

# SISTEMAS DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA NA GESTÃO DO RISCO DE INCÊNDIOS FLORESTAIS

TIAGO JOSÉ DOMINGOS\*

## RESUMO

O presente trabalho analisa as possibilidades do uso de SIGs na gestão de incêndios florestais. Para obtenção dos dados e informações foram realizadas pesquisas em bibliotecas de acesso livre e periódicos científicos apontados com as palavras-chave “Incêndios Florestais”, “SIG”, “Wildfire Risk Management”, “Gestão de Risco de Incêndio” e similares; as informações pertinentes a este artigo foram obtidas e disponibilizadas nos portais: Google Acadêmico, Scopus, Web of Science, Scielo e Periódicos CAPES. Os SIGs são um grande aliado na gestão do risco de incêndios florestais. Seja na orientação para o crescimento populacional, para ações de resposta das vítimas ou serviços dos Corpos de Bombeiros, assim como para ações de prevenção como a instalação de estruturas de detecção desta ameaça. Gestores de serviços públicos devem dar atenção ao potencial dos SIGs e incentivar suas equipes a caminharem no uso dessas ferramentas, através do treinamento de pessoal assim como na inserção de técnicos em geociências ao seu time de profissionais.

**Palavras-chave:** Sistemas de Informação Geográfica. Incêndios Florestais. Gestão de Risco de Desastres.

---

\* Mestre, Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina, Cadete do CEBM, e-mail: [tjdomingos@cbm.sc.gov.br](mailto:tjdomingos@cbm.sc.gov.br)

## 1. INTRODUÇÃO

Atualmente, um dos problemas mais recorrentes no cotidiano das pessoas são os desastres ambientais, que causam expressivos danos e perdas de caráter ambiental, social e econômico, com recorrência e impactos cada vez mais intensos (TOMINAGA *et al*, 2009). Nesse contexto, as principais ações que são tomadas em relação dos desastres são referentes à identificação e análise de risco (GOERL *et al*, 2013), entretanto, as ações tomadas são tão diversas quanto os tipos de desastres.

Os processos naturais extremos sempre foram associados aos desastres, porém muitas dessas ameaças estão influenciando as ações humanas, incluindo a tecnologia e suas falhas, que acabam causando ações “ambientais” ou híbridas, como por exemplo uma represa que se rompe e causa um alagamento ou quando um terremoto atinge uma empresa química e produtos perigosos são lançados no meio ambiente (SMITH & PETLEY, 2008). A amplitude de acontecimentos que podem ser consideradas um desastre é de fácil compreensão quando se analisa o conceito do que é um Desastre. A Organização das Nações Unidas considera desastre como uma grave perturbação do funcionamento de uma comunidade ou de uma sociedade envolvendo perdas humanas, materiais, econômicas ou ambientais de grande extensão, cujos impactos excedem a capacidade da comunidade ou da sociedade afetada de arcar com seus próprios recursos (UN-ISDR, 2015). Já em âmbito nacional, o Departamento de Defesa Civil considera desastre o resultado de eventos adversos, naturais ou provocados pelo homem, sobre um ecossistema (vulnerável), causando danos humanos, materiais e/ou ambientais e consequentes prejuízos econômicos e sociais (CASTRO, 1998).

A relação entre a probabilidade de um evento adverso se concretizar e o grau de vulnerabilidade do sistema onde ele ocorrerá, é chamado de Risco de Desastre (CASTRO, 1998). Quando se analisa o risco de desastre, também deve-se levar em consideração a Capacidade de Resposta, que, segundo o Manual de Gestão de Risco de Desastres da Defesa Civil de Santa Catarina, é a maneira como as pessoas e organizações utilizam os recursos existentes para reduzir os danos ou tornar a recuperação mais rápida e eficiente quando essa comunidade é afetada por um evento adverso (DEFESA CIVIL, 2015).

No Brasil, em cumprimento com a Instrução Normativa Nº 01 de 24 de agosto de 2012, foram adotadas categorias para padronizar os desastres em vários grupos e subgrupos de acordo com o evento adverso causador, e entre os desastres de origem natural e

climatológica se encontram os Incêndios Florestais (BRASIL, 2012). Este tipo de desastre afeta o país em várias regiões, principalmente nos períodos mais secos do ano, e causa perdas muitas vezes imensuráveis quanto aos recursos naturais e econômicos quando atingem regiões próximas às cidades. A utilização de técnicas de prevenção de incêndios e a realização de planejamento estratégico de combate são alternativas viáveis para a redução da ocorrência desses desastres (VETTORAZZI & FERRAZ, 1998), sendo ações que se enquadram como medidas para gestão do risco. Entender os fatores que provocam estes eventos adversos também é uma ação eficaz e muitos pesquisadores utilizam de Sistemas de Informações Geográficas para tal, pois consideram que suas informações dão suporte a atividades de gestão de desastres, minimizam o risco à vida, propriedades, ao meio ambiente (THOMASON, 2015), podem ser utilizados para gerar mapas estratégicos de combate ou de riscos de incêndios (VETTORAZZI & FERRAZ, 1998) ou até construir modelos do mundo real com base de dados digitais, beneficiando sistemas de tomada de decisão (SASTRY *et al*, 2002).

Este artigo tem como objetivo abordar as possibilidades do uso de Sistemas de Informação Geográficas para gerir os riscos de incêndios florestais. Visando alcançá-lo, foi realizada uma pesquisa de caráter exploratório através de um levantamento bibliográfico acerca do tema. Segundo Gil (2008), as pesquisas exploratórias têm como objetivo “proporcionar visão geral, de tipo aproximativo, acerca de determinado fato”. A pesquisa abordará o tema de modo qualitativo, o qual, de acordo com Creswell (2007), emprega diferentes alegações de conhecimento, estratégias de investigação e métodos de coleta e análise de dados baseados em dados de texto e imagem.

## **2. DESENVOLVIMENTO**

### **2.1 Metodologia**

Para realizar o levantamento bibliográfico que permitiu o cumprimento do objetivo de analisar as possibilidades do uso de SIGs na gestão de risco de incêndios florestais, foram realizadas pesquisas em bibliotecas de acesso livre e periódicos científicos apontados com as palavras-chave “Incêndios Florestais”, “SIG”, “Wildfire Risk Management”, “Gestão de Risco de Incêndio” e similares; as informações pertinentes a este artigo foram obtidas e disponibilizadas nos portais: Google Acadêmico, Scopus, Web of Science, Scielo e Periódicos

CAPES.

Foram considerados os artigos que abordavam os temas “Gestão de Risco”, “SIGs” e “Incêndios Florestais” para analisar o *status quo* da área nacional e internacionalmente.

## 2.2 Resultados

### 2.2.1 Abordagens do tema internacionalmente

Foram encontradas publicações que remetem ao tema proposto, demonstrando sua importância, desde a década de 80. No entanto, artigos que envolvem a gestão de risco em conjunto com o SIG e incêndios florestais começaram a ser publicados na última década.

Sastry *et al* (2002) propôs uma abordagem ao mapeamento do risco de incêndios florestais no Parque Nacional de Gir, na Índia, integrando dados de sensoriamento remoto, topografia e meteorologia. Em seu estudo, os autores analisaram o efeito de diversos elementos para encontrar as causas aos incêndios florestais na área de estudo, e chegaram à conclusão de que fatores como proximidade de estradas, temperaturas acima de 40°C e baixa umidade (<35%) são frequentes nas zonas consideradas de Alto e Muito Alto risco. O resultado do estudo foi um mapa com as divisões da área de estudo indicando com certa precisão as áreas de maior risco de incêndio, sugerindo onde devem ser instalados equipamentos de combate a incêndio e torres de vigia (Figura 1).

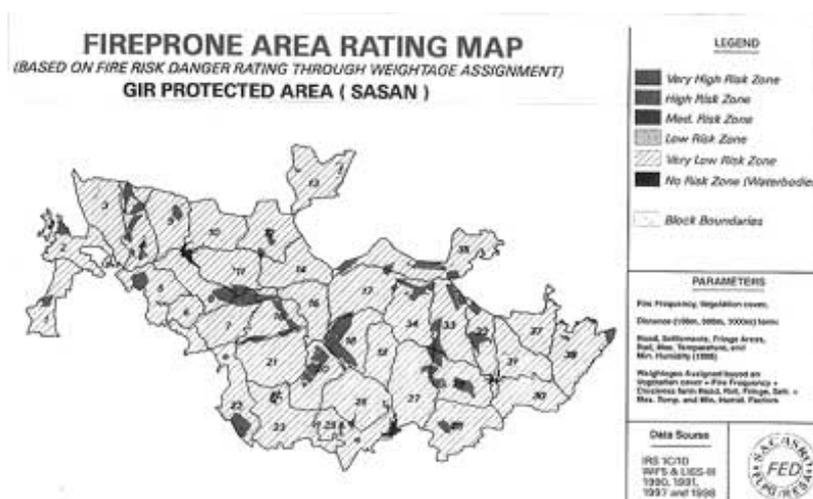


PLATE-6 : FIRE PRONE AREA RATING MAP

Figura 1. Resultado final do estudo de Sastry *et al* (2002) demonstrando áreas de risco de incêndio florestal no Parque Nacional de Gir, Índia.

O uso de SIGs na produção de mapas de riscos de incêndios também é feito com

associação a simulações estatísticas. Para avaliar o risco de incêndios florestais em uma área em Israel, Carmel *et al* (2009) utilizaram dados topográficos (latitude, altitude, tipo de vegetação, encostas), climáticos (umidade, temperatura, direção e velocidade do vento), probabilidade de ignição e o georreferenciamento do ponto de ignição na geração de 500 simulações de surgimento e desenvolvimento de incêndios com o algoritmo Monte Carlo. Essas simulações foram sobrepostas e testadas com o histórico de incêndios na área para confirmação da sua aplicabilidade. O resultado foi um mapa de distribuição espacial da frequência de incêndios, útil na gestão do posicionamento de equipes de combate a incêndios florestais (Figura 2).

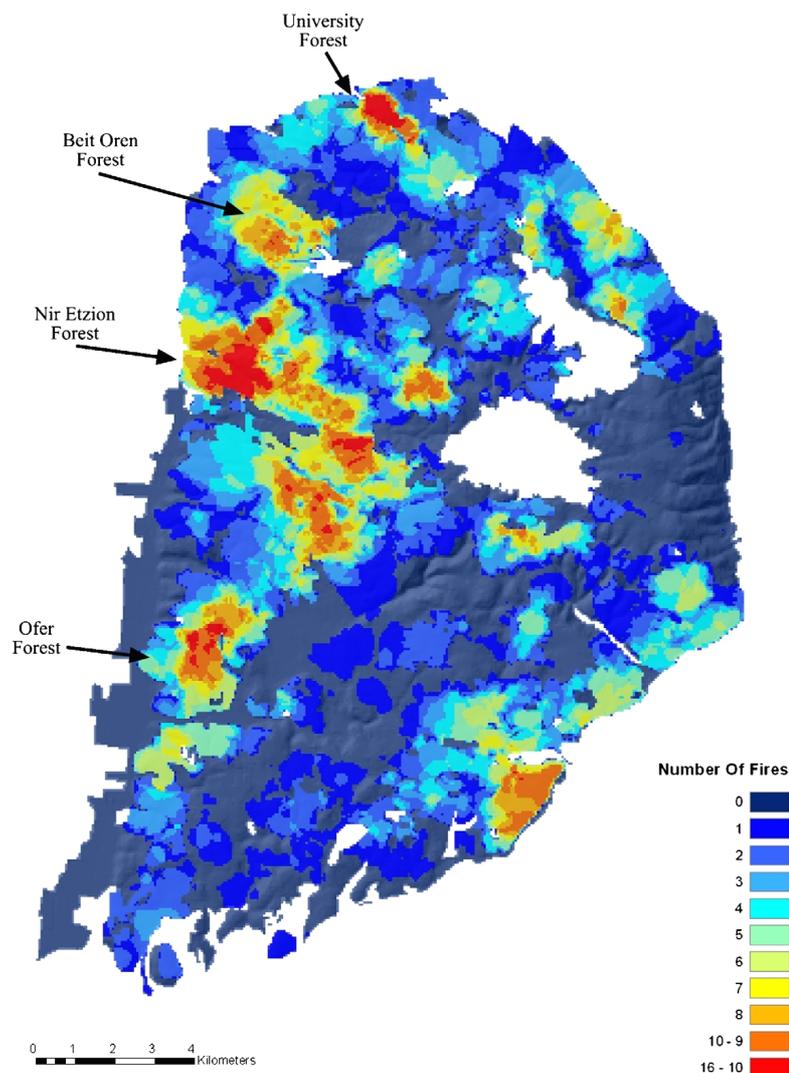


Figura 2. Padrão espacial da frequência de incêndios no Monte Carmel (Israel) derivado de 500 simulações de espalhamento do fogo (CARMEL *et al*, 2009).

A utilização de registros históricos de incêndios parece ser uma tendência nas publicações que envolvem SIG e Incêndios Florestais. Uma tese recente publicada na Universidade do Sul da Califórnia apresentou um estudo que analisou o risco de incêndios florestais no estado da Califórnia, EUA, durante dois períodos (1984-1988 e 2009-2013). De maneira semelhante ao trabalho anterior, Thomason (2015) utilizou a modelagem estatística com o algoritmo MAXENT e apresentou dois mapas de probabilidade de incêndios florestais para a região de estudo (Figura 3).

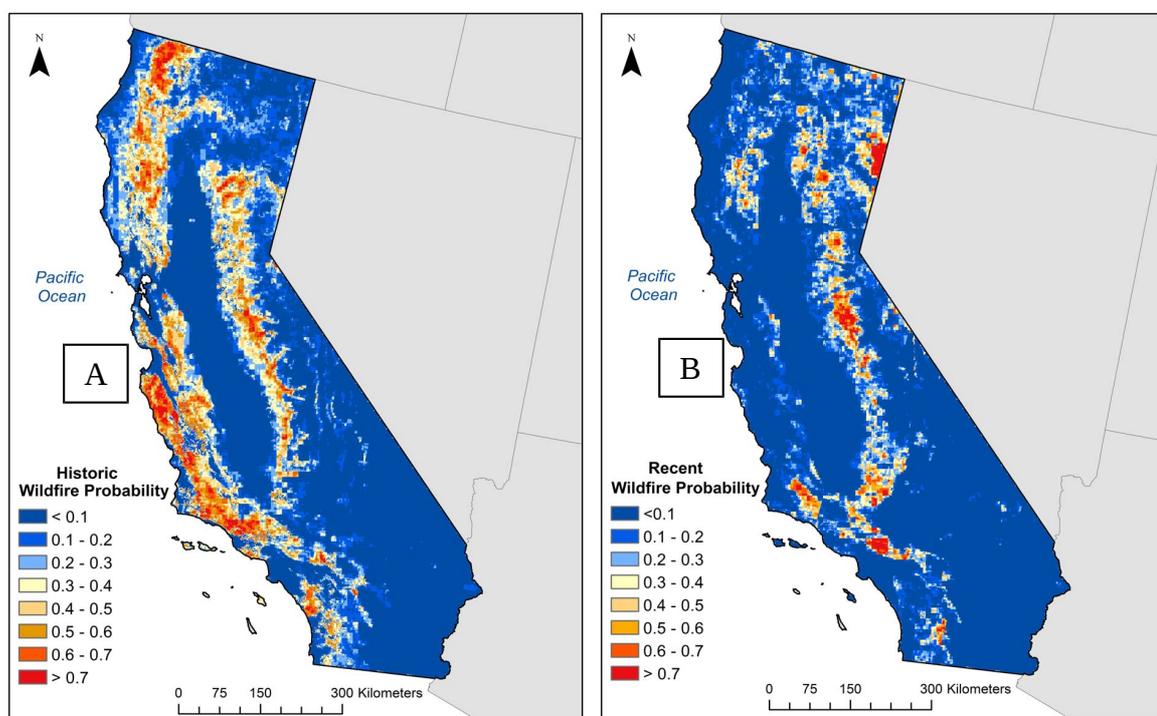


Figura 3. Mapas de probabilidade de incêndio florestal no estado da Califórnia, Estados Unidos da América, para os períodos de e 1984 a 1988 (A) e 2009 a 2013 (B).

A diferença deste estudo é que ele amplia a análise do tema a mais uma dimensão, o tempo. Ele nos ajuda a ver que a probabilidade de incêndios florestais varia ao longo das décadas e, não importando qual o fator que causa esta variação, a gestão do risco deve se manter atualizada e perceber que nem toda estratégia de combate manterá sua eficácia durante o passar dos anos, devendo ser reavaliada constantemente.

### 2.2.2 Abordagens do tema nacionalmente

A tomada de decisão para instalação de torres de vigia é um ponto estratégico na gestão de risco de incêndios florestais e também é assunto de trabalhos no Brasil. Um grupo

de pesquisadores da Universidade Federal de Viçosa estudou o tema focando a escolha do local para a instalação das referidas torres. Nogueira *et al* (2002) avaliaram o uso de um SIG no planejamento da distribuição de torres de incêndio e na determinação do número ideal para que se possa visualizar uma determinada área. Utilizando um SIG juntamente com dados de uso do solo, recursos hídricos, malha viária e curva de nível, os autores criaram um modelo digital do terreno. E puderam avaliar qual seria a área visível de torres de vigia instaladas em diferentes pontos da área de estudo (com 440ha) nos arredores do município de Belo Oriente/MG onde são feitas plantações de eucalipto, que produz um substrato altamente inflamável e cujos incêndios são de complicada resolução. Eles conseguiram determinar que a utilização de uma única torre com 30m de altura, estrategicamente posicionada (Figura 4), seria capaz de vigiar 66,1% da área total, com boa parte do restante sendo vigiada pelas estradas com uso de automóveis, montaria ou mesmo a pé. O uso de torres adicionais seria um desperdício do ponto de vista econômico e gerencial.

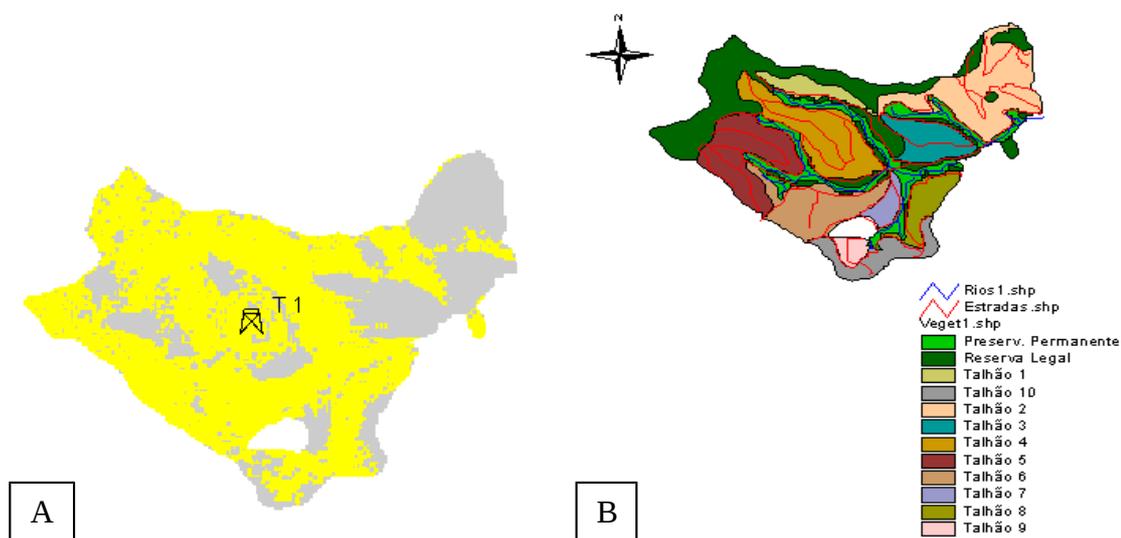


Figura 4. Mapas da área estudada para avaliação do uso de SIG na instalação de torres de detecção de incêndio. (A) Posição da torre ideal e área (em amarelo) vigiada pela torre. (B) Mapa da área com distribuição de rios, estradas, talhões, Área de Reserva Legal e Área de Preservação Permanente.

Na última década, Deppe *et al* (2004), apresentaram o FIRESIG. Um sistema para monitoramento, prevenção e combate a incêndios no estado do Paraná, com foco nos usuários do Instituto Ambiental do Paraná e da Coordenadoria Estadual de Defesa Civil do Paraná. Com uma atualização diária e quase em tempo real, o FIRESIG possibilitou acesso a

informações de focos de calor, índice de risco de incêndio, identificação e distribuição de recursos de combate a incêndio (localização das guarnições e postos avançados) para todos os seus usuários. Os dados de focos de calor e estado da vegetação são obtidos através de processamentos de imagens NOAA/AVHRR, produzidas por satélites de monitoramento e capturadas por estações de recepção do Sistema Meteorológico do Paraná (SIMEPAR). Com atualização quase em tempo real, o sistema reduziu o tempo resposta para o combate a incêndio ao permitir que as equipes de combate tenham acesso a um mapa com a posição do incêndio florestal e quais as rotas de acesso mais próximas ao ponto, como pode ser visto na Figura 5 da ocorrência do incêndio do Parque Nacional da Ilha Grande, PR.

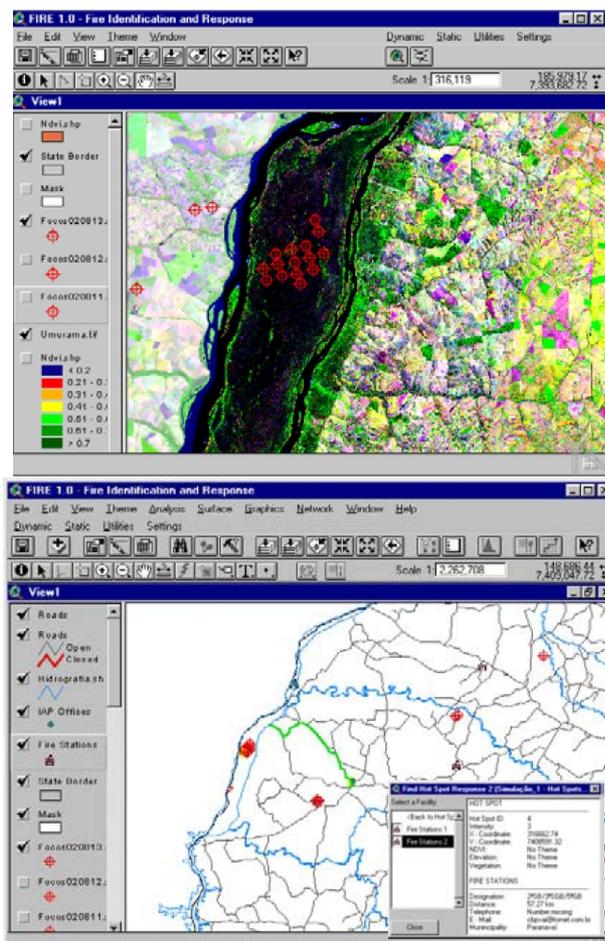


Figura 5. Screenshots do software FIRESIG com imagens do incêndio do Parque Nacional da Ilha Grande, Paraná. Na esquerda se vê uma imagem Landsat com pontos em vermelho mostrando os focos de calor, enquanto que na imagem à direita é visualizada a definição da estratégia de combate (linha em verde) mostrando o caminho através das estradas locais entre o posto avançado do Corpo de Bombeiros e os focos de calor.

### 2.2.3 Ferramentas *online* em tempo real para gestão do risco de incêndios florestais

O uso de SIG como ferramenta na gestão dos incêndios florestais pode ser aplicado

não apenas em trabalhos que levam tempo para serem executados, como os apresentados nos tópicos anteriores. Algumas agências e pesquisadores desenvolveram ferramentas *online* para que mesmo aqueles que não possuem muito conhecimento em SIG possam dispor de informações e atuar no combate a incêndio com maior agilidade em sua região.

Um exemplo é a ferramenta “Map Journal” da Cruz Vermelha (AMERICAN RED CROSS, 2015) disponibilizada em setembro de 2015. Ela consolida múltiplas fontes de dados em tempo real sobre os incêndios florestais no Oeste dos Estados Unidos. Com uma simples interface ao usuário, é possível ver a situação atual dos desastres e localizar serviços públicos. Com essa ferramenta, os usuários alvo (população comum) tem acesso a: localização e tamanho dos incêndios florestais, zonas de evacuação, bloqueios de estradas, localização e condições de abrigos públicos para pessoas e animais e informações demográficas dos estados (Figura 6).

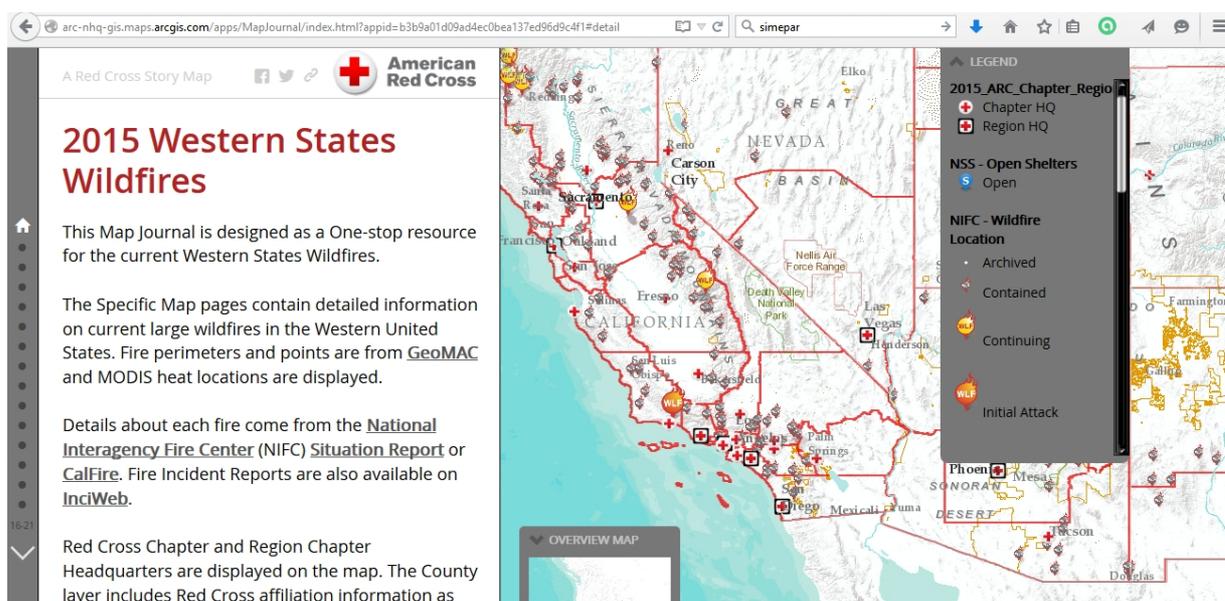


Figura 6. Recorte de *Screenshot* da navegação na página da ferramenta “Map Journal” da Cruz Vermelha dos Estados Unidos. É possível observar a distribuição dos incêndios florestais ativos e contidos, assim como dos abrigos disponíveis na região mostrada no mapa.

## 2.2.4 Discussão

A complexidade dos efeitos que influenciam os incêndios florestais denota anos, como se observa no trabalho de Chuvieco *et al* (1997), o qual considera as variações geográficas e temporais. Dissertando sobre o tema, esses pesquisadores espanhóis elencaram os seguintes fatores após um grande levantamento de outros artigos científicos: Topografia (elevação, encostas, aspecto e insolação), vegetação (tipos de combustíveis, inflamabilidade das

espécies), padrões climáticos (temperatura, umidade relativa, vento e precipitação), acessibilidade para estradas e locais de camping, tipo de propriedades da terra, distância de cidades, solos, histórico de incêndios e disponibilidade de água. A variabilidade desses e de outros fatores explica porque um mapa de risco de incêndios pode parecer semelhante a um mosaico, como se observa nas imagens nos tópicos anteriores.

É importante que se observe a grande variabilidade da distribuição dos incêndios florestais e como eles são influenciados por muitos fatores ambientais e não-ambientais. Alguns desses fatores são previsíveis e possíveis de ser gerenciados, portanto a amplitude de ferramentas e ações a serem tomadas nunca deve ser limitada, devendo os gestores a se atualizarem e ficarem cientes das aplicações de sistemas como os SIGs.

Os resultados desta pesquisa mostraram que é possível utilizar os SIGs em diferentes escalas, sejam espaciais, entre avaliar os incêndios em uma propriedade ou em um país, sejam temporais, podendo avaliar a tendência de movimentação do risco de incêndio que uma área sofre em diferentes anos, seguindo talvez efeito do crescimento populacional ou resultado mesmo de medidas de gestão.

### **3. CONCLUSÃO**

Os SIGs são um grande aliado na gestão do risco de incêndios florestais. Tanto na orientação para o crescimento populacional, para ações de resposta das vítimas ou serviços dos Corpos de Bombeiros, como também para ações de prevenção como a instalação de estruturas de detecção desta ameaça.

Com o passar dos anos, mais e mais pesquisas vêm sendo feitas e a área está se desenvolvendo no Brasil e no mundo. Grupos de pesquisa de universidades estão cada vez mais investindo seu tempo e recursos para aplicar os SIGs como ferramentas práticas para o combate a incêndios florestais, sendo uma resposta para o número limitado de recursos que muitos estados possuem frente à necessidade de respostas rápidas para esse tipo de ameaça que ocorre distante dos grandes centros e muitas vezes toma proporções além da capacidade de resposta dos serviços públicos. Gestores de serviços públicos devem dar atenção ao potencial dos SIGs e incentivar suas equipes a caminharem no uso dessas ferramentas, através do treinamento de pessoal assim como na adição de técnicos em geociências ao seu time de profissionais.

## REFERÊNCIAS

AMERICAN RED CROSS. **Interactive Tool to Access and Track Live, Wildfire Information**. Disponível em: <<http://www.redcross.org/news/press-release/Interactive-Tool-to-Access-and-Track-Live-Wildfire-Information>> Acessado em: 01-11-2015.

BRASIL. Ministério da Integração Nacional. **Instrução Normativa Nº 01 de 24 de agosto de 2012**. Disponível em: <[http://www.mi.gov.br/c/document\\_library/get\\_file?uuid=822a4d42-970b-4e80-93f8-dae395a52d1&groupId=301094](http://www.mi.gov.br/c/document_library/get_file?uuid=822a4d42-970b-4e80-93f8-dae395a52d1&groupId=301094)> Acessado em 15-Set-2015.

CARMEL, Yohay; PAZ, Shlomit; JAHASHAN, Faris; SHOSHANY, Maxim. **Assessing fire risk using Monte Carlo simulations of fire spread**. Forest Ecology and Management, v. 257, n. 1, pgs 370-377, 2009.

CASTRO, Antônio Luiz Coimbra de. **Glossário de defesa civil estudos de riscos e medicina de desastres**. Ministério do Planejamento e Orçamento, Secretaria Especial de Políticas Regionais, Departamento de Defesa Civil, 1998.

CHUVIECO, Emilio; SALAS, J.; VEGA, Cristina. **Remote sensing and GIS for long-term fire risk mapping**. A review of remote sensing methods for the study of large wildland fires, p. 91-108, 1997.

CRESWELL, John W. **Projeto de pesquisa: métodos qualitativo, quantitativo e misto**. Tradução de Luciana de Oliveira da Rocha. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2007.

DEFESA CIVIL. **Gestão de Risco de Desastres**. Santa Catarina, 2015. Disponível em: <[http://www.defesacivil.sc.gov.br/images/doctos/seminarios/Gestao\\_de\\_RISCO\\_de\\_desastres\\_BAIXA.PDF](http://www.defesacivil.sc.gov.br/images/doctos/seminarios/Gestao_de_RISCO_de_desastres_BAIXA.PDF)> , acessado em 15-Set-2015.

DEPPE, Flávio; DE PAULA, Eduardo Vedor; VOSGERAU, Jackson; GUETTER, Alexandre. **FIRESIG - Sistema de suporte a tomada de decisão para o combate a incêndios no Paraná**. Floresta, v.34, n.2, pgs. 157-162, 2004.

GIL, Antônio Carlos. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

GOERL, Roberto Fabris; KOBIYAMA, Masato; PELLERIN, Joel Robert Georges Marcel. **Proposta metodológica para mapeamento de áreas de risco a inundação: estudo de caso do município de Rio Negrinho-SC**. Boletim de Geografia, v. 30, n. 1, p. 81-100, 2012.

NOGUEIRA, Gilciano Saraiva; RIBEIRO, Guido Assunção; RIBEIRO, Carlos Antonio Alvares Soares and SILVA, Evandro Pereira. Escolha de locais para instalação de torres de detecção de incêndio com auxílio do SIG. Revista Árvore, vol.26, n.3, pgs. 363-369, 2002.

SMITH, Keith; PETLEY, David N. **Environmental hazards: assessing risk and reducing disaster**. 5a edição, 416p, Routledge, London, 2009.

SASTRY, K. L. N.; JADHAV, Ravi; THAKKER, P. S. **Forest Fire Risk Area Mapping of**

**Gir – P. A. Integrating Remote Sensing, Meteorological and Topographical data – A GIS Approach.** Map India, 2002.

THOMASON, Andrew Charles. **Modeling burn probability: a MAXENT approach to estimating California's wildfire potential.** UNIVERSITY OF SOUTHERN CALIFORNIA. 2015. Tese de Doutorado.

TOMINAGA, Lídia K.; SANTORO, Jair.; AMARAL, Rosângela do. (Organizadores). **Desastres naturais: conhecer para prevenir.** São Paulo: Instituto Geológico, 2009.

UN-ISDR - International Strategy for Disaster Reduction. 2015. **Terminology on Disaster Risk Reduction.** Disponível em: <<http://www.unisdr.org/we/inform/terminology#letter-d>> Acessado em 03-09-2015.

VETTORAZZI, Carlos A.; FERRAZ, Silvio F. de B. **Uso de sistemas de informações geográficas aplicados à prevenção e combate a incêndios em fragmentos florestais.** Série Técnica IPEF, v. 12, n. 32, pgs 111-115, 1998.