CONTRIBUIÇÃO DO MONITORAMENTO ORBITAL DAS QUEIMADAS NA GESTÃO TERRITORIAL: PANORAMA TÊMPORO-ESPACIAL DA REGIÃO METROPOLITANA DA GRANDE VITÓRIA, ESPÍRITO SANTO, BRASIL

CONTRIBUTION OF ORBITAL MONITORING OF FIRES IN TERRITORIAL MANAGEMENT: A TEMPORO-SPATIAL OVERVIEW OF THE METROPOLITAN REGION OF GREATER VITÓRIA, ESPÍRITO SANTO STATE, BRAZIL

CONTRIBUCIÓN DEL MONITOREO ORBITAL DE INCENDIOS EN LA GESTIÓN TERRITORIAL: UNA VISIÓN TEMPORO-ESPACIAL DE LA REGIÓN METROPOLITANA DEL GRAN VITÓRIA, ESTADO DE ESPÍRITO SANTO, BRASIL

CONTRIBUTION DE LA SURVEILLANCE ORBITALE DES INCENDIES DANS LA GESTION TERRITORIALE : UN APERÇU TEMPORO-SPATIAL DE LA RÉGION MÉTROPOLITAINE DE GREATER VITÓRIA, ÉTAT D'ESPÍRITO SANTO, BRÉSIL

André Luiz Nascentes Coelho[1]

Thaís Batista Lovate[2]

Fábio Luiz Mação Campos[3]

Miquelina Aparecida Deina[4]

James Rafael Ulisses dos Santos[5]

1 Pós-Doutor Docente da Universidade Federal do Espírito Santo. Departamento e Programa de Pós-Graduação em Geografia - Laboratório de Gestão em Redução de Risco de Desastres - LabGR2D/Cepedes-Ufes e Laboratório de Cartografia Geográfica e Geotecnologias – Lcggeo/Ufes. ORCID: https://orcid.org/0000-0001-9068-495X. E-mail: alnc.ufes@gmail.com.

2 Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Geografia - Laboratório de Gestão em Redução de Risco de Desastres - LabGR2D/CEPEDES-UFES e Laboratório de Cartografia Geográfica e Geotecnologias – Lcggeo/Ufes. ORCID: https://orcid.org/0009-0005-0084-2456. E-mail: thais.lovate@gmail.com.

3 Professor efetivo do Instituto Federal do Espírito Santo (Ifes Campus Vitória). Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Geografia. Membro do Laboratório de Cartografia Geográfica e Geotecnologias – Lcggeo/Ufes. ORCID: https://orcid.org/0000-0001-5652-8451. E-mail: fabiomacao@gmail.com.

4 Professora efetiva do Instituto Federal do Espírito Santo (Ifes Campus Vila Velha). Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Geografia - Laboratório de Cartografia Geográfica e Geotecnologias – Lcggeo/Ufes. ORCID: https://orcid.org/0000-0001-7466-6954. E-mail: miquelina.deina@ifes.edu.br.

5 Coordenador Geral do Ensino da Prefeitura Municipal de Traipu – Alagoas. Doutor pelo Programa de Pós-Graduação em Geografia – Membro do Laboratório de Cartografia Geográfica e Geotecnologias – Lcggeo/Ufes. ORCID: https://orcid.org/0000-0001-5652-8451. E-mail: jamesrulisses@gmail.com.

Introdução

O monitoramento orbital por satélites de observação da Terra, dotados de instrumentos sensores remotos que operam na faixa do termal-média, calibrados para detecção de focos de calor/queimadas na superfície do solo são essenciais para geração de análises têmporo-espacias, sobretudo em áreas territoriais extensas ou de difícil acesso, pois dependendo da recorrência, da intensidade do fogo, das características ambientais e atmosféricas, podem resultar em danos severos com a supressão da fauna e flora além, de prejuízos materiais e, em algumas circunstâncias, perdas humanas (Libonati *et al.*, 2021; Kazmierczak, 2015; Coelho; Goulart, 2019).

Cardoso *et al.* (2013) e Jensen (2009) complementam que a queimada e, sobretudo o incêndio[6], possuem importância socioambiental em função da sua influência nas mudanças climáticas e nos impactos diretos e indiretos, tais como: o empobrecimento do solo seguido do desencadeamento de processos erosivos ou de desertificação, a poluição atmosférica com a emissão de gases de efeito estufa, os problemas de saúde pública e reiteram os danos com a destruição do patrimônio público/privado que resulta em prejuízos econômicos e sociais diversos.

Em escala regional, a exemplo de uma metrópole, são identificados recorrentemente como indutores antropogênicos para a suscetibilidade a queimadas os locais de descartes de resíduos sólidos (lixões e aterros clandestinos) nas adjacências de comunidades urbanas da periferia, nos terrenos de brejos com ou sem depósitos de turfa, além das franjas externas das Unidades de Conservação – UCs com práticas negligentes de incêndios criminosos (Coelho; Gimenes; Goulart, 2020; Nunes *et al.*, 2013).

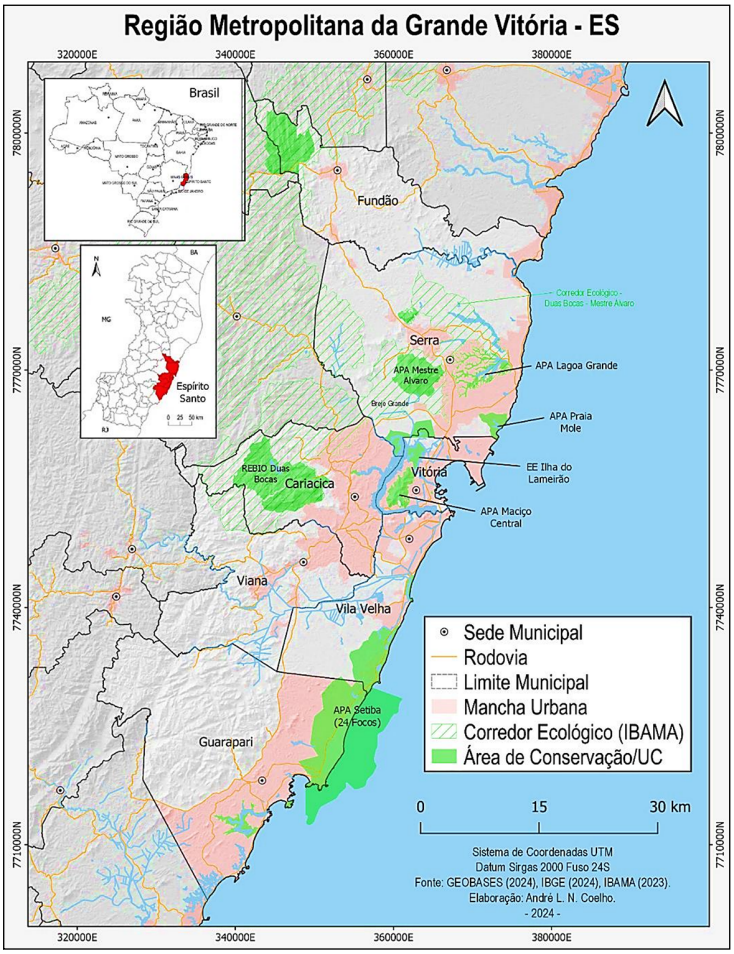
Fica evidente, a partir dessas considerações, que há uma importante interação entre atividades antrópicas, conservação ambiental, mudanças climáticas e redução de riscos, que ratifica a necessidade de se incorporar nas propostas/revisão de planejamentos territoriais, a exemplo do Plano Diretor Municipal, a prevenção dos desastres dessa natureza, tema de grande interesse para toda a sociedade, na qual se inclui a comunidade científica (Coelho; Gimenes; Goulart, *op. cit.*).

Assim, a compreensão da variação espacial e sazonal da ocorrência dos focos de queimadas e incêndios em um recorte espacial, por meio de análises quantitativas e da cartografia digital derivada de um banco de dados geográficos, constituído por uma série histórica até os anos recentes, possibilita estabelecer ações mais eficientes de monitoramento sistemático e combate, consequentemente, na redução da emissão de gases de efeito estufa e resiliência/recuperação de paisagens. Proporciona também, a partir da identificação dos locais mais afetados ou com registros de focos recorrentes, criar estratégias de fiscalização e orientações com práticas de queimadas controladas, evitando algumas das causas de incêndios.

Existem diversos métodos de identificação de frentes de fogo que variam de acordo com as características do local, estrutura/logística e extensão da área monitorada. Podem

ser realizados por meio dos postos de vigilância terrestres ou em torres de observação; pelo patrulhamento por veículos; sobrevoo de avião/helicóptero e do uso de drones/vants, ações estas que são pontuais e de elevados custos econômicos, sobretudo, para órgãos públicos como prefeituras/governos. A tecnologia de Sensoriamento Remoto, em constante avanço e acessibilidade de forma gratuita de seus produtos oriundos de satélites, tais como as imagens do Cbers 4A de até 2,5 metros de resolução espacial, dos dados geoespaciais associados ao uso do SIG - Sistema de Informações Geográficas de código aberto, são considerados na atualidade, importantes ferramentas que propiciam expressivos avanços no tratamento e geração de informações dos focos de queimadas e demais estudos da cobertura terrestre e marinha.

Nessa linha de abordagem, a meta deste trabalho é colocar em evidência a importância do uso dos dados derivados do monitoramento orbital das queimadas e incêndios por satélite de observação da Terra, apresentando um panorama da ocorrência desse fenômeno entre 2003 e 2023 na Região Metropolitana da Grande Vitória - RMGV[7] (Figura 1) e formas de avaliação/validação para constar em estudos ou atuações de fiscalização.



Fonte: GEOBASES (2024); IBGE (2024); IBAMA (2023). Elaborado por André L. N. Coelho.

Figura 1. Localização do objeto de estudos correspondente a uma área de 2.324 km², destacando os municípios, mancha urbana e as áreas de conservação.

Como objetivos adicionais, buscou-se responder às seguintes indagações: 1) É possível, a partir de um conjunto representativo de dados acessíveis de queimadas/incêndios derivados do monitoramento orbital, elaborar um banco de dados geográficos em ambiente SIG de uso livre? 2) Como se dá a distribuição sazonal das queimadas? 3) Quais as áreas mais afetadas? 4) Qual o nível de confiabilidade dos dados de queimadas? Como validar os resultados? 5) Com base nestes dados e informações processadas, é possível contribuir na construção dos planos/ações buscando a redução do risco desse fenômeno, consequentemente, a diminuição da emissão de gases de efeito estufa e suporte na resiliência das paisagens?

Princípios e metodologia empregados na análise das queimadas

A elaboração e análise têmporo-espacial das queimadas/incêndios deve partir de referenciais que abordam a temática, no sentido de obter o conhecimento recente dos sensores acoplados em satélites que detectam frentes de queimadas/incêndios, relatórios, estudos e ações nesta linha em instituições de renome como: Inpe – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, no portal do Programa Queimadas (INPE, 2024); Ibama - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis, no Centro Nacional de Prevenção e Combate aos Incêndios - Prevfogo (IBAMA, 2023); além de universidades e outras bases.

A partir desta compilação e leituras sobre o assunto, a etapa seguinte se detém na aquisição e tratamento de Planos de Informações - PIs vetoriais e matriciais de acesso livre, tais como o IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Inpe – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais/BDQueimadas, Geobases - Sistema Integrado de Bases Geoespaciais do Estado do Espírito Santo e outros de referência, a exemplo, dos dados geoespaciais empregados neste trabalho (Tabela 1).

Tabela 1. Dados geoespaciais / Planos de Informações utilizados de acesso livre.

Dado	Fonte	Ano
Limite Estadual	IBGE	2024
Limite de Município	GEOBASES	2024
Unidades de Conservação	GEOBASES	2024
Área Urbana	GEOBASES	2024
Rios, Lagos, Oceano	IBGE	2024
Modelo Digital de Elevação	GEOBASES	2024
Focos de Calor (Satélite AQUA-MT)	INPE (Programa Queimadas)	2003 a 2023

Fonte: Organizado pelos autores (2024).

De posse dos dados vetoriais e matriciais, esses são inseridos e processados via Sistema de Informações Geográficas de uso livre QGIS, empregando o Sistema de

Projeção UTM, Datum Sirgas-2000 Fuso 24 Sul. Todo o mapeamento elaborado, seguiu a padronização cartográfica segundo propostas de Menezes e Fernandes (2013) no sentido de desenvolver uma comunicação cartográfica eficiente e objetiva.

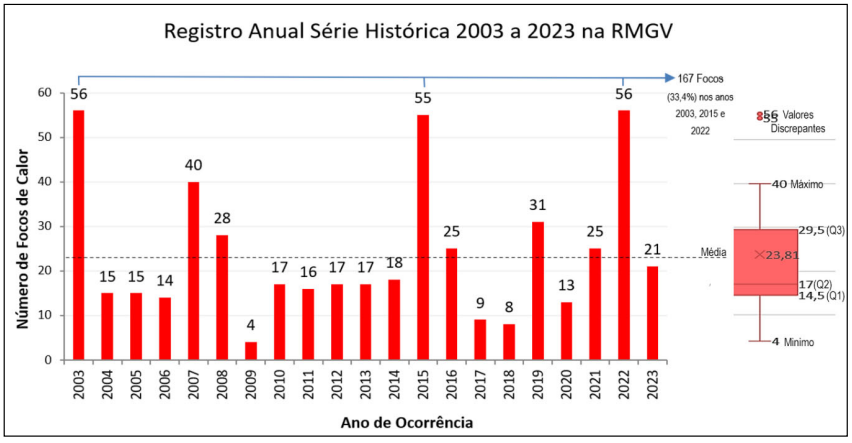
Para a criação do banco de dados com referência espacial, tomou-se como base os registros de fogo/calor do programa Queimadas do Inpe, detectado pelo monitoramento orbital no período de 01 janeiro de 2003 a 31 de dezembro de 2023 derivados do satélite de referência[8] Aqua_MT[9], sensor Modis - *Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer*. Em função do período de interesse limitar a busca até 365 dias no BDQueimadas, foram baixados 21 arquivos anuais no formato *csv*[10] (*Comma-Separated Values*) para o Estado do Espírito Santo.

A partir dos arquivos anuais *csv* realizou-se a junção destes em um único para compor a série temporal, seguido da exportação para o formato *shp* e exclusão dos municípios externos da RMGV. Após, houve o acréscimo e preenchimento de campos de: coordenadas UTMs "*X*" e "*Y*", "ano", "mês" e "obs" (observação), possibilitando a elaboração de mapas, gráficos e tabelas com base nesses campos[11]. Na sequência, utilizando-se de procedimentos estatísticos, foi estimada a densidade dos focos, fornecendo uma visão geral da distribuição espacial e regiões críticas da área de estudo que foram reclassificados em 3 tipologias de concentrações de incêndio: 1) baixa, 2) média e 3) alta. Quanto à validação dos focos tomou-se como referência as publicações do Inpe, imagens de satélites e campanha de campo.

Análise têmporo-espacial das queimadas/incêndios

Exposição quantitativa

Na Região Metropolitana da Grande Vitória foram identificados, com base nos dados do programa Queimadas do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE, 2024), 500 frentes de queimadas e incêndios (Figura 2 e Tabela 2) detectados pelo sensor MODIS nos 21 anos considerados, que compreendem o período de janeiro de 2003 a dezembro de 2023.



Fonte: Organizado pelos autores (2024).

Figura 2. Distribuição anual dos 500 focos de queimadas na RMGV.

A exposição anual dos focos de queimadas revelou uma média de 23,8 registros com os maiores picos ocorridos nos anos de 2003; 2015 e 2022, respectivamente com 55 a 56 focos. Nestes três anos somaram-se 167 frentes de queimadas/incêndios que representaram 33,4% do total de registros do período analisado e média de 55,7 focos de fogo anuais. Ao analisar a média anual, suprimindo os picos de 2003, 2015 e 2022, têm-se 333 registros com média de 18,5 queimadas por ano. Ou seja, uma diferença significativa de 37,2 focos anuais.

A Tabela 2 evidencia a quantidade de ocorrências/detecções por municípios da RMGV havendo o destaque para o município de Serra com 188 registros, seguido de Guarapari com 99, Vila Velha com 68 e Viana com 57, respectivamente. Revela também, que 63,2% dos focos de fogo anuais ou 316 registros estão acima da média de 23,8 detecções identificadas pelo monitoramento orbital.

Um fator potencializador destes picos de incêndios está relacionado a dinâmica meteorológica regional que foi marcada por bloqueios atmosféricos (Incaper, 2017), resultando em chuvas escassas e temperaturas médias elevadas, características que favoreceram a propagação do fogo, sobretudo, em áreas desprovidas de florestas nativas.

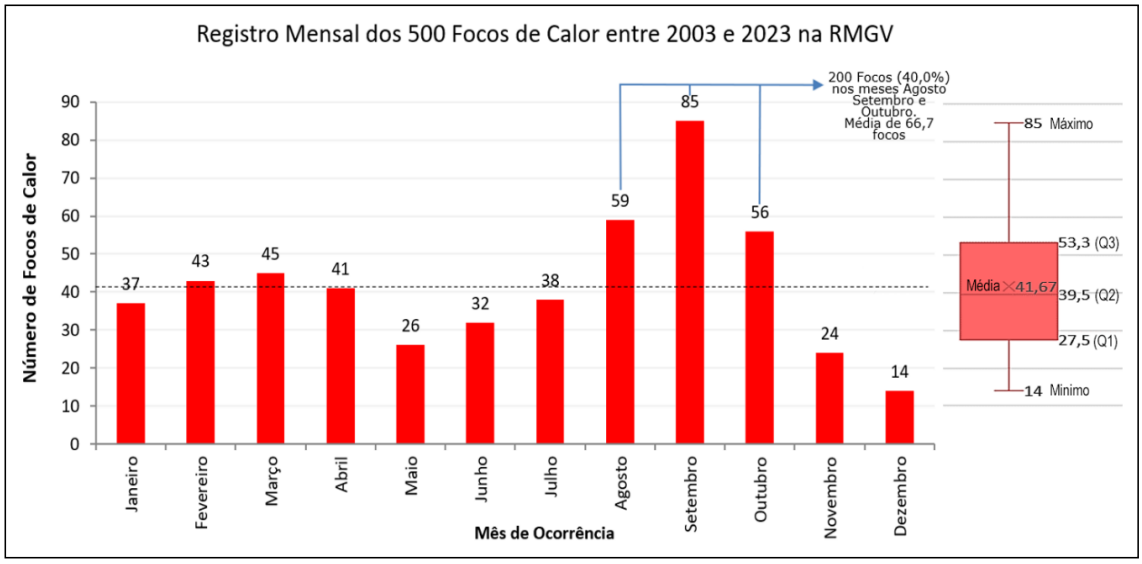
Tabela 2. Clusterização anual e por municípios das queimadas entre 2003 e 2023.

ANO	Serra	Guarapari	Vila Velha	Viana	Fundão	Cariacica	Vitória	Total por Ano	Percentual por Ano
2003	10	20	12	7	5	2	0	**56**	11,2%
2004	5	3	0	1	5	1	0	**15**	3,0%
2005	5	4	1	3	0	2	0	**15**	3,0%
2006	4	0	0	2	6	2	0	**14**	2,8%
2007	20	7	3	4	4	2	0	**40**	8,0%
2008	9	4	5	4	1	4	1	**28**	5,6%
2009	1	1	1	1	0	0	0	**4**	0,8%
2010	3	4	5	2	3	0	0	**17**	3,4%
2011	7	5	2	1	0	1	0	**16**	3,2%
2012	4	1	6	0	3	3	0	**17**	3,4%
2013	7	2	2	1	4	1	0	**17**	3,4%
2014	5	3	7	0	1	1	1	**18**	3,6%
2015	21	21	6	4	0	3	0	**55**	11,0%
2016	9	1	6	5	1	2	1	**25**	5,0%
2017	6	1	0	1	0	0	1	**9**	1,8%
2018	3	2	1	0	2	0	0	**8**	1,6%
2019	6	8	4	7	5	1	0	**31**	6,2%
2020	4	3	1	2	2	0	1	**13**	2,6%
2021	17	2	1	1	2	2	0	**25**	5,0%
2022	30	7	2	10	2	3	2	**56**	11,2%
2023	12	0	3	1	1	4	0	**21**	4,2%
Média	**9,0**	**4,7**	**3,2**	**2,7**	**2,2**	**1,6**	**0,3**	**23,8**	**100%**
Máximo	30	21	12	10	6	4	2	--	
Total por Município	**188**	**99**	**68**	**57**	**47**	**34**	**7**	**Total 500**	
Percentual	**37,6%**	**19,8%**	**13,6%**	**11,4%**	**9,4%**	**6,8%**	**1,4%**	**100%**	
Posição	1	2	3	4	5	6	7		

* Os valores máximos por município estão marcados em cinza.

Fonte: Organizado pelos autores (2024).

Já a análise do gráfico e tabela da série histórica mensal (Figura 3 e Tabela 3) dos focos de queimadas/incêndios revelou os maiores registros pelo sensor entre agosto e outubro, em meses caracterizados por baixos índices pluviométricos, secos e de reduzida umidade relativa do ar, concentrando 40% ou 200 das 500 ocorrências na RMGV, notadamente, nos períodos de maior estiagem. Coincide também, com a estação seca em grande parte do território brasileiro, entre agosto e outubro, época de preparo do solo para o plantio das culturas de verão, crítica para o desencadeamento de incêndios (Torres *et al.*, 2016; Kazmierczak, 2015, Tebaldi *et al.*, 2013).



Fonte:Organizado pelos autores (2024).

Figura 3. Distribuição mensal dos 500 focos de queimadas na RMGV entre 2003 e 2023.

A Tabela 3 evidencia também, nos meses de fevereiro, março, agosto, setembro e outubro, registros acima da média de 41,6 focos. Mostra ainda, que as quantidades máximas de queimadas mensais por municípios estão concentradas nos meses de agosto e setembro caracterizados por serem mais secos e quentes.

Tabela 3. Classificação mensal e por município entre 2003 e 2023

Municípios da RMGV										
MÊS		**Serra**	**Guarapari**	**Vila Velha**	**Viana**	**Fundão**	**Cariacica**	**Vitória**	**Total por Mês**	**Percentual por Mês**
Janeiro	**1**	16	14	4	2	0	1	0	**37**	7,4%
Fevereiro	**2**	20	7	5	5	1	4	1	**43**	8,6%
Março	**3**	15	10	12	4	4	0	0	**45**	9,0%
Abril	**4**	11	13	6	2	7	2	0	**41**	8,2%
Maio	**5**	16	2	3	3	1	1	0	**26**	5,2%
Junho	**6**	12	6	3	6	1	1	3	**32**	6,4%
Julho	**7**	17	5	1	3	6	6	0	**38**	7,6%
Agosto	**8**	19	10	5	11	10	4	0	**59**	11,8%
Setembro	**9**	26	15	15	7	9	10	3	**85**	17,0%
Outubro	**10**	23	13	7	11	1	1	0	**56**	11,2%
Novembro	**11**	7	0	6	2	6	3	0	**24**	4,8%
Dezembro	**12**	6	4	1	1	1	1	0	**14**	2,8%
Média		**15,7**	**8,3**	**5,7**	**4,8**	**3,9**	**2,8**	**0,6**	**41,6**	**100%**
Máximo		26	15	15	11	10	10	3	--	
Total por Município		**188**	**99**	**68**	**57**	**47**	**34**	**7**	**Total 500**	
Percentual		**37,6%**	**19,8%**	**13,6%**	**11,4%**	**9,4%**	**6,8%**	**1,4%**	**100%**	
Posição		1	2	3	4	5	6	7		

* Os valores máximos por município estão marcados em cinza.

Fonte: Organizado pelos autores (2024).

Já o confronto entre o percentual de focos de queimadas e o percentual de área territorial por municípios da RMGV (Figura 4) tem por objetivo verificar se ocorre uma proporção/relação equilibrada entre a quantidade de focos e a área territorial. Fica evidenciado, a partir dessa análise, uma relação de frentes de queimadas elevada para o território de Serra de 13,9% seguido de Vila Velha com 4,5%, enquanto os demais municípios apresentaram valores mais equilibrados, em sua maioria, e percentuais negativos dos incêndios registrados pelos sensores em relação ao percentual da área.

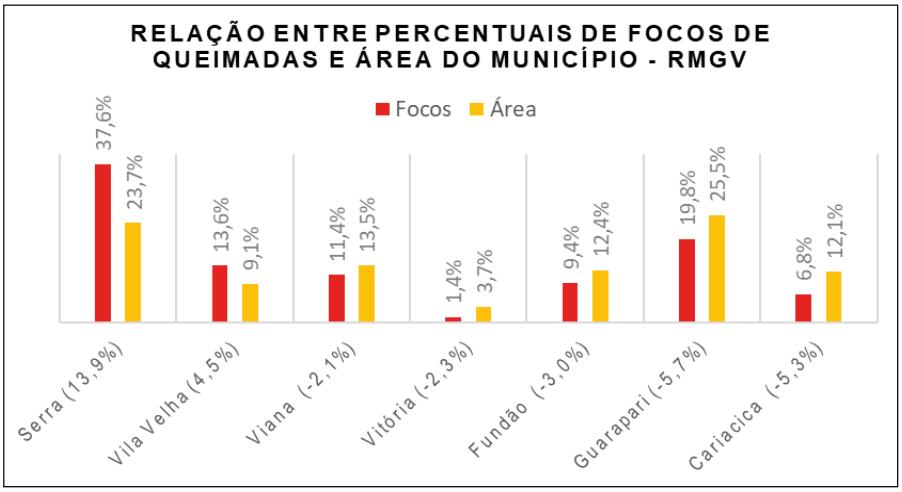
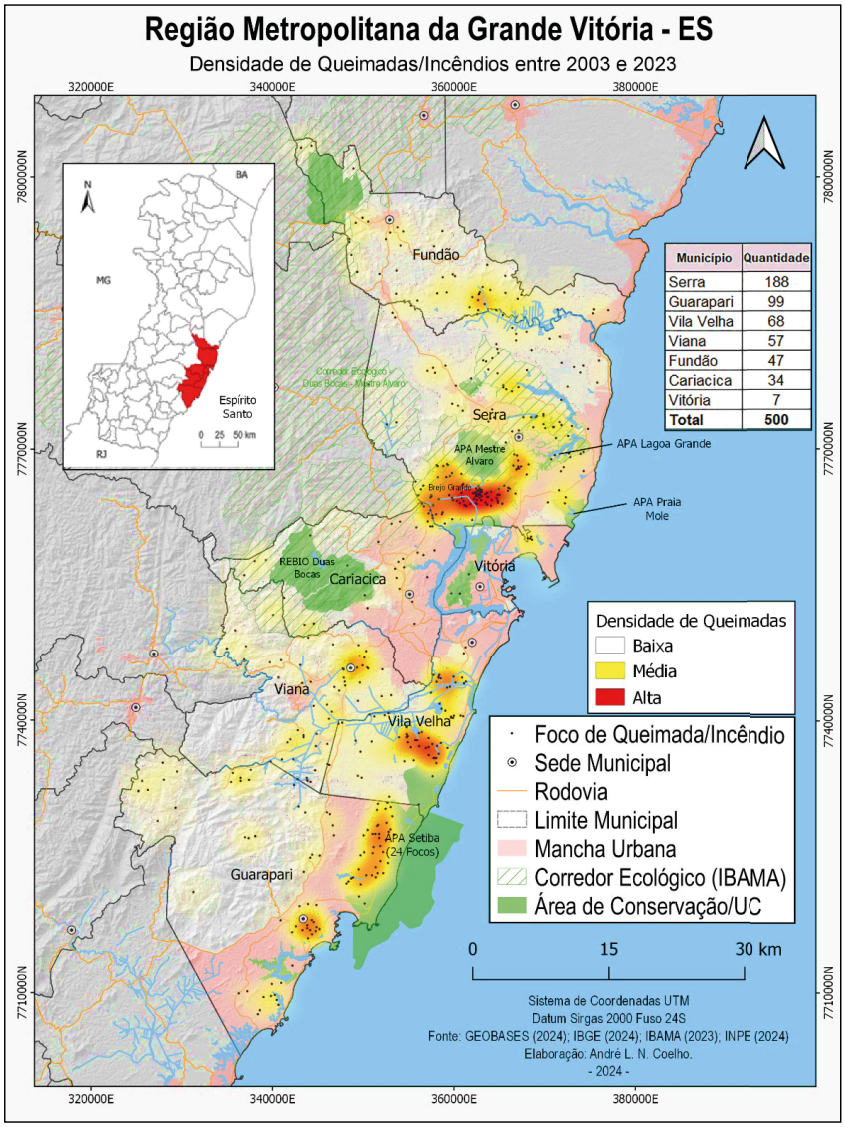


Figura 4. Proporção entre percentuais de focos e área territorial da RMGV entre 2003 e 2023.

Fonte: Elaborado pelos autores.

Distribuição Espacial

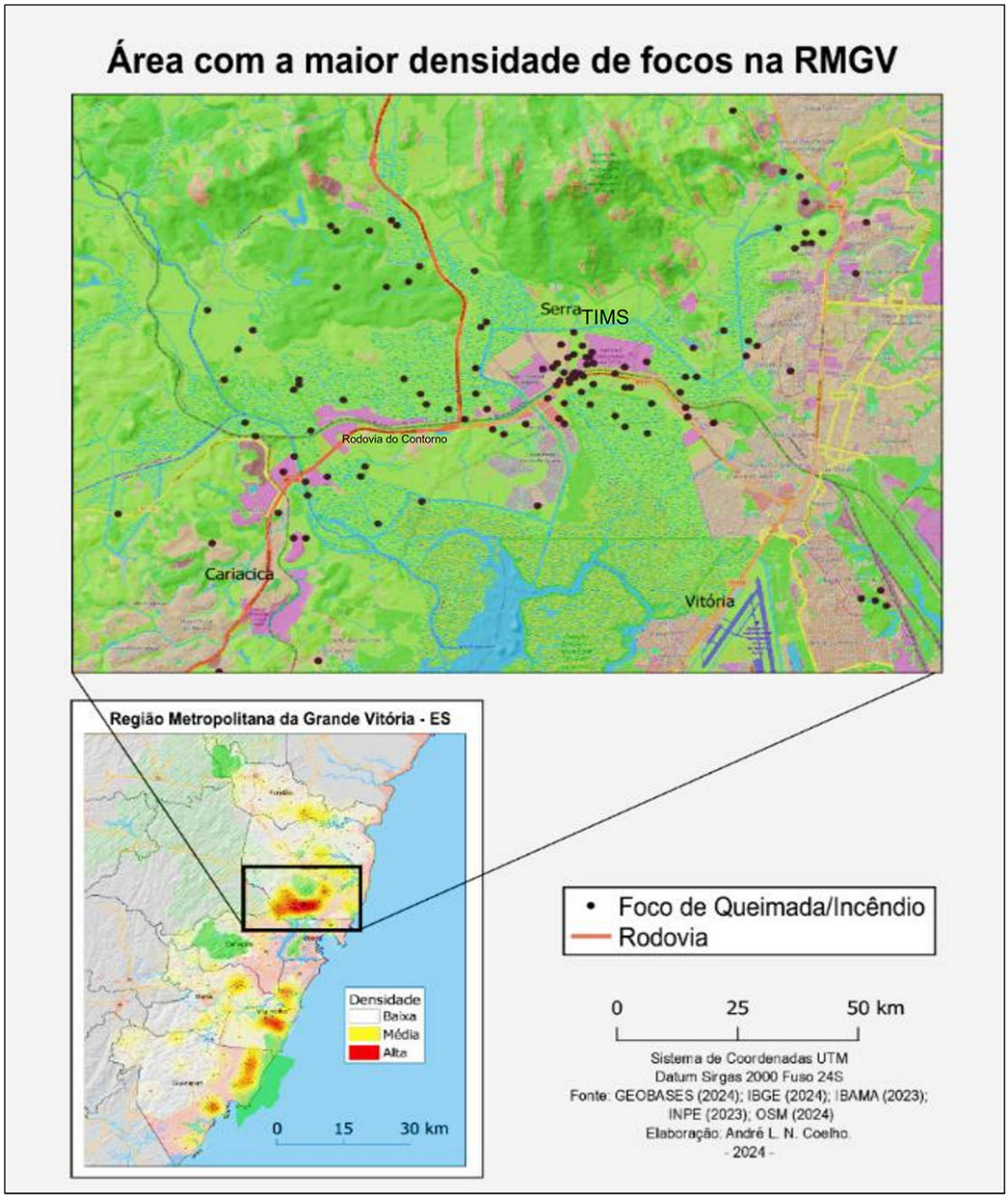
A Figura 5 expressa no mapa de nuvem de pontos a localização dos 500 registros de incêndios/queimadas entre 2003 e 2023, detectados pelo monitoramento orbital na Região Metropolitana da Grande Vitória, fornecendo uma visão sinóptica da distribuição espacial. Apresenta também a densidade destes focos, a partir do estimador Kernel reclassificados em 3 categorias de concentração: 1) Baixa a Nula = 1 a 5 focos a cada 10km²; 2) Média = 6 a 15 focos a cada 10km²; e 3) Alta = >16 focos a cada 10km². Revela os "arcos de queimadas e incêndios" destacando as áreas críticas ou "Alta" nas tonalidades de vermelho, situando-se, sobretudo, na porção centro-sul do município de Serra, porção sudeste de Vila Velha na região de Terra Vermelha e, a nordeste de Guarapari na APA de Setiba, enquanto os registros na classe "Média" em tons de amarelo estão mais distribuídos, de forma zonal, em toda a Região Metropolitana analisada.



Fonte: GEOBASES (2024); IBGE (2024); IBAMA (2023); INPE (2024). Elaborado por André L. N. Coelho.

Figura 5. Nuvem de pontos e densidade de focos de Queimadas/incêndios entre 2003 e 2023 na RMGV. Destaque para o município de Serra-ES.

Já a Figura 6, apresenta o mapa em escala mais detalhada, com a localização de cada frente de incêndio/queimada na porção centro-sul no município de Serra, área de maior densidade de focos na RMGV. Revela que essas queimadas/incêndios estão concentradas ao longo da Rodovia do Contorno (BR-101) nas proximidades do TIMS - Terminal Multimodal da Serra com alguns destes locais caracterizados pelo descarte de materiais de construção e lixo clandestinos, enquanto os outros focos ocorreram nas áreas de solos orgânicos e turfosos adjacentes, na região de Brejo Grande.



Fonte: GEOBASES (2024); IBGE (2024); IBAMA (2023); INPE (2023); OSM (2024).

Elaborado por André L. N. Coelho.

Figura 6. Detalhe da área com a maior concentração de queimadas/incêndios entre 2003 e 2023 em Serra-ES.

Através destes mapas (Figuras 5 e 6) fica evidente a importância do conhecimento dos locais de maior susceptibilidade a queimadas e incêndios pois, estes produtos espaciais servem de base para o direcionamento de ações de redução e de prevenção dos desastres dessa natureza.

Validação dos focos: exemplos em Serra - ES

A confiabilidade e potencial dos registros de queimadas detectados por monitoramento orbital é demonstrando por diversos pesquisadores, em inúmeras publicações do Inpe, em periódicos e relatórios, discorrendo sobre a natureza e causas dos incêndios, a partir da montagem de séries temporais mediante gráficos e mapeamentos (Coelho; Gimenes; Goulart, 2020; INPE, 2024; Kazmierczak, 2015).

De forma a contribuir na comprovação, e ao mesmo tempo, mostrar as possibilidades de elaboração de provas/evidências e avaliação dos focos de queimadas para constar em relatórios, atuações de fiscalização, artigos e demais trabalhos, são apresentadas quatro alternativas: validação instantânea, validação por imagens temporais, validação por reportagem/jornal e validação extraído do programa queimadas do INPE/BDQueimadas.

Validação Instantânea

A validação instantânea se dá por meio de campanhas de campo no momento do incêndio. Como exemplo, no dia 03/12/2023 foi identificado um foco na área com maior densidade de queimadas da RMGV no município de Serra-ES.

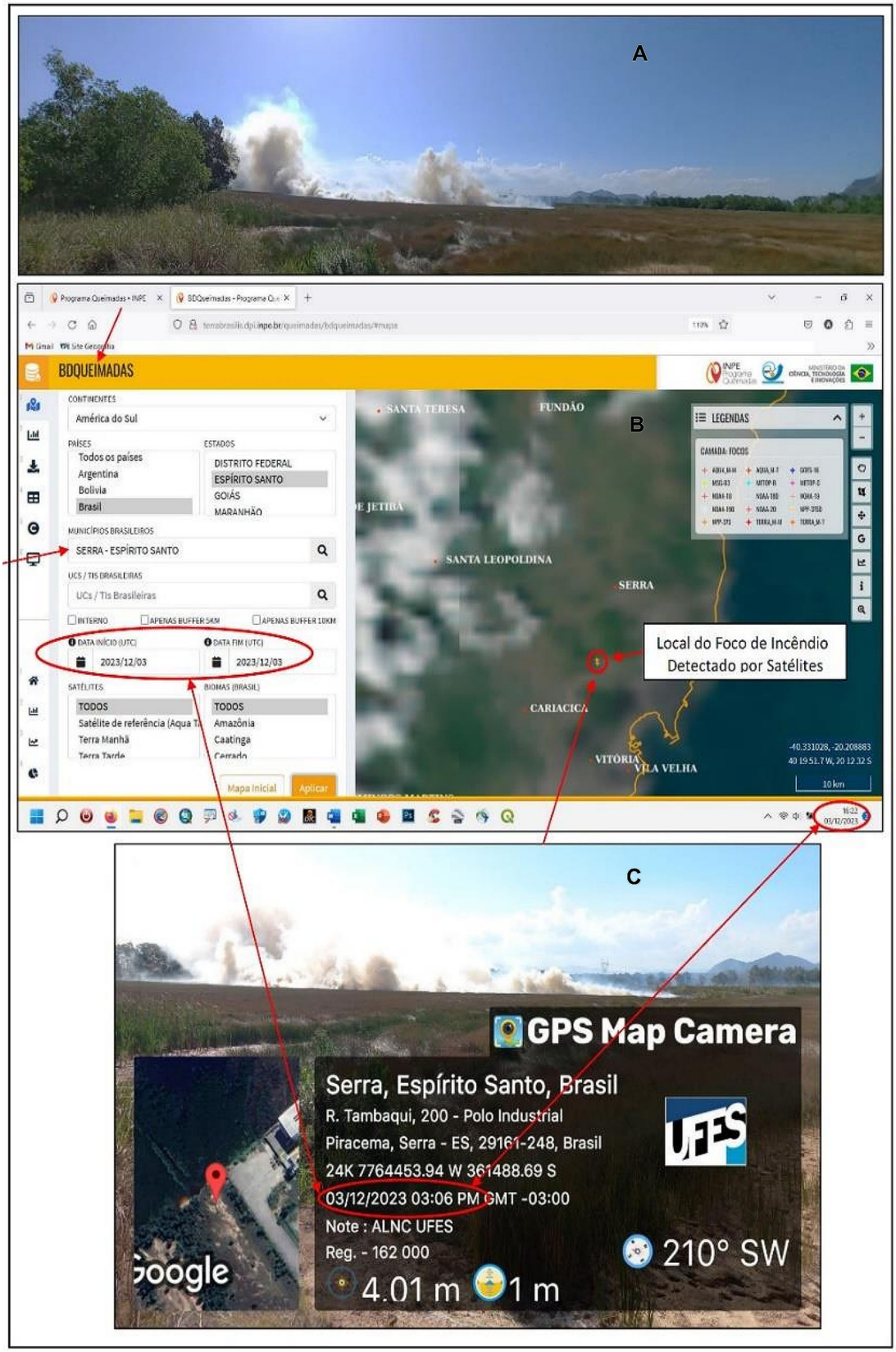
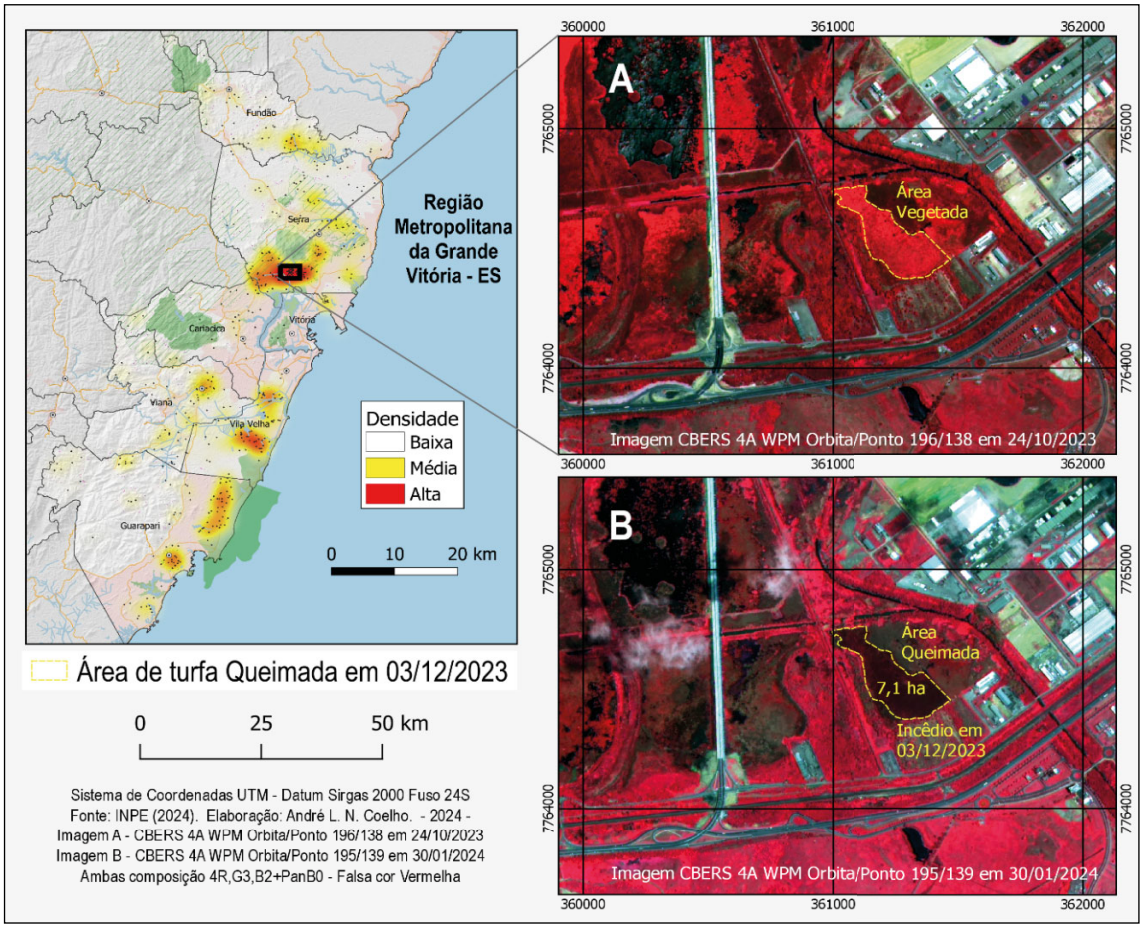


Figura 7. Validação instantânea no Programa Queimadas do Inpe a partir do registro em campo de fogo no município de Serra-ES, em 03/12/2023 às 15:06hs com a detecção por satélites de monitoramento orbital, no mesmo dia e horário, revelando a eficiência e a qualidade na identificação de focos de queimadas/incêndios.

A Figura 7 "A" mostra o registro fotográfico do incêndio e, abaixo em "B" faz a validação instantânea no Programa Queimadas do Inpe/BDQueimadas revelando a eficiência e a qualidade na identificação de áreas em chamas por satélites de monitoramento, praticamente em tempo real, como mostrado em "C", o registro de foto executado no App (Android) *GPS Map Câmera* acrescido automaticamente com descrição da localização, data, hora, além de outras informações que podem ser configuradas.

Validação por imagens temporais

A validação das áreas afetadas por queimadas/incêndios pode ser também evidenciada/comprovada com base em imagens temporais derivadas de sensoriamento remoto a nível suborbital e/ou orbital. A nível suborbital é realizado por intermédio de voo programado em drones/vants, helicóptero ou avião. Já a nível orbital a área afetada pode ser avaliada por imagens de satélites gratuitas antes e após a queimada, como expresso na Figura 8.



Fonte: INPE (2024); CBERS (2023; 2024). Elaborado por André L. N. Coelho.

Figura 8. Validação por imagens temporais do foco de incêndio no município de Serra-ES, em 03/12/2023, atestando a eficiência e a qualidade na identificação de focos de queimadas/incêndios.

Nesta validação apresentada (Figura 8) consta a área de estudos, Região Metropolitana da Grande Vitória, em um mapa de localização a esquerda. Já a direita, mostra a área queimada em 03/12/2023 através de duas imagens temporais do satélite Cbers 4A composta na falsa cor vermelha, na qual a vegetação é caracterizada em tons de vermelho. Na imagem superior direita "A" é destacado, em um polígono tracejado de amarelo, a área em 24/10/2023 antes da queimada. Na imagem direita inferior "B" mostra no dia 30/01/2024 o polígono com a cicatriz da queimada em 03/12/2023. Cabe destacar que esta técnica, conforme apresentada, possibilita calcular a área ardida/queimada que foi 7,1 ha, informação relevante para constar em relatórios/atuações.

Validação por reportagem/jornal

Outra forma comum e eficiente de validar uma área queimada se dá via noticiários e reportagens. A título de exemplo, a Figura 9 extraída de um jornal local, descreve o fato ocorrido e fotografado com a queimada da turfa no município de Serra-ES sendo detectada por satélite e registrado no Programa Queimadas do INPE em fevereiro de 2015.

CIDADES 9

TERÇA-FEIRA, 24 DE FEVEREIRO DE 2015 A GAZETA

CLIMA SECO

FOTOS: BERNARDO COUTINHO

Moradores de José de Anchieta afirmam que a fumaça está prejudicando a saúde, além de ter aumentado o número de mosquitos

Chuva não apaga incêndio em área de turfa na Serra

Fumaça já dura um mês; Corpo de Bombeiros está alagando região para conter o fogo

RORELLA GOMES
frunes@redegazeta.com.br

Há quase um mês convivendo com a fumaça densa proveniente de um incêndio em solo de turfa, moradores do bairro José de Anchieta, na Serra, reclamam dos problemas enfrentados com a situação. A chuva registrada em vários pontos da Grande Vitória na madrugada de ontem não atingiu a região, segundo o Corpo de Bombeiros. Os combates aos focos acontecem desde a semana passada, mas a população afirma que, quanto mais o tempo passa, maiores são os malefícios causados aos moradores, como nos dias de ventos fortes que espalham mais ainda a fumaça.

Morador da região, mas de uma parte mais alta do bairro, o trabalhador autônomo Paulo Júnior, 36 anos, afirma que durante a noite a fumaça é pior. "Nada resolve. Chove e não apaga. Só se chover muito é que apaga isso aí. E a noite quem sofre é a pessoa aqui em cima", afirmou.

Com dois filhos, um de 14 e outro de 6 anos, a balconista Juliana Santos Cardoso, 30 anos, disse que a fumaça já vem prejudicando sua saúde, além de deixar roupas e pertences com mau cheiro. "Muita fumaça, incomoda demais. Quando chega de manhã cedo a fumaça parece que atinge mais a casa da gente. Eu sou alérgica. Minha casa é tipo um porão, meu quarto já não tem janela, a fumaça acumula e já acordo sentindo dor".

Fumaça fica ainda pior à noite, relatam moradores

Não é só incômodo e desconforto que a fumaça trouxe para a população. Morando bem próximo à área incendiada, o eletricista Edimarone dos Santos Arruda, 25 anos, disse que os mosquitos se proliferaram após o fogo. "Ontem gastei um vidro de inseticida", contou.

ALAGAMENTO

A estratégia utilizada pelo Corpo de Bombeiros é alagar a região. No último domingo, foi feito um trabalho de contenção do fogo, para que áreas do entorno não fossem queimadas. Há uma grande quantidade de material inflamável na região, como mato seco e a própria matéria orgânica do subsolo, como informou o subcomandante da 3ª Companhia do Corpo de Bombeiros da Serra, Gabriel Caliman.

"É um terreno bastante profundo com essa camada orgânica, até chegar ao solo é muito difícil. Antes estávamos fazendo o trabalho com uma enxada. A gente cavava esse material até chegar ao solo, e retirava para não ser queimado. Ontem, a gente fez como se fosse uma trincheira com água em volta do fogo. Então impede que esse fogo passe, porque vai entrar em contato com água antes de prosseguir", explicou à rádio CBN Vitória.

Solo impede chegada de máquinas

Outros métodos já foram utilizados para realizar o combate ao incêndio do terreno de turfa. A Prefeitura da Serra, por exemplo, disponibilizou máquinas ao Corpo de Bombeiros, o que seria ideal, pois permitiria isolar a área. Mas, por ser região de turfa, os equipamentos encalharam a ponto de precisar que outras máquinas as retirassem. Também foi estudado outros caminhos para chegar aos focos de incêndio, mas outro impedimento foi encontrado: os valões que circundam o local.

Utilizar a água desses valões não é descartado pelo Corpo de Bombeiros, segundo o subcomandante Caliman. "Seria viável, mas a logística é mais complicada. A gente prefere por enquanto utilizar uma água com pressão maior. Se retirar a água desse córrego ele sai com uma pressão muito inferior do que com nossos caminhões. Então priorizamos o caminhão. Caso haja necessidade, podemos utilizar a água desse valão para encharcar o terreno", afirmou.

APARATO

Para realizar o combate ao incêndio, o Corpo de Bombeiros utiliza 20 mangueiras, um caminhão com capacidade de 4 mil litros, um auto-tanque com capacidade de 10 mil litros e sete homens. A Prefeitura da Serra deve disponibilizar ainda dois caminhões com capacidade de 12 mil litros cada um. Toda a água utilizada é de reúso, não sendo potável. A prioridade é eliminar as fumaças que estão mais próximas da população.

Fonte: A Gazeta (2015).

Figura 9. Reportagem em 24/02/2015 na região de turfa no município de Serra-ES afetada pelo incêndio sendo detectada pelo monitoramento orbital e registrada no Programa Queimadas do INPE.

Validação extraída do Programa Queimadas do Inpe/BDQueimadas

A checagem dos focos detectados pelos satélites e o local da ocorrência, pode ser também comprovada no próprio portal do Programa Queimadas do INPE[12] que consta validações em diversos Estados/regiões para serem consultadas ou utilizadas em relatórios/pesquisas diversas.

A Figura 10 mostra a validação de incêndio extraído do Programa Queimadas em 2015, no mesmo local relatado nas figuras anteriores em Serra-ES. Apresenta um padrão de confrontação, em um arquivo JPG, demostrando do lado esquerdo a interface do BDQueimadas com a data consultada evidenciando os pontos de focos detectados e, do lado direito, a reportagem de incêndio na mesma data da detecção pelo sistema sensor do satélite.

Figura 10. Exemplo da validação de incêndio extraído do portal do Programa Queimadas em 2015.

Fica explícito, neste trabalho, que o conjunto de dados derivado da varredura por sensoriamento remoto orbital é fidedigno e, após o processamento e análise, podem servir de base importante para o direcionamento de ações de redução da degradação e a resiliência tanto no meio urbano quanto no meio rural, como no gerenciamento de recursos naturais, nas águas de uma bacia de drenagem, na manutenção da fauna e flora de uma unidade de conservação e, sobretudo, na redução da emissão de gases de efeito estufa oriundos da queimada da vegetação e do entulho depositado em locais inadequados (Setzer; Ferreira; Morelli, 2021). Contribui ainda para atividades relacionadas com campanhas educativas, treinamento e capacitação de produtores rurais e brigadistas, monitoramentos e pesquisas.

Considerações e conclusões

A análise de mais de duas décadas dos focos de queimadas e incêndios na RMGV revelou um total de 500 registros detectados por produtos de sensoriamento remoto orbital, com uma média de 23,8 focos anuais. Comprovou também, por intermédio da análise da série histórica mensal, que os maiores focos estão nos meses entre agosto e outubro, concentrando 200 ou 40% das ocorrências na RMGV, notadamente, nos meses marcados por baixos índices pluviométricos e secos.

Mostra de maneira empírica que a elaboração e o uso do banco de dados geográficos de queimadas de longa data derivado dos dados anuais disponibilizados no Portal BDQueimadas, associada ao uso de geotecnologias, possibilita entender a distribuição, realizar acompanhamentos sistemáticos e integrar os dados de focos com outras demandas de análises/estudos tratados sob distintos enfoques acadêmicos, dos Corpo de Bombeiros e Defesa Civil, podendo as análises serem conjugadas.

Este banco de dados demostra ainda, que essas avaliações podem ser realizadas em outras escalas espaciais (Municípios, microrregiões, bacias hidrográficas, Estados ou outro recorte de interesse); permite quantificar e espacializar as queimadas em relação aos usos e coberturas; as ocorrências no interior e adjacências das UCs – Unidades de Conservação; identificar as queimadas em áreas de turfas; espacializar a densidade das queimadas/incêndios em meses específicos a partir do estimador Kernel; estabelecer outras análises estatísticas anuais e mensais de percentuais de áreas e quantidade de queimadas; rankings diversos; cruzar com informações climatológicas (ex.: eventos de El nino/La nina); confrontar com produtos de Sensoriamento Remoto termal (ex.: Landsat 9 Tirs -*Thermal Infrared Sensor*); entre outras possibilidades, servindo de base para o direcionamento de ações de redução da degradação decorrente deste fenômeno.

Um aspecto relevante da cartografia apresentada na Figura 5, que não se restringiu, apenas, aos pontos de registros de queimadas/incêndios (nuvem de pontos), revelou as ocorrências nas áreas de conservação; na densidade/concentração dos incêndios e queimadas (*hotspots*) possibilitando uma visão sinóptica do recorte estudado. Nessa linha, o estudo apresentado contribui para diversas diretrizes de ordenamento e gestão territorial permitindo ampliar os inventários de riscos, ao apontar outros locais com alta susceptibilidade (arcos de queimadas e incêndios, gerado pelo estimador Kernel), resultando no aumento da eficiência técnica e econômica dos trabalhos de combate e fiscalização, possíveis de serem aplicados em regiões que carecem de estudos dessa natureza.

Os produtos derivados desta técnica também podem contribuir para a revisão/elaboração de projetos como o plano para redução de riscos, além de proporcionar subsídios para os estudos dos efeitos ecológicos, atmosféricos e de mudanças climáticas, modelagens de risco de incêndios, pois no presente estudo consideraram-se as peculiaridades e particularidades socioambientais do território regional mediante dados, informações e softwares acessíveis e gratuitos.

Notas

6 Neste estudo as expressões "Incêndios" e "Queimadas" serão tratadas de maneira conjugada como áreas afetadas pelas chamas com registro de "foco" de queimada/incêndio detectado por sensores remotos a bordo de satélites de observação da Terra.

7 A Região Metropolitana da Grande Vitória (RMGV) possui uma área territorial de 2.324 km^2, formada pelos municípios de Cariacica, Fundão, Guarapari, Serra, Viana, Vila Velha e Vitória. É composta por uma população de 1.880.828 pessoas, de acordo com o censo de 2022, abrigando quase a metade da população total do Espírito Santo (49%) e uma densidade demográfica de 809,31 habitantes (IBGE, 2023).

8 É o satélite, cujo os focos detectados, são usados para compor a série temporal, propósito desse trabalho, partindo do registro de 01/01/2003 e assim permitir estudos/análises para períodos longos de interesse (INPE, 2024).

9 O Aqua, lançado em 05/2002, é um satélite americano desenvolvido em parceria com o Japão e Brasil operando a 705 km de altitude em orbita heliossíncrona com resolução temporal de 1 a 2 dias e resolução espacial de 250 a 500 metros. Possui 6 instrumentos sensores, sendo o sensor Modis - *Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer* composto de 36 canais/bandas espectrais, com as bandas 5 e 7 operado na faixa termal-média de 4 micrômetros (µm), calibradas para detecção de frentes de calor/queimadas. Os demais canais permitem identificar mudanças no uso da terra, atividades vulcânicas, propriedades das nuvens, fluxo de energia radiante, entre outros atributos (INPE, 2024; Setzer; Ferreira; Morelli, 2021; Setzer *et al.,* 2021).

10 Pode ser obtido também no formato *shapefile* (.shp) em: <https://terrabrasilis.dpi.inpe.br/queimadas/bdqueimadas/#exportar-dados>.

11 É importante mencionar o diferencial e potencial deste banco de dados geográficos criado em relação aos dados de queimadas do INPE: Não há limite temporal para análises/geração de informações, enquanto no BDQueimadas limita as pesquisas para 365 dias; É um banco de dados com referência espacial exclusivo para o objeto de estudo que pode ser a microrregião, Estado, bacia hidrográfica ou outro recorte de interesse; No caso deste estudo contém registros do monitoramento orbital desde 01/janeiro/2003 a 31/dezembro/2023 que podem ser atualizados com novas varreduras; Foram acrescentados campos importantes possibilitando análises/filtros anuais, mensais, entre outros; Há coordenadas UTM X e Y para cada ponto/foco de queimada; O Sistema de Referência Geográfica/Datum foi ajustado para Sirgas 2000 zona 24s, correspondendo a área de estudos.

12 Outros exemplos de validação de estados e regiões podem ser consultados no endereço: <https://dataserver-coids.inpe.br/queimadas/queimadas/Exemplos-Validacao/>.

Referências

A GAZETA. **Chuva não apaga incêndio em área de turfa na Serra**. Terça-feira 24 de fevereiro de 2015. Caderno Cidades. Fiorella Gomes. 2015.

CARDOSO, Vitor C.; SOUZA, Suelem A. de; BIUDES M. S.; MACHADO, Nadja G. Focos de calor na região centro-oeste no período de 2006 até 2012. V Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental - IBEAS – Instituto Brasileiro de Estudos Ambientais. **Anais[...].** Salvador/BA - 25 a 28/11/2013. p. 1-6.

COELHO, A. L. N.; GOULART, A. C. O. Cartografia de Queimadas e Incêndios Aplicados à Mitigação de Desastres e Conservação de Paisagens. **Percursos**, v. 20, p. 66-90, 2019.

COELHO, ANDRÉ L. N.; GIMENES, Ana. C. W.; GOULART, Antônio C. O. Geotecnologias Aplicadas a Análise Espaço-Temporal das Queimadas e Incêndios em Escala Estadual: Conhecer para prevenir. In: Lourenço Magnoni Junior, Carlos Machado de Freitas, Eymar Silva Sampaio Lopes, Gláucia Rachel Branco Castro, Humberto Alves Barbosa, Luciana Resende Londe, Maria da Graça Mello Magnoni, Rosicler Sasso Silva, Tabita Teixeira e Wellington dos Santos Figue. (Org.). **Redução do risco de desastres e a resiliência no meio rural e urbano**. 2ed. São Paulo: CPS, 2020, v. 1, p. 372-389.

GEOBASES - Sistema Integrado De Bases Geoespaciais Do Estado Do Espírito Santo: **GEO-DADOS** (2024). Disponível em: <https://ide.geobases.es.gov.br>. Acesso em 2 fev. 2024.

IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. **Centro Nacional de Prevenção e Combate aos Incêndios Florestais (Prevfogo)**, 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/ibama/pt-br/assuntos/fiscalizacao-e-protecao-ambiental/incendios-florestais/prevfogo>. Acesso em 02 jun. 2023.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo 2022**. Brasília, Distrito Federal, 2023.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Mapas Interativos do IBGE** (2024): Base de Dados Geográficos. Disponível em: <https://mapasinterativos.ibge.gov.br/sigibge/>. Acesso em 17 jun. 2024.

INCAPER - Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural. **Caracterização Climática do ES** – 2017. Disponível em: <http://hidrometeorologia.incaper.es.gov.br/?pagina=carac>. Acesso em 13 ago. 2020.

INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **Portal Queimadas INPE**, 2024. Disponível em: <http://terrabrasilis.dpi.inpe.br/queimadas/portal/>. Acesso em: 03 abr. 2024.

JENSEN, J. R. **Sensoriamento Remoto do Ambiente**: uma perspectiva em recursos terrestres, São José dos Campos, SP: Parêntese, 2009.

KAZMIERCZAK, M. L. Sensoriamento Remoto para Incêndios Florestais. In: SAUSEN T. S. e LACRUZ, M. S. P. (Orgs.) **Sensoriamento Remoto para Desastres**. Oficina de textos, São Paulo, 2015. p. 174-211.

LIBONATI, R.; PEREIRA, A. A. ; SANTOS, F. L. M. ; RODRIGUES, J. A. ; ROSA, A. S. ; MELCHIORI, E. A. ; MORELLI, F. ; SETZER, A. Sensoriamento remoto de áreas queimadas no Brasil: progressos, incertezas, desafios e perspectivas futuras. In: Alberto Setzer e Nelson Ferreira. (Org.). **Queimadas e Incêndios Florestais:** mediante monitoramento orbital. 1 ed.: 2021.

MENEZES, P. L.; FERNANDES, M. C. **Roteiro de Cartografia**. São Paulo: Oficina de Textos, 2013.

NUNES, A.; LOURENÇO, L.; BENTO-GONÇALVES, A. & VIEIRA, A. Três décadas de incêndios florestais em Portugal: incêndio regional e principais factores responsáveis. **Caderno de Geografia**, nº32, Coimbra, FLUC – 2013. p. 133-143.

SETZER, Alberto W. *et. al.* O Risco de Fogo do CPTEC/INPE. In: SETZER, Alberto W.; FERREIRA, Nelson J. (Orgs.) **Queimadas e Incêndios Florestais:** Mediante Monitoramento Orbital. Oficina de textos, São Paulo, 2021. p. 82-98.

SETZER, Alberto W.; FERREIRA, N. J.; MORELLI, F. O Programa Queimadas do INPE. In: SETZER, A.W.; FERREIRA, N. J. (Orgs.). **Queimadas e Incêndios Florestais:** Mediante Monitoramento Orbital. Oficina de textos, São Paulo, 2021. p. 23-52.

SETZER, Alberto W.; VICTORINO, Paulo S. S.; BOTTINO, Marcus J. Detecção de Queimadas por Satélites Geoestacionários e seu Uso no Programa Queimadas do INPE. In: SETZER, Alberto W.; FERREIRA, Nelson J. (Orgs.) **Queimadas e Incêndios Florestais:** Mediante Monitoramento Orbital. Oficina de textos, São Paulo, 2021. P. 99-121.

TEBALDI, A. L. C. *et al.*, Ações de Prevenção e Combate aos Incêndios Florestais nas Unidades de Conservação Estaduais do Espírito Santo. **Floresta e Ambiente**. 2013 out./dez.; 20(4) p. 538-549.

TORRES, F. T. P. *et al*; Perfil dos Incêndios Florestais em Unidades de Conservação Brasileiras no Período de 2008 a 2012; In: **Floresta**. Curitiba, v.46, n.4, out./dez, 2016. p. 531-542.

Rio Jamari/RO
Autor: Secretaria de Estado do Desenvolvimento Ambiental de Rondônia (SEDAM-RO)