

Mapas de *Kernel* como Subsídio à Gestão Ambiental: Análise dos Focos de Calor na Bacia Hidrográfica do Rio Acaraú, Ceará, nos Anos 2010 a 2015

Heat Maps Applied to Environmental Management: An Analysis of Hot Spots in Acaraú River Basin, Ceará, 2010-2015

Ulisses Costa Oliveiraⁱ

Superintendência Estadual do Meio Ambiente do Ceará – SEMACE
Sobral, Ceará

Petrônio Silva de Oliveiraⁱⁱ

Superintendência Estadual do Meio Ambiente do Ceará – SEMACE
Crato, Ceará

Resumo: Este trabalho visou analisar a densidade de pontos de incêndio localizados na bacia hidrográfica do rio Acaraú, nos anos de 2010 a 2015, usando mapas gerados através do estimador de densidade *Kernel*. Para a manipulação dos dados foi utilizado o *software* QGIS Wien, versão 2.8. Foram gerados mapas, classificados com densidades relativas, usando escala de cores, divididas em cinco classes representadas pelas cores branca (muito baixa), verde (baixa), amarelo (média), laranja (alta) e vermelho (muito alta). Os resultados mostram que ao longo dos anos os focos de calor estiveram concentrados na porção da bacia que abrange o baixo e médio curso do rio Acaraú, acompanhando o seu curso bem como nas áreas mais próximas à Chapada da Ibiapaba, em sua porção sudoeste. Além disso, o ano de 2015 foi o que apresentou número de focos mais expressivos, totalizando 3.813 focos de calor, mais do que o dobro dos quatro anos anteriores.

Palavras-chave: Focos de Queimada; Método de *Kernel*; Bacia Hidrográfica.

Abstract: Using maps generated through the Kernel density estimator this work analyzes the density of fire points located in the Acaraú River Basin during the years 2010-2015. Data was processed using QGIS Wien software, version 2.8. Maps were generated and heat densities were classified using a color scale, divided into five classes, represented by the colors white (very low), green (low), yellow (average), orange (high) and red (very high). The results show that over the years the hot spots were concentrated in the portion

ⁱ Fiscal Ambiental na Superintendência Estadual do Meio Ambiente do Ceará, Parque de Exposição José P. Dias, S/N, b. Colina, Sobral/Ceará. ucoliveira@gmail.com.

ⁱⁱ Gestor Ambiental na Superintendência Estadual do Meio Ambiente do Ceará, Av. Pedro Felício Cavalcante, 2530 – Bairro: Parque Granjeiro, Crato/Ceará. petronio-oliveira@hotmail.com.

of the basin which covers the low and middle reaches of the Acaraú River as well as in the areas near the Ibiapaba Plateau in its southwestern part. The year 2015 witnessed the most significant number of outbreaks of fire, totaling 3,813 hot spots, more than double the previous four years.

Keywords: Fire Spots; Kernel Method; River Basin.

Introdução

A vegetação é considerada um indicador de qualidade ambiental, na medida que atua associada a outros indicadores, tais como qualidade da água, do ar, solos, fauna e clima, na condição de elemento indispensável ao equilíbrio, seja na manutenção de algumas necessidades do momento, seja nas ações que visam a melhoria da qualidade de vida em áreas mais comprometidas (SOUSA, 2008).

No contexto do semiárido brasileiro, é prática cultural das populações realizarem a remoção de vegetação, visando o uso alternativo do solo para atividades agropecuárias e extração vegetal. Além disso, a produção agropecuária, se praticada de forma incorreta, pode causar danos ao meio ambiente, contribuindo para a degradação dos meios físico e biótico. A vegetação da Caatinga serve como combustível para fornos de atividades industriais, o que promove a intensificação nos processos de degradação da vegetação, influenciando desde a temperatura até a disponibilidade hídrica, necessitando, portanto, de um monitoramento das condições de manejo da vegetação e do solo na região.

No semiárido, a agricultura ainda é praticada de forma itinerante na maioria das propriedades familiares, utilizando o sistema tradicional de desmatamento e queima. A maioria dos agricultores faz o corte raso da caatinga e a queima da vegetação, cultivando por aproximadamente dois anos e abandonando em seguida, devido às reduções drásticas na fertilidade e na produção destas áreas (CAMPANHA et al., 2010).

Faganello et al. (2006) afirma que o uso indevido do solo por meio de queimadas, é um dos fatores que podem levar as bacias hidrográficas a um processo de degradação gerando riscos tanto na quantidade e qualidade da água dessas bacias, bem como do solo.

Visando o monitoramento desses eventos, o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE – disponibiliza dados de focos de calor que são obtidos de satélites polares e geoestacionários. Esses dados são gerados a partir de coletas de sensores que operam na faixa termal, entre 3,7 um e 4,1 um. De modo geral, queimadas com uma dimensão mínima de 30 x 1 m são captadas e classificadas como foco de calor (LAZZARINI et al., 2013).

Assim, esse trabalho visa analisar, através de ferramentas de geoprocessamento, a disposição dos focos de calor ao longo dos anos de 2010 a 2015, na Bacia Hidrográfica do Rio Acaraú (BHA). Em função de sua extensa área (14.423 km²), a análise a partir de técnicas de geoprocessamento se torna uma ferramenta essencial e também viável, pois a utilização destas técnicas em trabalhos voltados para a temática ambiental traz imensos ganhos, em função de seu baixo custo e relativa facilidade de uso.

Dessa forma, o presente trabalho proporcionará uma contribuição para o conhecimento da situação da referida bacia hidrográfica quanto à distribuição dos focos de queimadas em seu território ao longo de cinco anos. Assim, a sociedade e os órgãos públicos

gestores disporão de informações para criar instrumentos de gestão, visando coibir ou tornar exequíveis as atividades e/ou empreendimentos, de modo que causem o menor dano possível, contribuindo para o seu planejamento de forma a promover a qualidade ambiental na região através de práticas sustentáveis.

Referencial Teórico

Bacia Hidrográfica

Pode-se definir bacia hidrográfica como sendo uma região topograficamente distribuída de forma que a área de captação da água da chuva seja direcionada através de escoamentos para um único ponto, definido como exutório. É composta por um conjunto de superfícies vertentes constituídas pela superfície do solo e de uma rede de drenagem formada pelos cursos da água que confluem até chegar a um leito único no ponto de saída.

O estudo da bacia hidrográfica permite a observação em detalhes da variação dos diferentes processos que ocorrem nela, e que, com base no registro das variáveis hidrológicas envolvidas, possibilita um melhor entendimento dos fenômenos e procurando representá-los matematicamente. Isso porque a bacia hidrográfica possui características essenciais, que permitem a integração multidisciplinar entre diferentes sistemas de gerenciamento, estudo e atividade ambiental, especialmente por ser um processo descentralizado de conservação e proteção do ambiente (TUCCI, 1993).

Bordallo (1995) afirma que a bacia hidrográfica, como unidade de estudo, para a gestão das distintas formas de atividade e uso das potencialidades ambientais, tem como finalidade projetar, interceder, executar e manusear as melhores formas de apropriação e exploração de seus recursos naturais. Com isso, pode-se proporcionar o desenvolvimento econômico e social da respectiva população que usufrui do recurso, bem como a sustentabilidade, mitigando o impacto negativo na qualidade de vida.

Pode-se entender a bacia hidrográfica como uma área onde a precipitação é coletada e conduzida para seu sistema de drenagem natural, isto é, uma área composta de um sistema de drenagem natural onde o movimento de água superficial inclui todos os usos da água e do solo existentes na localidade. As bacias hidrográficas caracterizam-se pelas suas características fisiográficas, clima, tipo de solo, geologia, geomorfologia, cobertura vegetal, tipo de ocupação, regime pluviométrico e fluviométrico, e disponibilidade hídrica (VILLELA e MATTOS, 1975).

As bacias hidrográficas são caracterizadas pelas suas características fisiográficas, tipo de solo, geomorfologia, geologia, clima, tipologias de uso e ocupação, cobertura vegetal, regime fluviométrico e pluviométrico, fatores que contribuem para a disponibilidade hídrica numa bacia, que é o principal aspecto de uma bacia hidrográfica.

Por fim, no contexto deste trabalho, conforme destaca Silva (2001), é importante salientar que os incêndios florestais causam grandes prejuízos à biodiversidade, ao ciclo hidrológico e ao ciclo do carbono na atmosfera. Tais prejuízos reduzem os serviços ambientais que a floresta, mantida em seu padrão atual, poderia proporcionar ao planeta. Uma intensa frequência de fogo numa mesma região, admitida à hipótese de troca de paisagem, pode levar a perda irreversível de parte de recursos genéticos, antes mesmo de conhecer seu potencial.

Geoprocessamento

A velocidade na obtenção, manipulação e exibição de dados e informações somada à necessidade de espacialização de fenômenos de diversas naturezas vêm se tornando elementos fundamentais no planejamento e gestão de diferentes propósitos nos mais variados segmentos da sociedade (MENEZES e FERNANDES, 2013).

Na visão de Andrade et al. (2013), a utilização das geotecnologias vem evoluindo de forma significativa nos últimos anos, abrangendo diferentes organizações nas áreas de administração municipal, infraestrutura, gestão ambiental, educação, entre outras. Assim, o uso de técnicas de sensoriamento remoto pode ser uma alternativa para tornar mais objetiva a identificação de panoramas agrícolas regionais e, sobretudo nacionais. Por meio de imagens de satélite permitem a representação por apresentarem os alvos agrícolas em escalas compatíveis para análise ou fins de estimativas de áreas agrícolas, prestando-se sobremaneira para essas análises evolutivo-temporais.

Nesse contexto, o geoprocessamento pode ser entendido como um conjunto de conhecimentos e técnicas computacionais para o tratamento da informação geográfica (CAMARA e MEDEIROS, 1998) e representa, por meio de tecnologias que envolvem coleta e tratamento de informações espaciais, qualquer tipo de processamento de dados georreferenciados, buscando uma representação.

Menezes e Fernandes (2013) afirmam que das geotecnologias que caracterizam o geoprocessamento, fazem parte a modelagem numérica do terreno (MNT), o sensoriamento remoto, o banco de dados geográficos (BDG), o sistema de posicionamento global (GPS) e os sistemas de informações geográficas (SIG).

O geoprocessamento engloba desde o levantamento até o processamento de dados relativos ao meio ambiente, valendo-se de programas especializados, viabilizando diversas operações, tais como interpolações e sobreposição de dados, gerando de forma eficiente e barata diversas informações importantes, tais como declividade, uso e ocupação do solo, focos de calor, hidrografia, relevo, entre outras.

Nessa perspectiva, a disponibilidade de informações detalhadas e atualizadas sobre a localização e extensão das áreas queimadas é fundamental para avaliar perdas econômicas e efeitos ecológicos, monitorar mudanças no uso e cobertura da terra e elaborar modelos atmosféricos e de impactos climáticos devidos à queima de biomassa (SILVA et al., 2015).

O monitoramento operacional dos incêndios na vegetação, feito a partir dos dados de focos de calor, é adequado a regiões remotas e sem outros meios de detecção em tempo real, como ocorre na área de estudo e na maior parte do país (SETZER e MORELLI, 2011).

Materiais e Métodos

Área de Estudo

A área de estudo compreende a bacia hidrográfica do rio Acaraú (BHA), que localiza-se na porção centro-norte do estado, limitada a noroeste pela Bacia do Coreaú, a sudoeste pelas Bacias dos Sertões de Crateús e da Serra da Ibiapaba, a sudeste pelas Bacias do Banabuiú e Curu, a leste pela Bacia do Litoral, e ao norte, pelo Oceano Atlântico

(Figura 1). Localiza-se entre as coordenadas geográficas 40° 54' e 39° 44' de longitude oeste e 2° 49' e 4° 59' de latitude sul, ocupa uma área de 14.423,00 km², abrangendo os municípios de Acaraú, Alcântaras, Ararendá, Bela Cruz, Cariré, Catunda, Coreaú, Croatá, Cruz, Forquilha, Graça, Groaíras, Guaraciaba do Norte, Hidrolândia, Ibiapina, Ipaoranga, Ipu, Ipueiras, Marco, Massapê, Meruoca, Monsenhor Tabosa, Morrinhos, Mucambo, Nova Russas, Pacujá, Pires Ferreira, Reriutaba, Santa Quitéria, Santana do Acaraú, São Benedito, Senador Sá, Sobral, Tamboril e Varjota.

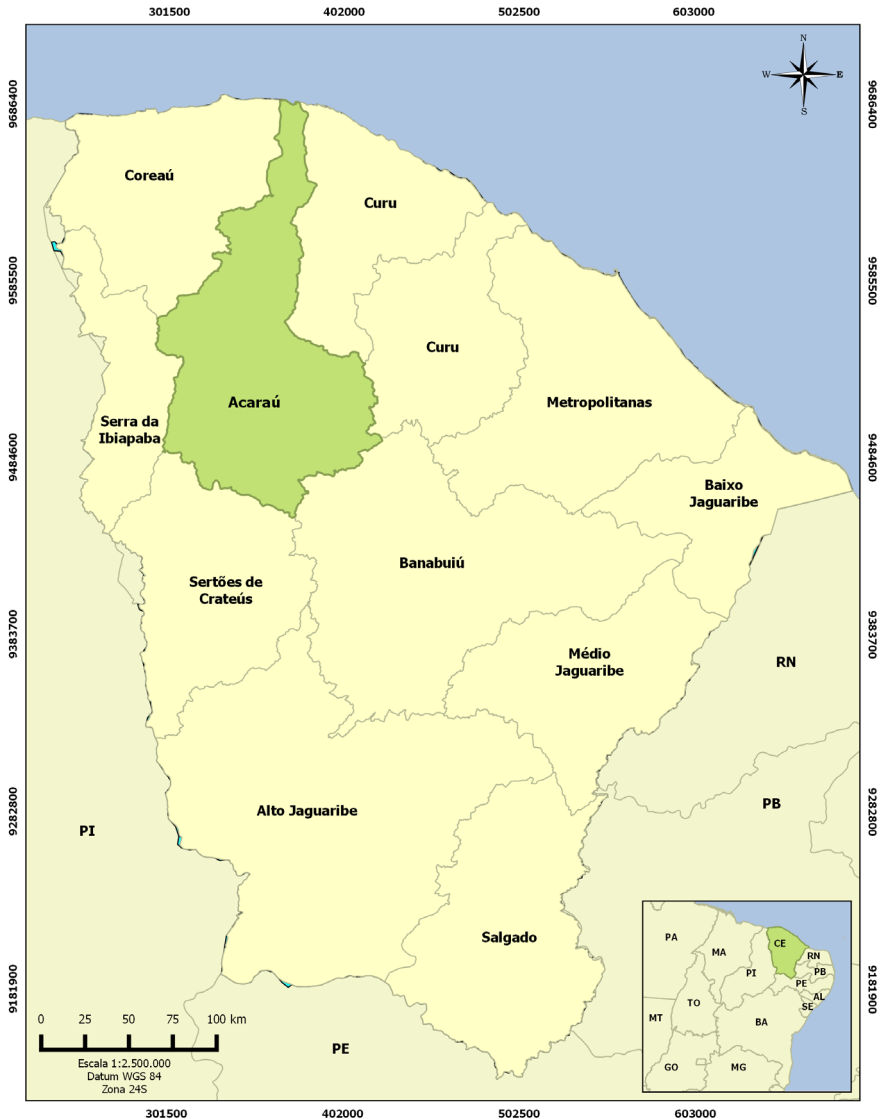


Figura 1 – Localização da Bacia do Acaraú no Estado do Ceará

Em termos climáticos, a bacia apresenta três zonas climáticas: clima tropical chuvoso, clima quente e semiárido, apresentando temperaturas pouco amenas, tendo seus valores máximos variando de 32,1°C em Acaraú (novembro) a 35,9°C em Sobral (outubro), com período chuvoso de janeiro a maio. Diretamente relacionada com as características climáticas, a vegetação da região apresenta oito unidades fitoecológicas diferentes, quais sejam, Complexo Vegetacional da Zona Litorânea, Floresta Subperenifólia Tropical Plúvio-Nebular (Matas Úmidas), Floresta Subcaducifólia Tropical Pluvial (Matas Secas), Floresta Caducifólia Espinhosa (Caatinga Arbórea), Caatinga Arbustiva Densa, Caatinga Arbustiva Aberta, Floresta Perenifólia Paludosa Marítima e Floresta Mista Dicotilo-Palmácea (Mata Ciliar com carnaúba). A geomorfologia da bacia compreende basicamente cinco domínios geomorfológicos: Planície Litorânea, Glacis Pré-litorâneos dissecados em interflúvios tabulares, Depressão Sertaneja, Maciços Residuais e Planalto da Ibiapaba. Em relação aos solos, a bacia apresenta as seguintes classes pedológicas: Latossolo vermelho-amarelo, areias quartzosas, bruno não-cálcico, planossolo solódico, solos aluviais, litólicos eutróficos e distróficos, regossolos eutróficos e distróficos. A compartimentação geoambiental da bacia apresenta os seguintes sistemas ambientais: Cristais Residuais e Agrupamento de Insetbergs, Glacis de Acumulação Pré-Litorâneo e Interiores, Planalto Cuestiforme da Ibiapaba, Planície Litorânea, Planície Ribeirinha, Serras Secas e Vertentes Sub-Úmidas, Serras Úmidas e Serras Pré-Litorâneas, Sertões Centro-Ocidentais, Sertões Ocidentais e dos Pés-de-serra do Planalto da Ibiapaba, Sertões Setentrionais Pré-Litorâneos (SRH, 2010).

Base da Dados

Os dados deste trabalho foram adquiridos na base do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), em arquivo de texto disponibilizado em <http://www.dpi.inpe.br/proarco/bdqueimadas>.

Os dados coletados foram tabulados e, em seguida, gerou-se um arquivo de formato .csv (*Comma Separated Value*) e posteriormente importou-se para ambiente SIG utilizando-se o QGIS, versão 2.8 Wien. Em seguida, gerou-se arquivo vetorial de pontos em formato *shape ESRI*, com Sistema de Referência de Coordenadas definido em WGS 84 / UTM zona 24S.

Assim foi gerada uma nuvem de pontos contendo informações por ano dos focos de queimadas cometidas na bacia hidrográfica do rio Acaraú. Estes foram a base para geração dos mapas de densidade. Para isto, foi utilizado o estimador de densidade *kernel*, contido na ferramenta Mapa de Calor do QGIS. A partir da função Mapa de Calor, obtém-se um arquivo matricial como resultado da soma do empilhamento de n outros *raster* circulares de raio h para cada ponto do dado de entrada segundo a fórmula (1) abaixo:

$$\hat{f}_h(x) = \frac{1}{nh} \sum_{i=1}^n K\left(\frac{x - X_i}{h}\right) \quad (1)$$

Na qual K = função de *kernel*; h = raio de busca; x = posição do centro de cada célula do *raster* de saída; X_i = posição do ponto i proveniente do centroide de cada polígono; e n = número total de focos de calor.

O estimador de densidade *kernel* desenha uma vizinhança circular ao redor de cada ponto da amostra, correspondendo ao raio de influência, e então é aplicada uma função matemática de 1, na posição do ponto, a 0, na fronteira da vizinhança. O valor para a célula é a soma dos valores *kernel* sobrepostos, e divididos pela área de cada raio de pesquisa (SILVERMAN, 1986 *apud* SOUZA et al., 2013).

Para identificação das regiões de concentração dos focos de queimadas, utilizou-se a classificação assim denominada: muito baixa (branco), baixa (verde), média (amarelo), alta (laranja) e muito alta (vermelho). Os mapas resultantes estão mostrados na Figura 2.

Após a geração dos mapas contendo as regiões de concentração, procedeu-se a reclassificação dos dados *raster* gerados com base na renderização da banda da imagem na opção banda simples falsa-cor, categorizando-a em cinco classes, conforme descrito no parágrafo anterior.

Em seguida, aplicou-se o algoritmo de poligonização do QGIS, visando a transformação do *raster* em camada vetorial, gerando-se um registro para cada polígono referente a uma região isolada de concentração de infrações ambientais. O polígono gerado contém todas as classes de concentração. Considerando-se a necessidade de manipulação dos dados de forma homogênea, aplicou-se a função *selecionar feições*, visando a extração a partir de novos polígonos relativos apenas às respectivas classes. Feito isso, aplicou-se no arquivo vetorial a função *dissolver*, visando a obtenção de apenas cinco classes de concentração, tendo em vista que os arquivos apresentavam um registro para cada região, ou seja, diversos polígonos referentes à mesma classe de concentração. Por fim, calculou-se a área por classe, expressa em quilômetros quadrados (km²).

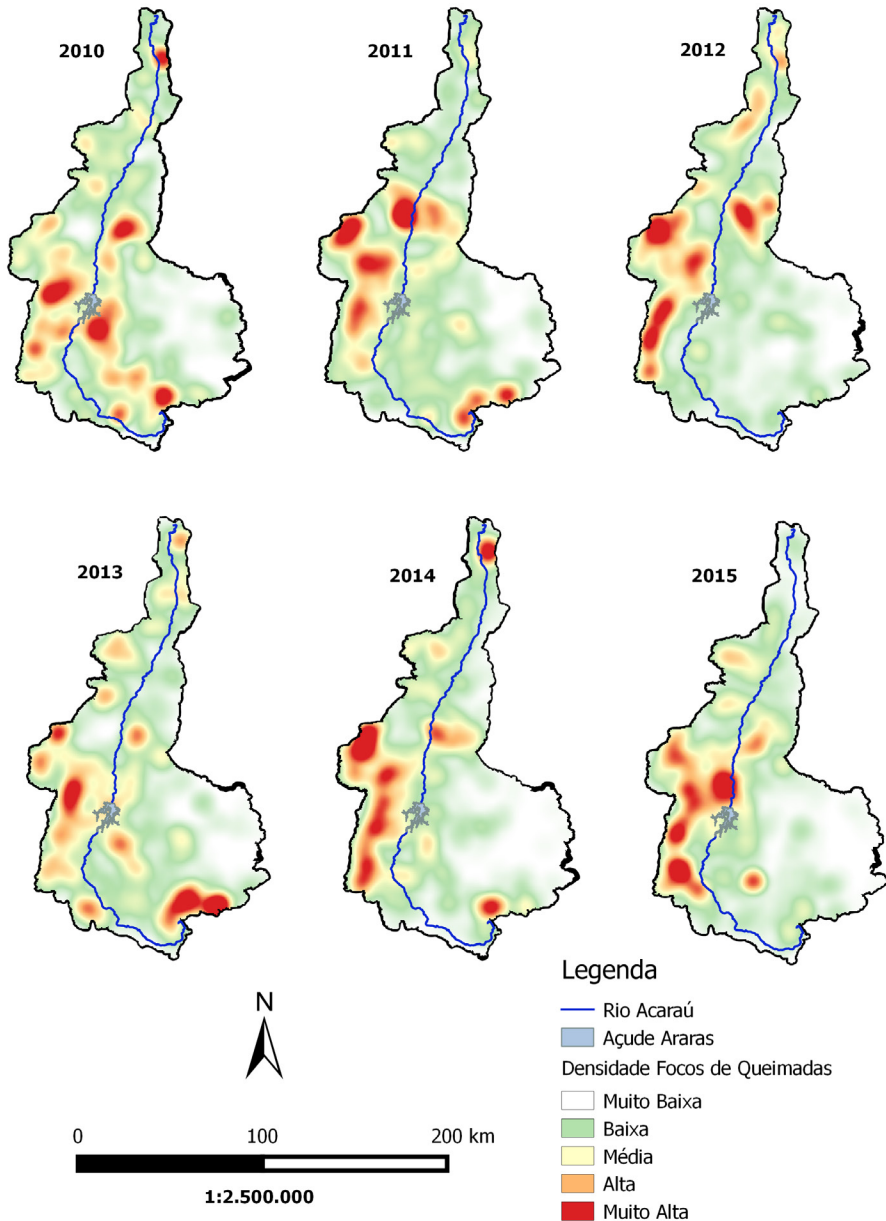


Figura 2 – Mapas de Concentração de Focos de Queimadas na Bacia Hidrográfica do Rio Acaraú nos Anos 2010, 2011, 2012, 2013, 2014 e 2015. Muito Baixa (Branco); Baixa (Verde); Média (Amarelo); Alta (Laranja) e Muito Alta (Vermelho).

Resultados e Discussão

Ao longo dos cinco anos analisados, foram detectados 10.682 focos de calor na Bacia Hidrográfica do Rio Acaraú (BHA), apresentando uma média anual de 2.136 focos de calor ao ano na área.

Os anos que apresentaram maiores valores de focos de calor foram 2011 e 2015 e os menores valores ocorrem nos anos de 2013 e 2014. O ano de 2015 apresentou uma quantidade de foco de calor maior do que o dobro das quantidades anuais precedentes (Figura 3), o que indica um aumento substancial na ocorrência de queima de vegetação, denominada “broca”, principalmente para o plantio de culturas voltadas para a agricultura de subsistência.

A Figura 2 evidencia a ocorrência dos focos de calor concentrados principalmente nas regiões do alto e médio curso do rio, mais especificamente em sua porção oeste, o que pode ser explicado pela ocorrência de condições ambientais mais propícias às atividades de agricultura, em função da umidade, disponibilidade hídrica, qualidade do solo, regiões mais próximas da Chapada da Ibiapaba e Maciço Residual Serra da Meruoca.

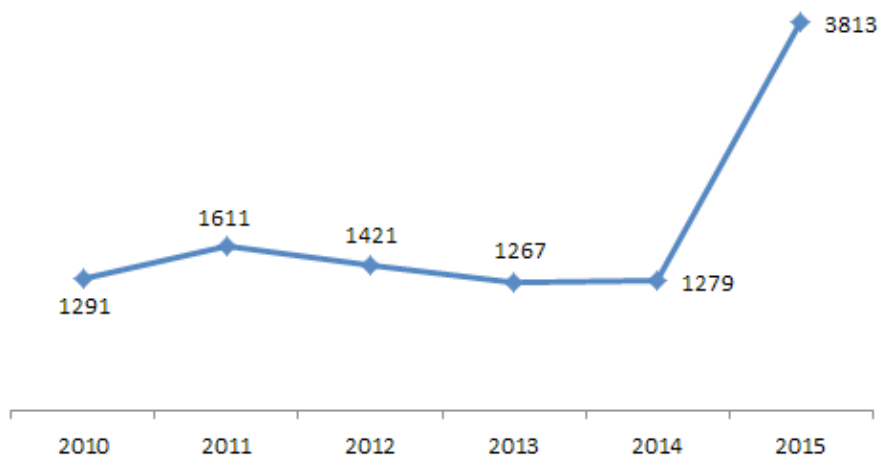


Figura 3 – Evolução dos Focos de Calor Durante os Anos Monitorados na BCH do Rio Acaraú

A Tabela 1 mostra os valores das áreas, expressas em km², por região delimitada pelas classes de concentração de focos de calor.

Tabela 1 – Área em Km² e Percentual de Cada Região na BHA Correspondente a uma Classe de Concentração de Focos de Calor

CONC./ANO	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Muito alta	438,88	320,63	320,13	296,73	342,53	286,08
Alta	875,59	905,17	739,34	578,28	790,67	832,96
Média	2.709,49	1.723,92	1.721,40	2.674,08	1.638,79	1.487,02
Baixa	5.520,50	5.149,43	3.660,87	4.746,73	4.088,55	3.505,13
Muito baixa	4.897,19	6.342,50	7.999,91	6.145,83	7.581,11	8.330,46
TOTAL	14.441,65	14.441,65	14.441,65	14.441,65	14.441,65	14.441,65
Muito alta	3,04%	2,22%	2,22%	2,05%	2,37%	1,98%
Alta	6,06%	6,27%	5,12%	4,00%	5,47%	5,77%
Média	18,76%	11,94%	11,92%	18,52%	11,35%	10,30%
Baixa	38,23%	35,66%	25,35%	32,87%	28,31%	24,27%
Muito baixa	33,91%	43,92%	55,39%	42,56%	52,49%	57,68%
TOTAL	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%

Observando-se a Tabela 1, verifica-se que as áreas de concentração definidas como “muito alta” correspondem a no máximo 3% da área total da BHA, apesar de conterem até 14% do total de focos de calor, como foi o caso de 2010, evidenciando uma alta concentração de pontos numa porção de área extremamente menor do que as demais, conforme evidencia a Tabela 2.

Tabela 2: Quantidade de Focos de Calor e Respectivo Percentual de Cada Região na BHA Correspondente a uma Classe de Concentração de Focos de Calor

CONC./ANO	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Muito alta	182	171	178	126	156	431
Alta	192	283	225	163	257	802
Média	398	355	364	437	278	724
Baixa	438	584	391	388	420	1140
Muito baixa	81	218	263	153	168	716
TOTAL	1.291	1.611	1.421	1.267	1.279	3.813
Muito alta	14,10%	10,61%	12,53%	9,94%	12,20%	11,30%
Alta	14,87%	17,57%	15,83%	12,87%	20,09%	21,03%
Média	30,83%	22,04%	25,62%	34,49%	21,74%	18,99%
Baixa	33,93%	36,25%	27,52%	30,62%	32,84%	29,90%
Muito baixa	6,27%	13,53%	18,51%	12,08%	13,14%	18,78%
TOTAL	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%

Os valores mais representativos concentraram-se no ano de 2015, totalizando 3.813 focos de calor, mais do que o dobro dos quatro anos anteriores. As áreas que englobam as concentrações “muito alta”, “alta” e “média”, equivalem a 18% da área total da BHA, representando, em focos de calor, 51% do total de focos para aquele ano.

Conclusões

Observou-se que os focos de calor estavam concentrados na porção da bacia que abrange o alto e médio curso do rio Acaraú, acompanhando o seu curso bem como nas áreas mais próximas à Chapada da Ibiapaba, em sua porção sudoeste, o que pode ser explicado por uma maior propensão dessas áreas ao plantio e à criação de gado.

Os dados fornecidos pelo INPE indicam a existência de queimadas, porém, não fornecem informações acerca de áreas, apesar de representarem de forma satisfatória a disposição dos incêndios tanto espacial como temporalmente.

Através do estimador de densidade *kernel* foi possível a análise do comportamento dos focos de calor, gerando-se informações qualitativas acerca da bacia hidrográfica do rio Acaraú, no período estudado. É importante o aprofundamento deste tipo de trabalho, no sentido de cruzar informações com bases de dados de uso do solo, cobertura vegetal, unidades de conservação, unidades geoambientais, entre outros.

Devem ser criadas ferramentas de monitoramento sistemático e periódico ao longo do território da bacia hidrográfica, visando tanto o combate às práticas causadoras de degradação pelo uso do fogo indiscriminado, como para entender a dinâmica dessas práticas e, assim, propor medidas que possam minimizá-las ao longo do território da bacia.

Por fim, é importante que o poder público e a sociedade se envolvam no combate aos incêndios, principalmente no contexto do semiárido, considerando a relação direta entre vegetação e disponibilidade hídrica.

Referências Bibliográficas

ANDRADE, J. B.; CARVALHO, A. O.; REGO, C. A. R. M.; DIAS, C. W. S.; CHAGAS, L. C.; ROCHA, S. F.; MARINHO, T. R. S.; BRITO, D. R. B. Distribuição espacial e temporal da cobertura vegetal e uso do solo do município de Anapurus – Ma. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 16. (SBSR), 2013, Foz do Iguaçu. *Anais...* São José dos Campos: INPE, 2013. p. 7376-7381. DVD, Internet. ISBN 978-85-17-00066-9 (Internet), 978-85-17-00065-2 (DVD). Disponível em: <<http://urlib.net/3ERPFRQTRW34M/3E7GMJ5>>. Acesso em: 15 abr. 2016.

BORDALLO, C. L. A. *A bacia hidrográfica como unidade de planejamento dos recursos Hídricos*. Belém: NUMA/UFPA, 1995.

CAMARA, G.; MEDEIROS, C. *GIS para meio ambiente*. São José dos Campos: INPE, 1998.

CAMPANHA, M. M.; GUIMARÃES, V.P.; BOMFIM, M. A. D. *Sistema Agrossilvipastoril caprinos e ovinos: reunião técnica*. Sobral: EMBRAPA CAPRINOS E OVINOS, 2010. 30p. (EMBRAPA CAPRINOS E OVINOS. Documentos, 97).

CEARÁ. Secretaria dos Recursos Hídricos. *Plano de Gerenciamento das Águas do Rio Acaraú. Fase 1*. Fortaleza: SRH, 2010.

FAGANELLO, C. R. F.; FOLEGATTI, M. V.; GONÇALVES, R. A. B.; MEIRA, A. M. Fundamentos de educação ambiental e efetivação do princípio da participação na microbacia do Ribeirão dos Marins-Piracicaba/SP, como ferramentas orientadoras do uso racional da água. *Revista Eletrônica do Mestrado em Educação Ambiental*, v.16, p. 47-58, 2006.

LAZZARINI, G. M. J.; FERREIRA, L. C. C.; FELICÍSSIMO, M. F. G.; OLIVEIRA, L. N.; ALVES, M. V. G. Análise da detecção e ocorrência de queimadas em áreas urbanas e entorno. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 17. (SBSR), 2015, João Pessoa. *Anais...* São José dos Campos: INPE, 2015. p. 2653-2660. Internet. ISBN 978-85-17-0076-8. Disponível em: <<http://urlib.net/8JMKD3MGP6W34M/3JM4A8T>>. Acesso em: 30 abr. 2016.

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

RISTOW, S. F. *Uso de geotecnologias livres para apoio à gestão de bacias hidrográficas: prática com Quantum Gis (QGIS) – Versão 2.2.0* / Centro Tecnológico, Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental ; [coordenador geral Paulo Belli Filho ; autora do conteúdo: Sinara Fernandes Parreira Ristow]. – Florianópolis: [s. n.], 2014. 75 p.

SETZER, A.W.; MORELLI, F. Diferenças na quantificação de focos de queima de vegetação conforme o satélite e o sensor do monitoramento. In: 5º Simpósio Sul-Americano sobre Controle de Incêndios Florestais, Campinas, São Paulo, abril/2011. *Anais...* São Paulo. p. 264-267, 2011.

SILVA, A.C.C., MARIANI, L., GONZÁLEZ, R.H.A. *Gestão territorial para recursos hídricos com software livre de código aberto*. Agência Nacional de Águas (ANA), Foz do Iguaçu, 40p. maio/2012.

SILVA, T.B; ROCHA, W.J.S.F; ANGELO, M.F. Quantificação e análise espacial dos focos de calor no Parque Nacional da Chapada Diamantina – BA. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 16. (SBSR), 2013, Foz do Iguaçu. *Anais...* São José dos Campos: INPE, 2013. pág.6969 a 6976. DVD, Internet. ISBN 978-85-17-00066-9 (Internet), 978-85-17-00065-2 (DVD). Disponível em: <<http://urlib.net/3ERPFRQRTRW34M/3E7GMJ5>>. Acesso em: 15 abr. 2016.

SILVA, J. C. *Diagnóstico das áreas de maior incidência de incêndios florestais em unidades de conservação pertencentes a APA do Gama Cabeça de Veado, Brasília-DF*. 2001. 59 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade de Brasília.

SOUSA, J. S. *Áreas de preservação permanente urbanas: mapeamento, diagnósticos, índices de qualidade ambiental e influência no escoamento superficial. Estudo de caso: Bacia do Córrego das Lajes, Uberaba/MG*. 187 p. Dissertação (Mestrado Acadêmico em Engenharia Civil). Universidade Federal de Uberlândia, MG, 2008.

SOUZA, N. P.; SILVA, E. M. G. C.; TEIXEIRA, M. D.; LEITE, L. R.; REIS, A. A.; SOUZA, L. N.; ACERBI JUNIOR, F. W.; RESENDE, T. A. Aplicação do estimador de densidade kernel em unidades de conservação na bacia do rio São Francisco para análise de focos de desmatamento e focos de calor. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 16. (SBSR)., 2013, Foz do Iguaçu. *Anais...* São José dos Campos: INPE, 2013. p. 4958-4965. DVD, Internet. ISBN 978-85-17-00066-9 (Internet), 978-85-17-00065-2 (DVD). Disponível em: <<http://urlib.net/3ERPFRTRW34M/3E7GJCH>>. Acesso em: 28 dez. 2015.

TUCCI, C. E. M. Controle de Enchentes. In: TUCCI, C. E. M. *Hidrologia: ciência e aplicação*. Porto Alegre: ABRH-Edusp, 1993. cap. 4.

VILLELA S. M.; MATTOS, A. *Hidrologia aplicada*. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 245p., 1975.

Recebido em: 24/7/2016

Aceito em: 11/1/2017