



Análise dos focos de calor em diferentes faixas de áreas de influência da rodovia BR-242, Nova Ubiratã-MT

Vanusa de Souza Pacheco HOKI^{1*}, Luciana SANCHES²,
Gersina Nobre Rocha CARMO JUNIOR², Osvaldo Borges PINTO JUNIOR¹

¹Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, Universidade de Cuiabá, Cuiabá, MT, Brasil.

²Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, MT, Brasil.

*E-mail: vanusahoki@gmail.com

(Orcid: 0000-0003-1747-8775; 0000-0002-3645-3541; 0000-0001-9923-4509; 0000-0003-2653-5460)

Recebido em 10/07/2020; Aceito em 19/02/2021; Publicado em 23/04/2021.

ABSTRACT: A concentração dos focos de calor em diferentes faixas limítrofes de influência da rodovia BR-242 foi analisada no município de Nova Ubiratã-MT. Os focos de calor obtidos pelo banco de dados de Queimadas do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), detectados pelo sensor MODIS do satélite AQUA foram identificados e quantificados. O estimador de densidade de *Kernel* e a análise de *Buffer* (distância em duas classes de 0 – 5 km e 0 – 20 km ao longo da BR-242) foram utilizados para estimar a distribuição dos focos de calor no município. Os resultados indicaram um aumento nos focos de calor a partir da área de influência de 20 km, constatando que 10% dos focos ocorreram na faixa de 0 – 5 km e 29% na faixa de 0 – 20 km, totalizando 5.568 focos detectados nos anos 2008 a 2017. Esta nova informação visa fomentar políticas públicas sobre os procedimentos aplicados pelo IBAMA na regularização ambiental das rodovias federais, especialmente para diagnosticar o passivo ambiental rodoviário.

Palavras-chave: Sistema de Informação Geográfica; incêndios florestais; infraestrutura; monitoramento por satélite.

Analysis of heat sources in different areas of influence of the BR-242 highway in the Nova Ubiratã-MT, Brazil

ABSTRACT: The concentration of heat sources in different boundary bands of influence of the BR-242 highway was analyzed in the municipality of Nova Ubiratã-MT. The heat sources obtained by the database of burnings from Brazilian National Institute for Space Research (INPE), detected by the MODIS sensor of the AQUA satellite were identified and quantified. The Kernel density estimator and the Buffer analysis (distance in two classes of 0 - 5 km and 0 - 20 km along the BR-242 corridor) were used to estimate the distribution of heat sources in the municipality. The results indicated an increase in the heat sources from the area of influence of 20 km, noting that 10% of the heat sources occurred in the range of 0 - 5 km and 29% in the range of 0 - 20 km, totaling 5,568 detected heat sources in the years from 2008 to 2017. This new information promises to promote public policies on the procedures applied by IBAMA in the environmental regularization of federal highways, especially to diagnose environmental road liabilities.

Keywords: Geographic Information Systems; wildfire; infrastructure; satellite monitoring.

1. INTRODUÇÃO

O fogo na Amazônia Brasileira é o principal instrumento para o manejo do solo visando estabelecer a agricultura, e a manutenção de pastagem, resultando frequentemente em incêndios florestais. Esses, por sua vez, são responsáveis pela emissão de grandes quantidades de gases de efeito estufa, consequentemente causando o aumento do albedo, redução do fluxo de vapor de água na atmosfera devido a inibição das precipitações, e o aumento da suscetibilidade de queima recorrente. É de conhecimento que a propensão aos incêndios florestais é um efeito ocasionado pela pavimentação de estradas (NEPSTAD et al., 2001; FEARNSTIDE, 2002; BARRETO et al., 2005).

Na Amazônia apesar da necessidade de investimentos em infraestrutura, a continuidade na relação histórica entre a pavimentação de estradas e a alteração de florestas, identificados pelos agentes antropogênicos relacionados às atividades humanas, estimulam o desmatamento adicional e

o empobrecimento de florestas, além de doenças relacionadas à fumaça (NEPSTAD et al., 2001; ARNDT et al., 2013; KAUR; SOOD, 2019).

Na análise das causas de ignição de incêndios florestais, o fator ação humana muitas vezes não é considerado, provavelmente devido à complexidade relativamente alta do comportamento humano ser difícil de mensurar (ARNDT et al., 2013).

As relações entre os homens e os desastres naturais como os incêndios florestais, estão aumentando exponencialmente. Com as inovações tecnológicas, há um aumento nas novas abordagens ao planejamento de estradas em meio florestal onde há ambiente propenso ao fogo, principalmente com o uso de ferramentas para a prevenção de falhas catastróficas, desastres naturais, incêndios florestais tem aumentado. Por isso, nas últimas décadas, vários autores desenvolveram métodos utilizando o espaçamento das estradas, com o desenvolvimento de três métricas a serem usadas no

ambiente Sistema de Informação Geográfica (SIG): rede rodoviária coberta, eficiência da rede viária e rede viária conveniência (NIRANJANA; HEMALATHA, 2018).

O sistema rodoviário brasileiro tem recebido incentivos por parte do governo para sua ampliação e adequação às necessidades da população e a cargo do Ministério dos Transportes, a execução dos empreendimentos rodoviários, os quais são monitorados pelo Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT), precedidas por estudos ambientais e acompanhadas por gestores ambientais para evitar, minimizar e/ou compensar impactos negativos ao meio ambiente e às populações lindeiras aos empreendimentos, por meio de licenciamento ambiental, previsto na Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, conhecida como Política Nacional de Meio Ambiente (PNMA), e esse licenciamento ambiental trazido pela Resolução CONAMA 237, de 19 de dezembro de 1997, estabelecendo os limites e normas na relação público – privado (LOUREIRO, 2010).

Barber et al. (2014) avaliaram as relações entre o desmatamento e a infraestrutura na Amazônia mencionaram que quase 95% de todo o desmatamento ocorreu em 5,5 km de estradas ou 1 km de rios, incluindo mais de 190.000 km de estradas não oficiais, ou seja, a ocorrência de desmatamento foi maior perto das estradas e dos rios do que em outras partes da Amazônia.

No estado de Mato Grosso a rodovia BR-242/MT tem papel fundamental no escoamento da produção agrícola da região, tendendo a aumentar o tráfego com a finalização da construção de oito pontes em 2020.

O estudo de impacto ambiental da rodovia BR-242/MT avaliou as delimitações das áreas de influência com relação as intervenções de engenharia utilizadas na implantação do empreendimento analisando as vulnerabilidades de cada meio afetado, o uso e ocupação do solo e características fisiográficas (FLORAMAT, 2009; DNIT, 2010).

A rodovia BR-242/MT localiza-se a aproximadamente 50 km sul do Território Indígena do Xingu (II), por um trecho com fazendas e elevados índices de desmatamento. Dentre as áreas desmatadas prevalecem as localizadas em imóveis privados com mais de 100 ha. Entre agosto de 2016 e julho de 2017 no município de Nova Ubitatã a área desmatada foi 43,5 ha, representando cerca de 0,34% do total desmatado no estado de Mato Grosso (INPE, 2018).

O presente estudo analisou a concentração dos focos de calor em diferentes faixas de áreas de influência da rodovia BR-242/MT no município de Nova Ubitatã/MT.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Descrição e área de estudo

O município de Nova Ubitatã está localizado a 506 km da capital do estado de Mato Grosso (coordenadas 12°59'26" Sul e 55°15'17" Oeste e altitude 400 m), cortada pela rodovia BR-242/MT (Figura 1). O clima da região é Aw - Clima Tropical com estação seca no inverno segundo classificação climática de Köppen e Geiger, temperatura média de 24,6° C e precipitação pluviométrica média 1.838 mm/ano (ALVARES et al., 2013).

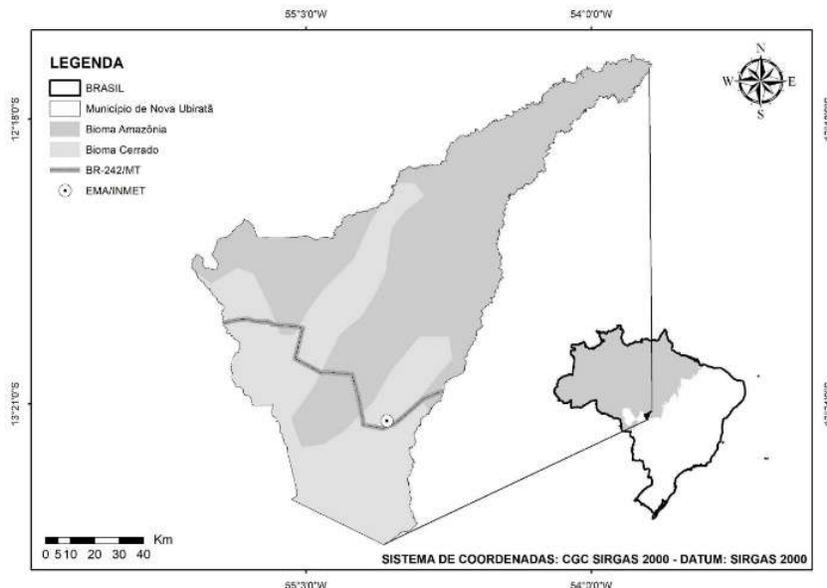


Figura 1. Localização do município de Nova Ubitatã-MT, coberto com biomas Amazônia e Cerrado, a localização da rodovia federal BR-242/MT e a Estação Meteorológica Automática (código A-929/INMET, 13,411105 S, 54,752144 O).

Figure 1. Location of the municipality of Nova Ubitatã-MT, Brazil, covered with Amazon and Savana biomes, location of the federal highway BR-242/MT and Automatic Meteorological Station (code A-929/INMET, 13.411105 S, 54.752144 W).

O município possui uma área territorial de 12.500,11 km², com uma população de 11.694 (IBGE, 2018) e Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) 0,669, contemplando os biomas Amazônia e Cerrado (BRASIL, 2018).

2.2. Dados de focos de Calor

Os dados de focos de calor foram obtidos junto ao banco de dados do Programa de Queimadas (BDQueimadas) do

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), detectados pelos satélites AQUA “satélite de referência” sensor Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS) resolução espacial de 1 km, nos anos de 2008 a 2017. A malha municipal foi obtida do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas (IBGE), os dados foram processados e analisados por meio de do software ArcGIS 10.5 (INPE, 2018).

2.3. Espaço temporal dos focos de calor

A análise espaço temporal dos focos de calor obtidos do BDQueimadas (INPE) foram realizadas por interpolações utilizando ferramenta GIS, aplicando a técnica de kernel no período de 2008 a 2017, de acordo com a metodologia proposta por Barbosa et al. (2014).

Os mapas gerados com densidade foram divididos em 5 classes que variaram de acordo com a cor e tonalidade sendo representados: muito baixa (verde com tonalidade mais escura), baixa (verde com tonalidade mais clara), média (amarela), alta (laranja) e muito alta (vermelha).

2.4. Área de influência dos focos de calor

A partir da área total do município de Nova Ubiratã/MT, no corredor da rodovia BR-242/MT que corta o município com uma extensão de 156 km, buscou-se identificar e quantificar os focos de calor na área de abrangência da rodovia a partir do eixo central da rodovia nas distâncias entre 0 - 5 km e 0 - 20 km com intuito de correlacionar e avaliar a influência da implantação da rodovia em um raio de 20 km entre os anos 2008 e 2017.

3. RESULTADOS

3.1. Descrição das condições climáticas

A média mensal da temperatura do ar, umidade relativa do ar e velocidade do vento, nos anos de 2009 a 2018 em Nova Ubiratã/MT, é mostrada na Figura 2.

A temperatura e a umidade do ar, velocidade do vento, apresentaram sazonalidade definida. As médias mensais da temperatura do ar e da velocidade do vento foram mais elevadas no período de estiagem, a velocidade média do vento foi 3 m/s (60% dos dados), temperatura média do ar foi 25,24°C, e umidade média do ar 69,89%.

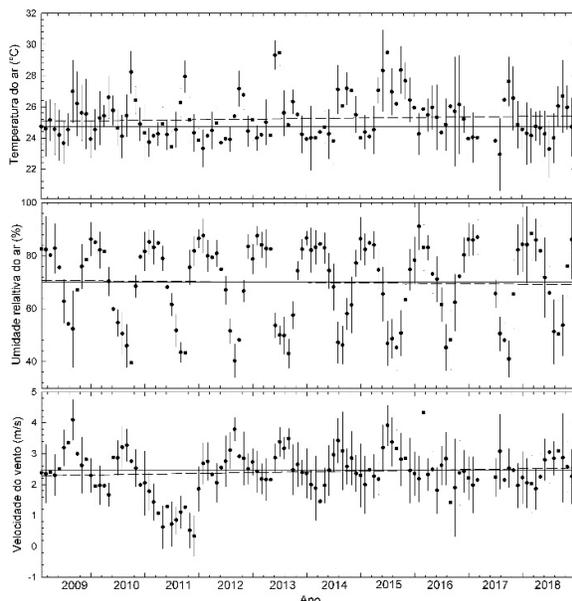


Figura 2. Média mensal da temperatura do ar (°C), umidade relativa do ar (%), velocidade do vento (m/s), nos anos de 2009 a 2018 em Nova Ubiratã/MT. A linha sólida representa as médias mensais e a tracejada a linha de tendência.

Figure 2. Monthly average of air temperature (°C), relative humidity (%), wind speed (m/s), from 2009 to 2018 in Nova Ubiratã/MT. The solid line represents the monthly averages and the dashed line the trend line.

3.2. Densidade de focos de calor

A Figura 3 apresenta as interpolações dos dados de focos de calor do município de Nova Ubiratã/MT aplicando a técnica de kernel com dados do BDQueimadas.

A densidade dos focos de calor foi maior concentrada nas áreas dos assentamentos humanos, porém com características distintas, conforme tonalidade vermelha mais intensa na Figura 3.

A distribuição espacial e dos fatores determinantes dos incêndios florestais, quando entendidos, facilitam o planejamento local do gerenciamento de incêndios florestais e a otimização da alocação de recursos para prevenção de incêndios geograficamente (GUO et al., 2016).

3.3. Concentração dos focos de calor

A partir da área total do município de Nova Ubiratã/MT, no corredor da rodovia BR-242/MT, identificou-se e quantificou-se os focos de calor na área de abrangência da rodovia a partir do eixo central da rodovia nas distâncias entre 0 - 5 km e 0 - 20 km com intuito de correlacionar e avaliar a influência da implantação da rodovia em um raio de 20 km nos anos entre 2008 e 2017 (Figura 4).

A análise do mapa com focos de calor detectados na proximidade da rodovia BR-242/MT constatou que 10% dos focos ocorrem na faixa de 0 - 5 km, enquanto na faixa de 0 - 20 km em torno de 29% do total de 5.568 focos detectados entre os anos 2008 e 2017 no município de Nova Ubiratã/MT.

4. DISCUSSÃO

A relação dos efeitos da temperatura do ar e os incêndios florestais é indireta, quanto mais aquecido está o ar e o material combustível, menor o calor necessário para ignição, no entanto, a degradação via fragmentação pode elevar as temperaturas de superfície e reduzir a precipitação e, em consequência, elevar os riscos de seca (NEPSTAD, 2001). Essa fragmentação da floresta, por meio do fogo, é associada as mudanças no ecossistema e ainda as interações espaciais locais (GUEDES et al., 2012).

Por outro lado, Guo et al. (2016) constataram que fatores como: elevação, precipitação diária e umidade relativa, foram negativamente associadas as ignições de incêndio, enquanto a distância ao assentamento, a densidade populacional e o produto interno bruto per capita (PIB) impactaram positivamente a ocorrência de incêndios.

Anderson et al. (2017) relataram que 39% do total de focos de calor detectados na Amazônia foram localizados em projetos de assentamentos, 26% em áreas particulares, 10% em unidades de conservação e menos de 2% em terras indígenas. Esses resultados corroboram com o presente estudo em que a espacialização dos focos de calor concentrou-se nas proximidades dos projetos de assentamentos na região.

Pfaff et al. (2009) concluíram que como estratégia de ocupação efetiva na Amazônia, o padrão de colonização do INCRA, tem uma fração significativa das estradas próximas de uma cidade, uma ligação das parcelas rurais as áreas urbanas por meio de uma malha rodoviária local, reproduzindo uma necessidade de infraestrutura regional, implicando um maior acesso as áreas florestais por meio de infraestruturas e, conseqüentemente um aumento no risco de ignição de incêndio.

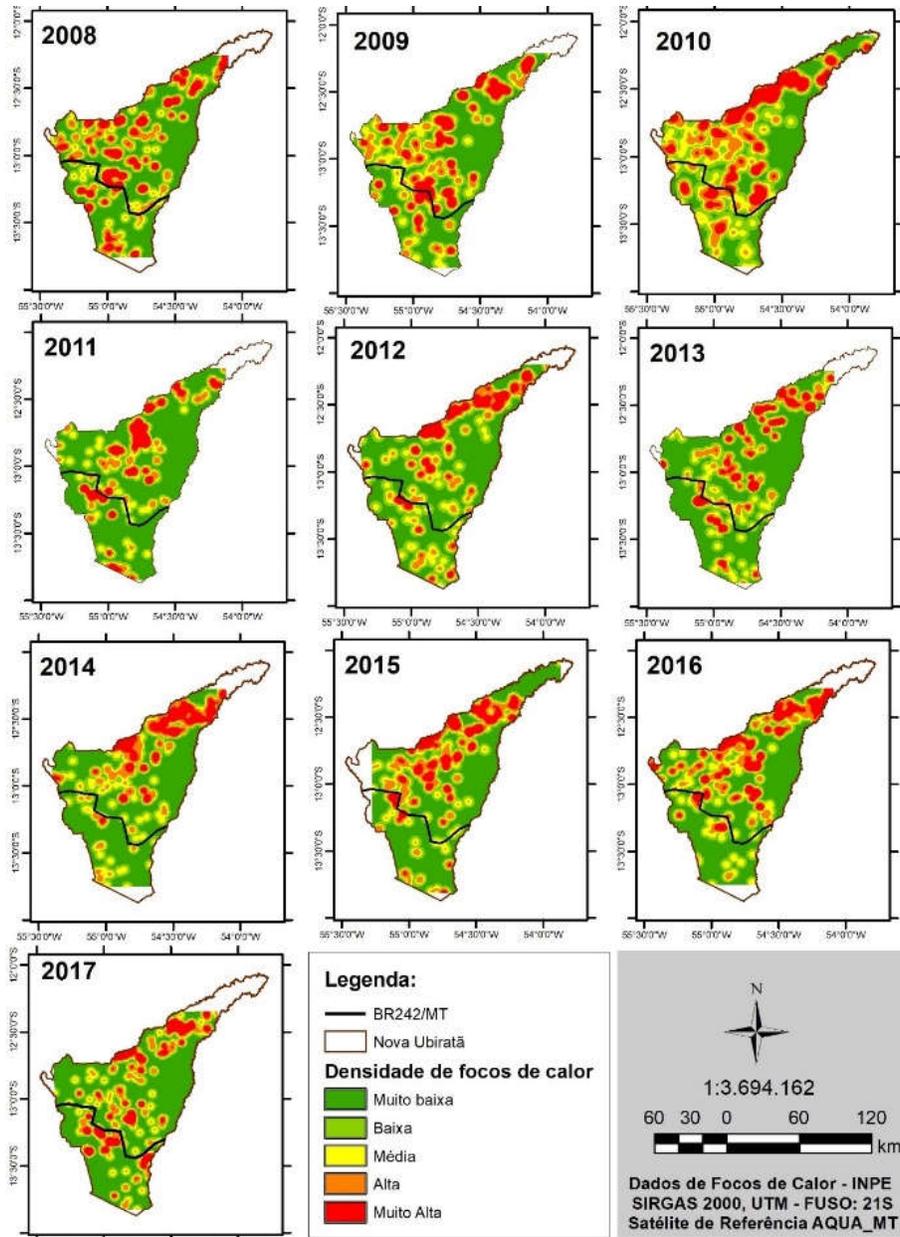


Figura 3. Estimativa da densidade do núcleo dos focos de calor nos anos de 2008 a 2017 em Nova Ubiratã/MT.
Figure 3. Estimation of the density of the core of the heat sources in the years from 2008 to 2017 in Nova Ubiratã/MT.

Além disso, a intensidade na ocorrência de focos de calor varia de acordo com o número de famílias e o tipo de cultura praticada no local. A influência de fatores humanos no perigo de incêndio florestal está intimamente relacionada às características da região (ARNDT et al., 2013), entretanto há uma escassez de dados sobre atividades humanas em áreas florestais.

Em relação a influência das distâncias sobre os focos, constatou-se que 10% dos focos ocorreram na faixa de 0 – 5 km, e 29% na faixa de 0 – 20 km, totalizando 5.568 focos detectados entre os anos 2008 e 2017 no município de Nova Ubiratã/MT.

A influência da infraestrutura rodoviária na ocorrência de fogo é uma variável com pequeno efeito, Belmont (2018), relatou que pode aumentar 2,4% em aproximadamente 30

km das estradas.

A pressão humana, a necessidade de infraestrutura, variam dentro das zonas de influência dos focos de calor, com áreas concentradas próximo de áreas desmatadas ou de zonas urbanas (cerca de 30 km), e áreas em locais isolados, principalmente em regiões rurais, que estão além de 30 km das estradas oficiais, onde predomina a agricultura (BELMONT, 2018; KLARENBERG et al., 2018).

Nesse sentido, nas faixas analisadas a partir do eixo da rodovia de 0 – 5 km e 0 – 20 km, a concentração foi maior na segunda faixa, consequência da abertura de vicinais a partir de uma estrada principal, que dá acesso a regiões até então consideradas distantes e consequentemente pouco exploradas, a dinâmica da vegetação é alterada com a progressão de estradas (KLARENBERG et al., 2018).

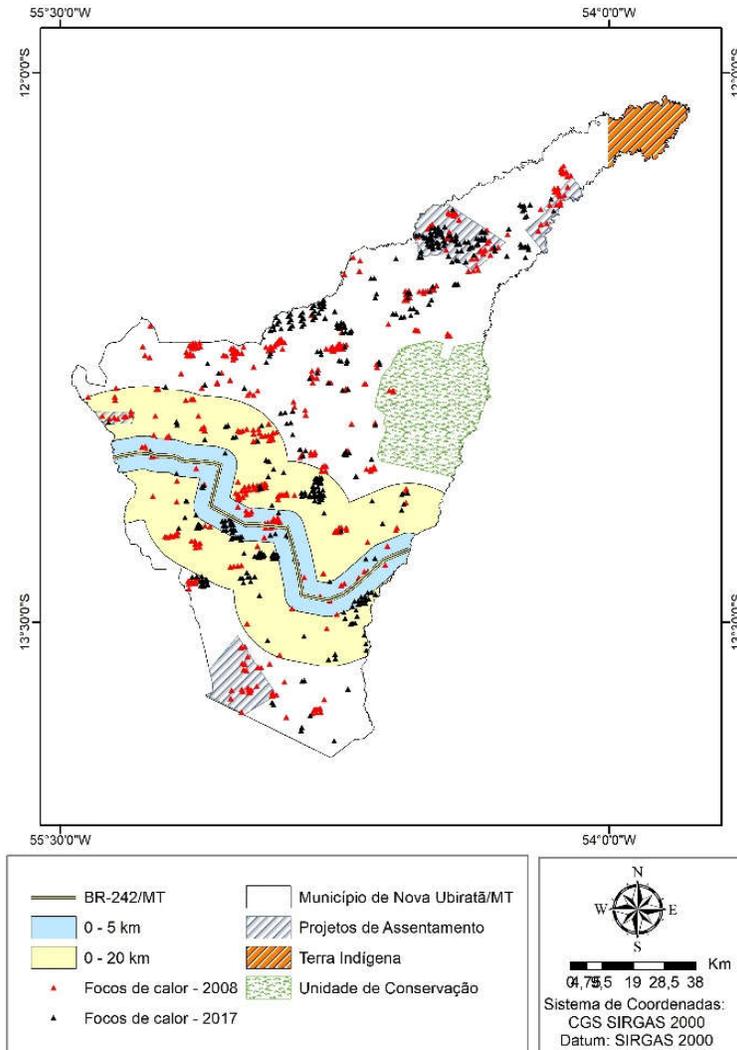


Figura 4. Identificação e quantificação dos focos de calor na área de abrangência da rodovia, nos anos 2008 a 2017.
Figure 4. Identification and quantification of heat sources in the area covered by the highway, from 2008 to 2017.

5. CONCLUSÕES

A concentração de focos de calor tem maior incidência em áreas destinadas aos projetos de assentamentos, que utilizam a prática de limpeza de pastagem com uso do fogo, com registros de focos de calor durante todo o ano.

O padrão espacial de distribuição dos focos de calor detectados nas faixas de influência da rodovia BR-242/MT no município de Nova Ubitatã, tiveram relação com a construção das estradas, principalmente a partir de 2011.

Os focos de calor tendem a aumentar na faixa na rodovia acima de 20 km, com alterações nas áreas rurais circundantes, principalmente relacionadas às ações antrópica.

Como considerações finais, recomenda-se pesquisas específicas sobre a relação entre os licenciamentos ambientais de rodovias, quanto à definição da área de influência, seja ela direta ou indireta, e a extensão dos seus impactos ambientais.

6. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Programa de Suporte à Pós-graduação de Instituições de ensino particulares/Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de

Nível Superior – Brasil (PROSUP/CAPES) – Código de Financiamento 001, pelo auxílio financeiro para realização do projeto de pesquisa; a Universidade Federal de Mato Grosso/Gestão Ambiental BR-242/MT pelo repasse do projeto e disponibilizarem a infraestrutura nos estudos de campo, viabilizando a pesquisa; ao Corpo de Bombeiros do Estado de Mato Grosso (CBMMT) por meio do Batalhão de Emergências Ambientais (BEA) por disponibilizarem o corpo técnico durante os levantamentos e processamento de dados.

7. REFERÊNCIAS

- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; DE MORAES, G.; LEONARDO, J.; SPAROVEK, G. Koppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>
- ANDERSON, L. O.; YAMAMOTO, M.; CUNNINGHAM, C.; FONSECA, M. G.; FERNANDES, L. K.; PIMENTEL, A.; BROWN, F.; SILVA JUNIOR, C. H.

- L.; LOPES, E. S. S.; MOREIRA, D. S.; SALAZAR, N.; ANDERE, L.; ROSAN, T. M.; REIS, V.; ARAGÃO, L. E. 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**, v. 69, n. 1, p. 163-177, 2017.
- ARNDT, N.; VACIK, H.; KOCH, V.; ARPACI, A.; GOSSOW, H. Modeling human-caused forest fire ignition for assessing forest fire danger in Austria. **iForest-Biogeosciences and Forestry**, v. 6, n. 6, p. 315, 2013. <https://doi.org/10.3832/ifer0936-006>
- BARBER, C. P.; COCHRANE, M. A.; SOUZA JR, C. M.; LAURANCE, W. F. Roads, deforestation, and the mitigating effect of protected areas in the Amazon. **Biological conservation**, v. 177, p. 203-209, 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.biocon.2014.07.004>
- BARBOSA, N. F.; STOSIC, B. D.; STOSIC, T.; LOPES, P. M.; MOURA, G. B. D. A.; MELO, J. S. Kernel smoothing dos dados de chuva no Nordeste. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 18, n. 7, p. 742-747, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1415-43662014000700011>
- BARRETO, P.; SOUZA Jr, C.; NOGUERÓN, R.; ANDERSON, A.; SALOMÃO, R. **Pressão humana na floresta amazônica brasileira**. Belém: WRI - Imazon, 2005. 84p. Disponível em: <https://imazon.org.br/PDFimazon/Portugues/livros/ressao-humana-na-floresta-amazonica-brasileira.pdf>
- BELMONT, A. M. **Dinâmica de uso e ocupação da terra e incêndios florestais no Parque Nacional Chapada dos Veadeiros**. 54f. Monografia (Engenharia Florestal) – Universidade de Brasília, Brasília, 2018. Disponível em: https://bdm.unb.br/bitstream/10483/21460/1/2018_AlexiaMoraisBelmont_tcc.pdf
- BRASIL. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Censo Demográfico, 2010**. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mt/nova-ubirata/panorama>. Acesso em: 09 jul 2018.
- DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES (DNIT). **Anteprojeto de engenharia para construção de rodovia. Jan/2015**. Vol. 3 Memória Justificativa. 2015
- _____. **Plano Básico Ambiental** - (Querência – Nova Ubiratã), 2010.
- _____. **Plano Básico Ambiental** - Subtrecho Querência – Nova Ubiratã (MT), 2014.
- FEARNSIDE, P. M. Fogo e emissão de gases de efeito estufa dos ecossistemas florestais da Amazônia brasileira. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 16, n. 44, p. 99-123, 2002. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-40142002000100007>
- FLORAMAT_Projetos e Consultorias Ambientais. **Relatório Ambiental Simplificado (RAS) - 01** - Rodovia BR-242/MT - Trecho: Nova Ubiratã - Gaúcha do Norte - Extensão: 282 km. Cuiabá, 2009. 388 p. Disponível em: https://ox.socioambiental.org/sites/default/files/ficha-tecnica//node/176/edit/2019-02/RAS-01_BR242.pdf
- GUEDES, G. R.; BRONDÍZIO, E. S.; BARBIERI, A. F.; ANNE, R.; PENNA-FIRME, R.; D'ANTONA, Á. O. Poverty and inequality in the rural Brazilian Amazon: a multidimensional approach. **Human Ecology**, v. 40, n. 1, p. 41-57, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10745-011-9444-5>
- GUO, F.; SU, Z.; WANG, G.; SUN, L.; LIN, F.; LIU, A. Wildfire ignition in the forests of southeast China: Identifying drivers and spatial distribution to predict wildfire likelihood. **Applied Geography**, v. 66, p. 12-21, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2015.11.014>
- INPE_Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **Produção Científica e de Divulgação do Projeto Queimadas (2017)**. Disponível em: https://docs.google.com/viewer?url=http://queimadas.cptec.inpe.br/~rqueimadas/documentos/pub_queimadas.pdf. Acesso em: 28 mai. 2018.
- _____. **PRODES - Desmatamento nos Municípios da Amazônia Legal para o ano de 2017**. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/prodesdigital/prodesmunicipal.php>. Acesso em: 12 jun. 2019.
- KAUR, H.; SOOD, S. K. Fog-assisted IoT-enabled scalable network infrastructure for wildfire surveillance. **Journal of Network and Computer Applications**, v. 144, p. 171-183, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jnca.2019.07.005>
- KLARENBERG, G.; MUÑOZ-CARPENA, R.; CAMPO-BESCÓS, M. A.; PERZ, S. G.; KLARENBERG, G. et al. Highway paving in the southwestern Amazon alters long-term trends and drivers of regional vegetation dynamics. **Heliyon**, v. 4, n. 8, p. e00721, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2018.e00721>
- LOUREIRO, C. F. Educação ambiental no licenciamento: uma análise crítica de suas contribuições e potencialidades. **Sinais sociais**, v. 5, n. 14, p. 10-35, 2010.
- NEPSTAD, D.; CARVALHO, G.; BARROS, A. C.; ALENCAR, A.; CAPOBIANCO, J. P.; BISHOP, J.; MOUTINHO, P.; LEFEBVRE, P.; SILVA JR, U. L.; PRINS, E. Road paving, fire regime feedbacks, and the future of Amazon forests. **Forest Ecology and Management**, v. 154, n. 3, p. 395-407, 2001. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jnca.2019.07.005>
- NIRANJANA, R.; HEMALATHA, T. An autonomous IoT infrastructure for forest fire detection and alerting system. **International Journal of Pure and Applied Mathematics**, v. 119, n. 12, p. 16295-16302, 2018.
- PAFF, A.; BARBIERI, A.; LUDEWIGS, T.; MERRY, F.; PERZ, S.; REIS, E. Impactos de estradas na Amazônia Brasileira. **Cedeplar**, Belo Horizonte, p. 101-116, 2009.