



territorium • 26(I)

REVISTA INTERNACIONAL DE RISCOS | INTERNATIONAL JOURNAL OF RISKS

INCÊNDIOS FLORESTAIS

Imprensa da Universidade de Coimbra
Associação Portuguesa de Riscos, Prevenção e Segurança

2019



RISCOS



MODELO CONCEITUAL DE SISTEMA DE ALERTA E DE GESTÃO DE RISCOS E DESASTRES ASSOCIADOS A
INCÊNDIOS FLORESTAIS E DESAFIOS PARA POLÍTICAS PÚBLICAS NO BRASIL*

43

CONCEPTUAL MODEL OF DISASTER RISK MANAGEMENT AND WARNING SYSTEM ASSOCIATED WITH
WILDFIRES AND PUBLIC POLICY CHALLENGES IN BRAZIL

Liana Oighenstein Anderson

Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais - Cemaden (Brasil)
ORCID 0000-0001-9545-5136 liana.anderson@cemaden.gov.br

Victor Marchezini

Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais - Cemaden (Brasil)
ORCID 0000-0002-1974-0960 victor.marchezini@cemaden.gov.br

Thiago Fonseca Morello

Universidade Federal do ABC (Brasil)
ORCID 0000-0001-6794-1815 fonseca.morello@ufabc.edu.br

Christopher Alexander Cunningham

Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais - Cemaden (Brasil)
ORCID 0000-0002-2235-8383 christopher.castro@cemaden.gov.br

RESUMO

O aumento na ocorrência e de frequência de secas extremas tem ocasionado o aumento no número de desastres associados a incêndios florestais em todo o planeta. Neste artigo, buscamos contextualizar os incêndios florestais no âmbito de desastres socioambientais propondo uma estruturação de um sistema de gestão e de alerta de risco para este tipo de evento. Sugere-se a estruturação deste sistema baseado em cinco eixos principais, sendo eles: conhecimento do risco, monitoramento, educação e comunicação, capacidade de prevenção e capacidade de resposta. Em seguida, realizamos uma análise diagnóstica sobre as instituições, atribuições, responsabilidades e ações do governo brasileiro, nos níveis federal e estadual, em relação à gestão de riscos de incêndios florestais. Identifica-se a falta de uma regulamentação política e legal sobre as responsabilidades e estratégias para mitigar os riscos e impactos destes eventos. A partir dessa análise sobre as ações atuais, apontam-se alguns desafios à gestão integrada de risco de incêndios florestais no Brasil.

Palavras-chave: Ameaças, vulnerabilidades, capacidades de prevenção e de resposta.

ABSTRACT

The increase in the occurrence and frequency of extreme droughts has increased the number of disasters associated with wildfires worldwide. In this paper, we aim to contextualize wildfires in the scope of socioenvironmental disasters, proposing a management and alert risk system structure for this type of event. It is suggested that this system should be structured based on five main axes, being: risk knowledge, monitoring, education and communication, capacity of prevention and capacity of response. Then, we present a diagnostic analysis about the Brazilian institutions, attributions, responsibilities and governmental actions on the wildfires risk management. It is identified the lack of a legal and political regulation over the responsibilities and strategies for mitigating risks and impacts of this type of event. Based on this analysis, we point out the challenges for the wildfire risk management in Brazil.

Keywords: Hazards, vulnerabilities, prevention and response capacities.

* O texto deste artigo foi submetido em 27-12-2017, sujeito a revisão por pares a 02-05-2018 e aceite para publicação em 25-09-2018.

Este artigo é parte integrante da Revista *Territorium*, n.º 26 (I), 2019, © Riscos, ISSN: 0872-8941.

Introdução

Os eventos climáticos extremos estão previstos para aumentar em intensidade e frequência (IPCC, 2012). Uma das consequências de secas extremas é a ocorrência de incêndios florestais. Entre 2015 e 2018, diversos desastres associados a incêndios florestais foram registrados pela mídia global, sugerindo uma intensificação destes eventos e de seus impactos socioambientais e económicos. Artigos científicos quantificando os diferentes tipos de impactos associados aos eventos recentes estão começando a emergir para a região Amazônica (Aragão *et al.*, 2018, Costa *et al.*, 2018), Estados Unidos (Stevens-Rumann *et al.*, 2017), Portugal (Carvalho *et al.*, 2018, Lourenço, L, 2018), Indonésia (Atwood *et al.*, 2016), dentre outros. A gestão do risco de ocorrência destes grandes eventos de fogo descontrolado demanda a estruturação de uma cadeia de responsabilidades e de comunicação, abrangendo desde a escala nacional até a local (Gill, 2005). Parte dessa estrutura pode ser composta por sistemas de alerta de risco de desastres, que têm sido recomendados pelo Escritório da ONU para redução de desastres (UNISDR) como um componente importante das estratégias em redução de risco de desastres (RRD), identificadas, por exemplo, nos Marco de Ação de Hyogo - HFA (UNISDR, 2005) e Marco de Ação de Sendai - SFDRR (UNISDR, 2015). De modo geral, um sistema de alerta pode ser definido como um conjunto de capacidades necessárias para gerar e disseminar, com antecedência e formato adequados, informações que possibilitem que indivíduos, comunidades e organizações vulneráveis a desastres possam se preparar e agir para reduzir a probabilidade de ocorrer danos e/ou perdas (UNISDR, 2004, 2005, 2006a,b). Essas estruturas têm se ampliado nos anos recentes como um desdobramento do novo paradigma de gestão de risco de desastres (Lavell & Maskrey, 2014).

O risco pode ser definido a partir da relação entre ameaça(s), vulnerabilidade(s) e as capacidades de prevenção e resposta(s). A ameaça pode ser de origem natural (terremoto, furacão, tsunami, seca, chuva, cheia de rios, etc.), biológica (vírus, bactérias etc.), antrópica (fogo descontrolado, corte de taludes em áreas de grande declividade) e tecnológica (radioatividade, vazamentos químicos, barragem mal-feita etc.). Já a vulnerabilidade é conceituada, em termos gerais, como o potencial de sofrer danos (Romero & Maskrey, 1993; Wisner, 2016). Situações de vulnerabilidade se produzem por relações que se materializam no território, que não são estáticas, e que podem se acumular progressivamente, mudar, intensificar-se diante de crises económicas e socioambientais, atingir classes sociais de modo distinto, em escalas espaço-temporais diversas (Marchezini, 2015). As capacidades de prevenção e de resposta são de certa forma o oposto da vulnerabilidade. Pode-se entender que a capacidade

de prevenção contempla políticas públicas que visam a mitigação de riscos como programas de governo que agem directamente nas ameaças e vulnerabilidades, enquanto que a capacidade de resposta são as habilidades, recursos e ações que uma sociedade ou órgão tem para responder ao evento deflagrado, principalmente por meio do combate a incêndios, divulgação de informação, treinamento de brigadistas.

Apesar dos marcos internacionais para redução de risco de desastres (UNISDR, 2005; 2015) não mencionarem a problemática dos desastres associados a incêndios, estudos demonstram que este é um risco crescente em países como o Brasil (Aragão *et al.*, 2018, Costa *et al.*, 2018). Entretanto, ainda não existe uma estratégia nacional de gestão de risco para este tipo de desastre no país. A partir de 2015, o Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (Cemaden), em parceria com o Instituto de Mudanças Climáticas e Regulação de Serviços Ambientais do Estado do Acre (IMC), iniciaram um acordo de cooperação técnica para desenvolver acções nesse sentido, envolvendo não somente gestores públicos, mas também universidades e comunidades. Neste artigo compartilhamos alguns resultados dessa experiência em curso, ressaltando aspectos identificados em fontes documentais e em pesquisas de campo, de modo a subsidiar a estruturação de um sistema de alerta e gestão de riscos e desastres associados a incêndios. Primeiramente apresentam-se os conceitos fundamentais e as contribuições científicas no tema de sistemas de alerta em seus quatro eixos fundamentais - conhecimento do risco, monitoramento, comunicação e capacidade de resposta (Basher, 2006; Villagran de León, 2012; Garcia & Fearnley, 2012; Kelman & Glantz, 2014; UNISDR, 2005; 2006; 2015). Em seguida, propõe-se uma representação de uma estrutura do sistema de alerta e gestão dos riscos e desastres associados a incêndios florestais, trazendo como ponto de inovação uma modificação do eixo capacidade de resposta, reconceituado como capacidade de acção, que contempla capacidade de prevenção e capacidades de reação e resposta. Na terceira seção, identificam-se as estruturas e atribuições de responsabilidades no Brasil. A partir da sistematização destas informações que se encontram pulverizadas em múltiplos níveis de governo e grupos de atores, apresenta-se uma visão conjunta da situação actual, bem como se identificam limitações do sistema de alerta vigente. Por fim, são apresentadas as conclusões e recomendações para novos estudos e políticas públicas no tema.

Métodos

A pesquisa que subsidiou a formulação deste artigo, de natureza interdisciplinar, teve como base a revisão bibliográfica sobre sistemas de alertas e gestão de risco de desastres associados a incêndios, bem como a realização, entre 2016-2018, de três pesquisas de campo no Estado

do Acre, Brasil, como parte das actividades de um acordo de cooperação técnica, entre o Cemaden e o Instituto de Mudanças Climáticas e Regulação de Serviços Ambientais do Estado do Acre (IMC), para aprimoramento de um sistema de alerta e resiliência a desastres. A pesquisa também envolveu a coleta e análise documental de publicações governamentais - níveis federal, estadual e municipal - e não-governamentais no tocante a acções de prevenção e combate ao fogo na Amazônia brasileira, no período de 1994 a 2017, bem como a realização de entrevistas e consultas junto a gestores públicos - em cargos permanentes ou provisórios - da região. Essa pesquisa exploratória - identificadas no texto como “comunicações pessoais” desses gestores - também permitiu identificar alguns aspectos-chave de vulnerabilidade institucional que precisam ser investigados e analisados em maior profundidade, e foram utilizados nesse artigo no intuito de contribuir para reflexão sobre o modelo conceitual de sistemas de alerta. Além da utilização desses dados de natureza qualitativa também se fez uso e análise, de dados de sensoriamento remoto (Sensor Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS) a bordo do satélite Aqua) para contextualizar tanto a relação entre as actividades de desmatamento, queimadas e incêndios florestais e climas extremos na Amazônia (fig. 3), como a identificação de áreas críticas a partir dos dados de focos de calor acumulados no período entre 2001 e 2016 (fig.4). As análises e reflexões sobre esse conjunto de dados e informações permitiram elaborar, desde um ponto de vista interdisciplinar, um modelo conceitual de sistema de alerta e de gestão de riscos de desastres associados a incêndios, como também identificar limitações, lacunas de conhecimento e desafios em relação a dados e políticas públicas no tema.

Incêndios florestais no contexto de desastres: subsídios à estruturação de sistemas de alerta de gestão do risco

Em geral, o sistema de alerta é estruturado em função de quatro eixos fundamentais, quais sejam: conhecimento dos riscos, monitoramento e alerta, comunicação e capacidade de resposta (Basher, 2006; Kelman & Glantz, 2014; Unisdr 2005;

2006; 2015). No entanto, esta estruturação depende de uma série de factores, como a organização e comunicação entre órgãos e entidades directamente ligadas ao estudo, monitoramento e coordenação de acções em campo, e engloba questões técnicas, científicas, políticas e sociais. No âmbito de um sistema de alertas de gestão do risco de incêndios florestais, ainda não existe este encadeamento de acções e conexões necessárias para reduzir os riscos deste tipo de desastre. Por exemplo, Davies *et al.* (2008; 2009), Flynn *et al.* (2002), Kang *et al.* (2016), Amiro *et al.* (2004), Carvalho *et al.* (2008), San-Miguel-Ayanz *et al.* (2005) e Son *et al.* (2006) mencionam casos de sistemas de alerta para incêndios florestais que se focam somente no conhecimento da ameaça, ou se dedicam à detecção do foco de calor e/ou tratam da ameaça e da conexão entre a informação de ameaça gerada e a capacidade de resposta. No entanto, em nenhum dos estudos acima citados é apresentada uma visão abrangente e integradora das acções, como geralmente se propõe para a gestão integrada do risco de um desastre (Lavell, 1993; Basher, 2006; Garcia & Fearnley, 2012; Lavell & Maskrey, 2014).

Neste artigo, apresenta-se um modelo conceitual para a estruturação de um sistema de gestão do risco de incêndios florestais em cinco eixos, em que se identifica a necessidade de distinção conceitual entre as capacidades de prevenção e de resposta (fig. 1). Esta proposta baseia-se no conhecimento científico de quais deflagradores potenciais podem iniciar o processo de um incêndio florestal (Anderson *et al.*, 2017, Cunningham *et al.*, 2017, Fonseca *et al.*, 2016, Silva Junior *et al.*, 2018), mas também de resultados de pesquisas de campo junto a gestores públicos e comunidades na Amazônia brasileira (*Amazon Fire Synthesis workshop*, 2017), que permitem compreender as acções de resposta e as estratégias para lidar com os impactos directos e indirectos deste tipo de evento assim que ele se concretiza. Entende-se como impactos directos a queima de vegetação nativa, perda de produção agro-pecuária, danos em infra-estrutura, alteração na composição, estrutura e funcionamento

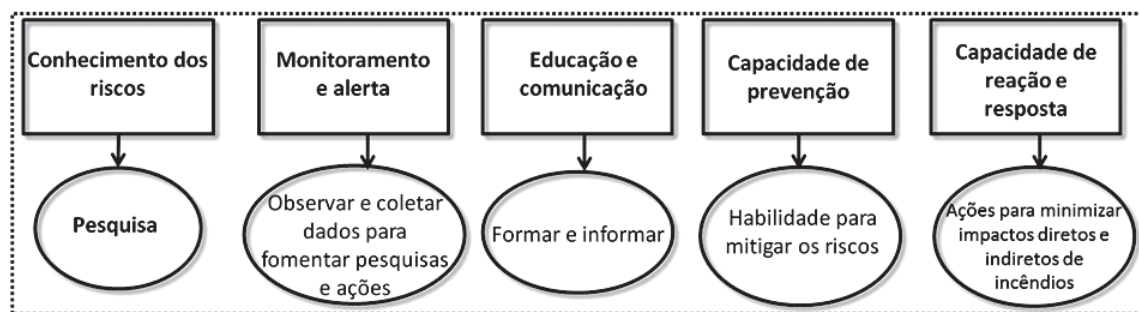


Fig. 1 - Estrutura dos cinco eixos do sistema de alerta para gestão do risco e desastres associados a incêndios florestais (caixas quadradas) e os inputs de cada área (círculo).

Fig.1 - The five axes of the disaster risk warning system for wildfires (square boxes) and the inputs of each area (circle).

da floresta, perda de produtos florestais madeireiros e não madeireiros, dentre outros. Já dentre os impactos indirectos podem ser consideradas as internações hospitalares por problemas respiratórios, interrupção de tráfego terrestre e aéreo, emissão de gases de efeito estufa, etc. Se, por um lado, os impactos dos incêndios florestais não são adequadamente quantificados, por outro, o conhecimento dos riscos deste tipo de evento ainda é insuficiente e incipiente.

O caso particular do risco focado neste artigo é o referente a incêndios florestais (fig. 2) para a Amazônia Brasileira (Anderson *et al.*, 2017, Aragão *et al.*, 2008, Cunningham *et al.*, 2017, Morello *et al.*, 2017a,b, Morello *et al.*, 2018, Rosan *et al.*, 2017). Quanto ao primeiro componente deste risco, a ameaça, trata-se de um factor heterogéneo pois é específico à cada região e características sociais, económicas e culturais da população que nela reside. Assim, as ameaças podem estar associadas a condições locais, tais como o uso de fogo na actividade agro-pecuária, umidade, temperatura, direcção e intensidade do vento, relevo, tipo de vegetação, tipo de solo, tipo de uso da terra, histórico de incêndios, relações entre ocorrências de incêndios e extremos climáticos, degradação florestal, presença de corte selectivo de madeira, dentre outros aspectos. Por exemplo, secas na região Amazônica só representam uma ameaça para a ocorrência de incêndios florestais se houver um agente deflagrador do fogo, ou seja o homem (Aragão *et al.*, 2007). Além disso, a concretização do incêndio requer que uma queimada conduzida pelo homem saia do controle, tornando-se um incêndio florestal. No início do século XXI, existia uma forte relação entre os processos de desmatamento e a ocorrência de queimadas e incêndios florestais (Aragão *et al.*, 2008). No entanto, com a ocorrência de secas extremas, como a de 2005 (Aragão *et al.*, 2007), de 2010 (Anderson *et al.*, 2015) e de 2015/16 (Aragão *et al.*, 2018), observou-se um

desacoplamento entre a ocorrência de desmatamento e de queimadas e incêndios florestais, indicando que secas extremas são ameaças deflagradoras destes eventos nesta região (fig. 3).

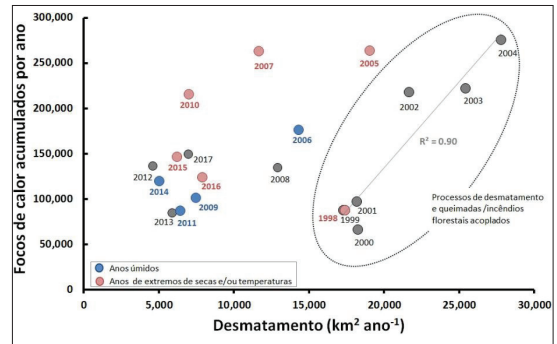


Fig. 3 - Relação entre a ocorrência de desmatamento, queimadas e incêndios florestais na Amazônia e anos de extremos climáticos. Entre 1998 e 2004 existe uma relação significativa ($p < 0.05$) entre a ocorrência de desmatamento e queimadas e incêndios florestais. Em 2005, 2007, 2010, 2015 e 2016, anos de extremos de secas, apesar da diminuição do desmatamento observa-se o aumento de ocorrência de focos de calor (Fonte: dados de desmatamento: PRODES/INPE; dados de calor de calor: CPTEC/INPE).

Fig. 3 - Relationship between deforestation, forest fires and burning in Amazonia and years of climatic extremes. Between 1998 and 2004 there was a significant ($p < 0.05$) relationship between deforestation and fire pixels. In 2005, 2007, 2010, 2015 and 2016, years of extreme drought or high temperatures, despite the decrease in deforestation, there is an increase in fire pixels (Source: deforestation data: PRODES/INPE; fire pixels: CPTEC/INPE).

Em outras regiões, como no Cerrado brasileiro, Chaparral da Califórnia ou nas grandes savanas da África, a ocorrência de incêndios florestais pode acontecer em consequência do ambiente estar favorável à ignição e propa-

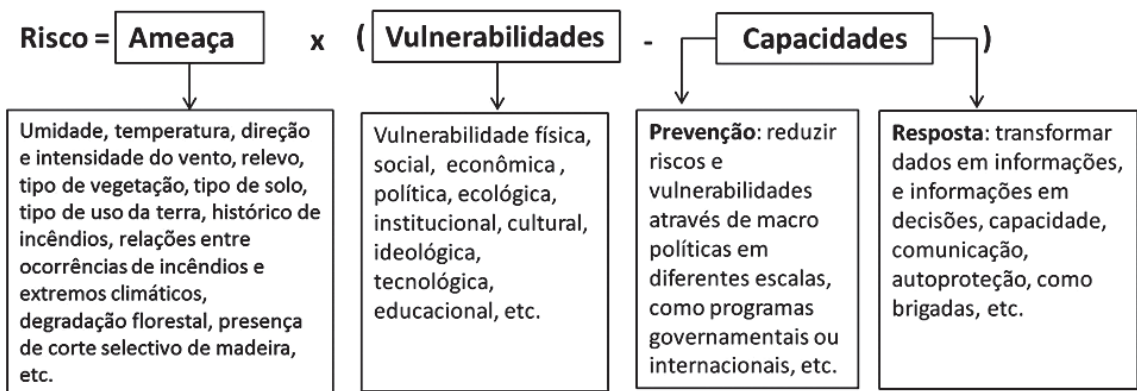


Fig. 2 - Detalhamento do entendimento do fator de riscos, conforme o conceito na área de desastres e seus exemplos para casos de incêndios florestais.

Fig. 2 - Details of the risk factor according to the concept in the disaster areas and examples for wildfire events.

gação do fogo devido a altas temperaturas ou a raios, ou seja, independente da presença da ameaça antrópica (Ramos-Neto & Pivelo, 2014, Moritz *et al.*, 2011, Skaper, 1992). Portanto, aumentar o conhecimento acerca dos extremos climáticos contribui para melhor gerenciar os riscos de desastres associados a incêndios florestais.

Ao perceber a importância da informação acerca do clima em sectores que são sensíveis a este (exemplos são segurança alimentar e desastres), a comunidade meteorológica internacional capitalizou esforços e criou o Global Framework for Climate Services (GFCS; WMO, 2014a). O propósito deste *framework* é justamente promover a disseminação e uso dos chamados *Serviços Climáticos*: informações sobre o clima observado e previsto, em multi-escala (dias, semanas, meses e anos), de forma a capacitar as instituições e os indivíduos a tomarem melhores decisões frente aos extremos climáticos. Vale ressaltar que o GFCS não desprezou a consolidação de conhecimentos correlatos. No eixo que relaciona os *Serviços Climáticos* aos desastres socioeconómicos houve o cuidado de alinhar o GFCS aos Marcos de Ação de Hyogo (UNISDR, 2005) e Sendai (UNISDR, 2015), reforçando o papel estruturante dos quatro eixos do sistema de alertas (WMO, 2014b).

Já a componente vulnerabilidade a incêndios florestais é de ordem complexa. Por exemplo, de uma forma mais restrita e directa, encontra-se na literatura a definição de vulnerabilidade como as consequências resultantes de um incêndio florestal (Chuvieco *et al.*, 2010). No contexto de incêndios florestais, a vulnerabilidade pode estar associada à: (i) vulnerabilidade física (inflamabilidade da paisagem); (ii) vulnerabilidade social (normas de monitoramento de queimadas e sanção a incêndios adoptadas por comunidades dependentes de fogo, brigadas de incêndio, grau de adoção de práticas de controle de queimadas, grau de acessibilidade a recursos financeiros ou de acesso físico de brigadistas caso ocorra um incêndio, etc.); (iii) vulnerabilidade económica (renda per capita, práticas produtivas substituídas à queimada, dependência do uso do fogo, dependência de produtos florestais madeireiros e não-madeireiros, seguros, título de propriedade da terra, exploração madeireira, desmatamento, etc.); (iv) vulnerabilidade política (presença de programas governamentais específicos para a gestão de incêndios florestais, planejamento fundiário como demarcação de unidades de conservação, assentamentos, áreas particulares, programas educacionais voltado para prevenção de incêndios florestais, presença de órgãos de fiscalização, dentre outros); e, (v) vulnerabilidade ecológica (composição e estrutura da floresta, grau de fragmentação da floresta, grau de degradação da floresta, etc.). Para a geração e análise de dados relacionados a vulnerabilidades frente a incêndios florestais, é necessário desenvolver uma abordagem multidisciplinar que contemple dados espaciais, censitários, sociais, económicos, políticos e ecológicos.

O segundo eixo do sistema de alerta refere-se às acções de monitoramento e alerta (fig. 1). O monitoramento de risco inclui actividades de colecta de dados e informações para identificar possíveis ameaças e situações de risco iminente, com o objectivo de subsidiar a emissão de alertas antecipados de provável ocorrência de desastres. Entre os dados e informações incluem-se os relacionados aos aspectos físicos, como aqueles associados à meteorologia, por exemplo, os totais de precipitação, descargas atmosférica, dentre outros. Mas, na equação do risco, também se insere a componente de vulnerabilidade, que geralmente não é objecto de monitoramento por parte dos sistemas de alerta (Kelman & Glantz, 2014).

As decisões relativas ao gerenciamento do risco de desastres são inerentemente multi-escala temporal. As alterações do clima que estamos vivenciando incitam a pensar em planejamentos de novas políticas décadas à frente, no intuito da gestão prospectiva de riscos (Lavell & Maskrey, 2014). No outro extremo, na iminência de um evento climático, como uma seca, que pode acentuar o risco de incêndios descontrolados, as decisões têm que ser tomadas na escala de tempo semanal ou até mesmo diária. Em consonância com esta realidade, a *International Research Institute (IRI)*, em cooperação com a *Federation of Red Cross and Red Crescent Societies (IFRC)*, propuseram uma abordagem, no contexto de um Serviço Climático, que faz uso desta multidimensionalidade de escala: a abordagem “*ready-set-go*”. Nesta abordagem ocorre um contínuo monitoramento das informações climáticas desde a escala sazonal (3 meses), passando pela subsazonal (10 a 45 dias) até as previsões de tempo em médio prazo (até 10 anos). Para cada uma destas escalas monitoradas decisões estratégicas podem ser tomadas como, por exemplo, actualização de planos de contingência, reunião do corpo de voluntários, e comunicações à comunidade para prováveis acções de evacuação, dentre outros aspectos salientados por Braman *et al.* (2013), Thomson *et al.* (2006), Ceccato *et al.* (2007) e Lowe *et al.* (2011). Como o monitoramento de ocorrência de incêndios florestais é fortemente baseado em dados satelitais, as ocorrências podem ser detectadas a partir de focos de calor, que são anomalias de temperatura detectadas nos sensores de satélites ambientais, e indicam o fogo activo. Um segundo tipo de dado, também oriundo de satélites, é complementar aos focos de calor e refere-se às cicatrizes de áreas queimadas. Nestes dados, monitora-se a área impactada. Dependendo da disponibilidade de dados em tempo quase-real, o dado de área queimada pode ser utilizado para fins de monitoramento e alertas. No entanto, as acções de respostas baseadas em alertas de incêndios florestais são muitas vezes ineficazes dadas as características dos grandes incêndios florestais. Dentre elas, cabe destacar: a alta velocidade com que o fogo se alastra por grandes áreas; a baixa acessibilidade aos ambientes em que ocorrem; a dificuldade de controlar áreas queimando; a rápida alteração da direcção do

vento; número insuficiente de brigadistas; e até mesmo a distância de corpos de água utilizáveis para extinguir o fogo. Devido em grande parte aos desafios mencionados acima, os sistemas de monitoramento do risco de incêndios florestais têm se centrado na avaliação da probabilidade de ocorrência do evento. O *Wildland Fire Decision Support System*, voltado a servidores públicos dos Estados Unidos (Noonan-Wright *et al.*, 2011, WFSS, 2017), centra-se em medidas de risco construídas a partir de sensoriamento remoto. O *European Forest Fire Risk Forecasting System* (EFFRFS) utiliza a previsão meteorológica de três modelos (Camia *et al.*, 2014). O Sistema de Risco de Incêndios Continentais, desenvolvido pelo Instituto Português de Mar e Atmosfera (IPAM), baseia-se em um índice composto por seis variáveis meteorológicas e de previsões meteorológicas de até dois dias (Carvalho *et al.*, 2008). No Brasil, o modelo de risco de fogo, desenvolvido pelo Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos - CPTEC/INPE, baseia-se tanto em dados observados de estações meteorológicas, quanto em dados de previsão do tempo, associados a um mapa de vegetação potencial da América do Sul (Setzer *et al.*, 2017). Esses sistemas concentram-se no conhecimento e monitoramento das ameaças, e ainda não contemplam os quatro eixos de alerta propostos pela literatura científica (Basher, 2006; Villagrán de León 2012; Garcia & Fearnley 2012; Marchezini *et al.*, 2017) e pelas recomendações da ONU (UNISDR 2004; 2005; 2006a; 2006b; 2015). Os autores aqui sugerem que aperfeiçoar esse sistema com cinco eixos estruturantes pode subsidiar ações de redução de risco de desastres associados a incêndios florestais.

Os aspectos de educação, comunicação e preparação para evacuação em incêndios têm sido analisados em alguns estudos, que destacaram as capacidades diferenciadas das comunidades em se prepararem (Paveglio, Carroll & Jakes, 2010), considerando as relações de gênero e suas implicações na tomada de decisão (Tyler & Fairbrother, 2018), e os desafios de implementar sistemas de alerta de incêndios (Edgeley & Paveglio, 2016). Dentre esses desafios está o processo de comunicação de risco. A comunicação de riscos se refere às ações que visam informar e notificar diversos atores sociais como agentes públicos dos diferentes níveis de governo e sectores (emergência, saúde, transporte), comunidades expostas e organizações que atuam e/ou se encontram em uma determinada escala espacial (país, estado, região, município, bairro, escolas) e temporal (época do ano, meses, dias, períodos do dia, horário do dia), acerca dos possíveis riscos (ameaças e vulnerabilidades). No contexto de incêndios florestais, podem-se identificar algumas limitações referentes à educação e comunicação do risco. Por exemplo, muitas vezes os resultados de um modelo de probabilidade de ocorrência de incêndios, como os mencionados no parágrafo anterior, estão em uma escala espacial que dificulta a identificação de áreas prioritárias para planejamento e ações em campo. Isso acontece porque a maioria dos modelos são dependentes de entradas de dados meteorológicos, e as variáveis meteorológicas

cobrem áreas extensas. Um exemplo para ilustrar esta situação refere-se a áreas com um determinado número de dias sem chuva, uma das variáveis meteorológicas mais usadas nos modelos descritos acima, que podem abranger regiões com até centenas de quilômetros quadrados. O segundo ponto refere-se ao entendimento da informação de risco de incêndios florestais e a permeabilidade desta informação na sociedade civil e instituições interessadas. A probabilidade de ocorrência de incêndios florestais no Brasil, e acredita-se que em grande parte do mundo, é disponibilizada através de mapas de “riscos de incêndios” publicados em sítios da internet e muitas vezes enviados a órgãos de resposta. No entanto, essa informação raramente chega até os atores que são os deflagradores dos incêndios florestais devido às circunstâncias em que vivem. Na Amazônia brasileira, por exemplo, os incêndios florestais são fortemente associados a práticas de corte e queima da vegetação realizada por pequenos e médios proprietários rurais (Júnior *et al.*, 2008), que muitas vezes não têm acesso aos grandes meios de comunicação. Culturalmente as populações tradicionais da Amazônia têm o hábito de utilizar o fogo no final da estação seca, posto que a região é muito húmida e são necessários meses para que as condições da vegetação estejam favoráveis para queimar com menor custo e de forma mais eficiente. No entanto, devido ao intenso processo de desmatamento, aumento de borda e de fragmentos florestais e as práticas de queimadas de roças, pastagens e vegetações secundárias, as ameaças dos incêndios se intensificam em determinados locais e épocas do ano. Ainda no contexto da comunicação do risco, identifica-se que hoje há a presença de um novo elemento, exógeno à probabilidade de perda de controle da queima controlada, que são as secas extremas (fig. 3). Por exemplo, a seca prolongada de 2005 que atingiu a região de fronteira tri-nacional de *Madre de Dios* (Perú), Acre (Brasil) e Pando (Bolívia), conhecida como região do MAP, fomentou a ocorrência de grandes incêndios florestais, afectando mais de 300 mil hectares de florestas que resultou no aumento da poluição atmosférica, atingindo mais de 400 mil pessoas, e causando uma perda económica de mais de US\$ 50 milhões de dólares (Brown, F., 2006). Em muitos dos relatos locais, colectados durante duas viagens de campo ao Acre realizadas pelos autores deste artigo nos anos de 2016 e 2017, pequenos produtores rurais reconheceram mudanças do clima e a dificuldade em romper com práticas tradicionais como o corte-e-queima (Morello, T., comunicação pessoal). Contudo, tais interlocutores não mostraram clareza quanto ao fato de que as queimadas, conjugadas com secas, poderiam causar incêndios florestais de grande porte.

No eixo referente à capacidade de prevenção, incluem-se as formas de organização local e as estratégias políticas e legais adoptadas para mitigar os riscos, tais como a regulamentação do uso do fogo e alternativas às práticas dependentes do fogo. A existência ou não de organizações públicas, como Corpo de Bombeiros, Batalhão de Policiamento Ambiental

e Defesa Civil, também pode ser um fator fundamental na definição da capacidade de resposta às emergências. Grandes incêndios ocorreram em 2015 e 2016 na Amazônia (Aragão *et al.*, 2018), Canadá (Landis *et al.*, 2017), Indonésia (Atwood *et al.*, 2016) e em 2017 nos Estados Unidos e em Portugal. Em tais eventos, os grandes impactos directos e indirectos da queima expuseram as fragilidades que os sistemas de resposta têm para controlá-los. Dentro do entendimento do conceito de risco aqui proposto, pode-se associar estes eventos tanto à capacidade de prevenção e de reacção, sendo que a primeira inclui o planeamento de acções mitigatórias. Em termos de capacidade de acção é necessário um maior envolvimento da sociedade tanto em actividades de treinamento e entendimento das ameaças, quanto na implementação de novas políticas públicas e acções que visem diminuir a probabilidade que uma situação de risco se torne um desastre. É preciso investir em acções de prevenção, melhorar a comunicação e entendimento das ameaças, vulnerabilidades e impactos, treinar agentes locais, implementar políticas públicas para minimizar o uso de fogo por populações tradicionais, dentre outros aspectos.

O esforço de análise e articulação desses componentes de um sistema de alerta também demanda a compreensão de como se estruturam estratégias para gerenciar os riscos de desastres associados a incêndios, principalmente quando a ocorrência destes eventos são em locais heterogêneos em termos ambientais, sociais e culturais, recobrando grande parte todo território nacional (fig. 4). Apesar da região do bioma Amazônia estar localizada nos trópicos e portanto ter períodos de chuvas intensas, é onde observa-se também a maior ocorrência de focos de calor.

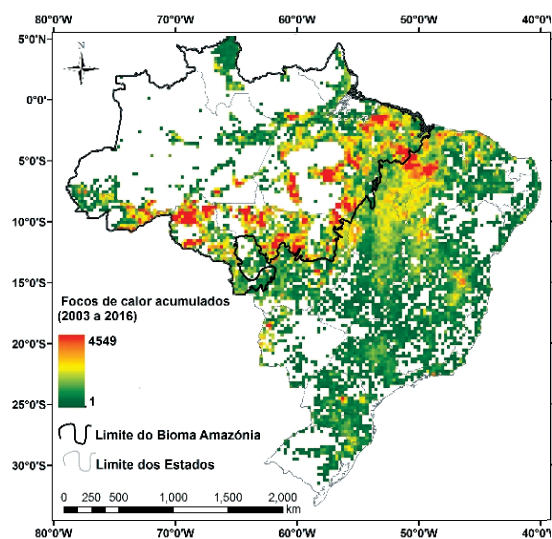


Fig. 4 - Número de focos de calor do sensor MODIS a bordo do satélite Aqua, filtrados por nível de confiança acima de 30 %, acumulados entre 2003 e 2016 para o Brasil.

Fig. 4 - Cumulative fire pixel count derived from MODIS on board the Aqua satellite, filtered for confidence level above 30 %, from 2003 to 2016 in Brazil.

Na próxima seção identifica-se a estrutura organizacional do Brasil referente a incêndios florestais, evidenciando alguns acções relacionadas a capacidades de prevenção e reacção para a gestão de riscos.

Diagnóstico do Brasil: instituições, atribuições, responsabilidades e acções dos governos federal e estaduais na gestão de riscos

Organizações são fundamentais para planejar e implementar acções em um sistema de alerta e de gestão dos riscos e de desastres associados a incêndios florestais. A partir da pesquisa e análise documental, foram identificadas as instituições e acções realizadas no nível de governo - federal e estadual - mas também pela sociedade civil, por meio de ONGs que têm realizado iniciativas no tema. As subsecções a seguir sintetizam parte desse levantamento cujos dados e informações encontram-se dispersos.

Governo federal

A actuação do governo federal se restringe a terras federais, especificamente aos assentamentos do Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (Incra), às unidades de conservação administradas pelo Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio), às terras indígenas de responsabilidade da Fundação Nacional do Índio (FUNAI) e florestas públicas. Além do próprio ICMBio, o governo federal atua também por meio do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (Ibama), na figura do Sistema Nacional de Prevenção e Controle de Incêndios Florestais (Prevfogo). O Prevfogo tornou-se um centro especializado em 2001, adquirindo autonomia gerencial, administrativa e financeira. As acções do governo federal focalizam os incêndios florestais e se subdividem em duas categorias, acções *ex-ante*, voltadas à prevenção de tais eventos, e acções *ex-post*, voltadas ao combate de eventos que efectivamente se manifestam. As duas categorias se enquadram no sistema de alerta e de gestão dos riscos e de desastres aqui proposto como, respectivamente, acções de prevenção e de reacção.

Dentre as acções de prevenção de incêndios (*ex-ante*) realizadas pelo governo federal se incluem: (i) monitoramento de eventos de focos de fogo, feito de forma remota, via satélite, mas também *in situ* com rondas preventivas; (ii) concessão de autorizações de queima controlada, actualmente restrita a áreas do ICMBio, bem como o acompanhamento da realização da queima controlada; (iii) abertura e manutenção de aceiros, que são espaços desprovidos de combustível e, portanto, barreiras à propagação do fogo; (iv) apoio a órgãos estaduais em fiscalização de queimadas e difusão de práticas agro-pecuárias livres de fogo, destacando-se a adubação verde e os sistemas agro-florestais; e, (v) acções educativas voltadas prioritariamente a comunidades de

pequenos produtores, como assentamentos, quilombolas, unidades de conservação, e também a escolas, envolvendo aulas, sessões de trabalho em grupo e entrega de material escrito (Prevfogo, 2013, 2015).

Já as acções de combate de incêndios (*ex-post*) são realizadas por brigadas especialmente qualificadas. Há categorias de brigadas, que se diferenciam em função da abrangência e especialização do treinamento e tempo de preparação dos membros. A categoria de maior nível de preparo é denominada por “*tiro quente*”, uma brigada especializada (Prevfogo, 2013, Prefsfogo-OPA, 2015). Em contraste, a categoria de menor nível de preparo é constituída após duas semanas de treinamento (Prevfogo-OPA, 2015). Há também brigadas indígenas, formadas por populações tradicionais e assentados, as quais são treinadas com auxílio do Prefsfogo. As áreas-alvo para combate pelo governo federal compreendem unidades de conservação federais, estaduais e municipais, prioritariamente as de protecção integral e uso sustentável, e também áreas de preservação permanente e reservas legais, terras indígenas, florestas públicas e áreas florestais (Prevfogo, 2017). Em áreas ocupadas por comunidades tradicionais, assentados da reforma agrária, e no restante dos espaços rurais e urbanos, é dado apoio, ou seja, o combate ocorre em colaboração com brigadas locais (Prevfogo, 2017).

O planeamento das acções de posicionamento das brigadas é definido com base na distribuição de focos de calor detectados por satélite ao longo das terras federais de todo o território nacional, dando-se prioridade a locais com maior concentração de observações. Em um primeiro estágio são identificados os estados prioritários, entendidos como aqueles cujo número de focos de calor em áreas florestadas excede um limiar (2.000 focos de calor em cinco anos, p.ex., Prefsfogo, 2013). Em um segundo lugar, são definidas as áreas de actuação das brigadas de cada estado em conjunto com as coordenações estaduais do Prefsfogo (Prevfogo, 2013).

O Ibama também tem realizado a operação Apoená, voltada à prevenção de incêndios em áreas e períodos em que a probabilidade de tais eventos é alta. Trata-se de um misto de notificação a proprietários fundiários quanto às práticas preventivas a serem adoptadas e à proibição da queimada, de apoio para execução das práticas de fiscalização e sanção a violações.

Governos estaduais e municipais

As acções de prevenção e combate desenvolvidas pelos estados se assemelham às do governo federal, com algumas diferenças como, por exemplo, em relação às áreas-alvo - no caso, terras do governo estadual, incluindo áreas de conservação estaduais e municipais. Outra diferença entre as atribuições dos diferentes níveis

de governo está na responsabilidade de concessão de autorizações de queimada, que é quase integralmente dos estados e municípios, com excepção das unidades de conservação federais, de responsabilidade do ICMBio.

A terceira diferença está na maior importância dada para acções de prevenção, especialmente àquelas vinculadas a políticas públicas agro-pecuárias, ambientais e de desenvolvimento rural. Isso significa actuar directamente nas causas da ameaça de incêndio, fomentando a utilização da terra que prescindia das queimadas. Isso tem sido feito com o suprimento de máquinas agrícolas e apoio técnico e financeiro a actividades e técnicas de menor impacto ambiental tais como pesca, extrativismo florestal e sistemas agro-florestais. Esta integração de prevenção de incêndios e programas de desenvolvimento tem sido praticada de maneira sistemática pelo governo do Acre, sudoeste da Amazônia brasileira, por meio dos programas de certificação de propriedades rurais, actualmente em finalização (Seaprof, 2017). Outros exemplos de programas estaduais para diminuição da ocorrência de incêndios florestais são o “plano de acção para prevenção e controle do desmatamento, queimadas e incêndios florestais” do Estado do Mato-Grosso, o “plano estadual de prevenção e controle, e combate às queimadas e incêndios florestais”, do estado do Acre e o “programa de protocolos regionais e municipais de prevenção e combate ao fogo”, do Estado do Tocantins.

Alguns governos estaduais e municipais disponibilizam tractores a comunidades de pequenos produtores geralmente localizadas em assentamentos agrários do Incra, o que pode vir ou não acompanhado de apoio financeiro para a compra de fertilizantes e para o transporte destes insumos à comunidade. Há pelo menos dois objectivos desta acção: promover a substituição de queimadas por tractores e aumentar a produtividade da pequena produção (Morello *et al.*, 2018b). Em Rio Branco, no Acre, a Secretaria de Agricultura e Floresta (Safra) tem como meta fornecer tractores e operadores para o preparo mecanizado de 800 hectares por ano, o que tem sido cumprido. Em 2015, 819,98 hectares foram preparados e um total de 964 famílias de pequenos agricultores atendidas. Tais números foram, em 2017, de 977,1 hectares e 848 famílias (Safra, 2015 e 2016). Nesse tipo de programa, o combustível dos tractores deve ser custeado pelos produtores. Iniciativa semelhante ocorre no município de Paragominas, no Estado do Pará, por meio do projecto “Terra Mecanizada” (SEMAGRI, 2017).

Há também iniciativas voltadas a desestimular as queimadas por meio de acções de “comando-e-controle”, as quais estabelecem um limite ao uso do fogo, fiscalizam o cumprimento do limite e aplicam sanções às transgressões. Quanto a isso, a ampliação da cobertura do Cadastro Ambiental Rural (CAR) tem possibilitado uma fiscalização mais precisa. Na região Norte do Brasil,

em que se concentra a maior parcela da Amazônia Legal, todos os imóveis rurais foram cadastrados (SFB, 2017). No Acre, a portaria normativa 004 de 2013 proíbe as queimadas, excepto para agricultores familiares, os quais podem queimar uma área de no máximo um hectare por ano. Tal norma decorreu da tentativa de proibir completamente as queimadas em 2012, o que mostrou ter um alto custo social por ameaçar a segurança alimentar dos agricultores familiares de subsistência. No estado do Mato Grosso, pelo menos desde 2015, queimadas rurais têm sido proibidas no período mais seco do ano, geralmente de 15 de Julho a meados de Outubro. Já queimadas urbanas são incondicionalmente proibidas (MT, 2015, 2016 e 2017).

É importante destacar outras iniciativas que buscam gerir o risco a partir de diferentes enfoques. As acções de assistência técnica e extensão rural desenvolvidas por órgãos estaduais como as Empresas de Assistência Técnica e Extensão Rural (EMATERs) são importantes vias de redução do custo de substituição das queimadas. Estes órgãos qualificam os pequenos produtores em práticas alternativas ao corte-e-queima, como sistemas agro-florestais e adubação verde, bem como ensejam outras alternativas para geração de renda, como a pesca, a extracção de produtos florestais não-madeireiros e a silvicultura. Outra acção que procura incentivar a redução das queimadas é atrelar o repasse de parte da receita gerada por um imposto federal, o ICMS, aos municípios, à redução comprovada de detecções de fogo, o que é realidade no estado do Tocantins desde 2013 (Tocantins, 2013).

O papel de ONGs e de institutos de pesquisa

A Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), em alguns casos em conjunto com organizações não-governamentais (ONGs), têm difundido práticas de cultivo agrícola que prescindem do uso de fogo sem, contudo, prescindir do recurso à vegetação secundária como principal fonte de nutrientes (pousio).

O programa “Tipitamba” da Embrapa disponibiliza a pequenos produtores uma alternativa de preparo da terra substituta à queimada. Tal alternativa foi elaborada como resultado de colaboração em pesquisa do início da década de 1990, o projecto SHIFT, que reuniu pesquisadores alemães das Universidades de *Göttingen* e *Bonn* e da EMBRAPA (Denich *et al.*, 2005). Trata-se de triturar, de maneira mecanizada, a vegetação de pousio. Isso é feito com um tractor especialmente desenhado para a tarefa, o qual corta e espalha os resíduos no solo, formando uma cobertura morta que é deixada para decompor e fertilizar a terra.

Técnicas manuais de preparo da terra, denominadas por “roça sem queimar”, também têm sido promovidas

tendo como alvo pequenos produtores e o cultivo de culturas anuais básicas (mandioca, feijão e milho) (Alves e Modesto Jr., 2009). A Fundação Viver, Produzir e Preservar (FPP), actuante na região da rodovia Transamazônica e do Xingu (Pará), têm promovido, desde 2000, duas modalidades de roça sem queimar (Serra, 2005). A primeira tem por objectivo conter o crescimento da vegetação secundária, minimizando a competição desta com as culturas agrícolas, mas sem, para isso, recorrer a fogo ou herbicidas. A contenção é biológica, feita com a introdução de plantas leguminosas de rápido crescimento, como a mucuna preta e o feijão de porco, ou perenes como a banana (Serra, 2005). Em 2011, a terceira fase do projecto “roça sem queimar” foi iniciada com apoio do Ministério do Meio Ambiente (Silva *et al.*, 2013). A segunda modalidade consiste na trituração manual da capoeira, um tipo de vegetação secundária composta por gramíneas.

Outras alternativas oferecidas pela Embrapa são o “sistema bragantino” e o “trio da produtividade”. Em ambos os casos são utilizadas, para substituir a queimada, técnicas agronómicas como o consórcio de culturas, o plantio de leguminosas, bem como a maximização da produtividade com base na selecção das melhores mudas, na definição do espaçamento de plantio e da sequência de capinas (Cravo, 2005 e Alves, 2007).

Os sistemas agroflorestais (SAFs) são outra iniciativa bastante difundida entre órgãos de pesquisa e desenvolvimento tecnológico, como a EMBRAPA, órgãos de assistência técnica, como a EMATER-PA e ONGs que realizam projectos de desenvolvimento rural e conservação com comunidades locais, como o IPAM e o Pesacre no Acre, além do Centro Internacional de Pesquisa em Agrosilvicultura (ICRAF, na sigla em inglês; ver Tomich, 2009). SAFs consistem no cultivo de “espécies lenhosas e não-lenhosas” (Pollini, 2009) de maneira integrada em uma mesma parcela de terra. Na prática, podem compreender culturas anuais, perenes, espécies arbóreas e criação de animais (Varela, 2009). Os SAFs prescindem das queimadas pois são instalados dentro das florestas sem intenção de suprimi-las e tanto a fertilização como a eliminação de plantas competidoras são feitas a partir do manejo da vegetação, com o aproveitamento de material orgânico. Acções também têm sido promovidas no sentido de garantir a continuidade desses projectos e programas. No Pará, em Santarém e em municípios contíguos, a ONG “Projeto Saúde e Alegria” pôde aprovar, junto ao IBAMA, a remuneração de residentes de Reserva Extrativas (RESEX) pelo plantio de árvores, na forma de venda de créditos de reposição florestal. Esta iniciativa foi concebida como um incentivo económico aos SAFs (PAS, 2015), que também têm sido promovidos com outras formas de estímulo pela ONG, como, por exemplo, a assistência técnica.

Dentre as diversas iniciativas realizadas, uma das alternativas livres de fogo para manejo de pastagens que recebeu mais apoio do governo brasileiro e de ONGs é o sistema de pastoreio *Voisin*. Trata-se de criar o gado em ambientes que combinam espécies forrageiras e arbóreas, combinando pasto e floresta. O método originalmente desenvolvido por André Voisin na década de 1970 (Melado, 2002) tem sido adaptado para os biomas brasileiros, como o Cerrado (savana), Pantanal e Amazônia (Melado, 2002). Assim como no caso dos SAFs, a queimada se torna desnecessária dado que o aproveitamento do adubo orgânico e as ervas daninhas são impedidas de crescer pelas espécies arbóreas. Esse sistema foi financiado pelos governos da Itália e do Brasil por meio do programa “Amazônia sem fogo”, que instalou em 1999-2008 múltiplas unidades demonstrativas (UDs) desse sistema em estabelecimentos localizados nos estados do Pará, Acre e Mato Grosso (Melado, 2015).

Uma amostra de outros programas com participação de ONGs e institutos de pesquisa é encontrada no QUADRO I. Existem acções de sensibilização em que se procura convencer os pequenos produtores quanto aos danos ambientais e sociais causados por queimadas e incêndios. É importante destacar que todos esses exemplos de acções realizadas por diferentes níveis de governo (federal, estadual e municipal), ONGs, órgãos de pesquisa, dentre outros parceiros, referem-se a actividades do quarto e quinto eixos do sistema de alerta, quais sejam, a capacidade de prevenção e de reacção ou resposta para gerir o risco, não somente a fim de reduzi-lo mas também evitar a sua amplificação.

Limites das acções atuais e desafios à gestão integrada de riscos

As acções governamentais e não-governamentais podem ser classificadas em função da influência exercida sobre componentes do risco e dos eixos de um sistema de monitoramento e alerta (QUADRO II). O levantamento e análise da pesquisa documental permitiu identificar que a maior parte das iniciativas se concentra na componente de ameaça. Além disso, a maior parte dessas acções se referem à capacidade de prevenção, e não somente à *capacidade de resposta*, razão pela qual o modelo conceitual proposto considera o elemento *capacidade de prevenção* como um dos eixos do alerta (fig. 1). As limitações são diversas e contemplam desde aspectos de falta de capacidade institucional para concessão de autorizações de queima controlada, falta de clareza quanto à instituição responsável pela gestão das brigadas de combate a incêndios, dificuldades para definição de critérios de selecção e priorização das populações a serem contempladas pelos programas de governo, além, é claro, da insuficiência de dados.

No tocante à insuficiência de dados, a complexidade do desafio varia conforme o tipo de actividade à qual se refere. O monitoramento de eventos de fogo, por exemplo, baseia-se em dados de baixa resolução espacial, posto que são oriundos de sensores a bordo de satélites. Este dado é utilizado pelo governo para monitoramento remoto, o que dificulta a identificação de potenciais responsáveis. Apesar da resolução espacial e geo-localização dos produtos satelitais estarem melhorando (Schroeder *et al.*, 2014), a resolução temporal, ou seja, a periodicidade de coleta de dados sobre o mesmo local ainda é insuficiente devido à constante presença de nuvens na região tropical (Arai *et al.*, 2015). Actualmente, o monitoramento do fogo é pouco utilizado para fiscalização. Sua principal aplicação é o planeamento do posicionamento das brigadas. No que tange à fiscalização *in situ*, trata-se de um expediente raramente adoptado para queimadas. Uma das razões para isso é a alta probabilidade de que tal fiscalização não dê resultados. O fogo é um fenómeno cuja relação entre causa e consequência não é directamente observada e, portanto, requer investigação. Esta particularidade fica bastante clara quando se considera o caso de uma perturbação ambiental alternativa, o desmatamento. A observação do desmatamento no interior de uma propriedade fundiária é evidência suficiente para identificar o proprietário como culpado. Porém, o mesmo não se aplica ao fogo, dada a possibilidade de deslocamento do fenómeno por força de factores não controláveis como direcção e velocidade do vento, temperatura e umidade do ar. Deste modo, a detecção de área queimada não se traduziria em autuação do proprietário, mesmo no caso em que este não possuísse a autorização cabível. Neste caso, o custo de deslocamento da equipe de fiscalização seria perdido. Deve também ser destacada a ausência de sistemas de monitoramento adequados em quase metade dos estados da Amazônia Legal, o que denota mais um aspecto de vulnerabilidade institucional (Wilches-Chaux, 1993). O comité estadual, um fórum permanente de discussão sobre prevenção e controle de incêndios do qual participam instituições estaduais governamentais e não-governamentais, está presente em cinco das nove Unidades da Federação da Amazônia Legal. Apenas quatro delas possuem uma sala de situação para o monitoramento em tempo real da dinâmica do fogo. Estas salas funcionam prioritariamente na estação seca do ano, orientando a acção dos brigadistas no campo. Isto demonstra a vulnerabilidade presente no segundo eixo do sistema de alerta de risco, qual seja, o monitoramento.

Outra limitação se refere à solicitação de concessão de autorizações de queima controlada (Carmenta *et al.*, 2013), sendo raras as acções de fiscalização do Ibama voltadas especificamente a queimadas (Ibama-PA, 2015), ao que se acrescenta o fato de que boa parte dos

QUADRO I - Programas voltados à redução de queimadas e controle de incêndios, com participação de organizações não-governamentais e institutos de pesquisa.

TABLE I - National programmes on reducing burning and on controlling wildfires with participation of non-government organizations and research institutes.

Programa	Instituições	Ações desenvolvidas	Cobertura	Principais limitações
Bom manejo do fogo Duração: 1994-2000	Implementação: Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia (IPAM) Financiamento: USAID, governo federal	Documentar a sabedoria dos agricultores procurando identificar boas práticas Ações de sensibilização (riscos e danos de incêndios, legislação ambiental (autorizações de queima controlada)) Oficinas de controle e combate a incêndios	Foco social: pequenos agricultores Cobertura: municípios de Paragominas, Belterra e Marabá (Estado do Pará)	Falta de apoio técnico e financeiro perene às comunidades (Costa, 2006) Pedido de apoio das comunidades para mecanizar o preparo da terra não foi atendido (Costa, 2006)
PROTEGER (Projeto de mobilização e capacitação de agricultores familiares, extrativistas e indígenas para a prevenção de incêndios florestais na Amazônia) Duração: Jul 1998 a Jul 1999	Implementação: sindicatos estaduais de trabalhadores da agricultura e sindicatos municipais de trabalhadores rurais; Financiamento: USAID	Ações de sensibilização (riscos e danos de incêndios, legislação ambiental (autorizações de queima controlada)) Disseminação de informação sobre controle de fogo e técnicas de combate Oficinas de combate a incêndios	Foco social: pequenos agricultores Cobertura: 322 municípios da Amazônia, 400 cursos, 21 experiências de manejo da terra sem fogo, 225 monitores qualificados e 12 mil líderes comunitários treinados, 225 brigadas de incêndio comunitárias criadas	Curta duração (Sauer, 2002) Caráter emergencial (Sauer, 2002) Ausência de orçamento próprio (Sauer, 2002) Equipamentos de combate a incêndios foram entregues parcialmente e tarde demais para as comunidades (Costa, 2006)
Amazônia sem fogo Duração: 1998-2008	Implementação: Ministério do Meio Ambiente, governos estaduais Financiamento: Itália (Ministério das relações exteriores)	Oficinas de controle e combate Oficinas de sistemas agroflorestais e manejo sustentável de pastagens Educação ambiental Treinamento de brigadas voluntárias de combate de incêndios Estabelecimento de protocolos municipais ("compromissos coletivos de responsabilidade quanto ao uso do fogo") (Melado, 2011); Instalação de unidades demonstrativas de alternativas ao uso do fogo.	Foco social: principalmente pequenos agricultores, mas médios e grandes proprietários de terra também foram contemplados. Cobertura: área de 779.084 km ² dos estados do Acre, Mato Grosso e Pará, 146 municípios, 60 protocolos municipais assinados, 16 técnicos trabalharam no programa e 400 multiplicadores foram formados (Melado, 2011).	Não foi possível encontrar uma avaliação do programa.
Fogo, Emergência Crônica Duração: 1999-2002	Implementação: Amigos da Terra (ONG) Financiamento: Itália (Ministério das relações exteriores)	Ações de sensibilização (riscos e danos de incêndios, legislação ambiental (autorizações de queima controlada)) Oficinas de controle e combate Apoio à prestação de serviços de saúde (principalmente relacionadas com doenças pulmonares causadas pelo fogo)	Foco social: agropecuaristas em geral, incluindo grandes pecuaristas. Madeiros também foram contactados. Cobertura: 40 municípios da Amazônia brasileira, 50 mil famílias, 200 oficinas.	Falta de apoio técnico e financeiro perene às comunidades (Costa, 2006)
PROTEGER II Duração: Maio 2001-2004	Implementação: sindicatos estaduais e municipais de trabalhadores rurais e ONGs Financiamento: Europa via Banco Mundial (PPG7), BIRD, Ministério do Meio Ambiente, sindicatos	Disseminação de informação sobre legislação ambiental, práticas agropecuárias livres de fogo e ação coletiva Oficinas de combate a incêndios	Foco social: pequenos agricultores, povos indígenas e tradicionais Cobertura: oito dos nove estados da Amazônia	Oferta insuficiente e inadequada de informações sobre práticas livres de fogo (Costa, 2006) Apenas 4% do orçamento do projeto foi direcionado para práticas livres de fogo (documentação e disseminação) (Costa, 2006) Falta de apoio técnico e financeiro perene às comunidades (Costa, 2006) Pedido de apoio das comunidades para mecanizar o preparo da terra não foi atendido (Costa, 2006)
Promanejo Duração: 2001-2004	Implementação: Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia (IPAM) e Ibama Financiamento: Países europeus via Banco Mundial (PPG7)	Ações de sensibilização (riscos e danos de incêndios, legislação ambiental (autorizações de queima controlada)) Oficinas de controle de queimadas e combate de incêndios Documentação de práticas de controle de fogo utilizadas pelos agricultores Estabelecer acordos (arranjos institucionais) em torno de práticas de controle de fogo	Área protegida do Tapajós (FLONA), Santarém, Pará, habitada por pequenos agricultores. 18 comunidades e 450 famílias foram contempladas.	Não foram estabelecidos sistemas de monitoramento do cumprimento dos acordos, de sancionamento do descumprimento e nem mesmo arenas para a resolução de conflitos (Souza, 2009). Não foi possível obter recursos para manter as ações após o término do projeto (Souza, 2009). As discussões acerca dos acordos e de práticas de uso e controle de fogo ficaram circunscritas às famílias participantes e tornaram-se cada vez menos frequentes (Souza, 2009).

QUADRO II - Exemplos de acções governamentais, sua relação com a componente de risco e eixo do sistema de alerta, e suas limitações.

TABLE II - Examples of government action, its relationship with the risk warning system and its limitations.

Ação	Instituição	Componente do risco	Eixo do sistema de alerta	Limitações
Monitoramento de eventos de fogo (remoto e <i>in situ</i>)	Governo: federal	Ameaça: ignição	Conhecimento do risco, monitoramento e alerta	Remoto: baixa resolução espacial de satélites (1 km ²) ou falta de produtos operacionais de quantificação de área afetada por fogo; baixa qualidade dos dados de delimitação de propriedades rurais (CAR - Cadastro Ambiental Rural): as incertezas de ambos produtos dificultam a identificação dos potenciais responsáveis; <i>In situ</i> : escassez de operações de fiscalização específica para queimadas
Concessão de autorizações de queima controlada	Governo: estadual e municipal	Ameaça: ignição	Capacidade de prevenção	Insuficiência institucional para concessão de autorizações
Abertura e manutenção de aceiros	Governo: federal	Vulnerabilidade	Capacidade de prevenção	A oferta de aceiros está aquém da demanda. Há carência de suporte em abertura e manutenção de aceiros às comunidades de pequenos produtores e povos tradicionais
Difusão de práticas agro-pecuárias livres de fogo: roça sem queima, adubação verde, sistemas agro-florestais, preparo mecanizado da terra.	Governo: todos os níveis; terceiro sector; instituições de pesquisa	Ameaça: ignição	Capacidade de prevenção	Crterios de priorização e selecção de contemplados não são de conhecimento geral, o mesmo sendo verdadeiro para indicadores de desempenho dos programas
Difusão de actividades económicas livres de fogo: pesca, silvicultura, extracção de produtos florestais não-madeireiros	Governo: todos os níveis; terceiro sector	Ameaça: ignição	Capacidade de prevenção	Crterios de priorização e selecção de contemplados não são de conhecimento geral, o mesmo sendo verdadeiro para indicadores de desempenho dos programas
Ações educativas	Governo: todos os níveis	Capacidade	Capacidade de prevenção	Recomendações contrastam com problemas práticos enfrentados pelos usuários de fogo
Brigadas de combate a incêndios	Governo: federal e estadual	Capacidade	Capacidade de reacção e resposta	Escassez de brigadas especialmente treinadas para combater incêndios florestais em muitos estados. Falta de clareza quanto à instituição responsável (devido à heterogeneidade estadual quanto à categoria de instituição responsável e à rotatividade)

governos estaduais e municipais não realizam nenhuma das duas funções, nem concessão, nem fiscalização. O resultado disso é um número considerável de queimadas realizadas sem a devida autorização, aumentando o risco de desastres. Baseado nas observações dos autores deste artigo, nota-se que no estado do Acre o comprometimento do governo com a redução das queimadas e incêndios é bastante superior à média para a Amazônia e mesmo Brasil. Mesmo assim, em 2015, as queimadas detectadas em um raio de 100 km do centro de Rio Branco - capital do Estado - corresponderam à 14 % do território estadual,

e somaram uma área 168 vezes superior à área total de queimadas autorizadas em todo o estado (Morello *et al.*, *em desenvolvimento*). Dentre as múltiplas razões para uma taxa minoritária de queimadas legais está a falta de estrutura institucional de governos estaduais e municipais para prover autorizações e altos custos de transacção para os solicitantes, com destaque para a necessidade de apresentar documentos que comprovem posse da terra e deslocar-se até às áreas urbanas em que se encontram os órgãos ou secretarias de meio ambiente. A escassez de fiscalização é também uma das explicações para a baixa

taxa de queimadas legais. Pelo menos quatro das nove unidades da federação (UFs) da Amazônia Legal parecem ter capacidade de actuação limitada.

Outra limitação se refere às condições para cumprimento da lei. Segundo a legislação brasileira (Steil, 2009, p. 8), é necessário estabelecer um aceiro de 3 metros isolando a área queimada, limite que passa a 6 metros no caso em que estão em risco áreas de conservação compulsória (reserva legal e áreas de proteção permanente). Dado o grau extenuante do trabalho de remoção de material combustível, a construção do aceiro é geralmente feita com tratores. Tais máquinas não são acessíveis para pequenos produtores, povos indígenas e tradicionais, e com isso acaba-se tendo uma baixa taxa de aceiros dentro das especificações legais (Carvalho, 2004, p. 157). O apoio do governo se mostra necessário e de fato trata-se de uma das frentes de ação do Prevfogo (Prevfogo, 2017). Porém, o próprio Prevfogo reconhece que, na prática, este apoio é limitado (Prevfogo, 2014).

Um exemplo da difusão de práticas agropecuárias e atividades econômicas livres de fogo refere-se ao programa de piscicultura adotado pelo Estado do Acre, que visa além da diminuição do uso e dependência do fogo garantir a segurança alimentar. Foi feito um grande investimento na aquicultura, com construção de tanques para criação de peixes em propriedades de pequeno porte, bem como qualificação dos proprietários e doação de insumos. Além disso houve todo um esforço na criação de um mercado consumidor para a produção pesqueira, em que hoje parte é exportada para mercados internacionais e parte atende o consumo interno do país. Outras atividades, como a extração de produtos florestais não-madeireiros, como castanha e borracha, também foram apoiadas, bem como sistemas agroflorestais e adubação verde com leguminosas. Contudo, algumas comunidades dependentes de fogo não foram contempladas, conforme revela trabalho de campo realizado pelos autores em 2016 e 2017, o mesmo sendo observado em outros estados da Amazônia, como o Pará (Morello *et al.*, 2018b). Porém, é claro que um orçamento estadual seria insuficiente para contemplar todos os usuários de fogo, sendo, pois, esperada a preterição de alguns em função da necessidade de priorização. O que cabe destacar é que os critérios de priorização e seleção de contemplados muitas vezes não chegam a conhecimento de todos, criando a percepção de ausência de apoio governamental. Esta falha de comunicação revela a fragilidade de dois dos componentes de um sistema de alerta, o da capacidade de prevenção e de comunicação. Em complemento, também há escassez de informações quanto à taxa de contemplação e os resultados obtidos pelos programas de difusão. De fato, o monitoramento de tais programas, especialmente no que tange à geração de indicadores quantitativos, pode ser consideravelmente aprimorado. Isso é crucial para se ter uma apreciação precisa da

capacidade de prevenção e de resposta. Uma proxy para a difusão das alternativas ao fogo é a difusão da assistência técnica e extensão rural, serviço imprescindível para uma adoção bem-sucedida e duradoura das alternativas. A oferta de assistência técnica é inferior à demanda nos estados do Pará (PA) e Acre (AC), e provavelmente em outras localidades do país. Atualmente, a Emater-PA dispõe de um contingente de técnicos de campo suficiente para atender apenas 1/8 das unidades (famílias) de agricultura familiar do estado (Emater, 2015a). O déficit de técnicos também ocorre na escala microrregional (Emater, 2015b). Adicionalmente, os técnicos disponíveis têm sua área de atendimento limitada pela baixa disponibilidade de estradas de qualidade mínima (Emater, 2015b). No Acre, o coeficiente de técnicos extensionistas por famílias de pequenos agricultores é de 1/350, consideravelmente inferior ao número visto como ideal, de 1 técnico / 80 famílias (Seaprof, 2017).

Segundo Costa (2004), uma das principais limitações das ações educativas está no caráter “professoral”, em que se procura convencer os usuários do fogo de que eles ou adotam práticas incorretas ou deixam de adotar práticas corretas. Contudo, a escolha das práticas é feita em função de condições específicas, locais, ambientais e socioeconômicas, e, portanto, decorrem de uma racionalidade pragmática em que os meios disponíveis são adaptados a fins imediatos (muitas vezes para a subsistência). Esta discordância entre as recomendações “prontas” que constam nas cartilhas ou palestras, e os problemas práticos dos usuários de fogo, limita consideravelmente a eficiência das ações educativas, previstas no terceiro eixo do sistema de alerta e de gestão dos riscos e de desastres - comunicação e educação. Outro ponto pertinente refere-se a uma deficiência no ensino das escolas rurais sobre as ameaças e vulnerabilidades do uso do fogo. Essa deficiência ocorre também nas escolas urbanas que são localizadas em áreas de risco. Atualmente no Brasil existe um projecto educativo voltado para escolas de ensino fundamental e médio localizados nas áreas de risco (projeto Cemaden-Educação), mas a falta de apoio e uma estrutura do próprio Ministério da Educação faz com que este tipo de iniciativa não ganhe escala (Cemaden, 2017). Actualmente existem seis escolas do Estado do Acre registradas no projecto, e as atividades propostas já estão sendo executadas em mais uma escola, e também em escolas da região do Pando (Bolívia) e Madre de Dios (Perú), dada a relação criada entre instituições desta região tri-fonteiriça visando diminuir os riscos e impactos de desastres (MAPIENSE, 2008).

Outra limitação, concernente ao eixo de capacidade de resposta, refere-se à baixa cobertura territorial das brigadas de incêndios florestais. Havia, em 2015, 29 brigadas do Prevfogo na Amazônia Legal, posicionadas em 44 áreas federais, compreendendo assentamentos rurais do Incra e terras indígenas da Funai. A extensão

completa atendida correspondeu a 159.872 km² ou 3,19 % da Amazônia Legal (Prevfogo, 2015a). As unidades de conservação, de responsabilidade do ICMBio, e que também possuem brigadas, correspondem a 71.299 km² ou 1,42 % da Amazônia Legal (Prevfogo, 2015). Durante a crise dos incêndios florestais no Estado do Acre em 2005 (Brown *et al.*, 2006), estimou-se que um total de 400 brigadistas foram ativados, juntando-se as forças municipais, estaduais e federais. No entanto, estimou-se uma área afetada por incêndios na ordem de 500,000 hectares, o que sugere que cada brigadista seria responsável por cerca de 1,000 hectares durante a crise (Brown *et al.*, 2011). No restante da Amazônia Legal, aproximadamente 4,75 milhões de km², a prevenção e o combate a incêndios são de responsabilidade dos governos estaduais e municipais. No entanto, as experiências em pesquisas de campo realizadas pelos autores deste artigo têm revelado que, na prática, poucos lugares possuem brigadas especialmente treinadas para enfrentar incêndios florestais, sendo que essas brigadas são insuficientes em termos de contingente, e isso é ainda mais dramático no nível municipal.

Outro ponto importante a ser discutido refere-se à atribuição de responsabilidades de órgãos estaduais e municipais quanto à prevenção e o combate a incêndios florestais. Uma das vulnerabilidades do sistema brasileiro refere-se à rotatividade da responsabilidade sobre estas ações no nível estadual. Por exemplo, no Estado do Mato Grosso houve mudanças entre a responsabilidade da Defesa Civil ou do Corpo de Bombeiros Militar em atuar na área de combate a incêndios. No Estado do Acre, esta responsabilidade é do Batalhão de Policiamento Ambiental. No Estado de Minas Gerais, esta responsabilidade é do Instituto Estadual de Florestas em parceria com o Corpo de Bombeiros Militar. Esta heterogeneidade estadual quanto à categoria de instituição responsável dificulta a criação de um sistema nacional integrado.

Conclusões e recomendações

A gestão integrada de risco precisa contemplar as limitações e desafios nas diversas políticas públicas e de comunicação entre órgãos federais, estaduais e municipais que têm vínculos com este tema, tornando-o intersetorial. Há muitas oportunidades para aprimorar as ações de prevenção e combate a incêndios florestais, bem como as ações de gestão de risco de desastres associados a eles. Este aprimoramento é cada vez mais necessário dado o aumento, nos últimos 14 anos, da frequência e de intensidade de secas extremas (Li *et al.*, 2006; Cox *et al.*, 2008). Para além dessa ameaça, as dimensões de vulnerabilidade que compõem o risco de desastres associados a incêndios florestais são complexas e diversas, apresentando feições que envolvem fatores econômicos, políticos, institucionais.

O principal ponto abordado neste artigo refere-se à subestimativa do risco de incêndios florestais no Brasil, que se revela, em parte, nas fragilidades identificadas em cada um dos eixos do sistema de alerta e de gestão dos riscos e de desastres aqui proposto. A própria mensuração do impacto é subestimada devido à falta de um sistema integrado que vise catalogar os impactos diretos e perdas econômicas associadas a incêndios florestais. Mesmo que tais incêndios não ganhem proporções catastróficas, como ocorreu em 1998, 2005, 2010 e 2015/16, eles impõem danos relevantes na escala individual, a pequenos e grandes produtores, a povos tradicionais e ecossistemas e seus serviços ambientais.

A lição a ser retirada desses desastres é que é necessário, em primeiro lugar, desmistificar a queimada, de modo a evitar que a mesma se transforme em um tabu por conta da criminalização indevida. Em segundo lugar, envolver comunidades e governos em estratégias conjuntas de gestão de risco, expor as causas e consequências das queimadas, dialogar sobre os cenários de mudanças climáticas e ambientais para compreender e planejar sobre formas de lidar com o risco de incêndios florestais. Estas recomendações precisam ser acompanhadas de medidas que permitam melhorar a capacidade de prever secas extremas e suas consequências, bem como melhorar a capacidade de ação de governos e comunidades. Para que todos estes fatores ocorram, propusemos aqui uma estrutura de um modelo conceitual de um sistema de gestão de risco e de alertas de incêndios florestais, a fim de integrar ações de órgãos públicos federais e estaduais de pesquisa e monitoramento, com órgãos estaduais e municipais de educação, comunicação e capacidades de prevenção e resposta.

Referências bibliográficas

- Alves, R. N. B., Júnior, M., & Andrade, A. D. S. (2007). *O Trio da Produtividade na Cultura da Mandioca - Estudo de caso de adoção de tecnologias na região no Baixo Tocantins*. Disponível em: http://www.cnpma.embrapa.br/boaspraticas/download/Trio_Produtividade_Cultura_Mandioca.pdf
- Amazon fire synthesis workshop. April 18-21st (2017). Co-organizers: Workshop co-organizers: Jim Randerson, Paulo Brando, Douglas Morton. Local: Brasília Palace Hotel, Brasília. Link para documentos: <https://drive.google.com/drive/folders/0BwwG0riXwuQvcV9fYW95VU5Qa1E>
- Amiro, B. D., Logan, K. A., Wotton, B. M., Flannigan, M. D., Todd, J. B., Stocks, B. J., & Martell, D. L. (2004). Fire weather index system components for large fires in the Canadian boreal forest. *International Journal of Wildland Fire* 13(4), 391-400. DOI: <https://doi.org/10.1071/WF03066>

- Anderson, L. O., Yamamoto, M., Cunningham, C., Fonseca, M. G., Kirsten, L., Pimentel, A., Brown, F., Silva Junior, C. H., Lopes, E., Moreira, D., Salazar, N., Andere, L., Rosan, T. M., Reis, V., Aragão, L. E. O. C. (2017). Utilização de dados orbitais de focos de calor para caracterização de riscos de incêndios florestais e priorização de áreas para a tomada de decisão. *Revista Brasileira de Cartografia*, n.69/1, 163-177.
- Anderson, L. O., Aragão, L. E. O. C., Gloor, M., Arai, E., Adami, M., Saatchi, S., Malhi, Y., Shimabukuro, Y., Barlow, J., Berenguer, E., Duarte, V. (2015) Disentangling the contribution of multiple land covers to fire-mediated carbon emission in Amazonia during the 2010 drought. *Global Biogeochemical Cycles*, 28. DOI: <https://doi.org/10.1002/2014GB005008>
- Aragão, L. E. O. C., Malhi, Y., Roman-Cuesta, R. M., Saatchi, S., Anderson, L. O., Shimabukuro, Y. E. (2007) Spatial patterns and fire response of recent Amazonian droughts. *Geophysical Research Letters*, v. 34, DOI: <https://doi.org/10.1029/2006GL028946>
- Aragão, L. E. O. C., Anderson, L.O., Fonseca, M. G., Rosan, T. M., Vedovato, L., Wagner, F., Silva, C., Júnior, C., Arai, E., Aguiar, A. P., Narlow, J., Berenguer, E., Deeter, M., Domingues, L., Gatti, L., Gloor, M., Malhi, Y., Marengo, J., Miller, J., Phillips, O., Saatchi, S. (2018). 21st Century drought-related fires counteract the decline of Amazon deforestation carbon emissions. *Nature Communications*, 9, 536. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41467-017-02771-y>
- Aragão, L. E. O. C., Malhi, Y., Barbier, N., Lima, A., Shimabukuro, Y., Anderson, L. O., Saatchi, S. (2008) Interactions between rainfall, deforestation and fires during recent years in the Brazilian Amazonia. *Philosophical Transactions - Royal Society. Biological Sciences*, v. 363, 1779-1785. DOI: <https://doi.org/10.1098/rstb.2007.0026>
- Arai, E., Anderson, L.O., Shimabukuro, Y.E., Adami, M., Duarte, V., Aragão, L.E.O.C. (2015). Avaliação da cobertura de nuvens e cobertura de dados MODIS sobre a Amazônia nos anos de extremos climáticos de 2009 e 2010. Anais XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, João Pessoa-PB, Brasil, 25 a 29 de abril de 2015, INPE. Disponível em: <http://marte2.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/marte2/2015/06.15.15.31.13/doc/p0733.pdf>
- Atwood, Elizabeth C., Englhart, Sandra, Lorenz, Eckehard, Halle, Winfried, Wiedemann, Werner, Siegert, Florian (2016). Detection and Characterization of Low Temperature Peat Fires during the 2015 Fire Catastrophe in Indonesia Using a New High-Sensitivity Fire Monitoring Satellite Sensor (FireBird). PLOS ONE. Disponível em: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0159410>
- Basher, Reid (2006). Global early warning systems for natural hazards: Systematic and people-centred. *Philosophical Transactions. Series A, Mathematical, Physical, and Engineering Sciences* 364, 1845, 2167-2182.
- Braman, L. M., van Aalst, M. K., Mason, S. J., Suarez, P., Ait-Chellouche, Y. and Tall, A. (2013). Climate forecasts in disaster management: Red Cross flood operations in West Africa, 2008. *Disasters*, 37, 144-164. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1467-7717.2012.01297.x>
- Brown, F. (2006). Monitoring fires in southwestern Amazonia rain forest. *EOS Transactions of the American Geophysical Union*. 2006, v.87, n.26, 253-264.
- Brown, F., Santos, G., Pires, F., da Costa, C. (2011). "World Resources Report Case Study. Brazil: Drought and Fire Response in the Amazon". World Resources Report, Washington DC. Available online at <http://www.worldresourcesreport.org>
- Camia, A., Durrant, T., San-Miguel-Ayanz, Jesús (2014). The European Fire Database Technical specifications and data. *Executive report*. ISBN 978-92-79-35929-3, ISSN 1831-9424. DOI: <https://doi.org/10.2788/2175>
- Carmenta, R., Vermeulen, S., Parry, L., & Barlow, J. (2013). Shifting cultivation and fire policy: insights from the Brazilian Amazon. *Human ecology*, 41(4), 603-614.
- Carvalho, A., Flannigan, M. D., Logan, K., Miranda, A. I., Borrego, C. (2008). Fire activity in Portugal and its relationship to weather and the Canadian Fire Weather Index System. *International Journal of Wildland Fire* 17(3), 328-338. DOI: <https://doi.org/10.1071/WF07014>
- Carvalho, A. S., Rosário, F. (2018) Gone with the Fire: How Family Physicians in Central Portugal Experienced the Aftermath of the Great Fire of October 15, 2017. *Acta Med Port* 2018 Jan,31(1), 7-8. DOI: <https://doi.org/10.20344/amp.10178>
- Carvalho, K. (2004). *Community fire management in the Maraba region, Brazilian Amazonia* (Doctoral dissertation, University of Florida).
- Ceccato, P., Cressman, K., Giannini, A., Trzaska, S. (2007). The desert locust upsurge in West Africa (2003 - 2005): information on the desert locust early warning system, and the prospects for seasonal climate forecasting. *Int J Pest Manag* 53, 7-13.
- Cemaden (2017). Cemaden Educação. <http://educacao.cemaden.gov.br/>
- Chuvieco, E., Aguado, I., Yebra, M., Nieto, H., Salas, J., Martín, M. P., Vilar, L., Martínez, J., Martín, S., Ibarra, P., de la Riva, J., Baeza, J., Rodríguez, F., Molina, J. R., Herrera, M. A., Zamora, R. (2010). Development

- of a framework for fire risk assessment using remote sensing and geographic information system technologies. *Ecological Modelling* 221, 46e58.
- Costa, L. M. (2006). *Comunicação & Meio ambiente: A análise das campanhas de prevenção a incêndios florestais na Amazônia*. Belém-NAEA.
- Costa, M. S. S., Melo, L. O. (2018). Dinâmica da regeneração natural após manejo e incêndio em área da floresta nacional do Tapajós. *Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais*, 9 (6).
- Cox, P. M., Harris, P. P., Huntingford, C., Betts, R. A., Collins, M., Jones, C. D., Jupp, T. E., Marengo, J. A., Nobre, C. A. (2008). Increasing risk of Amazonian drought due to decreasing aerosol pollution. *Nature* 453, 212-216.
- Cunningham, C., Anderson, L. O., Brown, F., Reis, V. (2017). Sub-Seasonal to Seasonal Climate Characteristics Associated to the 2005 Fires in the Acre State. *Revista Brasileira de Cartografia*, n.69/4, 791-805, 2017.
- Cravo (2005). *Sistema Bragantino: agricultura sustentável para a Amazônia*. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental.
- Denich, M., Vlek, P. L., de Abreu Sá, T. D., Vielhauer, K., & Lücke, W. (2005). A concept for the development of fire-free fallow management in the Eastern Amazon, Brazil. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 110(1), 43-58.
- Davies, D.K., Vosloo, H.F., Vannan, S.S., Frost, P. E. (2008). Near real-time fire alert system in South Africa: from desktop to mobile service. Proceedings of the 7th ACM conference on Designing interactive systems, 315-322.
- Davies, D.K., Ilavajhala, S., Wong, M.M, Justice, C.O. (2009). Fire Information for Resource Management System: Archiving and Distributing MODIS Active Fire Data. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*. DOI: <https://doi.org/10.1109/TGRS.2008.2002076>
- Edgeley, C. M., & Paveglio, T. B. (2016). Influences on stakeholder support for a wildfire early warning system in a UK protected area. *Environmental Hazards*, 15(4), 327-342. DOI: <http://doi.org/10.1080/17477891.2016.1209155>
- Emater (2015a) Entrevista semiestruturada com extensionista senior da unidade de Belém.
- Emater(2015b) Entrevista semiestruturada com supervisores regionais da unidade de Santarém.
- Flynn, L. P., Wright, R., Garbeil, H., Harris, A., & Pilger, E. (2002). A Global Thermal Alert System Using MODIS: Initial Results from 2000-2001. *Advances in Environmental Monitoring and Modelling*, Vol. 1 No. 1 (2002), 37-60.
- Fonseca, M. G., Aragão, L., Lima, A., Shimabukuro, Y., Arai, E., Anderson, L. O. (2016). Modelling fire probability in the Brazilian Amazon using the Maximum Entropy method'. *International Journal of Wildland Fire*. DOI: <http://dx.doi.org/10.1071/WF15216>
- Garcia, C., Fearnley, C. (2012). Evaluating critical links in early warning systems for natural hazards. *Environmental Hazards* 11, 2, 123-137.
- Gill, A. M. (2005). Landscape fires as social disasters: An overview of 'the bushfire problem. *Environmental Hazards*, 6(2), 65-80. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.hazards.2005.10.005>
- IBAMA-PA (2015). Comunicação pessoal, com o superintendente substituto do IBAMA no estado do Pará, Março de 2015.
- IPAM (2014) Projeto Assentamentos Sustentáveis na Amazônia promove curso de capacitação em pastagem ecológica. Fonte: www.ipam.org.br
- IPCC (2012). Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation. *A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Field, C. B., V. Barros, T. F. Stocker, D. Qin, D. Dokken, K. L. Ebi, M. D. Mastrandrea, K. J. Mach, G. K. Plattner, S. K. Allen, M. Tignor, and P. M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, UK, and New York, NY, USA, 582 p.
- Júnior, N. N. P., Murrieta, R. S. S., Adams, C. (2008). A agricultura de corte e queima: um sistema em transformação. *Bol. Mus. Para. Emilio Goeldi Cienc. Hum.* v.3 n.2. Disponível em: http://scielo.iec.gov.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1981-81222008000200003
- Kang, B., & Choo, H. (2016). A deep-learning-based emergency alert system. *ICT Express* 2, 67-70.
- Kelman, I., Glantz, M. (2014). Early warning systems defined. In: Z. Zommers, A. Singh (Eds.). *Reducing disaster: Early warning systems for climate change* (p. 89-108). Dordrecht: Springer.
- Landis, M. S., Edgerton, E. S., White, E. M., Wentworth, G. R., Sullivan, A. P., Dillner, Ann M. (2017). The impact of the 2016 Fort McMurray Horse River Wildfire on ambient air pollution levels in the Athabasca Oil Sands Region, Alberta, Canada. *Science of The Total Environment*. ISSN 0048-9697. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.10.008>
- LaVell, A. (1993). Ciencias Sociales y Desastres Naturales en America Latina: un encuentro inconcluso. In: Andrew Maskrey (Ed.), *Los desastres no son naturales* (p.111-125). Panamá: *Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina*.

- Lavell, A., Maskrey, A. (2014). The future of disaster risk management. *Environmental Hazards*, 13, 4, 267-280.
- Li W.H, Fu, R., Dickinson, R. E. (2006). Rainfall and its seasonality over the Amazon in the 21st century as assessed by the coupled models for the IPCC AR4. *J. Geophys. Res. Atmos.* 111.
- Lourenço, L. (2018). Incêndios florestais em Portugal continental fora do período crítico, estudados numa tese que fornece importantes contributos para o seu conhecimento. *Territorium*, 25 (I), 151-154. DOI: https://doi.org/10.14195/1647-7723_25-1_13
- Lourenço, L. (2007). Incêndios florestais de 2003 e 2005. Tão perto no tempo e já tão longe na memória. Riscos Ambientais e Formação de Professores (Actas das VI Jornadas Nacionais do Prosepe), *Colectânea Cindinicas VII*, Núcleo de Investigação Científica de Incêndios Florestais, Faculdade de Letras da Universidade de Coimbra, 19-91. Disponível em: <http://www.nicif.pt/estudos%20cindinicos%207.htm>
- Lourenço, L. e Lopes, N. C. (2004). Incêndios Florestais, consequência e razão de ser de novas Mudanças Globais, *GeolNova*, Lisboa, n.º 9, “Ambiente e Mudanças Globais”, 45-64.
- Lowe, R., Bailey, T. C., Stephenson, D. B., Graham, R. J., Coelho, C. A. S., Sá Carvalho, M., & Barcellos, C. (2011). Spatio-temporal modelling of climate-sensitive disease risk: Towards an early warning system for dengue in Brazil. *Computers and Geosciences*, 37(3), 371-381. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cageo.2010.01.008>
- MAPIENSE (2008). Programa integrado para o desenvolvimento sustentável da Amazônia ocidental. MAPIENSE, 1(1). Disponível em: http://www.herencia.org.bo/webdocs/publicaciones/mapiense_1.pdf
- Marchezini, V. (2015). Redução de vulnerabilidade a desastres: dimensões políticas, científicas e socioeconômicas. *WATERLAT-GOBACIT Network Working Papers*, 2, 17, 82-102.
- Marchezini, V., Trajber, R.Olivato, D.a, Muñoz, V. A., Pereira, F. de A., Luz, A. E. O. (2017). Participatory Early Warning Systems: Youth, Citizen Science, and Intergenerational Dialogues on Disaster Risk Reduction in Brazil. *International Journal of Disaster Risk Science*. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13753-017-0150-9>
- Martins, A. F. (1940). *O esforço do homem na bacia do Mondego. Ensaio geográfico*. Coimbra, 299 p.
- Melado, J. (2002). Pastagens ecológicas: o habitat natural do bovino orgânico. *I Conferência Virtual Global sobre Produção Orgânica de Bovinos de Corte*. Anais. 2002.
- Melado, J. (2015). Engenheiro agrônomo, consultor e desenvolver de projetos de manejo sustentável de pastagens, divulgador do método Voisin. Entrevista realizada por telefone em Março de 2015.
- Morello, T. F., Parry, L., Markusson, N., Barlow, J. (2017a). Policy instruments to control Amazon fires: A simulation approach. *Ecological Economics*, 138, 199-222. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2017.03.043>
- Morello, T. F., Ramos, R., Steil, L., Parry, L., Barlow, J., Markusson, N., Ferreira, A. (2017b). Fires in Brazilian Amazon: why does policy have a limited impact? *Ambiente & Sociedade*, 20 (4). DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1809-4422asoc0232r1v2042017>
- Morello, T. F., Ramos, R. M., Anderson, L. O., Rosan, T. M., Steil, L. (2018a). Predicting Amazon Fires For Policy Making, Anais do XLIV Encontro Nacional de Economia [Proceedings of the 44th Brazilian Economics Meeting] 184, ANPEC - Associação Nacional dos Centros de Pós-Graduação em Economia [Brazilian Association of Graduate Programs in Economics].Disponível em: https://www.anpec.org.br/encontro/2016/submissao/files_1/i11-3b68242e7c3a5a3a7f24ce256c5d517c.pdf
- Morello, T. F., Piketty, A. G., Gardner, T., Parry, L., Barlow, J., Ferreira, J., Tancredif, N. S. (2018b). Fertilizer Adoption by Smallholders in the Brazilian Amazon: Farm-level Evidence. *Ecological Economics*, 144, 278 p. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2017.08.010>
- Moritz, M. A., Hessburg, P. F., Povak, N. A., (2011). Native fire regimes and landscape resilience. In: McKenzie, D., Miller, C., Falk, D.A. (Eds.), *The Landscape Ecology of Fire*. Springer, 51-88.
- Noonan-Wright, E. K., Opperman, T. S., Finney, M. A., Zimmerman, G. T., Seli, R. C., Elenz, L. M., ... & Fiedler, J. R. (2011). Developing the US wildland fire decision support system. *Journal of Combustion*, 2011.
- Pavaglio, T. B., Carroll, M. S., & Jakes, P. J. (2010). Alternatives to evacuation during wildland fire: Exploring adaptive capacity in one idaho community. *Environmental Hazards*, 9(4), 379-394. DOI: <http://doi.org/10.3763/ehaz.2010.0060>
- Prevfogo (2013). Programa brigadas federais. IBAMA.
- Prevfogo (2015). Comunicação pessoal com servidores da Coordenação Nacional do Prevfogo, Março a Setembro de 2015.
- Prevfogo (2017). Relatórios de combate a incêndios. Disponível em: <http://www.ibama.gov.br/incendios-florestais/relatorios/relatorios-de-combate-a-incendios>
- Prevfogo-OPA (2015). Comunicação pessoal com servidores da Coordenação do Prevfogo no Oeste do Pará. Abril.

- Pollini, J. (2009). Agroforestry and the search for alternatives to slash-and-burn cultivation: From technological optimism to a political economy of deforestation. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 133(1), 48-60.
- Rebello, F. (2003). *Riscos Naturais e Acção Antrópica. Estudos e Reflexões*. Coimbra, Imprensa da Universidade, 286 p. (2ª edição, revista e aumentada).
- Romero, G., Maskrey, A. (1993). Como entender los desastres naturales. In: Andrew Maskrey (Eds.), *Los desastres no son naturales. Panamá: Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina*, 6-10.
- Rosan, T. M., Anderson, L. O., Vedovato, L. (2017). Assessing the Origin of Hot Pixels in Extreme Climate Years in the Brazilian Amazon. *Revista Brasileira de Cartografia*, n.69/4, 731-741.
- Safra (2015). Relatório anual de áreas mecanizadas. Programa de mecanização agrícola 2015.
- Safra (2016). Relatório anual de áreas mecanizadas. Programa de mecanização agrícola 2016.
- San-Miguel-Ayanz, J., & Ravail, N. (2005). Active Fire Detection for Fire Emergency Management: Potential and Limitations for the Operational Use of Remote Sensing. *Natural Hazards*, 35, 361-376.
- Schroeder, W., Oliva, P., Giglio, L., Csiszar, I.A. (2014). The New VIIRS 375 m active fire detection data product: Algorithm description and initial assessment. *Remote Sensing of Environment*, 143, 85-96.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rse.2013.12.008>
- SEMAGRI (2017). Sítio online da Secretaria Municipal de Agricultura, Comércio e Indústria do município de Paragominas. Disponível em: <http://www.paragominas.pa.gov.br/secretarias/SEMAGRI/>
- SEAPROF (2017). Comunicação pessoal com coordenador do departamento de produção familiar. Secretaria de Estado de Extensão Agroflorestal e Produção Familiar.
- SEAPROF (2017). Comunicação pessoal com servidores responsáveis pela participação da instituição nos programas de certificação e desenvolvimento sustentável. Janeiro de 2017.
- SEMAGRI (2017). Disponível em: <http://www.paragominas.pa.gov.br/secretarias/SEMAGRI/>
- Silva, F. A. M., Calvi, M. F., Britto, G. C., & Monteiro, T. L. T. (2013). Sistema roça sem queimar como modelo alternativo de manejo agroflorestal. In Embrapa Amazônia Oriental-Artigo em anais de congresso (ALICE). In: *Congresso Brasileiro de Sistemas Agroflorestais*, 9., Ilhéus. Políticas públicas, educação e formação em sistemas agroflorestais na construção de paisagens sustentáveis: anais. Ilhéus: SBSAF, 2013. 1 CD-ROM.
- Silva Júnior, C. H. L., Aragão, L. E. O. C., Fonseca, M. G., Almeida, C. T., Vedovato, L. B., Anderson, L.O. (2018). Deforestation-Induced Fragmentation Increases Forest Fire Occurrence in Central Brazilian Amazonia. *Forests* 2018, 9(6), 305 p.
DOI: <https://doi.org/10.3390/f9060305>
- Serra, A. B. (2005). *Indicadores de sustentabilidade do solo em sistemas alternativos ao uso do fogo, baseados nos princípios da agroecologia, desenvolvidos por agricultores familiares na região da rodovia transamazônica-oeste do Pará (Tese de Doutorado)*. Universidade Federal do Pará.
- Setzer, A. W., Sismanoglu, R. A., Martins, G. (2016). *Metodologia do cálculo do risco de fogo do programa Queimadas do INPE - Versão 10. Relatório técnico*, disponível em: https://oldwww-queimadas.dgi.inpe.br/~rqueimadas/documentos/RiscoFogo_Sucinto.pdf
- Steil, L. (2009) *Legislação ambiental pertinente ao tema fogo. IBAMA-Prevfogo*. Documento não publicado.
- Son, B., Her, Y. S., & Kim, J. G. (2006). A Design and Implementation of Forest-Fires Surveillance System based on Wireless Sensor Networks for South Korea Mountains. *IJCSNS International Journal of Computer Science and Network Security*, VOL.6 No.9B.
- Stevens-Rumann, C. S., Kemp, K. B., Higuera, P. E., Harvey, B. J., Rother, M. T., Donato, D. C., Morgan, P., Veblen, T. T. (2017). Evidence for declining forest resilience to wildfires under climate change. *Ecology Letters*, 21 (2), 243-254.
- Thomson, M. C., Doblaz-Reyes, F. J., Mason, S. J., Hagedorn, R., Connor, S. J., Phindela, T., Morse, A. P., Palmer, T. N. (2006). Malaria early warnings based on seasonal climate forecasts from multi-model ensembles. *Nature* 439, 576-579
- Tomich, T. P., van Noordwijk, M., Vosti, S. A., & Witcover, J. (1998). Agricultural development with rainforest conservation: methods for seeking best bet alternatives to slash-and-burn, with applications to Brazil and Indonesia. *Agricultural Economics*, 19(1), 159-174.
- Tyler, M., & Fairbrother, P. (2018). Gender, households, and decision-making for wildfire safety. *Disasters*. DOI: <http://doi.org/10.1111/disa.12285>
- Varela, L. B., & Cordeiro de Santana, A. (2009). Aspectos econômicos da produção e do risco nos sistemas agroflorestais e nos sistemas tradicionais de produção agrícola em tomé-açu, Pará-2001 a 2003. *Revista Árvore*, 33(1).

- Villagrán de León, J. C. (2012). Early warning principles and practices. In: Ben Wisner, J.C. Gaillard and Ilan Kelman (Eds.), *Handbook of hazards and disaster risk reduction and management* (481-492). Oxfordshire: Routledge.
- UNITED NATIONS INTERNATIONAL STRATEGY FOR DISASTER REDUCTION-UNISDR (2004). *Early warning as a matter of policy: The conclusions of the Second International Conference on Early Warning*. UNISDR, the German Disaster Reduction Committee (DKKV).
- UNITED NATIONS INTERNATIONAL STRATEGY FOR DISASTER REDUCTION-UNISDR (2005). *Hyogo Framework for Action 2005-2015: Building the resilience of nations and communities to disasters*. United Nations: Geneva.
- UNITED NATIONS INTERNATIONAL STRATEGY FOR DISASTER REDUCTION-UNISDR (2006a). *Global survey of early warning systems: An assessment of capacities, gaps and opportunities towards building a comprehensive global early warning system for all natural hazards*. Geneva: UNISDR.
- UNITED NATIONS INTERNATIONAL STRATEGY FOR DISASTER REDUCTION-UNISDR (2006b). *Developing early warning systems: A checklist*. Bonn: UNISDR.
- UNITED NATIONS INTERNATIONAL STRATEGY FOR DISASTER REDUCTION-UNISDR (2015). *Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015-2030*. Geneva, Switzerland. 37p. Disponível em: http://www.preventionweb.net/files/43291_sendaiframeworkfordrren.pdf. Acesso em: 6 de julho, 2017.
- Wilches-Chaux, G. (1993). La vulnerabilidad global. In: Andrew Maskrey (Ed.), *Los desastres no son naturales* (p.11-41). Panamá: *Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina*.
- Wisner, B. (2016). Vulnerability as Concept, Model, Metric, and Tool. *Oxford Research Encyclopedia of Natural Hazard Science*.
- WMO (2014a). *Global Framework for Climate Services Implementation Plan*. Geneva: World Meteorological Organization.
- WMO. (2014b) *Disaster Risk Reduction. Exemplar to the User Interface Platform of the Global Framework for Climate Services*. Geneva: World Meteorological Organization, 2014.
- WFDSS (2017). Wildland Fire Decision Support System. Disponível em: https://wfdss.usgs.gov/wfdss/WFDSS_About.shtml