesa Civil de Guarujá, (13) 997343494, carlosadolfoss64@gmail.com

³ Geól., PhD, Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, (11) 99131-2980, accorsi@ipt.br

1. INTRODUÇÃO

A gestão de riscos dos desastres vem atuando cada vez mais junto à comunidade local e científica. Questões relacionadas ao impacto ambiental decorrente de chuvas intensas tem sido motivo de grande preocupação para os técnicos e administradores ligados ao planejamento e a ocupação do espaço geográfico, seja ele rural ou urbano (Mello et al., 1994).

Diversos pesquisadores e órgãos brasileiros e mundiais vêm realizando estudos referentes à frequência de chuvas em razão da fundamental importância na antecipação de um evento pluviométrico de grande magnitude. Eltz et al. (1992) afirmam que a análise de frequência é uma técnica estatística importante no estudo das chuvas, em razão da grande variabilidade temporal e espacial das precipitações pluviais, as quais não podem ser previstas em bases puramente determinísticas.

A alta taxa de concentração pluviométrica é responsável pela maioria dos casos de eventos exógenos, tais como: escorregamentos, alagamentos, enchentes e inundações, além dos danos e prejuízos ambientais e sociais. Além disso, ao longo dos últimos anos, tem-se observado que algumas prefeituras brasileiras vêm assumindo sua responsabilidade e conseguiram estabelecer programas de prevenção de riscos que, baseados na mobilização ativa das comunidades envolvidas, têm se mostrado eficientes na redução do número de vítimas fatais por ocasião de chuvas intensas (Carvalho e Galvão, 2006).

A Defesa Civil de Guarujá opera o Plano Preventivo de Defesa Civil-PPDC, através da coordenação da Coordenadoria Estadual de Proteção e Defesa Civil – CEPDEC com o apoio do Instituto de Pesquisas Tecnológicas - IPT, Instituto Geológico – IG. O plano entra em vigência anualmente, no período do verão, a partir de 01 de dezembro estendendo-se até 31 de março, podendo ser prorrogado. O Plano Preventivo de Defesa Civil é regido pelo Decreto Estadual nº 30.860 de 04/12/1989, redefinido pela Resolução CMIL/CEPDEC 20-610. O PPDC é considerado como uma medida não estrutural específico para escorregamentos nas encostas na Serra do Mar no Estado de São Paulo.

Os autores (Guidicini e Iwasa, 1976 e Tatizana et al., 1987) desenvolveram estudos de correlação entre chuvas e escorregamentos. A metodologia em destaque e utilizada nos dias atuais, refere-se ao de Tatizana et al. (1987 a,b), onde o autor define índices pluviométricos como base para a decretação e alteração do nível vigente durante o PPDC, obtendo-se um acumulado de 80 mm em 3 dias.

De acordo com o Banco de Dados da Proteção e Defesa Civil de Guarujá, o município apresenta uma taxa pluviométrica anual de 2250 mm, sendo 1075 mm apenas durante a estação do ano de verão, dezembro a março. Ademais, 974 escorregamentos deflagrados em encostas naturais e artificiais foram registrados pela Defesa Civil municipal durante um período de 22 anos. Ressalta-se que 723 movimentos gravitacionais de massa ocorreram somente no período de operação do PPDC. O município de Guarujá possui 17 (dezessete) áreas de risco geológico e, segundo o PMRR (Plano Municipal de Redução de Risco) atualizado, realizado pelo IPT (Instituto de Pesquisas Tecnológicas) em 2016, estas áreas foram estabelecidas em conjunto pelos técnicos do IPT, Defesa Civil e a prefeitura do município.

O município de Guarujá aderiu ao programa da Organização das Nações Unidas (ONU), no qual o município tem como responsabilidade adotar as diretrizes do programa através da Campanha Construindo Cidades Resilientes, da Estratégia Internacional para a Redução de Riscos e Desastres (EIRD). Este certificado visa o reconhecimento das cidades que após um desastre, apresentam a capacidade de se recuperar de forma eficiente e organizada objetivando a diminuição da vulnerabilidade.

O presente artigo apresenta as características de intensidade e frequência mensal/anual dos eventos pluviométricos diários em Guarujá, com o objetivo principal de apresentar subsídios e ações de gestão de desastres, durante as etapas de prevenção, preparação, resposta e recuperação para a atuação da Proteção e Defesa Civil de Guarujá.

2. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA ESTUDADA

O município do Guarujá (Figura 1) localiza-se na Ilha de Santo Amaro, Região Metropolitana da Baixada Santista, Estado de São Paulo. A ilha é separada do continente pelo canal de Bertioga e da Ilha de São Vicente pelo Estuário de Santos. Sua área territorial é de 143 km², com uma população superior a 300 mil habitantes. O clima é classificado como (Cfa), subtropical. O acesso ao município pode ser feito por meio da Rodovia Cônego Domenico Rangoni (SP-55), Rodovia Guarujá-Bertioga (SP-61) ou por meio da balsa que realiza a travessia Santos/Guarujá e Bertioga/Guarujá.



Figura 1. Localização do Município de Guarujá.

2.1. Registro de ocorrência de escorregamentos

A Figura 2 ilustra a distribuição dos movimentos gravitacionais de massa ocorridos nas encostas naturais e antropizadas em função dos anos das ocorrências no espaço de 1998 a 2020. Os registros de atendimento da Defesa Civil municipal apontam um total de 974 ocorrências de escorregamentos. Destacam-se os anos de 2010 e 2020 que apresentaram um total de escorregamentos acima dos demais anos, correspondendo um total de 254 ocorrências, sendo 101 e 153 movimentos de massa, respectivamente. O ano de 2010 registrou um total pluviométrico anual de 2846 mm, 26% acima da média anual, e durante o PPDC o acumulado mensal foi de 1242 mm, 16% acima do que era previsto. A pluviosidade de 2020 foi de 2314 mm, ficando assim 2% acima da média e, durante o PPDC, a pluviometria acumulada foi de 1161 mm, ultrapassando 8% do que esperava para estes 4 meses.

Os escorregamentos deflagrados em Guarujá, 74% ocorrem durante o Plano Preventivo de Defesa Civil. A Figura 3 apresenta o arranjo da distribuição da ocorrência de movimentos de massa em função do mês. Desta forma 723 ocorrências abarcam o período do verão, dezembro a março e apenas 26% ocorre fora deste período. O maior número de incidência de escorregamentos se dá no mês de março, com um total de 236 ocorrências e uma média de 11 escorregamentos por ano somente nesse mês. De acordo com os dados da Defesa Civil de Guarujá, somente no mês de março de 2020 deflagram-se 143 escorregamentos em função do alto índice pluviométrico em apenas 24h, registrando um total de 282,0 mm e 381,0 mm em 72h.

Um total de 80 ocorrências aconteceram apenas no mês de abril, tendo assim uma média anual de aproximadamente 4 escorregamentos.

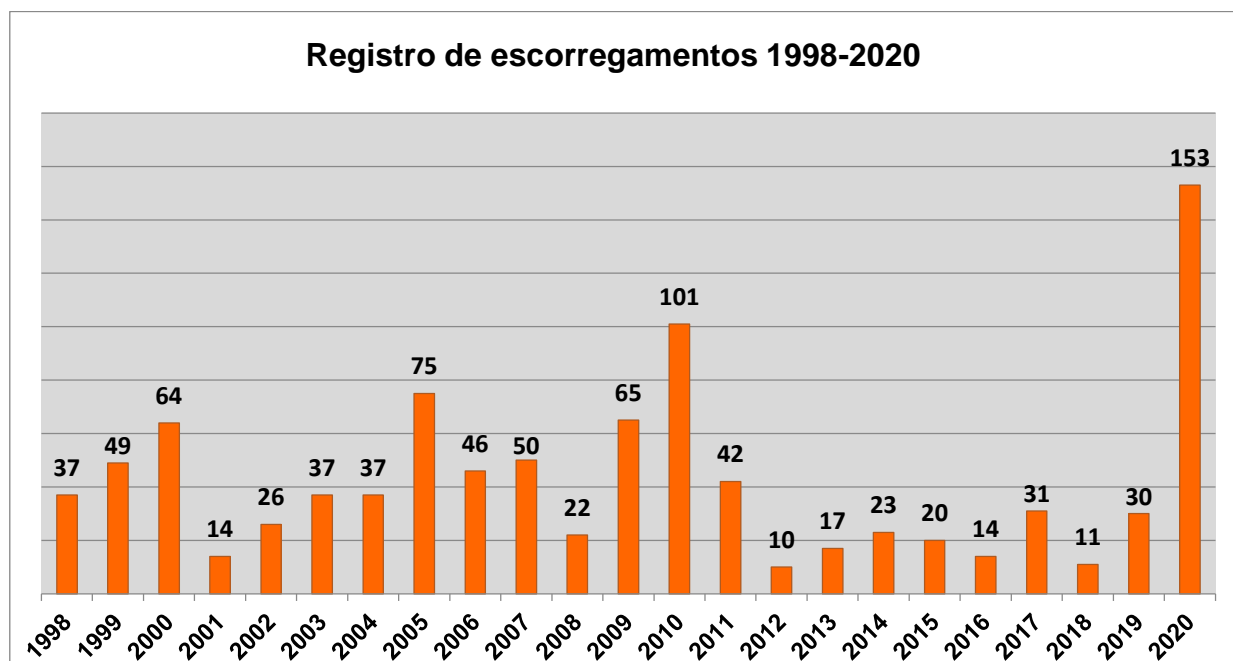


Figura 2. Registro de ocorrências anuais de movimentos de massa em um período de 22 anos (1998-2020), município de Guarujá - SP.

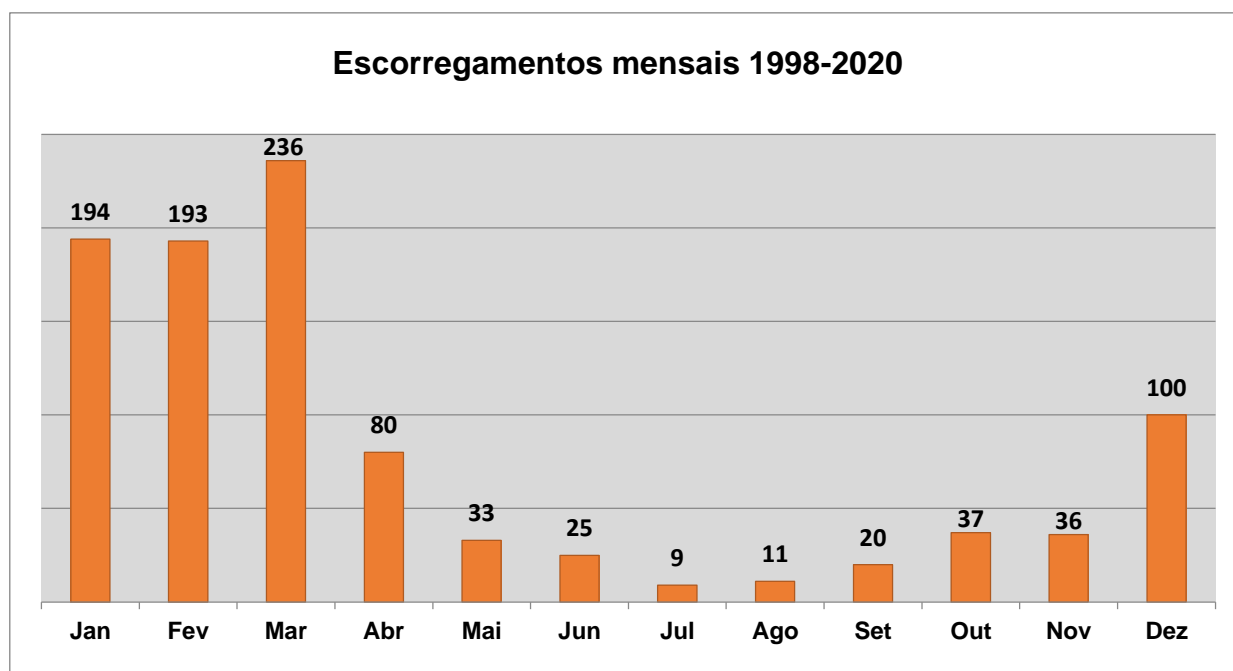


Figura 3. Registro de ocorrências mensais de escorregamentos em um período de 22 anos (1998-2020), município de Guarujá - SP.

3. MÉTODO

Foram utilizados dados diários de acumulados pluviométricos de 24 horas no município de Guarujá, entre o período de Dezembro de 1998 a Dezembro de 2020. A Estação Pluviométrica oficial denominada Perequê (Prefixo: E3-043) está localizada nas coordenadas (Latitude: -

23.982500 e Longitude: -46.246477) e, pertence ao Departamento de Águas e Energia Elétrica-DAEE.

No presente artigo foram realizadas análises estatísticas do volume precipitado, de acordo com a coleta manual realizada diariamente às 07h30min pela equipe da Proteção e Defesa Civil de Guarujá. Além disso, utilizaram-se os limiares já adotados pelo Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais-CEMADEN, de acordo com a Tabela 1, sendo:

Tabela 1. Limiares de chuva em 24 horas.

CFR	Chuva Fraca	Entre 1,0 a 9,9 mm
CM	Chuva Moderada	Entre 10,0 a 29,9 mm
CMF	Chuva Moderada Forte	Entre 30,0 a 69,9 mm
CF	Chuva Forte	Acima de 70,0 mm

De acordo, com os dados da Coordenadoria Municipal de Proteção e Defesa Civil-COMPDEC Guarujá, delimitou-se o limite a partir de 30,0 milímetros de chuva em 24 horas que constituem em preocupação para a COMPDEC, bem como para a população que reside nas encostas do município.

4. RESULTADOS

De acordo com a Figura 4, a média anual de dias chuvosos ≥ 1 mm no município de Guarujá é de 134 dias durante o ano, sendo 72 dias de Chuva Fraca, 43 dias de Chuva Moderada, seguidos de 15 dias de Chuva Moderada Forte, e 4 dias de Chuva Forte.

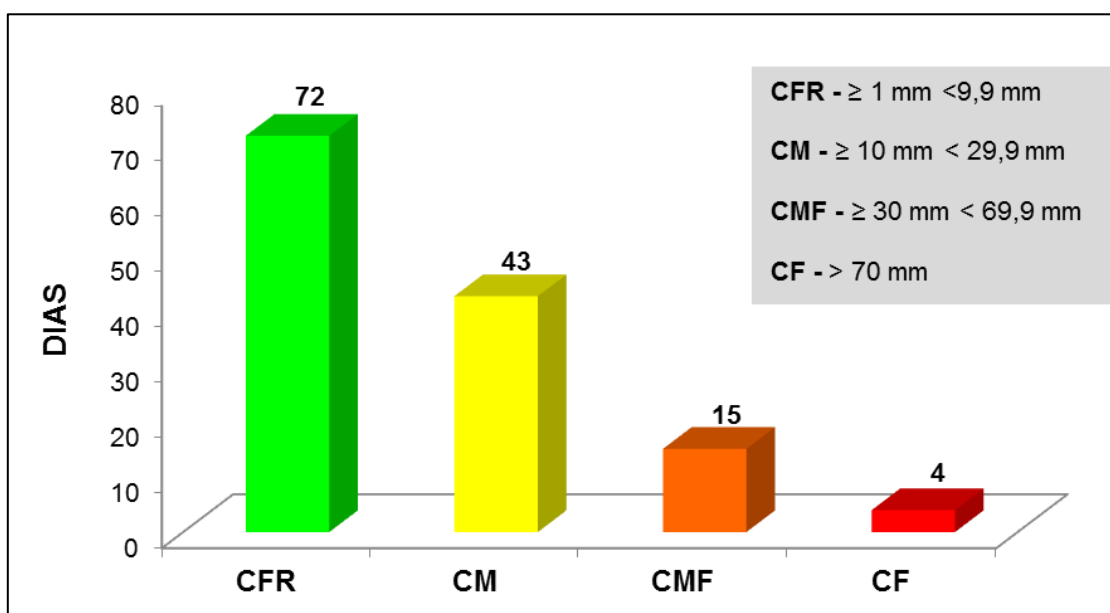


Figura 4. Frequência média anual da ocorrência de eventos pluviométricos no município de Guarujá - SP.

A Figura 5 apresenta a frequência mensal da ocorrência de dias com chuva, destacando-se os meses que compreendem o PPDC (Plano Preventivo de Defesa Civil), sendo, dezembro, janeiro, fevereiro e março como os meses com maior número de dias com CMF e CF. Os meses entre maio a setembro são caracterizados como período de estiagem, ou seja, meses mais secos em relação aos demais, além disso, não se registra acumulado pluviométrico acima de 70 mm em 24 horas. Contudo, apesar de ocorrer apenas 1 evento por mês de CMF durante o períodos de outono e inverno, ainda assim, é pouco frequente chuvas desta escala, causando assim poucos transtornos. Em contrapartida, durante o verão esperam-se acumulados pluviométricos mais

significativos, conforme supracitado, o que corrobora um aumento em registro de ocorrências por parte da Defesa Civil.

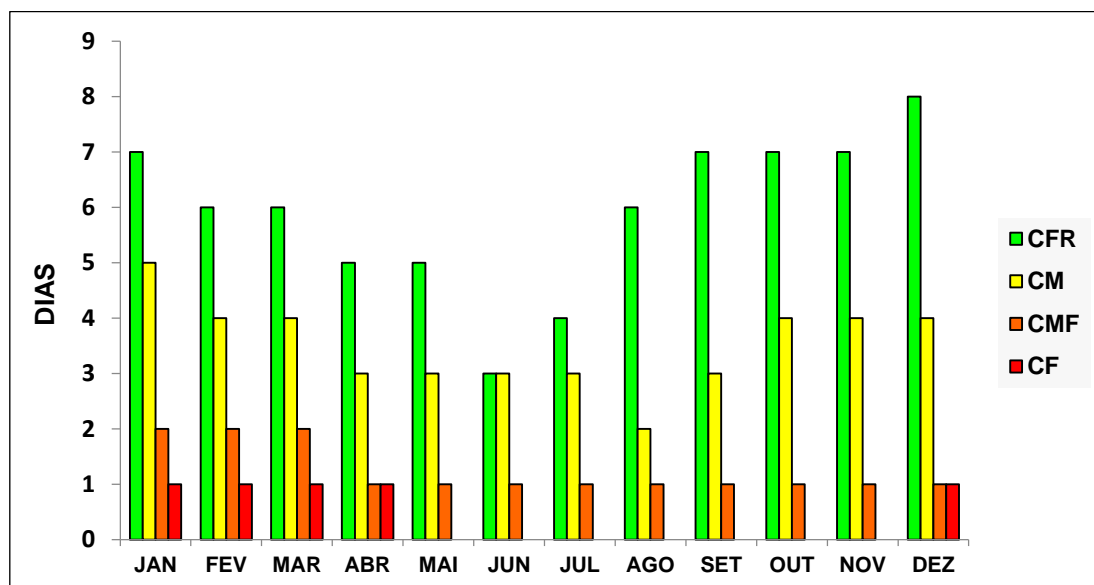


Figura 5. Frequência média mensal da ocorrência de eventos pluviométricos no município de Guarujá - SP.

A frequência percentual de eventos pluviométricos em 24 horas representados pela Figura 6 ocorre entre os meses de agosto a outubro ultrapassando o limite de 60% de CFR durante o período de inverno e primavera. Já os eventos de CM, com chuvas diárias abaixo de 29,9 mm, ocorrem majoritariamente entre os meses de junho e julho registrando 37% em ambos. Os eventos de chuvas diárias que geram preocupações para a COMPDEC de Guarujá caracterizada como CMF ocorrem durante todo o período anual, porém com uma maior significância no primeiro semestre. Os eventos de Chuvas Fortes ≥ 70 mm ocorrem especificamente durante o período do Plano Preventivo de Defesa Civil e também, no mês de abril variando entre os limites de 5% a 6%. Dentro da classe de 22 anos, até o presente momento não se observou eventos de CF em 24 horas entre os meses de julho a outubro.

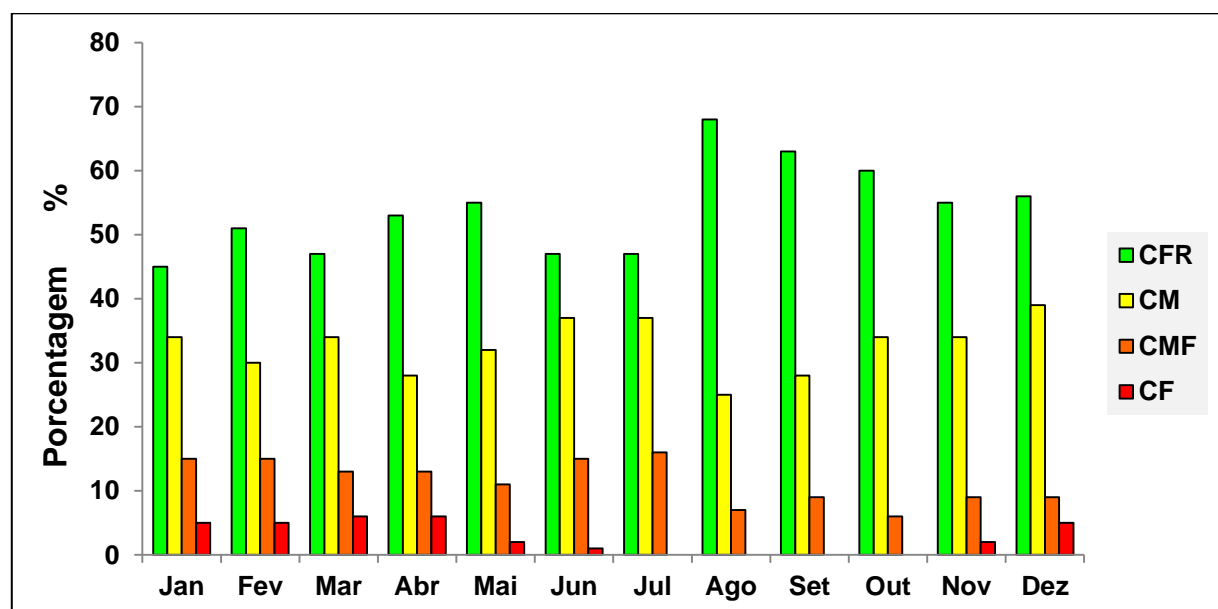


Figura 6. Frequência relativa percentual anual da ocorrência de eventos pluviométricos no município de Guarujá - SP.

A Figura 7 apresenta os eventos pluviométricos de chuva forte em 24 horas dentro de um período de 22 anos (1998 – 2020), tendo como maior destaque os anos de 2010 e 2019, com 9

eventos durante o ano. Ainda assim, a linha de tendência de previsão linear aponta que, os dois anos seguintes, 2021 e 2022 apresentarão uma média de 4 ou 5 dias de CF.

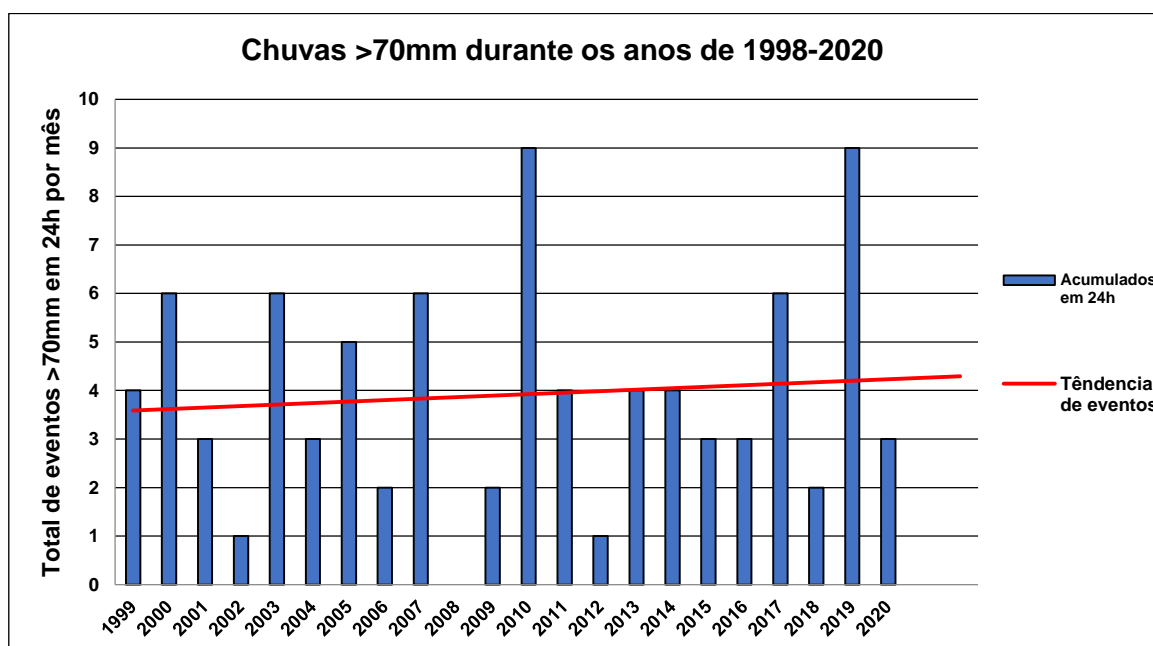


Figura 7. Eventos pluviométricos acima de 70 mm ao longo de 22 anos, onde a (Tendência de eventos) apresenta uma média de ocorrências de 4 ou 5 eventos no ano de 2021 e 2022.

5. CONCLUSÕES

Os dados anuais de eventos pluviométricos em 24 horas caracterizados como CMF e CF requer uma atenção redobrada da Defesa Civil de Guarujá, visto que estes acumulados são passíveis de desencadear ocorrências de escorregamentos e inundações. Desta forma, 51% dos eventos de CMF e CF ($\geq 30 \text{ mm} < 69,9 \text{ mm}$) e ($\geq 70 \text{ mm}$), sendo respectivamente, 7 e 4 dias, ocorrem durante o Plano Preventivo de Defesa Civil, ou seja, dezembro, janeiro, fevereiro e março. Entretanto, 14% destes eventos supracitados, ocorrem exclusivamente no mês de Abril, com frequência de 1 dia de CMF e 1 dia de CF e registra-se um total de 80 movimentos gravitacionais de massa em 22 anos, ou seja, 8% dos escorregamentos ocorrem somente neste mês. Ademais, 4 dias (69%) de CF ocorrem no PPDC e 1 dia (31%) ocorre somente no mês de Abril.

Após a análise dos dados, nota-se que 74% dos escorregamentos registrados pela Defesa Civil de Guarujá ocorreram durante o PPDC, e os eventos pluviométricos expressivos ocorrem com uma maior tendência na estação do ano de verão. Além disso, existe uma previsão de ao menos 4 eventos de CF nos anos seguintes, o que auxilia esta Defesa Civil na gestão do risco.

Sendo assim, se faz necessário uma possível extensão do Plano Preventivo de Defesa Civil até o mês de Abril, por meio de Decreto Municipal para esta COMPDEC, em razão da combinação de escorregamentos e altas taxas pluviométricas deste mesmo mês.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Coordenadoria Municipal de Proteção e Defesa Civil pela disponibilização dos dados publicados e ao Instituto de Pesquisas Tecnológicas pelo suporte oferecido.

REFERÊNCIAS

CARVALHO, C.S; GALVÃO, T. (2006) "Ação de apoio à prevenção e erradicação de riscos em assentamentos precários" in BRASIL. MINISTÉRIO DAS CIDADES, Prevenção de riscos de

deslizamentos em encostas: Guia para elaboração de Políticas Municipais. Brasília: Ministério das Cidades, p 10-17.

ELTZ, F.L.; REICHERT, J.M.; CASSOL, E.A. (1992) "*Período de retorno de chuvas em Santa Maria, RS*" in Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, v.16, p.265-269.

GUIDICINI, G., IWASA, O.Y. (1976). "*Ensaio de correlação entre Pluviometria e Deslizamentos em Meio Tropical Úmido.*". São Paulo: IPT.

IPT, Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo. (2016) "*Atualização do Plano Municipal de Redução de Risco de Deslizamento para o Município do Guarujá*", São Paulo, Relatório Técnico nº 148222 – 205.

MELLO, M.H.A., ARRUDA, H.V., ORTOLANI, A.A. (1994) "*Probabilidade de ocorrência de totais pluviiais máximos horários, em Campinas - São Paulo*" in Rev. IG.,v.15, n.1/2, p.59-67.

TATIZANA, C.; OGURA, A.T.; CERRI, L.E.S.; ROCHA, M.C.M. (1987a). "*Análise da correlação entre chuvas e escorregamentos na Serra do Mar, município de Cubatão*", Anais do 5º Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia, São Paulo, v.2, p. 225-236.

TATIZANA, C.; OGURA, A.T.; CERRI, L.E.S.; ROCHA, M.C.M. (1987b). "*Modelamento numérico da análise de correlação entre chuvas e escorregamentos aplicado às encostas da Serra do Mar no município de Cubatão*". Anais do 5º Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia, São Paulo, v.2, p. 237-248.