

ANUÁRIO DA SALA DE SITUAÇÃO DO CEMADEN 2017



**CENTRO NACIONAL DE MONITORAMENTO
E ALERTAS DE DESASTRES NATURAIS - CEMADEN**



Presidente
Jair Bolsonaro

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA, INOVAÇÕES E COMUNICAÇÕES – MCTIC

Ministro de Estado
Marcos Pontes



Diretor
Osvaldo Luiz Leal de Moraes

Coordenador-Geral de Operações e Modelagens – CGOM
Marcelo Enrique Seluchi

Anuário da Sala de Situação do Cemaden 2017

São José dos Campos – SP

2019



COORDENAÇÃO E EQUIPE TÉCNICA

Coordenação-Geral

Marcelo Enrique Seluchi

Equipe Técnica

Andrezza Marques Ferreira

Fernanda Bluyus Aguiar

Kelen Martins Andrade

Maria das Dores da Silva Medeiros

Marisa Pulice Mascarenhas

Rafael Alexandre Ferreira Luiz

Regina Tortorella Reani

Regla de La Caridad Duthit Somoza

Rodrigo Augusto Stabile

Rodrigo Silva da Conceição

Silvia Midori Saito

Tiago Bernardes

Tulius Dias Nery

ELABORAÇÃO

CENTRO NACIONAL DE MONITORAMENTO E ALERTAS DE DESASTRES NATURAIS –
CEMADEN

Coordenação-Geral de Operações e Modelagens (CGOM)

Estrada Doutor Altino Bondesan, 500 - Distrito de Eugênio de Melo, São José dos
Campos/SP - 12.247-016 - Brasil

Telefone: 55 11 3205-0100

URL: <http://www.cemaden.gov.br>

contato@cemaden.gov.br

Todos os direitos reservados. Reprodução autorizada mediante registro de créditos à fonte.
(Lei n. 9.610/98).

Disponível também em: www.cemaden.gov.br

Fotografia da capa: Sala de Situação do Cemaden em São José dos Campos, SP.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) – Ficha Catalográfica.

A636 Anuário da sala de situação do CEMADEN, 2017 / Centro Nacional de
Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais. - Vol.1, n.1 (2019) . -- São José dos
Campos: CEMADEN, 2019.

52 p.: il.

Anual.

1. Desastre - Monitoramento. 2. Desastre - Prevenção. 3. Gerenciamento de
risco. I. CEMADEN. II. Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações.

CDU 502.17-047.36

Ficha catalográfica elaborada por: Lorena Nelza F. Silva – CRB-1/2474

SUMÁRIO

Apresentação	7
Introdução	9
1. Sala de situação e rede observacional	11
2. Metodologia e conceitos	17
2.1 Envio de alertas: breve descritivo	18
2.2 Registro de ocorrências: breve descritivo	20
3. População em risco nos municípios monitorados	24
4. Síntese dos Alertas enviados no ano de 2017	27
4.1 Eventos meteorológicos do ano de 2017	28
4.2 Alertas emitidos por região	31
5. Eventos com ocorrência em 2017	37
5.1 Magnitude e impacto dos eventos	38
5.2 Distribuição geral dos eventos ao longo do ano	42
5.3 Distribuição dos eventos por região	43
6. Relações entre alertas e eventos ocorridos	46
Referências bibliográficas	49

O Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (Cemaden) é uma Unidade de Pesquisa do Ministério de Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações cuja missão é gerar conhecimento na área de desastres hidrogeometeorológicos que sejam os pilares para a emissão de alertas e, conseqüentemente, auxiliem a preservação de vidas. A tarefa de emissão de alertas é o lado operacional do Cemaden, que não raramente é confundida como sendo nossa única atividade. Para que nossa missão seja cumprida, no entanto, fazemos também Ciência de alta qualidade, capacitamos recursos humanos e também contribuimos com a cultura da prevenção a desastres. Mas, sendo os alertas a principal janela através da qual nos comunicamos com a sociedade, é importante apresentarmos o resultado de nossa produção, para que possamos imprimir à nossa ação uma dinâmica de reflexão e aprimoramento contínuos. É sob essa ótica que apresento este Anuário.

Isso posto, ressalto que este trabalho não deve ser olhado como dados cartoriais que registram e certificam ocorrências. Ele deve ser olhado como referencial para dizer como estamos cumprindo a nossa missão e onde devemos nos concentrar para obter melhores resultados. E eu gostaria de destacar aqui o desafio que essa tarefa enseja. O teste mais simples para saber se os alertas emitidos são eficientes, e em casos extremos eficazes, é comparar o alerta emitido com o desastre alertado. Saber se o nível do alerta corresponde ao nível do impacto daquele desastre. Comparar o momento de emissão do alerta com o tempo no qual o desastre ocorreu. Em ciência linear comparação desse tipo é simples, pois, de maneira geral, as equações que modelam o sistema possuem solução analítica e quase sempre é possível realizar um experimento para testar a hipótese. Mas esse não é o caso da Ciência de Desastres.

Os fenômenos que provocam os desastres que o Cemaden monitora não são lineares. Eles são preditos em termos de probabilidades que, em muitos eventos, possuem grande incerteza. Outras variáveis entram nessas equações: as variáveis antrópicas que tornam esse problema mais complexo do que aqueles que os físicos chamam de “sistema com infinitos graus de liberdade” e estão muito longe de qualquer possibilidade de linearização. Ademais, no caso do problema enfrentado pelo Cemaden, comparar as previsões com as realizações depende de um banco de dados de desastres (onde, quando, como) que não está disponível. Ter informações confiáveis de eventos é crucial para avaliarmos o nosso trabalho e um banco de dados de desastres não pode ser, apenas, concebido como alocação de informações para gerar subsídios do governo federal. Ter informações de falsos alertas é, da mesma forma, essencial para a gestão interna. Tal tipo de informação, que nos falta hoje, otimizaria a aplicação de recursos dispendidos na manutenção da rede observacional e apontaria onde os esforços de pesquisas devem ser concentrados.

Em síntese, o Anuário é um referencial para a operação, para a pesquisa, para a gestão e para a colaboração com nossos principais parceiros: as defesas civis.

Ao colocar este Anuário na vitrine, não poderia deixar de agradecer à equipe que a ele se dedicou. Ao se dedicarem à sua elaboração, esses servidores demonstram o apreço e o zelo para com aquilo que fazem. Há, adicionalmente, nas páginas que seguem, a confirmação, essa sim linear, do quanto o Cemaden contribui para a gestão de risco no Brasil por meio de um grupo qualificado e multidisciplinar de profissionais.

Finalmente, desejo expressar que a forma e o conteúdo do Anuário podem ser aprimorados e, para isso, aceitamos sugestões e contribuições. Outras edições para os anos subsequentes, e quiçá para os anos pretéritos, servirão para o Cemaden auxiliar no desenvolvimento da Política Nacional de Gestão de Riscos e Resposta a Desastres e cumprir o compromisso assumido com a sociedade brasileira: usar a Ciência como plataforma para a tomada de decisões sólidas que, no nosso caso, preservem vidas e contribuam para uma sociedade resiliente.

Oswaldo Luiz Leal de Moraes
Diretor do Cemaden

INTRODUÇÃO

O Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (Cemaden) foi criado pelo Decreto Presidencial nº 7.513, de 1º de julho de 2011, no âmbito do Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC), com a missão de realizar o monitoramento das ameaças naturais em áreas de risco de municípios brasileiros suscetíveis à ocorrência de desastres naturais, além de realizar pesquisas e inovações tecnológicas que possam contribuir para a melhoria de seu sistema de alerta antecipado, com o objetivo final de reduzir o número de vítimas fatais e prejuízos materiais em todo o país.

De fato, a sequência de desastres naturais significativos no Brasil entre 2007 e 2011 — como os deslizamentos, os fluxos de detritos e as inundações no Vale do Itajaí-SC em 2008, os deslizamentos em Ilha Grande e Angra dos Reis-RJ e as inundações em São Luiz do Paraitinga-SP no verão de 2009/2010, as inundações e deslizamentos nos estados de Pernambuco e Alagoas em 2010, culminando no mega desastre da Região Serrana do Rio de Janeiro em 2011, quando foram registradas 947 mortes, mais de 300 pessoas desaparecidas e milhares de desalojados e desabrigados, além de severas perdas econômicas, destruição de moradias e infraestrutura, em decorrência de enxurradas, deslizamentos e fluxos de detritos — evidenciou a demanda por um sistema de alerta que reunisse competências científicas e tecnológicas de várias áreas do conhecimento. Assim, em fevereiro de 2011 o então Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações (MCTI) foi chamado a integrar o grupo de trabalho coordenado pela Casa Civil da Presidência da República criado com o objetivo de elaborar um plano de prevenção e enfrentamento dos desastres naturais. Coube ao MCTI, com a criação do Cemaden, a responsabilidade de implantar um sistema de alertas antecipados da probabilidade de ocorrência de desastres naturais associados aos fenômenos naturais que mais causam vítimas fatais no país, os deslizamentos de encostas e as inundações, por meio da utilização de tecnologias modernas de monitoramento e previsões hidrometeorológicas e geodinâmicas, e do seu aperfeiçoamento contínuo, através da promoção de desenvolvimento científico e tecnológico para avançar na qualidade e confiabilidade dos alertas, e na prevenção e mitigação dos desastres.

No escopo do Plano Nacional de Gestão de Riscos e Resposta a Desastres, o Cemaden monitora, atualmente, 958 municípios distribuídos em todas as regiões brasileiras. Os municípios monitorados pelo Cemaden têm mapeamento das áreas de risco identificadas prioritariamente pelo Serviço Geológico do Brasil (CPRM), sendo este um pré-requisito para o município entrar em monitoramento pelo Centro, e têm histórico de registros de desastres naturais decorrentes de movimentos de massa e/ou resultantes de processos hidrológicos (inundações, enxurradas, grandes alagamentos).

Este Anuário está organizado em seis capítulos. O primeiro capítulo é dedicado à apresentação da sala de situação e da rede observacional do Cemaden. No capítulo 2, são descritos os métodos e conceitos vinculados ao monitoramento e à emissão de alertas pelo Cemaden, assim como, ao registro de ocorrências dos processos geo-hidrológicos monitorados. O capítulo 3 apresenta um panorama geral da população residente em áreas de risco nos municípios monitorados, subsidiando a discussão nos capítulos posteriores. O capítulo 4 sintetiza os alertas enviados pelo Cemaden no ano de 2017 e as condições meteorológicas associadas, enquanto o capítulo 5 analisa os eventos com registro de ocorrências nos municípios monitorados. Por fim, o capítulo 6 trata da relação entre os alertas e os eventos com ocorrências registradas.

1. SALA DE SITUAÇÃO E REDE OBSERVACIONAL



A Sala de Situação do Cemaden opera 24 horas por dia ininterruptamente. É composta por uma equipe multidisciplinar de especialistas nas áreas de geodinâmica, extremos meteorológicos, extremos hidrológicos e desastres naturais.

Os alertas emitidos pela equipe multidisciplinar do Cemaden são encaminhados ao Centro Nacional de Gerenciamento de Riscos e Desastres (CENAD), órgão do atual Ministério do Desenvolvimento Regional (MDR), que os encaminha às defesas civis estaduais e municipais e é o responsável pelas ações de preparação e resposta a desastres. O processo é contínuo e dependente de todas as partes (Figura 1) para que as informações sobre os desastres naturais possam compor os bancos de dados e serem utilizadas para a geração de conhecimento científico-tecnológico para o uso futuro na gestão de riscos e prevenção de desastres naturais.

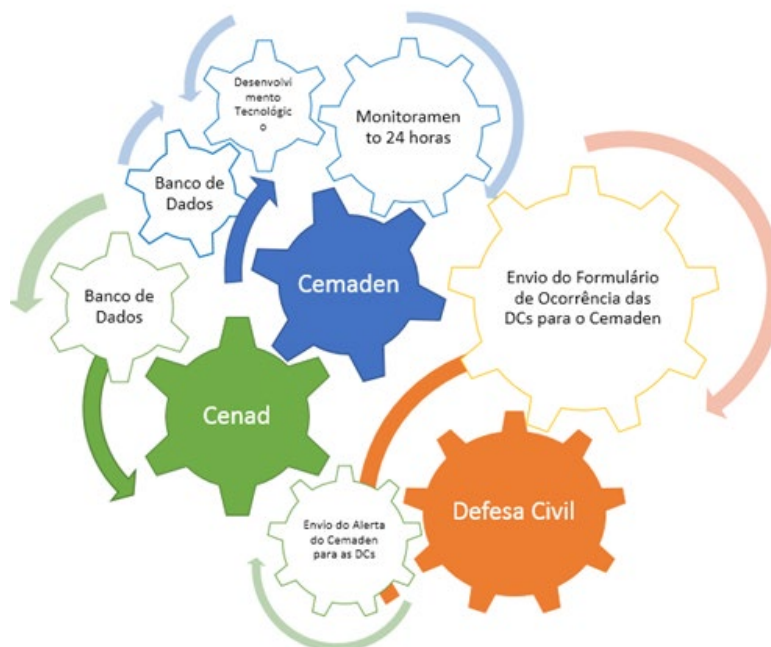
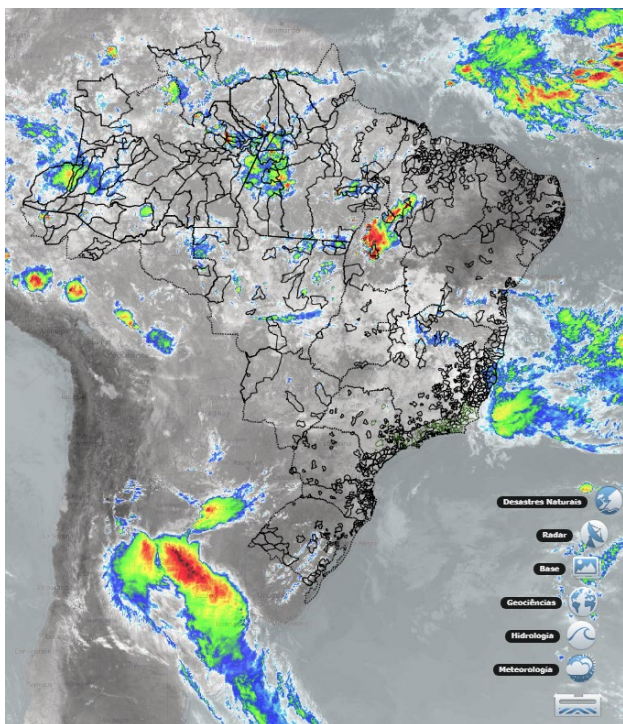
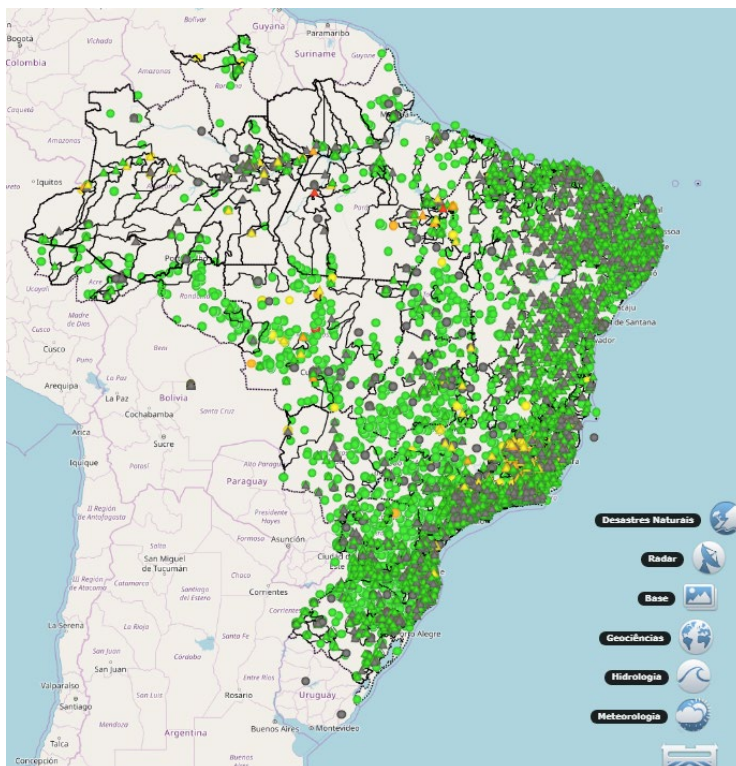


Figura 1: Processo de emissão de um alerta de desastre natural.

Para o auxílio no monitoramento e no desenvolvimento de tecnologias e pesquisas, o Cemaden possui uma rede de observação própria que dispõe de 3.139 pluviômetros automáticos, 186 estações hidrológicas e 9 radares meteorológicos que, conjuntamente com equipamentos e informações resultantes de parcerias com outras instituições, como 27 radares meteorológicos, imagens de satélite, dados de descargas atmosféricas, modelos numéricos de previsão do tempo, entre outros, compõem sua rede de monitoramento na plataforma Sistema de Alerta e Visualização de Áreas de Risco (Salvar). Além disso, o Centro desenvolve projetos com outras soluções e equipamentos, como sensores de umidade do solo e modelos geo-hidrológicos.

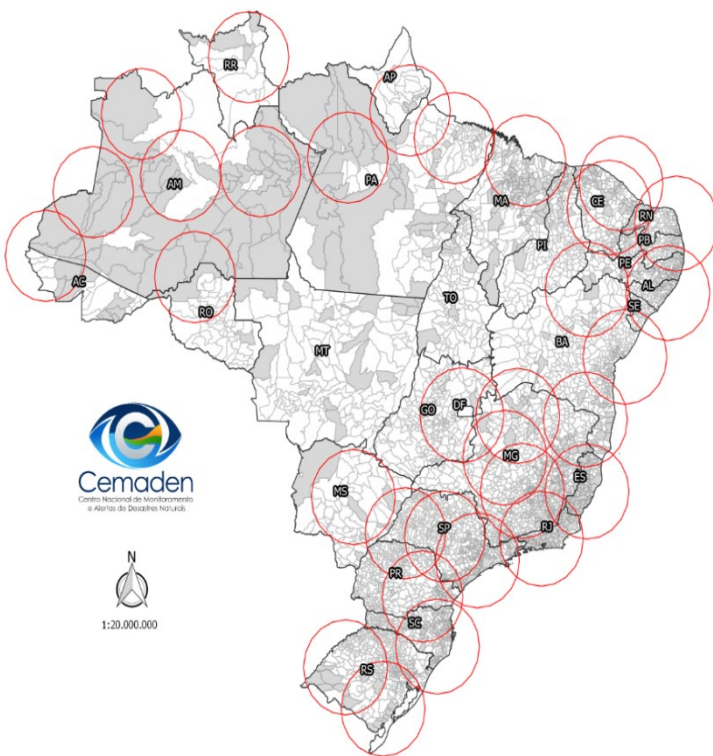
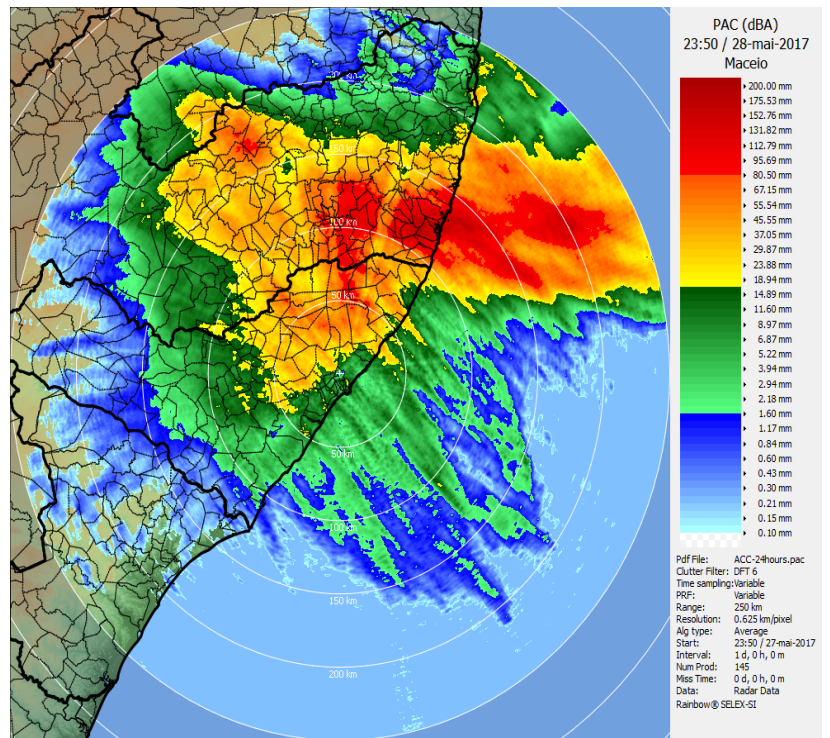


A plataforma Salvar consiste em um sistema computacional que realiza a integração de dados geoespaciais para visualização e acesso à informação pela Sala de Situação e demais áreas do Cemaden. O objetivo principal do Salvar é o de agregar informações úteis para o processo de tomada de decisão pela Sala de Situação do Cemaden. Para isso, integra informações de alertas vigentes e áreas passíveis de monitoramento na forma de polígonos, imagens de radar, previsões de modelos numéricos, classificações de uso e cobertura da terra, informações observadas por Plataformas de Coletas de Dados (PCDs) do Cemaden e de parceiros, dentre outras.

RADAR METEOROLÓGICO

Os radares meteorológicos do Cemaden têm raio de alcance de até 400 km e foram instalados em diferentes regiões do território brasileiro.

Considerada uma ferramenta essencial para a previsão de chuva de curtíssimo prazo (*nowcasting*), o radar meteorológico é capaz de estimar a intensidade da precipitação, seu deslocamento e a precipitação acumulada em cenas que são atualizadas a cada 10 a 30 minutos. A imagem ao lado apresenta a estimativa de precipitação acumulada pelo radar Maceió no dia 28/05/2017.



A rede de radares é composta por 32 radares de diferentes órgãos: Cemaden - 9 unidades, Companhia Energética de Minas Gerais (Cemig) - 1 unidade, Departamento de Controle do Espaço Aéreo (Decea) - 6 unidades, Instituto de Pesquisas Meteorológicas (IPMet) - 2 unidades, Sistema de Proteção da Amazônia (Sipam) - 11 unidades, Sistema Meteorológico do Paraná (Simepar) - 1 unidade, Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (Funceme) - 2 unidades. A Figura ao lado mostra a distribuição e cobertura dos radares (círculos em vermelho) sobre os municípios monitorados pelo Cemaden (preenchidos em cinza).

PLUVIÔMETROS AUTOMÁTICOS

Os pluviômetros automáticos do Cemaden estão distribuídos em todo o território nacional, priorizando os municípios monitorados e o histórico de desastres naturais local. Estes equipamentos transmitem dados de chuva acumulada em milímetros a cada 10 minutos sendo, então, processados e disponibilizados para a Sala de Situação do Cemaden. Os dados gerados pelos pluviômetros automáticos estão disponíveis para a sociedade através do Mapa Interativo, acessível pelo website do Cemaden (www.cemaden.gov.br/mapainterativo).

A imagem à direita apresenta um gráfico com os acumulados a cada 10 minutos registrados no dia 17/02/2017 pelo pluviômetro automático 510730501A no município de São José do Rio Claro (MT).

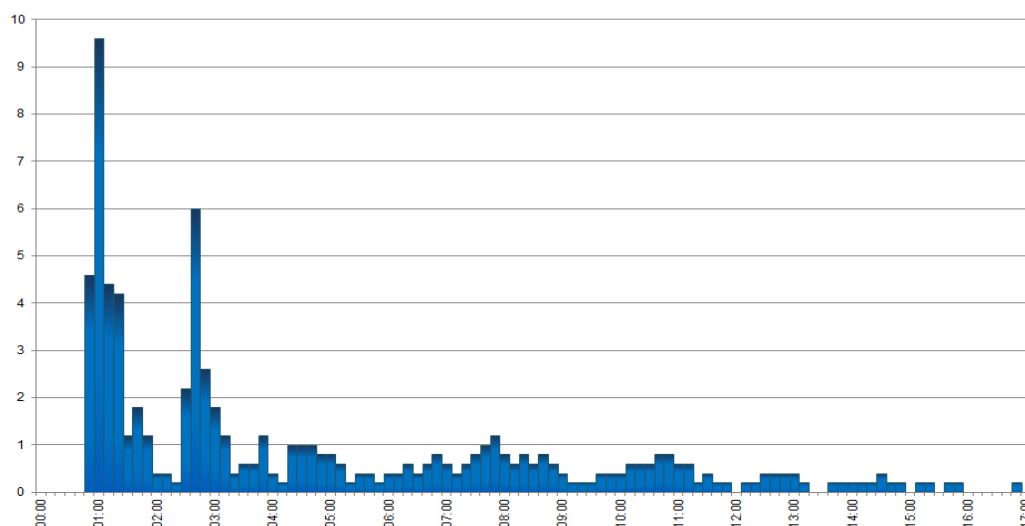


Gráfico 1. Acumulados de chuva registrados para São José do Rio Claro (MT) – 17/02/2017

ESTAÇÕES HIDROLÓGICAS

As estações hidrológicas do Cemaden possibilitam o monitoramento do nível dos rios em função da presença de um sensor do tipo radar que mede a distância do nível da lâmina d'água ao sensor e este dado é comparado com a seção topográfica do rio, medindo assim o nível do rio naquele ponto. Na estação também existe um sensor de precipitação, um pluviômetro do tipo balsa e incluem uma câmera integrada ao *datalogger* de maneira a permitir registros fotográficos em tempo real da situação do rio. A imagem ao lado é da estação hidrológica do Cemaden localizada no Igarapé do Quarenta (estação número 130260301H) no município de Manaus e registra o momento em que um imóvel foi arrastado para o curso d'água após uma precipitação no dia 27/11/2016.



Juntamente com o Salvar, o Cemaden desenvolveu o Sistema Integrado de Alerta de Desastres Naturais (SIADEN), que consiste em um sistema computacional que agrega as informações referentes aos alertas enviados pelo Cemaden para os municípios monitorados, permitindo o cadastro de informações sobre os municípios e suas áreas de risco, bem como criação, atualização e visualização de alertas.

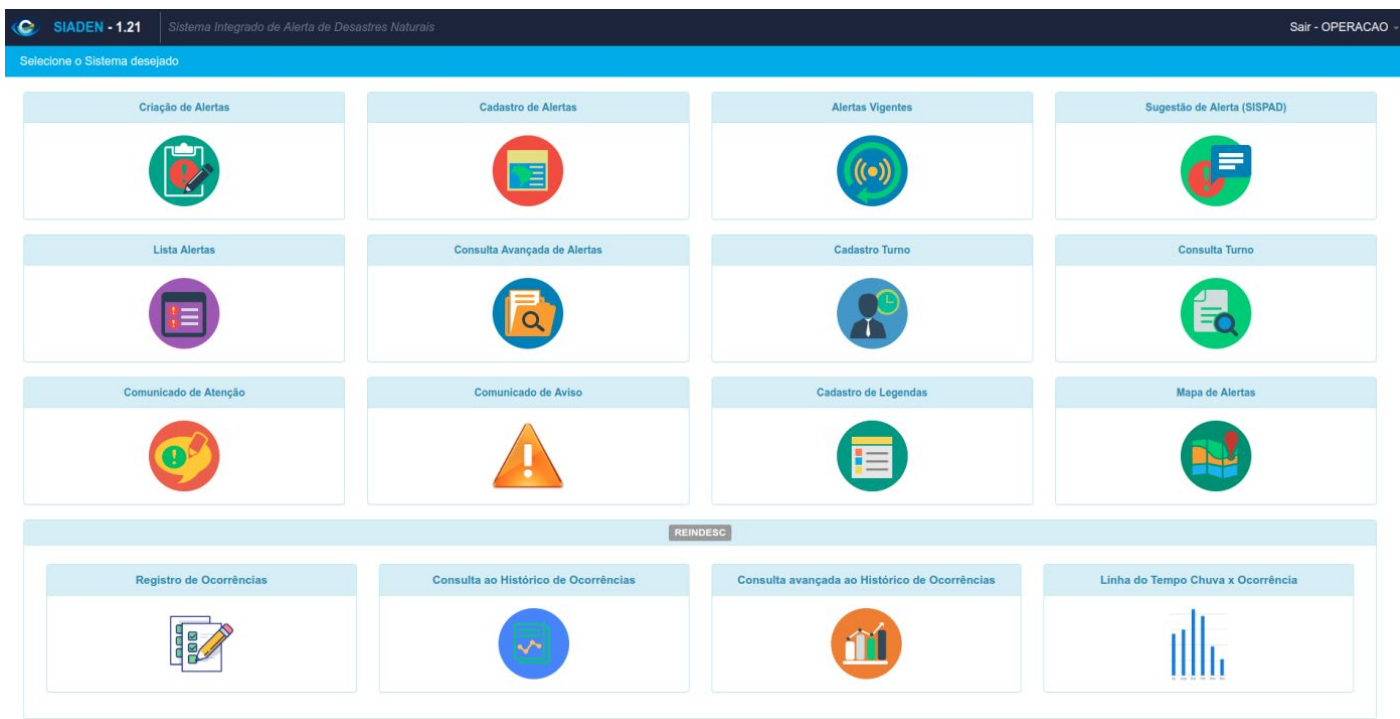


Figura 2. Tela inicial do SIADEN.

2. METODOLOGIA E CONCEITOS

O Cemaden monitora os desastres naturais relacionados aos grupos **Hidrológico** e **Geológico**, conforme descrito na Codificação Brasileira de Desastres – COBRADE.

No grupo Hidrológico, os subgrupos monitorados são Enxurrada, Inundação e Alagamentos.



A **enxurrada** pode ser identificada pelo escoamento superficial concentrado e com alta energia de transporte, que pode estar ou não associado ao domínio fluvial (do rio). Provocado por chuvas intensas e concentradas, normalmente em pequenas bacias de relevo acidentado. Caracterizada pela elevação súbita das vazões de determinada drenagem e transbordamento brusco da calha fluvial. Este processo apresenta grande poder destrutivo. Estes eventos podem durar minutos ou horas, dependendo da intensidade e da duração da chuva, da topografia, das condições do solo e da cobertura do solo.



Inundação é o processo em que ocorre submersão de áreas fora dos limites normais de um curso de água em zonas que normalmente não se encontram submersas. O transbordamento ocorre de modo gradual em áreas de planície, geralmente ocasionado por chuvas distribuídas e alto volume acumulado na bacia de contribuição.



Os **alagamentos** são caracterizados pela extrapolação da capacidade de escoamento de sistemas de drenagem urbana e conseqüente acúmulo de água em ruas, calçadas ou outras infraestruturas urbanas, em decorrência de precipitações intensas.

No grupo Geológico, os subgrupos monitorados pelo Cemaden são Movimentos de Massa, que é subdividido nas tipologias: Quedas/Tombamentos/Rolamentos; Deslizamentos/Escurregamentos; Fluxo de Detritos e lama; e Subsidência e Colapsos.



Quedas são movimentos em queda livre de fragmentos rochosos (de volumes variáveis) que se desprendem de taludes íngremes. Quando um bloco rochoso sofre um movimento de rotação frontal para fora do talude o movimento de massa é classificado como **Tombamento**. **Rolamentos** são movimentos de blocos rochosos ao longo de encostas que geralmente ocorrem devido aos descalçamentos.



Deslizamentos ou Escorregamentos são movimentos de solo e rocha que ocorrem em superfícies de ruptura. Quando a superfície de ruptura é curvada no sentido superior (em forma de colher) com movimento rotatório em materiais superficiais homogêneos, o movimento de massa é classificado como **Deslizamento Rotacional**. Quando o escorregamento ocorre em uma superfície relativamente plana e associada a solos mais rasos, é classificado como **Deslizamentos Translacionais**.



Os **Fluxos de Lama e Detritos**, também chamados **Corridas de Massa**, são movimentos de massa extremamente rápidos e desencadeados por um intenso fluxo de água na superfície, em decorrência de chuvas fortes, que liquefaz o material superficial que escoia encosta abaixo em forma de um material viscoso composto por lama e detritos rochosos. Esse tipo de movimento de massa se caracteriza por ter extenso raio de ação e alto poder destrutivo.



Subsidência e Colapsos são movimentos de massa caracterizados por afundamento rápido ou gradual do terreno devido ao colapso de cavidades, redução da porosidade do solo ou deformação de material argiloso.

2.1 Envio de alertas: breve descritivo

Os alertas emitidos pelo Cemaden são classificados em três níveis de risco: **Moderado**, **Alto** e **Muito Alto**. Os níveis do alerta são resultado da combinação da possibilidade de ocorrência e do impacto potencial, relacionando valores de precipitação (índice pluviométrico observado), previsão meteorológica (estimativas de precipitação) e vulnerabilidade (MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL, 2013)¹.

Quadro 1. Matriz de risco e nível de alerta incluindo a cor que está associada a cada nível.

Matriz de níveis de alerta		Impacto Potencial		
		Moderado	Alto	Muito Alto
Possibilidade de Ocorrência	Muito Alto	Moderado	Alto	Muito Alto
	Alto	Moderado	Alto	Alto
	Moderado	Observação	Moderado	Moderado

¹ Ministério da Integração Nacional (2013). Secretaria Nacional de Defesa Civil. Portaria Conjunta n.148, de 18 de dezembro de 2013. *Protocolo de Ação Integrada*. Diário Oficial da União (DOU). Portaria 148, N.249. Anexo 1. Seção 1. pp. 58. Brasília, DF.

Com base na previsão meteorológica, no histórico de ocorrências e nas condições geo-hidrológicas do município, o Cemaden emite o alerta de risco, baseado na Matriz de Risco e Nível (Quadro 1), e o encaminha ao Cenad, que por sua vez o repassa a defesas civis e demais entidades. Quando a situação meteorológica volta à normalidade o Cemaden emite o cessar do alerta e dá continuidade ao monitoramento.

Para a emissão de alertas, o Cemaden utiliza diferentes instrumentos observacionais e de estudo que integram a plataforma Salvar, como radares, imagens de satélite², modelos numéricos, descargas elétricas, pluviômetros, estações fluviométricas, além de elementos que complementam o monitoramento, como a previsão meteorológica.

Adicionalmente aos instrumentos observacionais, o Cemaden utiliza também o mapeamento das áreas de risco para a emissão do alerta. O mapeamento é o produto dos levantamentos realizados, em sua grande maioria, pela CPRM. Através dos levantamentos realizados é possível identificar as áreas de risco, assim como a tipologia e o impacto potencial.

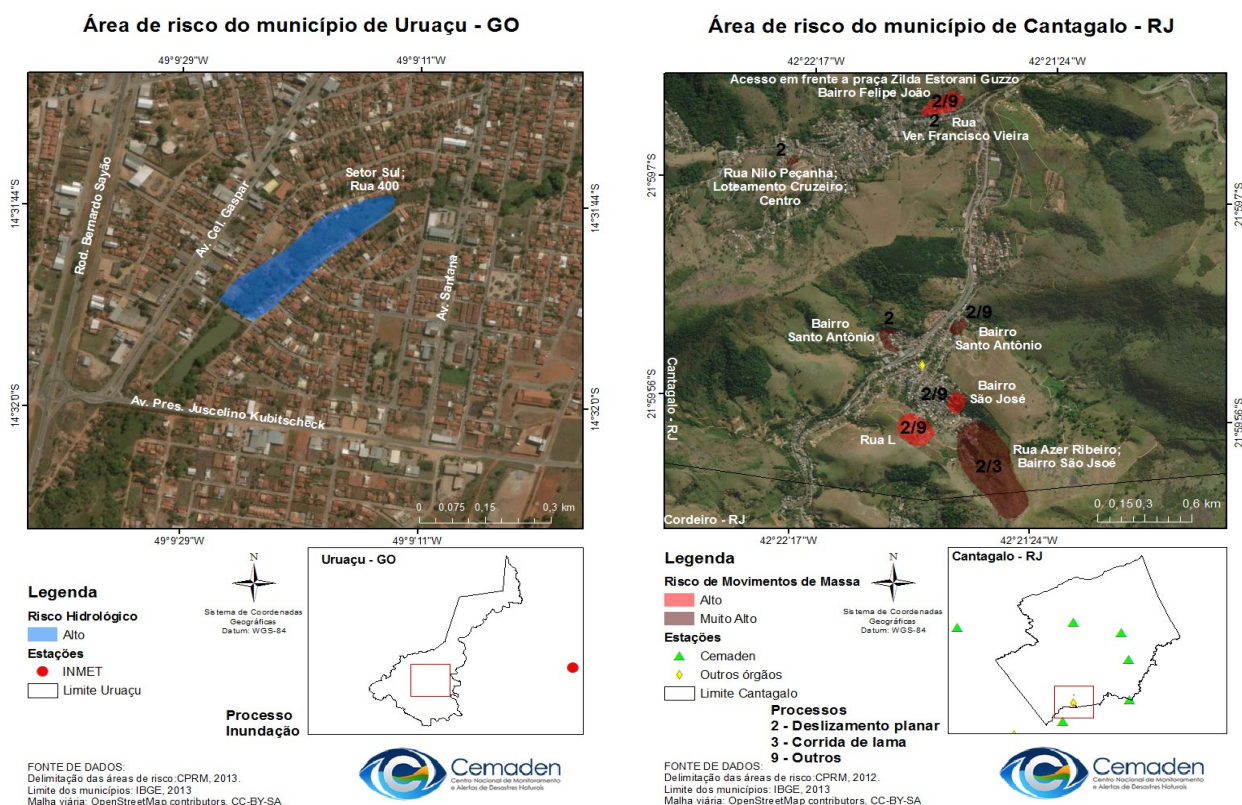


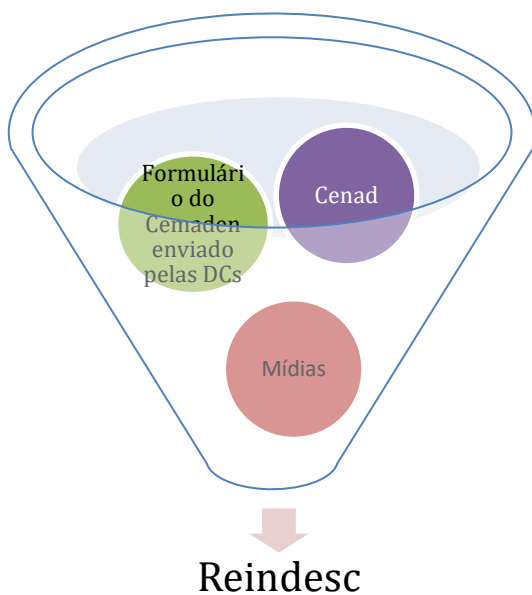
Figura 3. Cartogramas para cada tipologia de risco identificado pela CPRM.

² O Cemaden utiliza dados de satélites do CPTEC/Inpe e também de satélites estrangeiros, disponibilizados pela Nasa, NOAA e por organizações europeias.

O impacto potencial se refere ao nível do risco do mapeamento, bem como ao número de pessoas e moradias em risco, conforme exemplificam os dois levantamentos realizados pela CPRM (Figura 3).

Sendo assim, com base na observação da situação meteorológica e no conhecimento das características de cada município monitorado, e de suas áreas de risco, são enviados os alertas de risco moderado, alto ou muito alto para movimentos de massa e riscos hidrológicos. Tal conhecimento é possível a partir do levantamento de dados e pesquisas fornecidas por instituições de pesquisa, órgãos públicos, defesas civis estaduais e municipais, além de dados observados em campo e no banco de dados do Cemaden, como limiares críticos de deslizamento, cotas de transbordamento de rios e histórico de ocorrências.

Cumprir mencionar que o Cemaden possui parceria com diversas instituições, com destaque ao uso de dados para monitoramento e alerta disponibilizados pela CPRM, Agência Nacional de Águas (ANA), Instituto Nacional de Meteorologia (Inmet), Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE); e órgãos estaduais ou municipais como: Instituto Estadual do Ambiente do Rio de Janeiro (INEA), Cemig, Simepar, Centro de Informações de Recursos Ambientais e de Hidrometeorologia de Santa Catarina (Ciram), Funceme, Sistema de Alerta a Inundações de São Paulo (Saisp), Centro de Gerenciamento de Emergências Climáticas da Prefeitura de São Paulo (CGE), Sistema Alerta Rio da Prefeitura do Rio de Janeiro (Alerta Rio), entre outros.



2.2 Registros de ocorrências: breve descritivo

A peculiaridade da forma como o Cemaden busca informações para possibilitar a tomada de decisão voltada para o envio de alertas de desastres naturais fomentou a criação de um banco de dados para Registro de Eventos de Inundação e Deslizamentos do Cemaden (Reindesc).

No Reindesc, são registradas ocorrências relativas aos eventos monitorados pelo Cemaden. Estas informações são utilizadas tanto para verificação de alertas enviados como para auxílio à identificação de cenários de risco favoráveis ao envio de alertas futuros.

Adicionalmente, o banco de dados serve de

subsídio para a realização de pesquisas e diagnósticos da distribuição dos eventos nos municípios monitorados pelo Centro ao longo dos anos.

As fontes de informações oficiais são usadas para início dos registros³:

- a) Cenad (relatórios enviados diariamente e registros da base de dados *online*);
- b) Sites de agências oficiais (defesas civis estaduais, agências federais de gerenciamento de recursos e serviços específicos);
- c) Formulários de Ocorrências enviados sob demanda às defesas civis de municípios monitorados pelo Cemaden.

Assim, o banco é alimentado com informações provenientes dos Formulários de Ocorrência enviados pelas Defesas Civis dos municípios juntamente com informações disponibilizadas pelo Cenad. Em caso de ausência de dados oficiais, *sites* de notícias *online* nacionais e regionais são vasculhados na rede em busca de informações para criação de novos registros. Em ambos os casos as diferentes fontes são usadas para confirmar ou complementar aquelas usadas inicialmente de forma a preencher com o maior detalhe possível os parâmetros necessários à descrição dos eventos.



O Formulário de ocorrência pode ser acessado através do link:

<http://www.cemaden.gov.br/ocorrencias/index.php>

Cada registro no Reindesc equivale a um evento causado por ameaças de origem natural, que provocou danos humanos e/ou econômicos à população. Os eventos devem ser de tipologias monitoradas pelo Cemaden, ou seja, hidrológicos (que incluem inundações, enxurrada) e geológicos (que incluem movimento de massa).

O registro é composto pelo seguinte conjunto de informações:

- I. Parâmetros de identificação (data e horário (GMT), tipo de processo, magnitude e localização);
- II. Qualificação do indicador de precisão (de horário e localização);

³ O número de ocorrências/eventos registrado para o universo de municípios monitorados não deve ser considerado como absoluto, mas sim correspondente ao que pôde ser averiguado junto às fontes e enquadrado no registro.

- III. Danos causados (óbitos, feridos/enfermos, desabrigados, desalojados, desaparecidos e outros);
- IV. Parâmetros adicionais (vinculação a áreas de risco mapeadas, nível e nome do rio, solicitação de auxílio em instâncias superiores de governo e fontes de informação);
- V. Informação sobre solicitação de estado de calamidade pública e situação de emergência.

A magnitude (pequeno, médio e grande porte) é associada ao evento conforme critérios previamente estabelecidos para eventos hidrológicos e geológicos (Quadro 2).

Quadro 2. Definições da magnitude associada ao evento

Eventos hidrológicos	Eventos geológicos
Pequeno Porte - Ocorrências isoladas (pequenos e rápidos) de alagamentos, transbordamento de córregos/rios, enxurradas E/OU eventos com danos em nível de ruas e bairros e com resposta rápida; sem declaração ou reconhecimento de situação de emergência e sem informação sobre grandes danos e vítimas (Afetados).	Pequeno Porte - Eventos de deslizamentos pontuais e induzidos, queda de barreiras, talude E/OU eventos com danos pontuais; pequenos deslizamentos; sem declaração ou reconhecimento de situação de emergência e sem informação sobre grandes danos e vítimas (Afetados).
Médio Porte - Eventos significativos de alagamentos, enxurradas E/OU inundações bruscas ou graduais E/OU com danos em nível de bairros com resposta mais lenta e interrupção de tráfego; o município declarou ou foi reconhecido como em SITUAÇÃO DE EMERGÊNCIA e há informação sobre danos e vítimas (Afetados).	Médio Porte - Eventos esparsos e/ou eventos com danos significativos em nível local; deslizamentos médios com material remobilizado, em encostas naturais e/ou vários deslizamentos em taludes e quedas de barreiras em rodovias; o município declarou ou foi reconhecido como em SITUAÇÃO DE EMERGÊNCIA e há informação sobre danos e vítimas (Afetados).
Grande Porte - Eventos de grande impacto e danos atingindo serviços essenciais em nível de município (com grande número de desabrigados ou desalojados/vítimas); o município declarou ou foi reconhecido como em SITUAÇÃO DE EMERGÊNCIA ou em ESTADO DE CALAMIDADE PÚBLICA e há informação sobre afetados - danos e vítimas (inclusive fatais).	Grande Porte - Eventos generalizados, eventos com danos regionais e/ou grandes deslizamentos E/OU corridas de detritos de grande extensão; o município declarou ou foi reconhecido como em SITUAÇÃO DE EMERGÊNCIA ou em ESTADO DE CALAMIDADE PÚBLICA e há informação sobre afetados - danos e vítimas (inclusive fatais).

Como auxílio à indicação dos níveis de magnitude e graus de impacto dos eventos, são registradas ainda as informações de declaração de Situação de Emergência (SE) e Estado de Calamidade Pública (ECP) pelos municípios.

Os danos registrados referem-se apenas a danos humanos e seguem o padrão informado nos Formulários de Informações de Desastres (FIDEs) preenchidos pelos municípios como parte dos procedimentos de solicitação de ajuda financeira aos governos estaduais e federal – Declaração de Situação de Emergência (SE) e Estado de Calamidade Pública (ECP). Assim, quando os eventos são registrados a partir de fontes oficiais descritas nos FIDEs o preenchimento é facilitado. No entanto, quando os eventos são registrados a partir outras fontes, como notícias *online*, por exemplo, alguns destes parâmetros são informados conforme indicado na fonte ou até mesmo não preenchidos.

A partir do mapeamento de áreas de risco, realizado majoritariamente pela CPRM, é realizada a plotagem da localização das ocorrências dos processos e é indicado se houve ou não sobreposição destas informações, ou seja, se os processos ocorreram ou não em áreas de risco mapeadas. Essa informação é especialmente útil para validação dos mapeamentos e indicação de possíveis novas áreas de risco.

3. POPULAÇÃO EM RISCO NOS MUNICÍPIOS MONITORADOS

O histórico processo de uso e ocupação desordenada do solo pode ser observado na grande maioria das cidades brasileiras. Somado a esse elemento e agravando-o, as condições de infraestrutura sanitária aumentam o risco de eventos hidrológicos e de movimento de massa e, mesmo em caso de precipitações que não seriam consideradas deflagradoras de processos, acabam contribuindo para ocorrências e colocando em maior risco a população. Os fatores antrópicos potencializam o risco a que as populações estão sujeitas.

A Tabela 1 apresenta o número estimado de pessoas residentes em áreas de risco mapeadas em 872, dentre os 958 municípios monitorados pelo Cemaden, a partir de dados do Censo Demográfico de 2010⁴. As informações disponibilizadas neste levantamento referem-se às áreas de risco mapeadas em mais de 90% dos municípios monitorados pelo Cemaden nas regiões Sul, Sudeste e Norte; mais de 80% na região Nordeste; e pouco mais que 60% na Região Centro-Oeste.

Tabela 1. Características demográficas dos municípios monitorados

Região	Número de municípios monitorados	População total dos municípios monitorados	Número de municípios monitorados com informação de população em risco	População em risco nos 872 municípios	Domicílios em risco nos 872 municípios
Sul	154	11.971.102	144	703.368	219.935
Sudeste	323	44.476.769	308	4.266.301	1.290.537
Centro-oeste	31	2.610.956	19	7.626	2.237
Norte	117	8.962.975	107	340.204	80.198
Nordeste	333	26.967.802	294	2.952.628	876.879
Total	958	94.989.604	872	8.270.127	2.469.786

Segundo este levantamento, considerando, por exemplo, o conjunto de municípios monitorados pelo Cemaden na Região Nordeste, estima-se que 10,94% de sua população, em relação a um total de 26.967.802 habitantes, reside em áreas de risco. Para as demais regiões os percentuais são de: Sudeste, 9,59%; Sul, 5,87%; Norte, 3,79%; e Centro-Oeste, 0,29%.

⁴ Refere-se a parceria entre o Cemaden e o IBGE para estimar-se o número de habitantes (com base em dados do Censo de 2010) nas áreas de risco mapeadas, em sua maioria, pelo CPRM que fazem parte do banco de dados utilizado para o monitoramento na Sala de Situação do Cemaden. A metodologia de estimativa da população em risco nas regiões brasileiras está disponível em: ASSIS et. al., 2018 e IBGE e CEMADEN, 2018. O estudo possui dados disponíveis para 872 municípios com mapeamento de risco disponibilizados até abril de 2017, dentre os 958 municípios monitorados pelo Cemaden.

Considerando o total estimado de residentes em áreas de risco nos 872 municípios com informação disponível (8.270.127 pessoas), revela-se que 51,58% deste contingente associa-se às áreas de risco da Região Sudeste. Já a Região Nordeste concentra 35,70% das pessoas nesta situação. As demais regiões abarcam valores menores: Sul, 8,50%; Norte, 4,11%; e Centro-Oeste, 0,09%.

Destaca-se o fato de que o Nordeste tem um pouco mais que a metade da população do Sudeste residente em municípios monitorados; assim, embora o Nordeste tenha mais municípios monitorados, o Sudeste tem quase o dobro de população em áreas de risco.

A partir da Figura 4, considerando o levantamento realizado para este conjunto de municípios, é possível inferir que, na região Sudeste, o estado de São Paulo possui o maior número de pessoas em áreas de risco (1.521.386), seguido de Minas Gerais (1.377.577); e na Região Nordeste, o estado da Bahia é o que possui o maior número de pessoas residentes em áreas de risco (1.375.788).

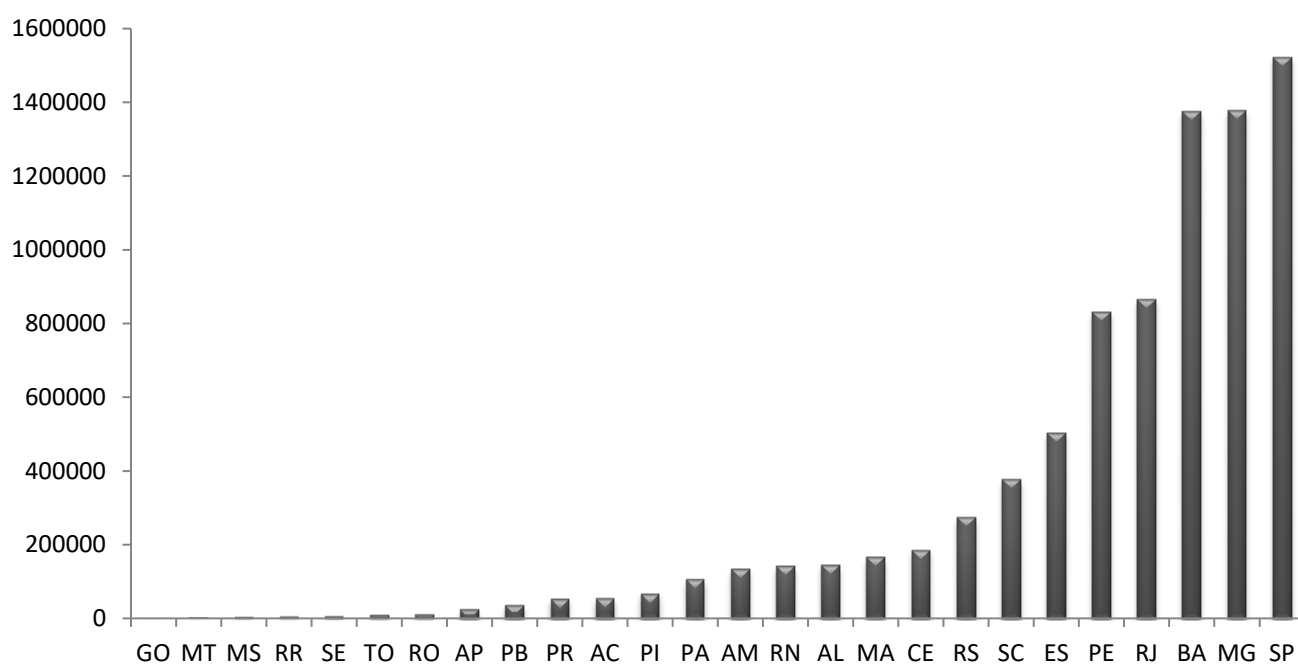


Figura 4. População em risco nos 872 municípios monitorados com dados disponíveis, por estado.

Reverendo o levantamento da população em risco em municípios monitorados pelo Cemaden, agora desagregado por município (Figura 5), destaca-se que, Salvador-BA é o município brasileiro com maior número de pessoas residentes em áreas de risco, estando quase metade de sua população (45,5%, ou 1.217.527 pessoas) enquadrada nesta situação.

O município de São Paulo-SP é o segundo no *ranking* dentre os municípios monitorados com maior número de habitantes em áreas de risco, 674.329, porém o percentual em relação à população total é menor (6%), em comparação com Salvador-BA.

Rio de Janeiro-RJ tem o segundo maior contingente populacional em áreas de risco da Região Sudeste e o terceiro do país, com 444.893 habitantes (7% da população total do município), seguido de Belo Horizonte-MG, com 389.218 habitantes (16,4% da população total do município).

Dentre os municípios da Região Nordeste, Recife-PE tem o segundo maior contingente populacional em áreas de risco (o quinto no *ranking* nacional), com 206.761 habitantes (13,4% da população total do município), seguido de Jaboatão dos Guararapes-PE com 188.026 habitantes (29,1% da população total do município) (IBGE, 2018).

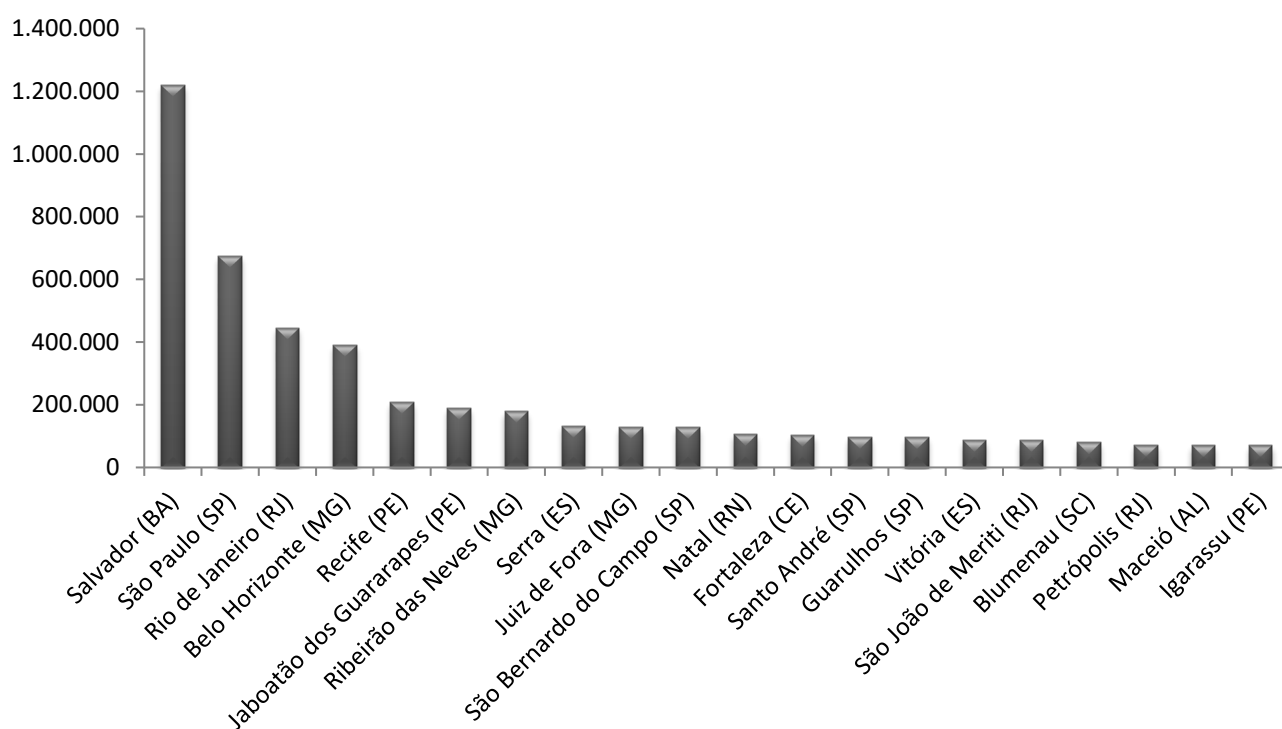


Figura 5. *Ranking* de municípios monitorados com maior número de residentes em áreas de risco.

4. SÍNTESE DOS ALERTAS ENVIADOS NO ANO DE 2017

No ano de 2017, o Cemaden enviou 2.091 alertas, sendo 1.115 alertas de risco hidrológico (ou 53,3%) e 976 alertas de risco de movimentos de massa (ou 46,7%). Estes alertas se dividiram em 1.604 Alertas de Nível Moderado (ou 76,7%); 473 Alertas de Nível Alto (ou 22,6%); e 14 Alertas de Nível Muito Alto (ou 0,7%)⁵.

A Figura 6 destaca o percentual de cada tipologia em relação aos níveis de alertas emitidos no ano de 2017. Analisando as tipologias dos alertas enviados em função do nível, no ano de 2017 os alertas de movimentos de massa representaram a maioria dos alertas Moderados enviados, correspondendo a 52% do total. Os alertas hidrológicos representaram a maioria dos alertas de nível Alto com 72% do total e para o nível Muito Alto, os alertas de movimento de massa representaram 93% do total.

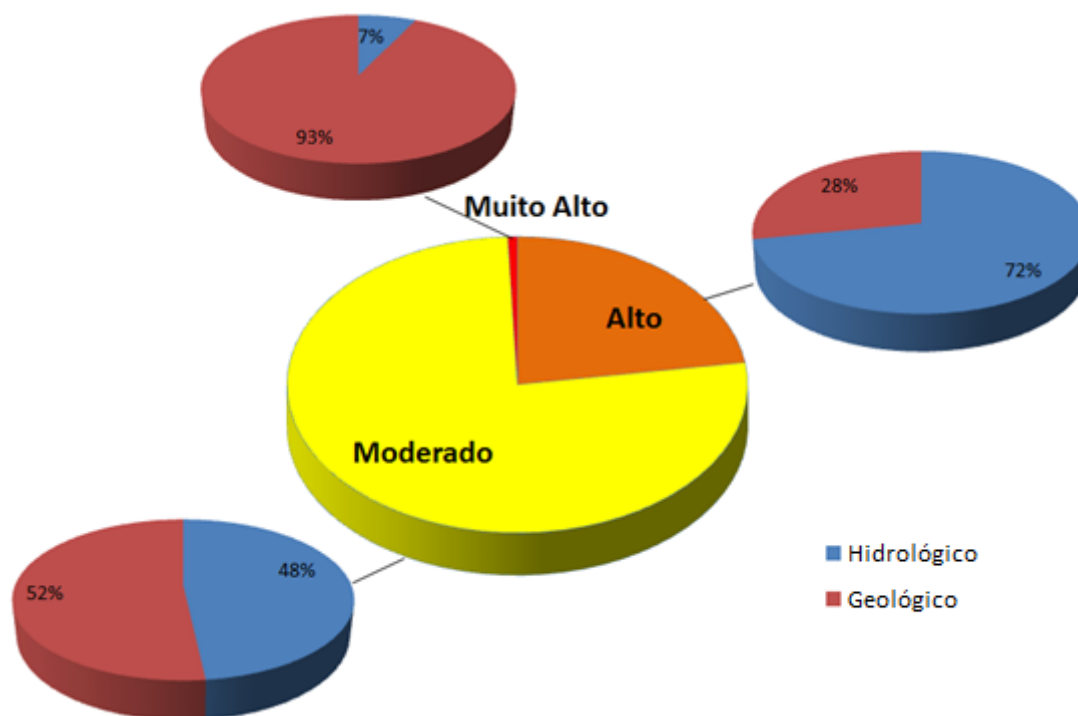


Figura 6. Percentual de alertas em função da tipologia para o ano de 2017.

É importante ressaltar que diversos elementos, quando associados, fomentam o envio de alerta pelo Cemaden; entre esses elementos destacam-se as variáveis meteorológicas, as condições da bacia hidrográfica dos diversos elementos associados a ela, podendo ser naturais e antrópicos, os limiares

⁵ Para o cálculo foi contabilizado o alerta de maior nível, ou seja, um alerta que, inicialmente tenha sido emitido com o nível moderado, e, no decorrer de sua vigência, atualizado para o nível alto, é contabilizado uma única vez como alto.

críticos em função das características geodinâmicas e de sua capacidade de suporte, além das características da população e construções expostas ao risco em função da análise do impacto potencial.

Os próximos itens deste capítulo ilustrarão a distribuição dos alertas enviados em função dos eventos meteorológicos do ano de 2017 e da distribuição regional dos alertas.

4.1 Eventos meteorológicos do ano de 2017

O ano de 2017 foi climatologicamente mais seco em grande parte do país, como mostra a Figura 7, segundo dados do Instituto Nacional de Meteorologia (Inmet). Observa-se anomalias positivas de precipitação, principalmente, em grande parte da Região Sul, sul de Mato Grosso do Sul, oeste de São Paulo, Alagoas, Sergipe, além da região central do Amazonas, Pará e parte do Maranhão.

Climatologicamente, as regiões do país apresentam uma distribuição sazonal de precipitação, exceto a Região Sul do país, onde a precipitação é bem distribuída ao longo do ano. Nessa Região, os principais sistemas meteorológicos causadores das chuvas são as frentes frias, sistemas convectivos de mesoescala, linhas de instabilidade, ciclones subtropicais e extratropicais.

No Sudeste o regime chuvoso começa em meados de outubro e termina no final de março, tendo os máximos de precipitação nos meses de verão. As chuvas na Região Sudeste são causadas, principalmente, pela passagem de frentes frias, linhas de instabilidade, Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), brisa marítima e complexos convectivos de mesoescala. A ZCAS também favorece a ocorrência de chuva no Centro-Oeste e em parte da Região Amazônica, além de linhas de instabilidade e os complexos convectivos.

O Centro-Oeste apresenta uma distribuição anual da precipitação semelhante ao Sudeste, enquanto a Região Norte é subdividida em praticamente três, segundo Marengo (1995): um no noroeste da América do Sul, com registros máximos em abril-maio-junho; um segundo em uma banda zonalmente orientada estendendo-se até a parte central da Amazônia, onde a estação chuvosa ocorre em março-abril-maio; e o terceiro na parte sul da região Amazônica, onde o pico de chuvas ocorre em janeiro-fevereiro-março.

A precipitação na Região Nordeste é favorecida por linhas de instabilidade, atuação da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), Distúrbios Ondulatórios de Leste (DOLs) e Vórtice Ciclônico de Altos Níveis (VCAN) tropical. A estação chuvosa nessa Região também é dividida em setores: no norte do



Nordeste a estação chuvosa é principalmente entre março a maio; no sul e sudeste a precipitação ocorre entre dezembro e fevereiro; e no leste as chuvas se concentram entre maio e julho.

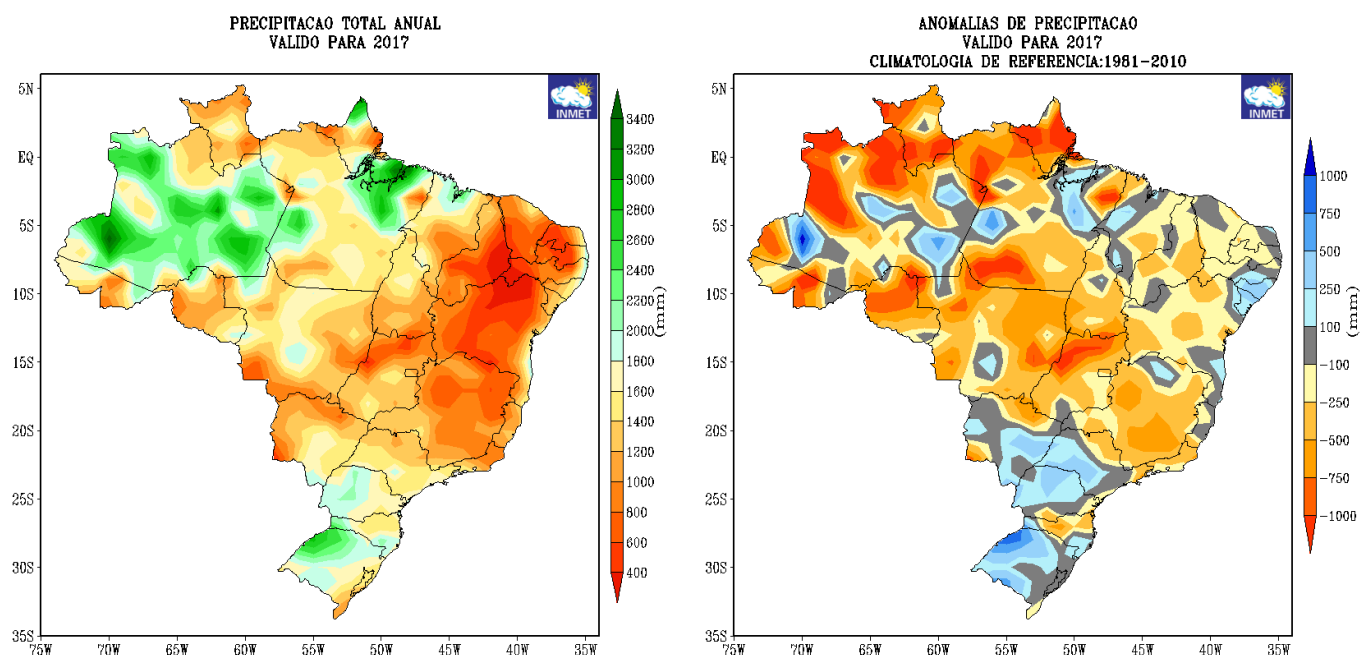


Figura 7. Total anual e anomalia de precipitação para o ano de 2017. Fonte: Inmet.

As características regionais dos regimes pluviométricos, associados à matriz de risco, fomentam a diversidade de alertas emitidos para cada região ao longo do ano, conforme ilustra a Figura 8.

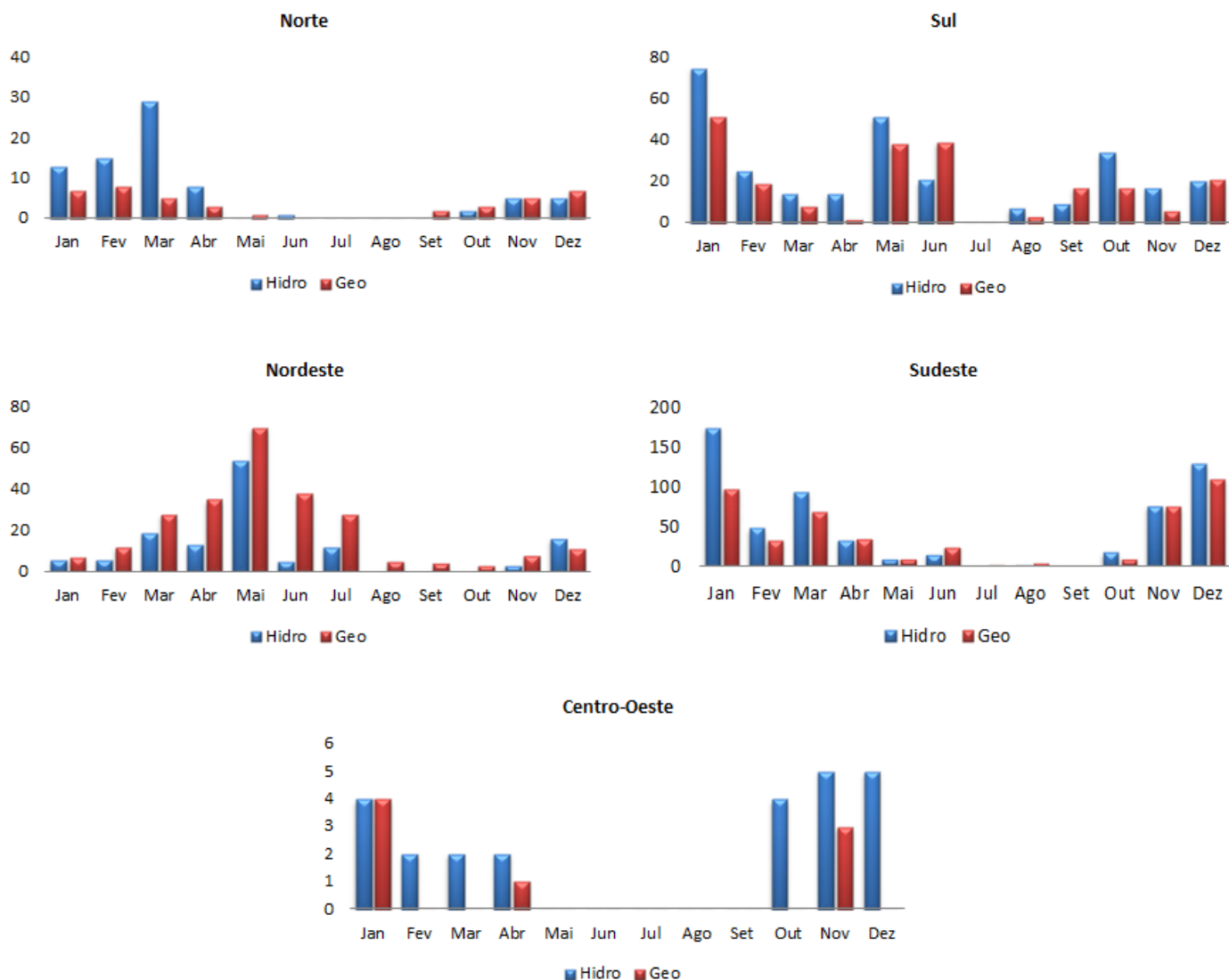


Figura 8. Distribuição mensal dos alertas enviados por região.

Entre os meses de janeiro a março e dezembro de 2017, o Cemaden emitiu 1.194 alertas, ou seja, mais da metade dos alertas, 57%, foram emitidos em meses de verão, em especial na Região Sudeste, onde foram registrados os maiores índices pluviométricos nesse período. O verão é considerado a estação mais chuvosa no Sudeste.

As características meteorológicas como chuvas intensas na Região Sudeste, principalmente no verão, com pancadas de chuva forte de curta duração no período da tarde, associadas às características de ocupação precária do solo urbano da região elevam o risco de eventos geo-hidrológicos.

Nessa estação do ano, além do sistema meteorológico típico do verão como a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) há também chuvas convectivas, que são causadas basicamente pelo

aumento da temperatura e umidade. Essas pancadas de chuva, típicas dessa época do ano, geralmente se formam e se dissipam em um curto período de tempo, podem ser de forte intensidade, acompanhadas de raios e ocorrem principalmente no período da tarde. A pancada de chuva, principalmente àquelas que ocorrem devido ao aquecimento diurno, podem se formar de forma isolada, ou seja, em uma mesma cidade pode chover em um bairro e em outro não. Esse padrão é diferente, por exemplo, de uma precipitação influenciada por uma frente fria, que tende a ser persistente e mais generalizada.

Especificamente, no mês de janeiro de 2017, foram registradas chuvas acima da média climatológica apenas em São Paulo, onde foram observados dois episódios de atuação da ZCAS, o qual incrementou o volume total de chuva mensal. O mês de dezembro de 2017, o segundo com maior número de alertas na Região Sudeste, as chuvas acima da média climatológica ocorreram especificamente no norte do Espírito Santo e de Minas Gerais. A atuação de um episódio da ZCAS também foi responsável pelo excesso de chuva, principalmente em Minas Gerais, onde foi registrado um volume diário de 250 mm no município de Rio Casca-MG.

No mês de maio, observou-se o maior número de alertas enviados para Região Nordeste, como pode ser observado na Figura 8. Este mês é caracterizado como o início da estação chuvosa na faixa leste do Nordeste. No ano de 2017, foi observado acumulado de chuva acima da média histórica, principalmente nos estados de Sergipe, Alagoas e no sul de Pernambuco. O excesso de chuva na faixa leste do Nordeste foi causado, principalmente por instabilidades que se propagaram de leste para oeste, ou seja, do Oceano Atlântico tropical em direção ao continente, conhecidos como Distúrbios Ondulatórios de Leste (DOL). Em Maceió-AL, o acumulado mensal de precipitação atingiu 742,4 mm, valor que excedeu a climatologia do mês de maio em 83%. Segundo dados do CEMADEN, em apenas um dia foi registrado um acumulado de chuva de 169,6 mm, ou seja, cerca de 23% do volume total de chuva em maio de 2017. Destacaram-se também os totais mensais de precipitação em Ipojuca-PE (729,6 mm), Ribeirão-PE (691,1 mm) e Murici-AL (631,1 mm).

4.2 Alertas emitidos por região

A distribuição regional dos alertas enviados demonstra que a região Sudeste apresentou o maior número de alertas enviados (1.049, ou 50% em relação ao total), seguida pelas regiões Sul (509, ou 24%), Nordeste (383, ou 18%), Norte (119, ou 6%) e Centro-Oeste (31, ou 2%).

As regiões Sudeste, Nordeste e Sul se destacam por possuírem o maior número de áreas de risco geo-hidrológico e o maior número de pessoas expostas ao risco. As regiões Norte e Centro-Oeste, territorialmente extensas, porém menos populosas, apresentam menores números.

Em relação à distribuição dos alertas por tipo de processo monitorado pelo Cemaden, observa-se que o Sudeste continua concentrando o maior número de alertas tanto de risco hidrológico como de risco de movimentos de massa (Figura 9).

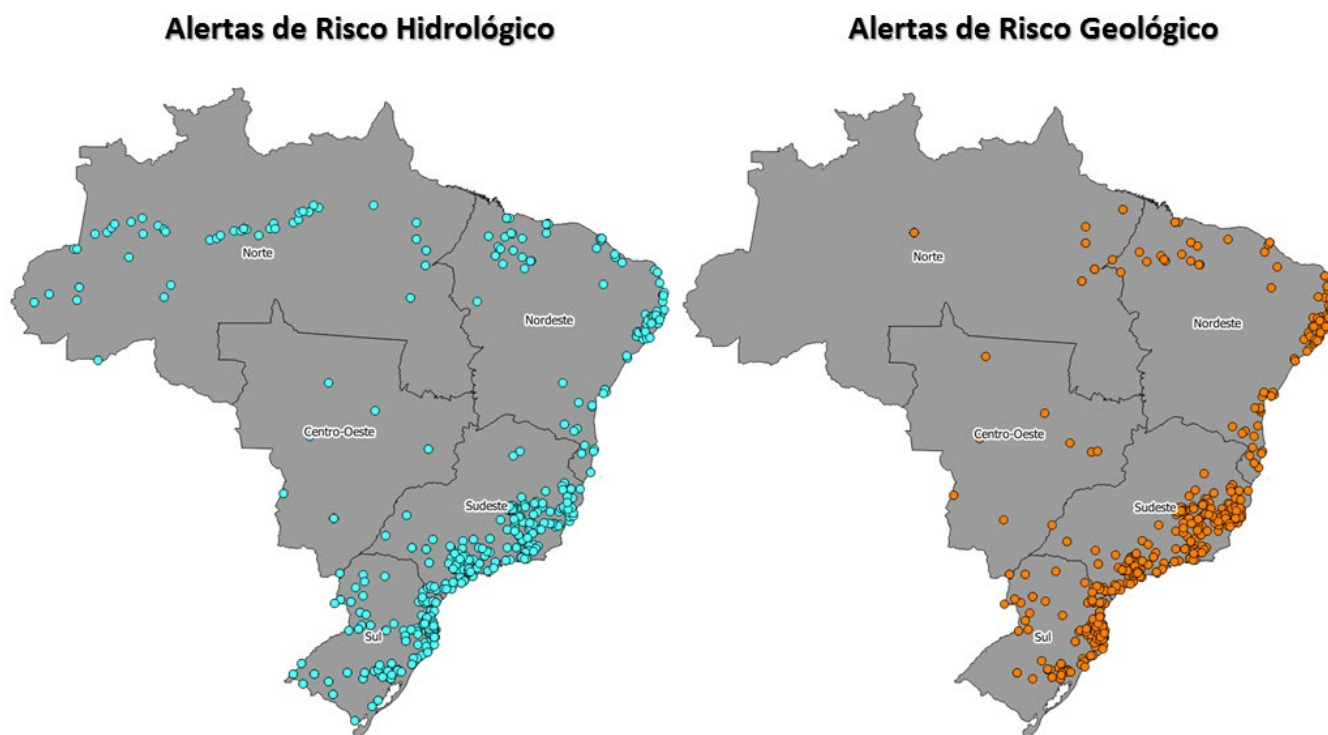


Figura 9. Distribuição dos alertas enviados por região e tipo de processo.

O Sudeste além de ser uma das regiões com maior número de municípios monitorados é a que concentra o maior número de pessoas em risco, conforme pôde ser observado no capítulo anterior. Os alertas emitidos para essa região foram distribuídos da seguinte forma: 44% de risco de movimentos de massa e 56% de risco hidrológico.

Na Região Sul, a maior parte dos alertas, 57%, são de risco hidrológico. Embora esta região possua um menor número de pessoas exposta ao risco, em comparação com as regiões Sudeste e Nordeste, ela é a segunda em número de alertas hidrológicas enviados, 24% dos alertas. Isto ocorre devido às características climáticas da região, com chuvas volumosas distribuídas ao longo do ano todo, além de suas características geomorfológicas, com destaque para a grande extensão de planaltos e a formação de elevações com vales densamente ocupados, principalmente a leste.

Na Região Nordeste, a maior parte dos alertas, 65%, são de risco de movimentos de massa. O Nordeste se destacou como a segunda região com o maior número de envio de alertas de movimentos de massa e a terceira região com o maior número de envio de alertas hidrológicos emitidos pelo Cemaden. Essa região concentra a segunda maior população, distribuída em 333 municípios monitorados pelo Centro.

A maioria dos alertas emitidos para a Região Norte em 2017, contabilizando 65%, reportou risco hidrológico. Tais alertas se caracterizam por serem de longa duração, diferentemente dos alertas enviados para as demais regiões do país. Desta forma, embora o número de alertas seja reduzido, em comparação com outras regiões, a cronologia dos alertas para essa região acompanha a elevação gradual dos rios, que levam semanas ou meses e nesses casos o nível do alerta vai sendo atualizado conforme a evolução do nível do rio, o número de pessoas expostas ao risco e ao impacto. As inundações na região Norte podem atingir grandes proporções e com alto grau de impacto, como a cheia do Rio Madeira em 2014/2015, que fechou a Rodovia BR-364 deixando o estado do Acre e parte de Rondônia desabastecidos.

A Região Centro-Oeste apresenta menor número de alertas por possuir poucos municípios monitorados e menor vulnerabilidade, tendo menos pessoas expostas a riscos de desastres. Os poucos municípios monitorados apresentam histórico de erosão e inundação. Em suma, deve-se considerar que o número de alertas enviados por região está relacionado ao número de municípios monitorados e ao número de pessoas expostas em áreas de risco, associado às características ambientais de cada região.

Analisando a distribuição dos alertas de risco de movimentos de massa por nível, destacado na Figura 10, observa-se que o Sudeste tem o maior número de alertas de risco de movimentos de massa no total; porém, observando-se os alertas de maior nível (risco Alto e Muito Alto), o Nordeste apresenta número bastante próximo ao Sudeste. Sendo assim, essas duas regiões demandaram maior atenção em relação ao risco de movimentos de massa.

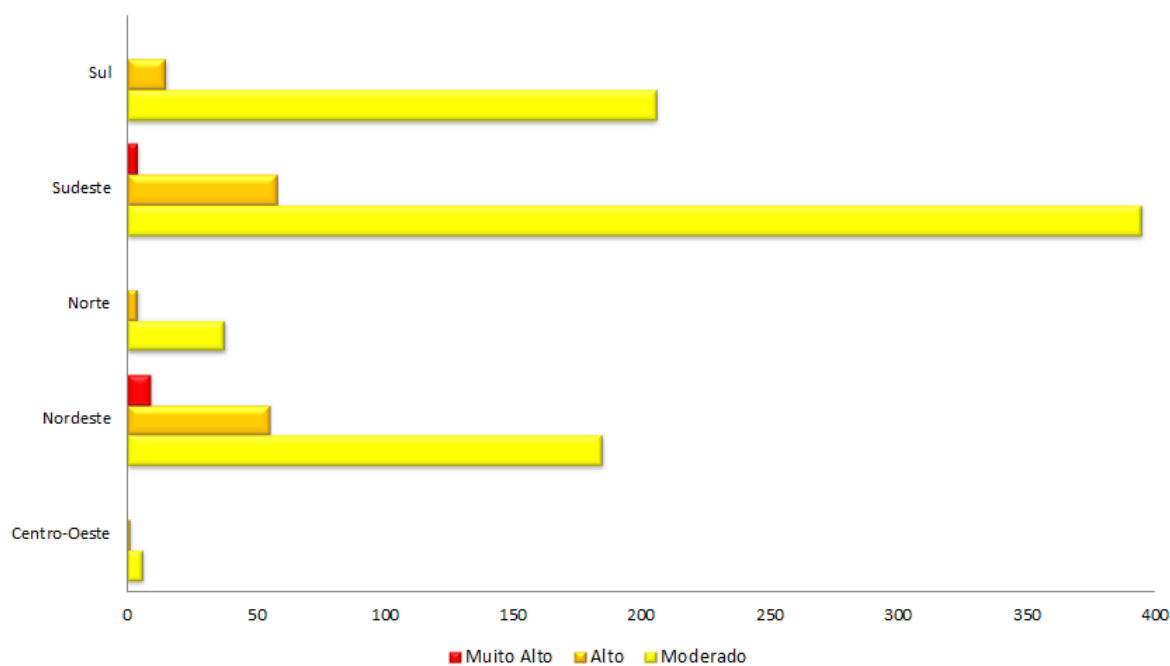


Figura 10. Distribuição dos alertas de risco geológico enviados por região e nível.

Em relação ao risco hidrológico (Figura 11), a Região Sudeste novamente aparece como a de maior número de alertas de risco moderado. A Região Sudeste se destaca ainda pelo grande número de alertas de enxurradas ocasionadas pelas chuvas de verão, pancadas de chuva fortes e de curta duração, cerca de 30 minutos de chuva intensa. Já a Região Sul é marcada pela inundação gradual de grandes planícies ocasionada por um elevado acumulado de precipitação por várias horas ou dias, mais de 100 mm em 24h.

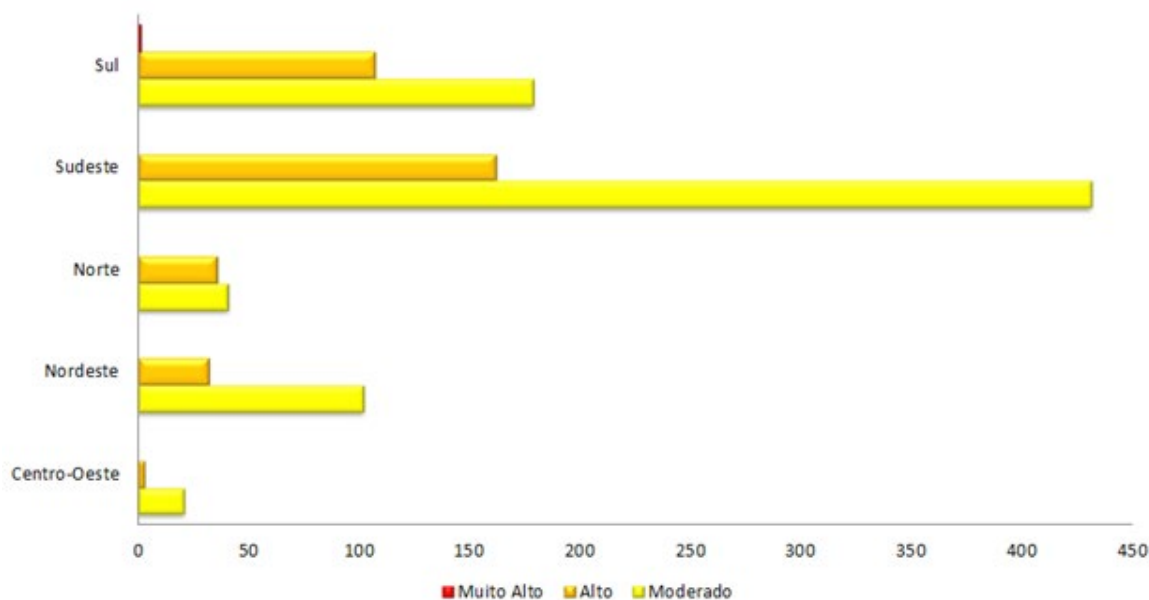


Figura 11. Distribuição dos alertas de risco hidrológico enviados por região e nível.

As regiões Sudeste e Sul representam o maior número de alertas hidrológicos de Risco Alto, tendo a Região Sul recebido um único alerta de Risco Muito Alto enviado em 2017 para São Sebastião do Caí-RS. A cidade fica situada às margens do rio Caí, onde o nível do rio chegou a 10 metros acima do normal para um evento hidrológico observado no mês de maio.

Reverendo agora o número de alertas por estado e por processo alertado (Figura 12), observa-se que São Paulo, Santa Catarina, Minas Gerais, Pernambuco e Espírito Santo foram os estados que mais receberam alertas de Risco de Movimentos de Massa. Novamente São Paulo, Santa Catarina e Minas Gerais foram os estados que receberam o maior número de alertas de Risco Hidrológico, seguidos por Rio de Janeiro e Rio Grande do Sul. O maior número de alertas para esses estados pode ser relacionado pelas características já apresentadas anteriormente: maior número de pessoas expostas ao risco, regime de chuva e características geomorfológicas.

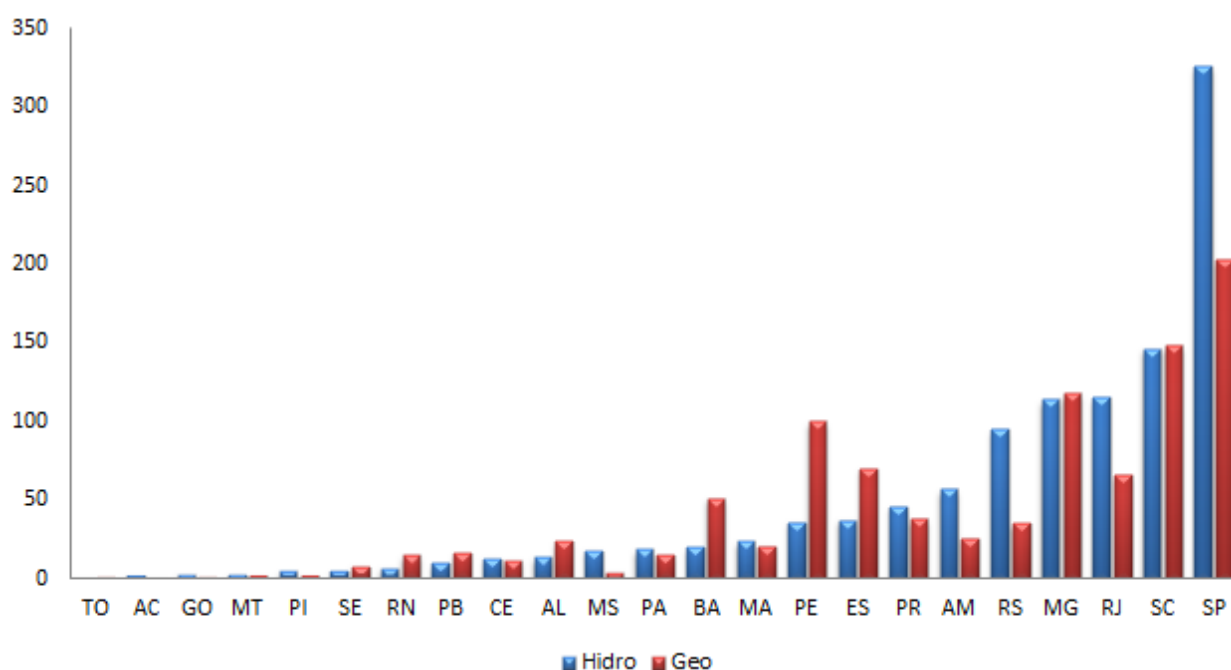


Figura 12. Distribuição dos alertas enviados por estado e tipologia.

São Paulo, Rio de Janeiro e Minas Gerais, na Região Sudeste, sediam as três maiores metrópoles brasileiras, que carregam problemas intrínsecos ao processo de urbanização no Brasil, que ocorreu de forma acelerada levando a milhares de pessoas a viver em submoradias, muitas vezes em assentamentos precários, ocupando de forma irregular encostas de morros sujeitas a deslizamentos, bem como, várzeas e leitos de rios sujeitos a transbordamentos e inundações. Tais características aumentam a vulnerabilidade do local e o risco de ocorrência de um desastre, o que justifica o maior número de alertas para esses estados.

Considerando o *ranking* dos municípios monitorados pelo Cemaden que receberam o maior número de alertas geo-hidrológicos no ano de 2017 (Figura 13), observa-se que São Paulo-SP recebeu o maior número de alertas hidrológicos, seguido de Petrópolis-RJ; e Manaus-AM recebeu o maior número de alertas de movimentos de massa, seguido de Salvador-BA.

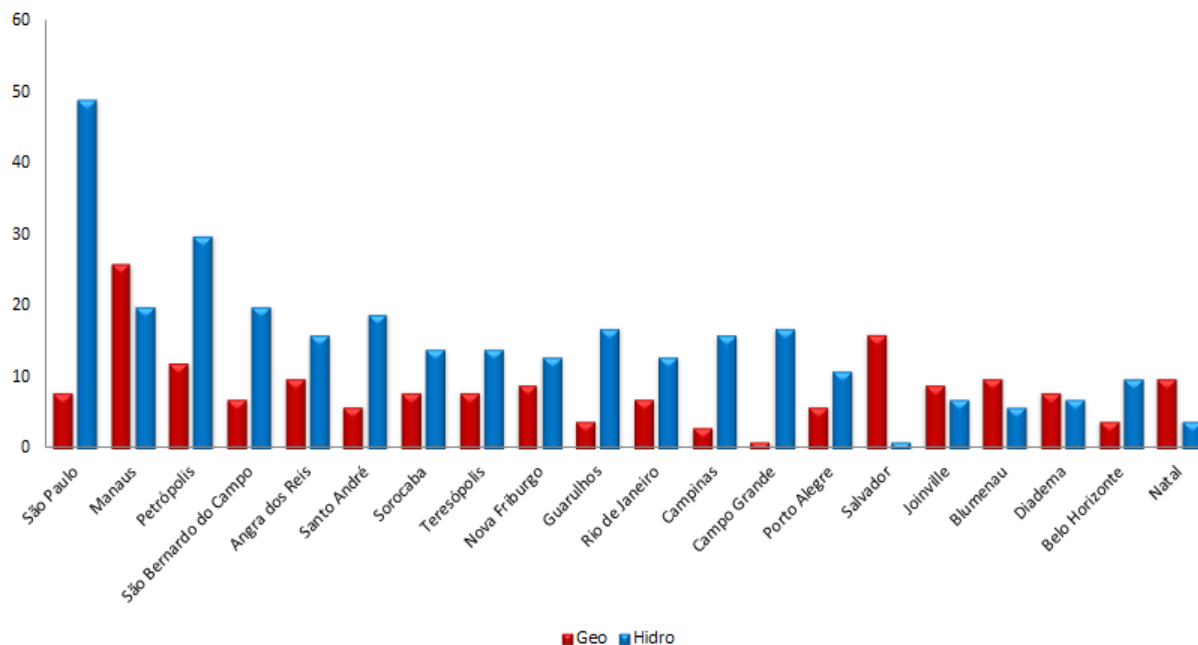


Figura 13. *Ranking* dos 20 municípios que mais receberam alertas por tipologia.

O predomínio de alertas hidrológicas para o município de São Paulo se deve principalmente aos riscos de eventos de rápida evolução como enxurradas, inundações bruscas e alagamentos em função da grande impermeabilização dos solos, insuficiência de redes pluviais no escoamento de grandes volumes de chuva característicos de precipitações convectivas formadas rapidamente sobre o município. No município de Petrópolis o risco frequente de inundações bruscas nos córregos canalizados por entre o relevo acidentado também justifica o grande número de alertas. Com relação ao risco geológico, embora a configuração de cenários de risco geológico dependa de diversos fatores, incluindo aspectos de vulnerabilidade e distribuição de pessoas expostas ao risco, a precipitação é fator predominante no desencadeamento de processos. Tal fato explica em parte o predomínio de alertas geológicas emitidos para o município de Manaus, cujo regime de chuvas se distribui significativamente ao longo do ano atingindo limiares de risco diversas vezes durante todo o ano. Por outro lado, o município de Salvador, que não apresenta um regime de chuvas tão intenso como o de Manaus e até mesmo outros municípios monitorados, possui grande número de áreas de risco e pessoas expostas atingindo frequentemente os limiares estipulados para configuração de cenários de risco.

5. EVENTOS E OCORRÊNCIAS EM 2017

Durante todo o ano de 2017 foram registrados, considerando os 958 municípios monitorados pelo Centro, 457 eventos hidrológicos com ocorrências (entre inundações, enxurradas e alagamentos) e 267 eventos geológicos com ocorrências (basicamente deslizamentos)⁶.

Tais eventos podem ser enquadrados de acordo com a sua magnitude — pequeno, médio e grande porte. A grande maioria dos registros que compõem o Reindesc em 2017 refere-se a eventos de pequeno porte — cerca de 65% dos eventos hidrológicos e 91% dos eventos geológicos, conforme ilustrado na Figura 14. Os eventos de médio porte somam 28% e 7% para eventos hidrológicos e geológicos respectivamente. Cerca de 8% dos eventos hidrológicos e 2% dos eventos geológicos foram classificados como eventos de grande porte.

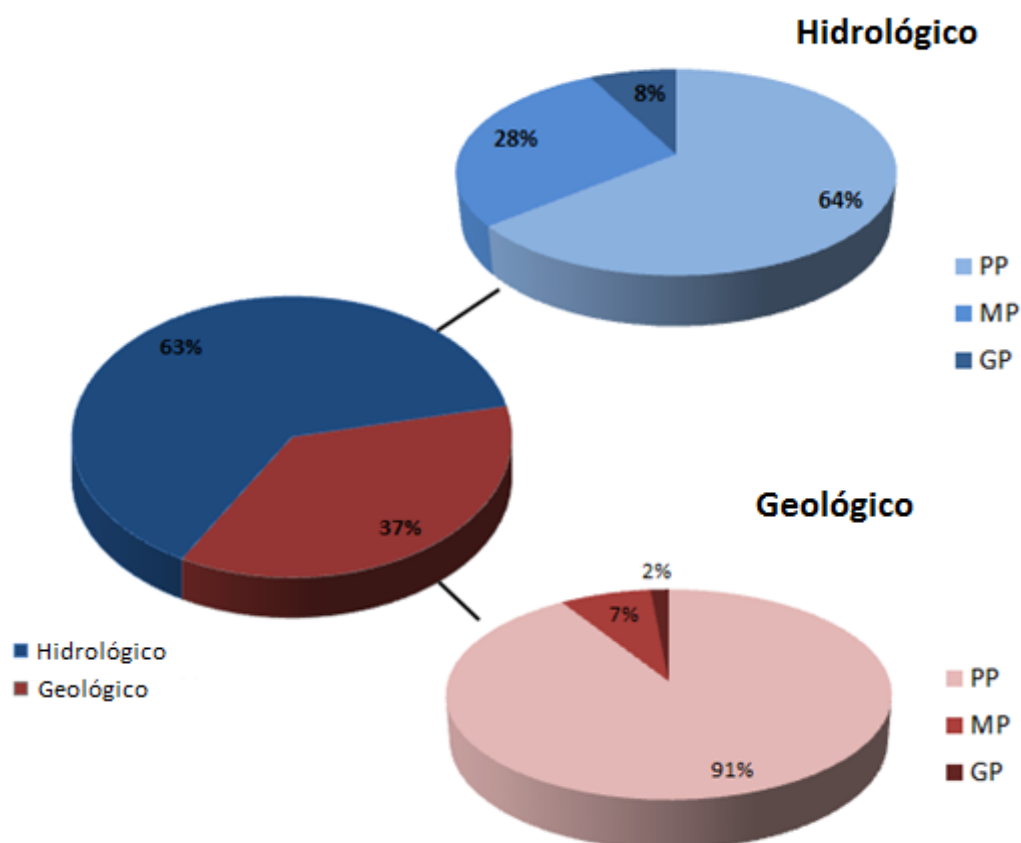


Figura 14. Distribuição proporcional dos eventos hidrológicos e geológicos com relação à magnitude (PP = Pequeno Porte; MP = Médio Porte; GP = Grande Porte).

⁶ Este item se baseia nos registros de ocorrência do Reindesc do Cemaden.

O elevado número de eventos de pequeno porte justifica a emissão de um grande número de alertas pelo Cemaden (principalmente moderados), visto que estes eventos são os mais difíceis de serem previstos devido à rapidez e pontualidade com que ocorrem. Em muitos casos tais ocorrências estão associadas a pancadas de chuva isoladas de forte intensidade, e com baixa previsibilidade, em pequenas bacias urbanas, por exemplo, onde há uma diversidade de fatores que influenciam diretamente na ocorrência de impactos (tais como o alto nível de impermeabilização do solo, a ineficiência do sistema de drenagem urbana e a ocupação de áreas suscetíveis aos processos geo-hidrológicos). Frente a isso, considera-se que os eventos com ocorrências de pequeno porte estão relacionados muito mais às condições sociais, uso e ocupação do solo, exposição ao risco e vulnerabilidade da população, do que à chuva em si.

Percebe-se ainda, de acordo com as informações contidas na Figura 14, a predominância de eventos relacionados aos processos hidrológicos. Destaca-se também que, para os eventos hidrológicos, há um maior percentual de enquadramento de médio e grande porte (somados contabilizam 36%), em comparação aos geológicos (apenas 9%). É válido lembrar que eventos como inundações contribuem para incrementar fortemente o número de afetados por desastres naturais, devido à maior abrangência espacial do fenômeno, justificando esta situação. Os eventos de movimentos de massa são majoritariamente enquadrados como de pequeno porte, caracterizados por serem pontuais e induzidos.

5.1 Magnitude e impacto dos eventos

Com intuito de avaliar a relevância da magnitude dos eventos, foram observados os impactos por meio da ocorrência de algum tipo de afetado (desalojados, desabrigados, feridos/enfermos, óbitos ou total de afetados). Ressaltamos que o banco de dados do Cemaden contabiliza os registros de informações disponíveis que destacam o número de pessoas afetadas, direta ou indiretamente.

O número de afetados é um dos critérios utilizados para enquadramento da magnitude do evento juntamente com número e abrangência dos processos ocorridos, interrupção de atividades rotineiras das comunidades, serviços essenciais, interdição ou destruição de unidades habitacionais, solicitação ou declaração de situação de emergência e estado de calamidade pública, dentre outros.

Conforme se observa na Figura 15, dentre os 539 eventos de pequeno porte, 184 (34%) apresentaram em seu registro alguma informação que destacava o número de pessoas afetadas. Para os

eventos de médio porte, a maioria (72%) apresentou algum tipo de afetado, enquanto a quase totalidade dos eventos de grande porte (98%) resultou em afetados.

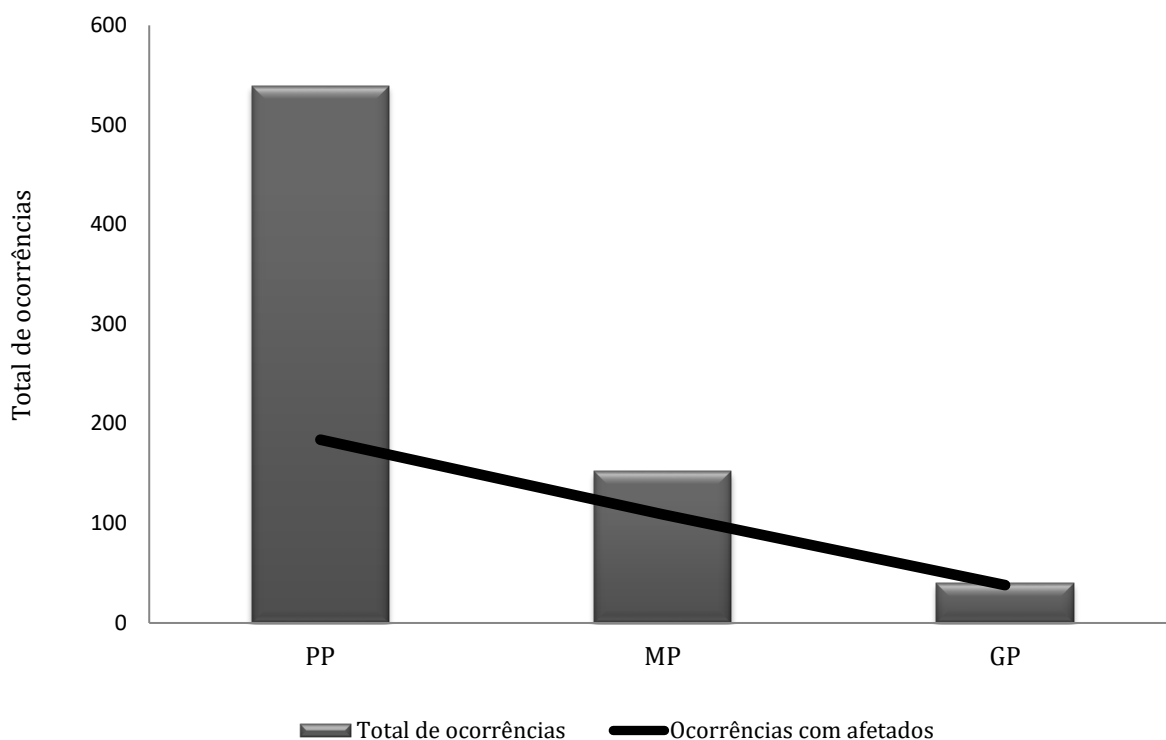


Figura 15. Número de eventos registrados no Reindesc com afetados para cada classe de magnitude (PP = Pequeno Porte; MP = Médio Porte; GP = Grande Porte).

Importante salientar que a ausência de impactos registrados para a maioria dos eventos de pequeno porte, de certa forma esperada, nem sempre indica que estes eventos não resultaram em impactos, mas é possível que as informações sobre afetados tenham sido perdidas ou negligenciadas pelas fontes de informação em virtude do esperado baixo impacto.

Outra forma de avaliar o impacto de eventos foi dividindo do número total de afetados pelo número de ocorrências com afetados para verificar o número médio de afetados para cada nível de magnitude. A Figura 16 ilustra que os 184 eventos de pequeno porte com afetados apresentaram média de 1.091 afetados por evento, 109 eventos de médio porte com afetados apresentaram média de 10.887 afetados por evento e os 38 eventos de grande porte apresentaram média de 47.401 afetados.

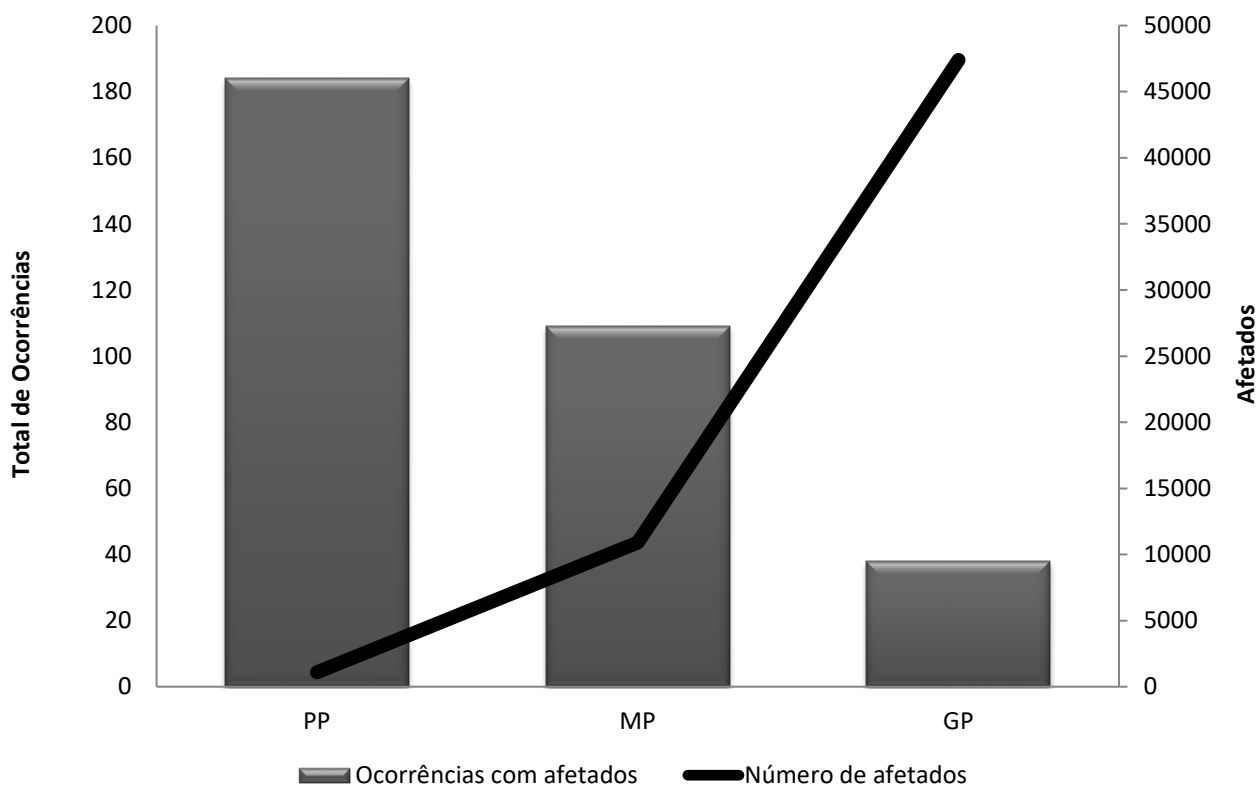


Figura 16. Número médio de afetados por eventos com informação do número de afetados para os diferentes níveis de magnitude (PP = Pequeno Porte; MP = Médio Porte; GP = Grande Porte).

Ainda com relação aos impactos (número de afetados), é apresentado na Figura 17 o número de óbitos causados por eventos de diferentes níveis de magnitude. Nesse caso, o número de óbitos foi maior para os eventos geológicos (deslizamentos) de médio porte (12 óbitos), intermediário para eventos de pequeno porte (9 óbitos), e menor para eventos de grande porte (2 óbitos). Os eventos hidrológicos apresentaram distribuição de 9 óbitos para pequeno porte, 12 óbitos para médio porte e 3 óbitos para grande porte. Ao todo, foram registrados 47 óbitos em decorrência de processos hidrológicos e geológicos nos municípios monitorados pelo Cemaden em 2017.

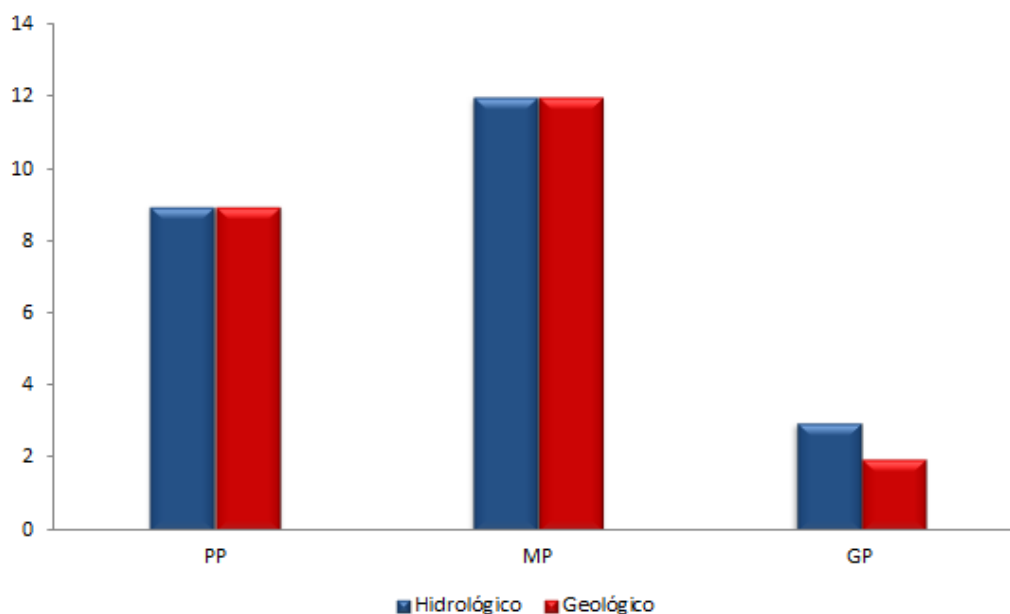


Figura 17. Número de óbitos por eventos de pequeno, médio e grande porte (PP = Pequeno Porte; MP = Médio Porte; GP = Grande Porte).

É importante ressaltar que o ano de 2017 foi um ano com poucos eventos de grande porte no Brasil – 35 eventos hidrológicos e 4 eventos geológicos. Ainda assim, mesmo existindo eventos considerados de grande porte, nesse ano não houve eventos com elevado número de óbitos como aqueles ocorridos no Vale do Itajaí em Santa Catarina (em 2008) ou na região Serrana do Estado do Rio de Janeiro (em 2011), por exemplo. Por outro lado, o grande número de eventos de pequeno porte com fatalidades isoladas e ocasionais, como tentativas de transposição de pontes sob fluxo de enxurradas ou queda de taludes sob paredes de residências, resultou em somatório elevado de óbitos dispersos em todo o país.

Embora o baixo registro de ocorrência de grandes desastres em 2017 possa ter atenuado os impactos por óbitos para esta categoria de magnitude, fica clara a relevância dos eventos menores no tocante aos óbitos.

Os eventos com ocorrências de magnitude de pequeno porte representam número de óbitos significativo, sendo 38% do total registrado; os de médio porte representam a maior número de óbitos, respondendo por 51% do total; enquanto os eventos de grande porte ocasionaram 11% dos óbitos registrados. Dessa forma, observa-se a necessidade de dar atenção aos eventos com ocorrência de pequeno porte, que na maior parte das vezes não estão relacionados a condições climáticas, alerta e monitoramento, mas sim a condições sociais da população em áreas de risco, como moradias precárias, em péssimas condições sanitárias e de construção, ocupando encostas de morros e leitos de rios de forma

irregular; sendo assim, os eventos de pequeno porte estão muito mais associados a questões estruturais e sociais do que a condições meteorológicas/ desastres naturais.

Há de se ressaltar o grande desafio da previsão de riscos para esses pequenos eventos, uma vez que nem sempre são deflagrados por processos físicos mensuráveis, como aqueles deflagradores de grandes desastres. Na maioria das vezes, esses pequenos eventos ocorrem tanto com baixos quanto com altos acumulados de chuva e podem estar relacionados à ausência ou ao subdimensionamento de redes pluviais urbanas, falha em sistemas de drenagem e interferências antrópicas, como a formação de taludes de corte e aterro, dentre outras, características estas que não são passíveis de previsões ou modelagem, mas sim dependentes de ações de planejamento urbano, manutenção de sistemas etc.

5.2 Distribuição geral dos eventos ao longo do ano

Conforme indicado na Figura 18, o período mais crítico com relação à ocorrência de eventos hidrológicos e geológicos no ano de 2017 foram os meses de Janeiro a Maio, todos eles com mais de 50 registros no Reindesc. Embora os dados refiram-se ao intervalo de apenas um ano, é possível identificar um período de 5 meses (Junho a Outubro) com baixa ocorrência de eventos que corresponde à estação seca na maior parte do país, com exceção da Região Nordeste.

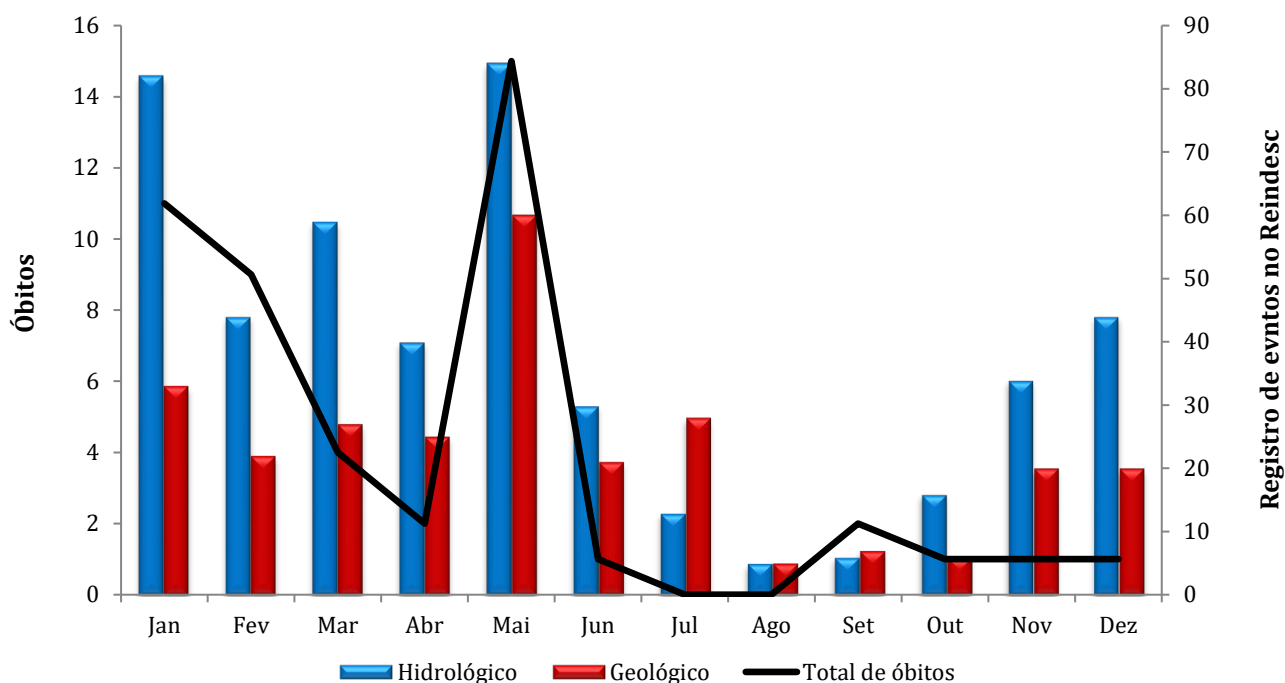


Figura 18. Distribuição dos eventos hidrológicos, geológicos e óbitos ao longo do ano de 2017.

O pico de ocorrências e óbitos ocorrido no mês de Maio coincide com a anomalia de precipitação ocorrida na Região Nordeste naquele mês, notadamente nos estados de Alagoas e Pernambuco, onde os altos acumulados de precipitação resultaram em ocorrências de eventos de inundação e deslizamentos em diversos municípios.

Segundo dados do Inmet, na faixa leste desses estados o volume de chuva acumulado excedeu valores superiores a 100 mm do esperado climatologicamente para o mês de maio, o que corresponde, em grande parte dos municípios atingidos, ao dobro do acumulado de precipitação. Essas chuvas ocorreram, principalmente entre os dias 21 e 29/05/2017, o que agravou ainda mais o cenário de risco, pois foi um alto volume de chuva concentrado em um curto período de tempo. De acordo com dados da estação convencional do Inmet, o mês de maio de 2017 em Maceió-AL foi o terceiro mais chuvoso considerando o período entre 1961-2017. O município de Ipojuca-PE, de acordo com a estação pluviométrica automática do Cemaden, registrou 331 mm de chuva entre os dias 25 a 28 de maio. Estações do Inmet registraram, em 24 horas, valores de 224 mm (28/05) em Palmares-PE, 173 mm (27/05) em Maceió-AL, 169,8 mm (21/05) em Porto de Pedras-AL, 140,4 mm (29/05) em João Pessoa-PB, 116,0 (27/05) em Coruripe-AL, 113,0 (21/05) em São Luís do Quitunde-AL, 92 mm (23/05) em Aracaju-SE.

5.3 Distribuição dos eventos por região

Os principais fatores responsáveis pela ocorrência de eventos geo-hidrológicos são as características meteorológicas e fisiográficas regionais (relevo, tipo de solo, altitude, cobertura vegetal), que incorporam parâmetros físicos atuantes em processos hidrológicos e geológicos. Além das características meteorológicas e fisiográficas predisponentes, a distribuição de eventos por região reflete também a quantidade de áreas de risco e ocupação (domicílios e pessoas) nessas áreas. Outro fator que influencia na quantidade de registros no Reindesc por região é a quantidade de municípios monitorados pelo Cemaden em cada uma delas. Dada a natureza e os objetivos do inventário Reindesc, os eventos registrados referem-se apenas aos municípios monitorados.

Considerando que a precipitação é o fator deflagrador desses eventos, alterações nessas tendências de distribuição de “eventos X áreas de risco X população em risco” podem ocorrer em caso de fenômenos meteorológicos pronunciados ou características climatológicas regionais típicas, como nos casos da região Nordeste, historicamente seca, e Sul, com histórico de tormentas e eventos meteorológicos extremos.

De acordo com a Figura 19, as regiões Sudeste, Sul e Nordeste se caracterizaram por possuírem o maior número de registros de eventos hidrológicos e de movimento de massa e também por possuírem a maior concentração de pessoas em áreas de risco mapeadas, conforme visto no item 3 deste Anuário. Nas demais regiões, observa-se um número menor de eventos registrados. Isso se deve ao fato de os eventos característicos da Região Norte, por exemplo, serem de inundação gradual ou, ainda, ao fato de que a Região Centro-Oeste possui um número menor de municípios monitorados pelo Cemaden.

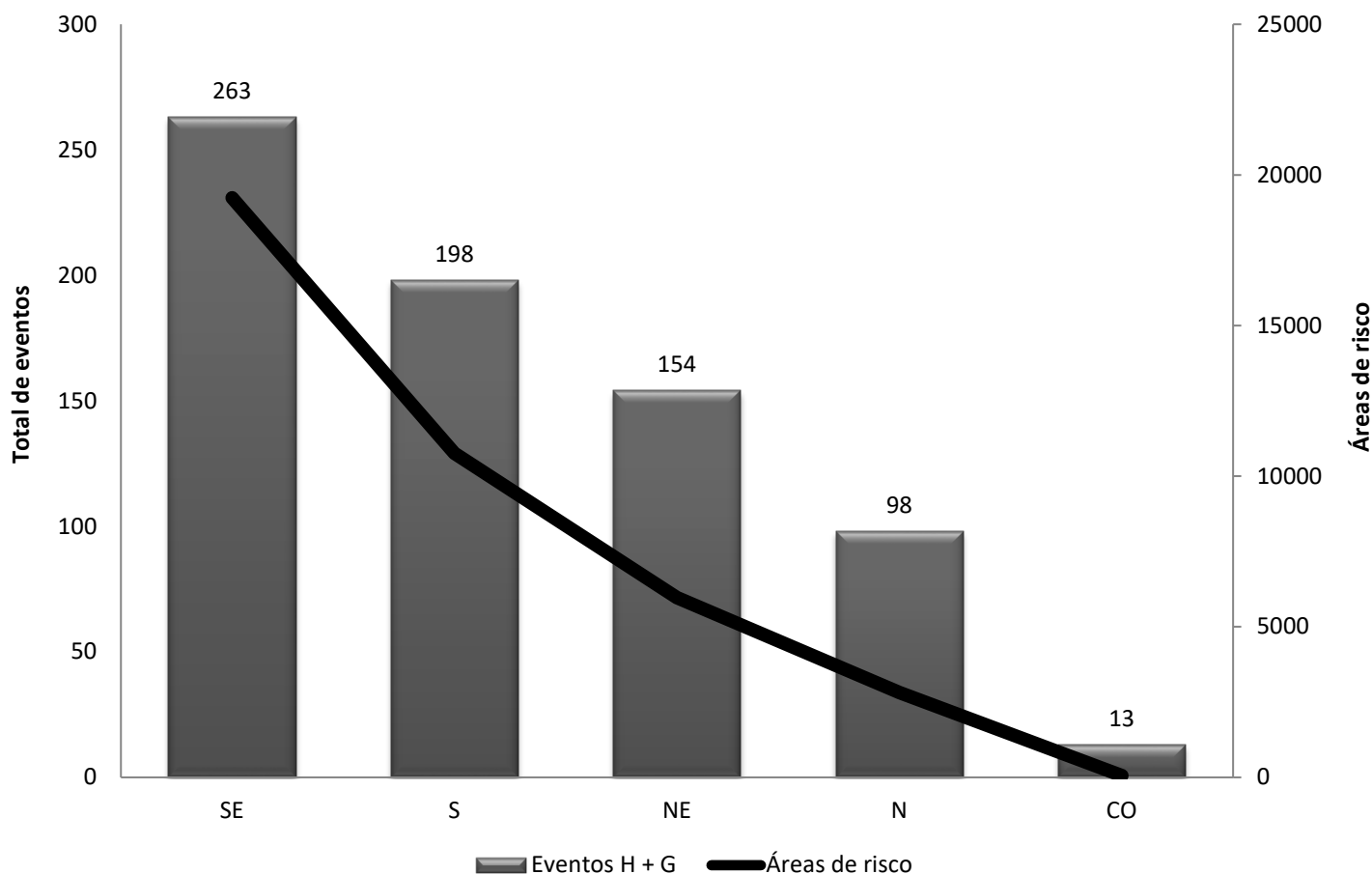


Figura 19. Eventos registrados (hidrológicos + geológicos) nos municípios monitorados por região.

A região Sudeste apresentou o maior número de eventos (263). Além das características meteorológicas e fisiográficas que deflagram a ocorrência de processos de deslizamentos e inundações, a quantidade de eventos reflete a maior quantidade de áreas de risco e de pessoas e domicílios expostos nestas áreas de risco.

A região Sul apresentou o segundo maior número de eventos - 198. Conforme informações apresentadas na tabela 1 do capítulo 3 deste Anuário, esta região possui o segundo maior número de áreas

de risco, porém uma menor quantidade de domicílios e pessoas expostas ao risco do que a região Nordeste. Tal fato pode ser justificado pela climatologia da região, com maior frequência de tempestades e eventos extremos que resultam em maior ocorrência de eventos de inundação e deslizamento.

A região Nordeste apresenta a segunda maior população em risco e domicílios em risco. Contudo, possui o terceiro maior número de eventos (154) e também o terceiro maior número de áreas de risco. O clima árido e a estação chuvosa curta impedem o principal fator deflagrador de eventos, ou seja, a chuva, resultando em menor número de eventos do que o esperado com base apenas em características demográficas.

Na região Norte ocorreram 98 eventos, sendo a maioria deles hidrológicos (82) em concordância com o relevo predominantemente plano e com grandes cursos d'água. A região ocupa o quarto lugar também em termos de áreas de risco, população e domicílios expostos.

A região Centro-Oeste é a menos crítica, com o registro de apenas 13 eventos, sendo 12 hidrológicos e 1 geológico, que também refletem bem o menor número de áreas de risco e de população e domicílios expostos.

É importante lembrar que esta comparação entre eventos, áreas de risco e população exposta serve apenas como referência para verificar a distribuição dos eventos nas regiões. Embora nem sempre os eventos registrados ocorram em áreas de risco, a distribuição de eventos e áreas de risco nas regiões é semelhante, com ambos os parâmetros apresentando correspondência ou proporcionalidade em cada região.

6. RELAÇÕES ENTRE ALERTAS E EVENTOS OCORRIDOS

Dentre os 724 eventos com ocorrências registrados em 2017, 522 relacionam-se ao tempo de vigência dos alertas emitidos pelo Cemaden, representando 72% deste conjunto, e 28% de eventos não foram alertados.

Alguns fatores explicam a ausência de alertas para municípios em que houve algum tipo de ocorrência, dentre eles ausência de dados de chuva na data do evento. Entretanto a maior dificuldade de previsão dos eventos ocorridos que não foram alertados está relacionada à magnitude. Conforme discutido no item 5 a maioria dos eventos observados em 2017 foram pequenas ocorrências – 65% dos eventos hidrológicos e 91% dos eventos geológicos. Estas pequenas ocorrências, também associadas a riscos extensivos, se dão de forma muito mais aleatória e imprevisível do que grandes desastres, podendo ser deflagradas com pequenos acumulados de chuvas ou até mesmo sem chuva, mas induzidas por questões de vulnerabilidade. Segundo o *Global Assessment Report – GAR (2017)* eventos de riscos extensivos possuem maior peso da componente vulnerabilidade nos impactos do que a própria ameaça e são uma tendência predominante em países em desenvolvimento.

Neste sentido o Cemaden vem desenvolvendo pesquisas visando obter estimativas da vulnerabilidade nos municípios monitorados e geração de indicadores que possam auxiliar na determinação de cenários de risco associados a eventos de pequeno porte, predominantes no Brasil, que apresentam um desafio adicional na tarefa de previsão de riscos.

Ao se analisar exclusivamente o conjunto de eventos registrados associados aos alertas emitidos (522 ao todo), podemos buscar entender possíveis relações entre a magnitude dos eventos e o nível dos alertas. Antes, é válido apresentar a relação entre o total de alertas emitidos por nível e o registro de eventos, conforme o Quadro 3 e a Figura 20.

Observa-se que 86% dos alertas de nível muito alto apresentaram algum tipo de ocorrência, seguido de 49% dos alertas de nível alto e 17% dos alertas de nível moderado. Isso se justifica pelo fato de que, com base nos recursos disponíveis no momento de tomada de decisão, quanto mais clara a situação se mostra durante a análise multidisciplinar do risco, maior o nível do alerta e maior é a certeza de ocorrência do fenômeno analisado.



Quadro 3. Total de alertas emitidos e alertas com eventos registrados, por nível.

<i>Nível do alerta</i>	<i>Total de alertas</i>	<i>Alertas com eventos registrados</i>
Moderado	1.604	279
Alto	473	231
Muito Alto	14	12
Total	2.091	522

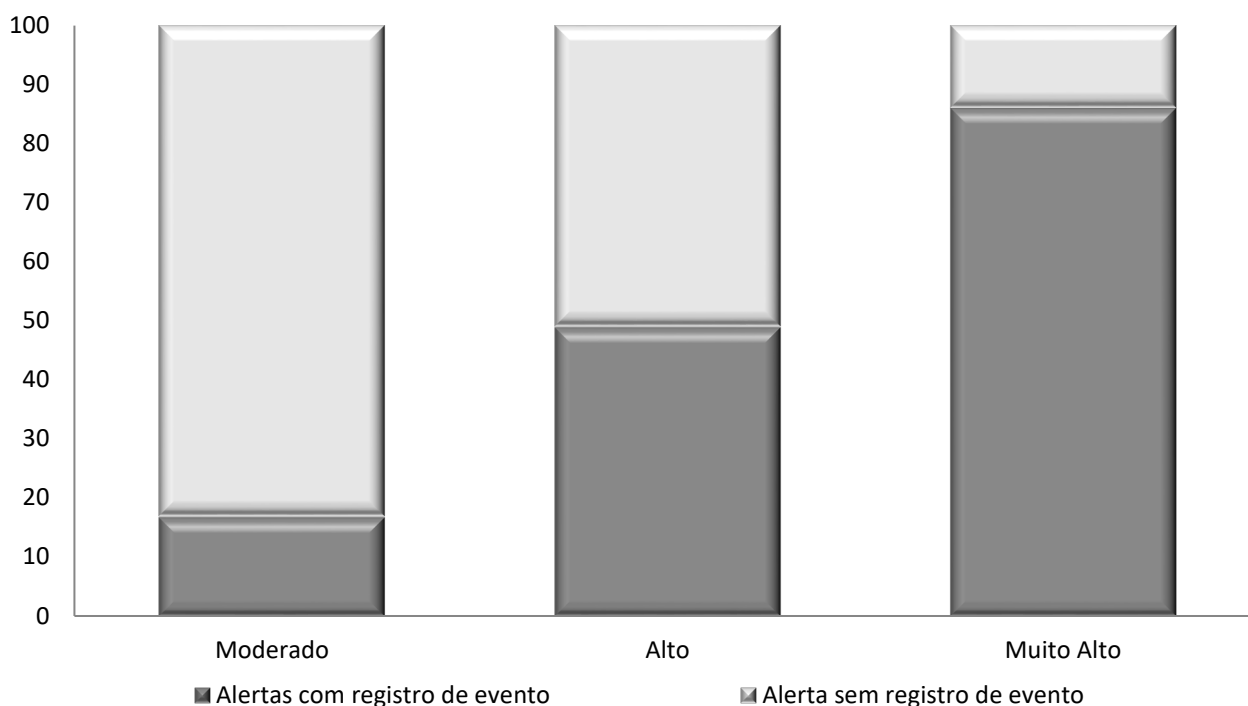


Figura 20. Correlação entre nível do alerta e registro de evento, considerando os alertas com eventos registrados em relação ao total de alertas emitidos, por nível.

Conforme ilustrado na Figura 21, a associação entre o nível do alerta e a magnitude do evento ocorre, de modo geral, demonstrando uma tendência: os alertas de risco moderado, os quais apresentam um grau de incerteza maior quanto à ocorrência do fenômeno, associam-se em sua maioria aos eventos de pequeno porte, os quais também apresentam maior aleatoriedade e incertezas de previsão. Não obstante ocorrem também, mas em menor proporção, alertas de nível moderado com ocorrências de médio e grande porte.

Os alertas de risco muito alto apresentam um predomínio de eventos de médio e grande porte, com quase 60% das ocorrências associadas aos alertas enquadradas nestas classes de magnitude.

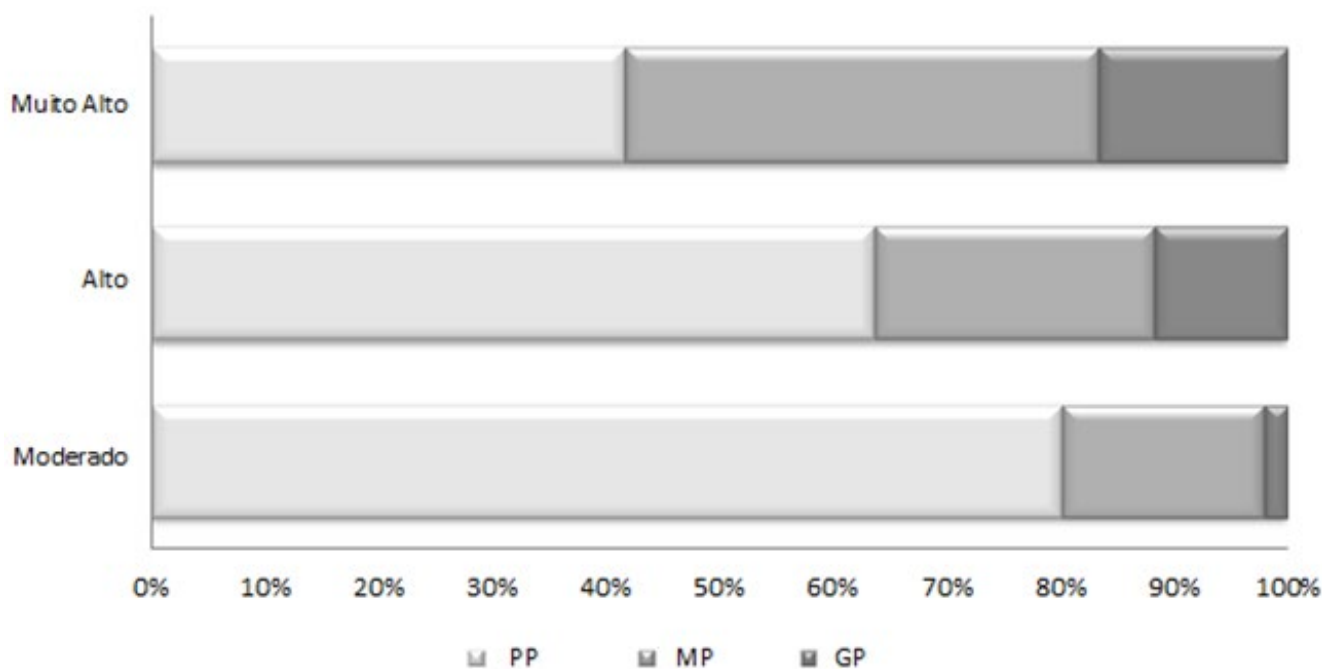


Figura 21. Percentual de associação entre o nível do alerta e a magnitude do evento (PP = Pequeno Porte; MP = Médio Porte; GP = Grande Porte).

Tal associação pode não ser tão evidente ao se analisar caso a caso, visto que a emissão/atualização do alerta, ou mesmo o enquadramento da magnitude do evento registrado, depende de muitos fatores, tais como a disponibilidade de recursos e de informações, além da visão do especialista. Além disso, tanto as previsões de cenários de risco para envio de alertas quanto a metodologia usada na classificação dos eventos em níveis de magnitude são passíveis de melhorias, o que pode resultar em situações pontuais em que os níveis dos alerta e a magnitude dos eventos ocorridos não se alinham.

Reverendo a associação a partir da perspectiva da magnitude do evento e considerando a distinção de processos (hidrológicos e geológicos), observa-se uma definição mais clara para o conjunto de eventos geológicos (Figura 22). Todos os eventos de grande porte, por exemplo, se associam a alertas emitidos com nível Alto e Muito Alto; ainda a soma dos percentuais de alertas de nível Alto e Muito Alto associa-se à grande parte dos eventos de médio porte.

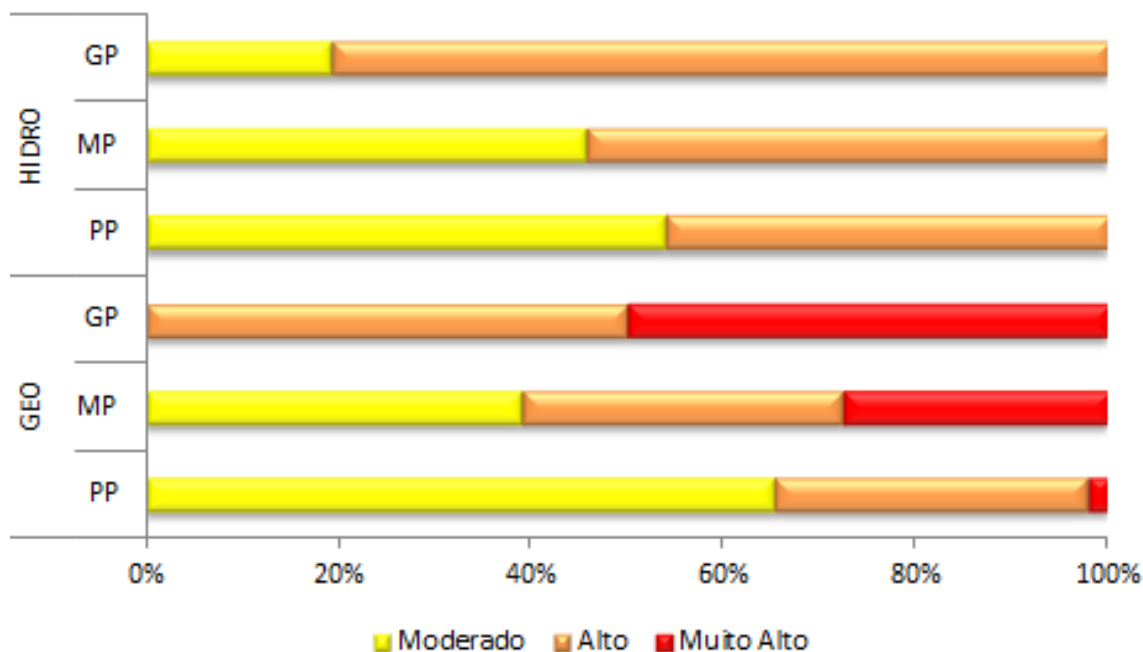


Figura 22. Percentual de associação entre a magnitude do evento e o nível do alerta (por processo) (PP = Pequeno Porte; MP = Médio Porte; GP = Grande Porte).

A relação entre nível do alerta e magnitude dos eventos ocorridos é de certa forma esperada, uma vez que o risco incorpora a ocorrência de um processo com potencial para causar grandes impactos à população exposta. Eventos de grande magnitude em geral causam individualmente mais impactos que pequenos eventos. Portanto há de se considerar que, a despeito dos desafios da previsão de eventos de grandes incertezas como pequenos deslizamentos e inundações, da inerente subjetividade na classificação dos eventos em níveis de magnitude, e da análise se referir a um conjunto de informações restritos a apenas 1 ano, de maneira geral os alertas de níveis alto e muito alto foram seguidos de eventos de grande magnitude.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSIS DIAS, M. C.; SAITO, S. M.; SANTOS ALVALÁ, R. C. dos; STENNER, C.; PINHO, G.; NOBRE, C. A.; SOUZA FONSECA, M. R. de; SANTOS, C.; AMADEU, P.; SILVA, D.; LIMA, C. O. *Estimation of exposed population to landslides and floods risk areas in Brazil, on an intra-urban scale. International Journal of Disaster Risk Reduction*. 2018, 1; 31: p. 449-459.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Coordenação de Geografia. **População em áreas de risco no Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE, 2018. 91 p.

MARENGO, J. *Interannual variability of deep convection over the tropical South American sector as deduced from ISCCP C2 data. International Journal of Climatology*, 15, 1995, p. 995-1010.

MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL. Secretaria Nacional de Defesa Civil. Portaria Conjunta n.148, de 18 de dezembro de 2013. Protocolo de Ação Integrada. **Diário Oficial da União (DOU)**. Brasília, DF, 24 dez. 2013, N. 249, Seção 1, p. 58. Disponível em: <<http://pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza/index.jsp?data=24/12/2013&jornal=1&pagina=58&totalArquivos=168>>.

UNITED NATIONS OFFICE FOR DISASTER RISK REDUCTION – UNISDR. **Global Assessment Report on Disaster Risk Reduction: Making Development Sustainable – The Future of Disaster Risk Reduction**, UN, New York, 2015, doi.org/10.18356/919076d0-en.





Cemaden
Centro Nacional de Monitoramento
e Alertas de Desastres Naturais

UNIDADE DE PESQUISA DO MCTIC

MINISTÉRIO DA
CIÊNCIA, TECNOLOGIA,
INOVAÇÕES E COMUNICAÇÕES



PÁTRIA AMADA
BRASIL
GOVERNO FEDERAL