

Análise da associação entre focos de calor em florestas, uso e cobertura da terra e déficit hídrico: uma comparação entre ano normal e ano seco

Thais Michele Rosan¹

¹ Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE
Caixa Postal 515 - 12245-970 - São José dos Campos - SP, Brasil
thais.rosan@inpe.br

Resumo. Apesar da diminuição das taxas de desmatamento na Amazônia as queimadas tem aumentado em frequência em decorrência da associação entre práticas de manejo da terra e aumento da frequência de estiagens mais intensas. Desse modo, o presente trabalho pretende avaliar qual o tipo de uso e cobertura da terra que mais queimou em um ano de seca extrema (2010) e comparar com um ano normal (2008) para verificar se há alguma mudança de padrão, além disso, avaliar a associação entre os focos de calor em floresta e quais os tipos de uso e cobertura da terra que mais influenciam na propagação do fogo para a floresta. Os resultados obtidos demonstraram que tanto para 2008 como para 2010 a classe pastagem apresentou forte associação. Além disso o maior déficit hídrico de 2010 contribuiu para a intensificação das queimadas associado as fontes de propagação do fogo.

1. Introdução

A Amazônia tem sido palco de diversas transformações na sua paisagem em decorrência da interação entre o homem e a natureza, causando diversos impactos na composição da sua cobertura florestal, como a conversão de suas áreas florestadas em áreas destinadas à exploração madeireira, pastagem e agricultura. Concomitantemente a este processo, a utilização do fogo tornou-se uma prática recorrente associada ao desmatamento e ao manejo de áreas de pastagens. Este tipo de manejo associado às estiagens mais intensas e frequentes tem contribuído para o aumento da frequência de queimadas (ARAGÃO *et al.*, 2007,; ARAGÃO *et al.*, 2008; MORTON *et al.*, 2008).

O fogo tem grande influência no clima e ecossistemas tropicais em decorrência da sua relação com as mudanças de uso e cobertura da terra e ciclo do carbono. As queimadas em florestas causam uma série de impactos ambientais, como a degradação da vegetação, perda de biomassa e emissão de carbono (ALENCAR *et al.*, 2006).

Nos últimos 10 anos a Amazônia sofreu dois períodos de seca intensos, um em 2005 relacionado ao *El niño* (Marengo et al, 2008) e que acarretou em intensificação das queimadas na Amazônia (Aragão et al, 2007). Em 2010 houve um evento de seca mais intenso do que 2005 na Amazônia associada a interação de dois eventos *El niño* e *Atlantic Multidecal Oscillation* (AMO) (Marengo et al, 2011).

Lima et al (2013) em seu trabalho concluiu que aproximadamente 55% das queimadas não possuem relação com áreas de floresta madura. Aragão e Shimabukuro (2010) demonstraram que apesar da redução das taxas de desmatamento, as taxas de incêndios na Amazônia aumentaram o que prejudica políticas de créditos de carbono, como o REDD (Redução de Emissões de Gases do Efeito Estufa).

A fragmentação da floresta aumenta a vulnerabilidade ao fogo, principalmente em suas bordas, onde o fogo é utilizado como forma de manejo de pastagens e eliminação de florestas regeneradas. Essas duas classes de uso e cobertura da terra estão amplamente presentes nos município analisado e são circundadas por fragmentos florestais em decorrência da grande quantidade de unidades de conservação e terras indígenas. Assim focos em florestas se tornam mais recorrentes do que deveriam ser, uma vez que não deveria haver queimadas em florestas tropicais, pois queimadas naturais na Amazônia são raras (COCHRANE, 2003).

Portanto, o presente trabalho pretende avaliar qual o tipo de uso e cobertura da terra que mais queimou em um ano de seca extrema (2010) e comparar com um ano normal (2008) para verificar se há alguma mudança de padrão por meio de ferramentas do geoprocessamento. Além disso, pretende-se analisar quais as variáveis que influenciam os focos de calor em florestas em ano normal e ano seco

2. Área de estudo

A área de estudo deste trabalho compreende o município de São Félix do Xingu no estado do Pará, o qual possui uma área territorial de 84.213,01 km², com uma população de 91.340

habitantes de acordo com o Censo Demográfico de 2010. A localização do município pode ser observada na figura 1.

Grande parte de seu território é ocupado por terras indígenas e unidades de conservação. Possui cerca de 15% de seu território ocupado por pastagens e tem como atividades econômicas principais a pecuária e mineração (IBGE, 2015). O município apresentava altas taxas de incremento de desmatamento até 2010 (figura 2) e figurava como um dos municípios com as maiores taxas de desmatamento da Amazônia.

Este município foi escolhido porque faz parte da lista de municípios prioritários para a prevenção, monitoramento e controle do desmatamento e queimadas dos planos do PPCDAM – Plano de Ação para Prevenção e Controle do Desmatamento na Amazônia Legal, desse modo o trabalho pode contribuir para a compreensão da relação entre uso e cobertura da terra, focos de calor em florestas e déficit hídrico.

Figura 1 - Localização da área de estudo

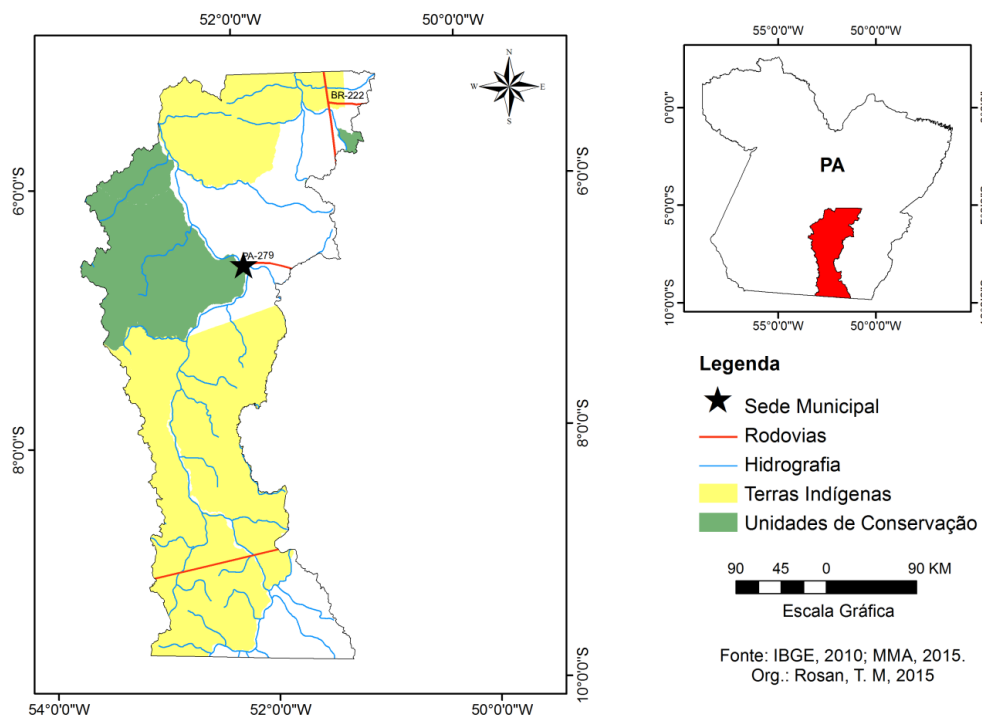
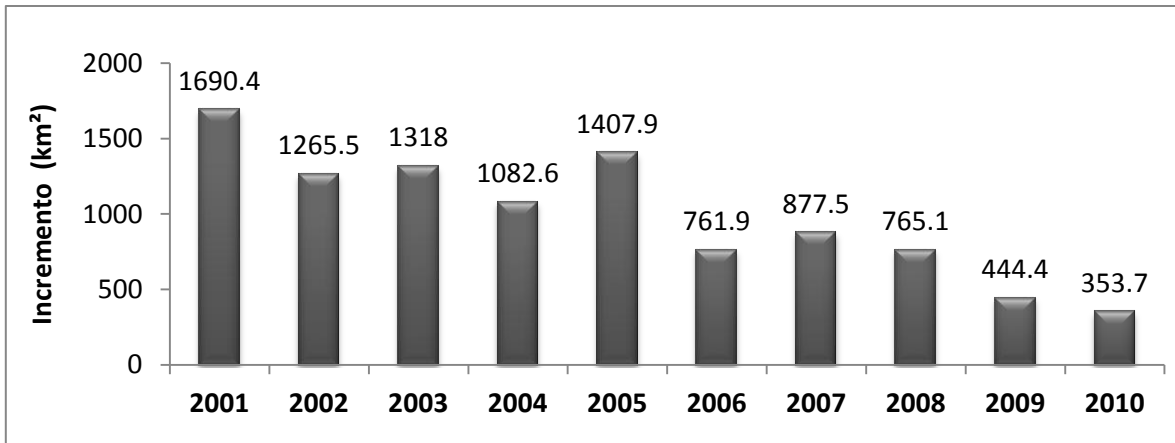


Figura 2 - Incremento do desmatamento (km²) do município de São Félix do Xingu/PA



3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Materiais

Foram utilizados dados de focos de calor detectados pelo sensor UMD-Aqua a bordo do satélite MODIS para o ano de 2008 e 2010 disponibilizados em formato de shapefile de pontos. Para os mapas de uso e cobertura da terra foram utilizados os dados do TerraClass/INPE de 2008 e 2010 com 9 classes: floresta, agricultura anual, vegetação secundária, reflorestamento, pasto, outros, não floresta, área não observada e desflorestamento. A área de floresta degradada para cada ano foi obtida no DEGRAD/INPE.

Os dados de máximo déficit hídrico acumulado foram obtidos utilizando os dados de precipitação do TRMM (Tropical Rainfall Measuring Mission - NASA). Para realizar esse cálculo primeiro é necessário obter o déficit hídrico mensal baseado na aproximação que um dossel de floresta tropical transpira 100mm/mês. Este valor é derivado da evapotranspiração média obtida por meio de medições em solo em diferentes locais e estações do ano na Amazônia (Shuttleworth, 1989; Da Rocha et al., 2004; von Randow et al., 2004). Assim, quando a precipitação mensal é inferior a 100 mm a floresta entra em déficit hídrico.

3.2 Métodos

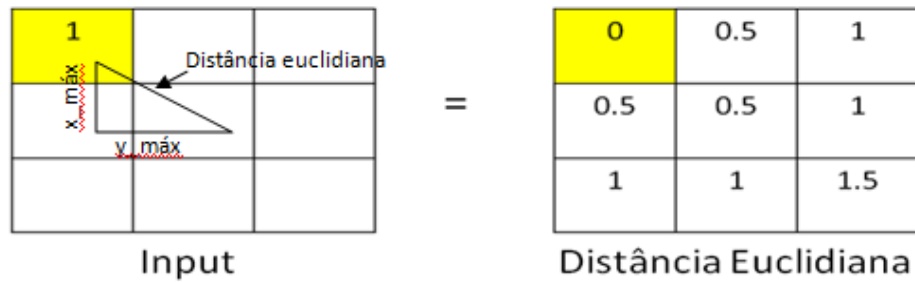
Os focos entre Julho e Outubro de cada ano foram selecionados para uma análise apenas do período de queimadas e secas na Amazônia. Posteriormente foi realizada uma junção espacial por meio da intersecção entre os focos de calor e os tipos de uso e cobertura da terra para contabilizar os focos por classe do TerraClass de 2008 e 2010.

Uma grade de 5x5km foi criada para gerar uma somatória de focos de calor por célula para a elaboração de um mapa dos focos acumulados do município de São Félix do Xingu/PA, de forma a visualizar a distribuição espacial dos focos.

Para determinar qual tipo de uso e cobertura da terra tem mais influência nos focos observados na classe floresta e determinar um nível de distância as quais esses focos ocorrem, foram gerados matrizes de distância euclidiana de 1500m das classes pastagem, desflorestamento, vegetação secundária e floresta degradada. Essas classes foram selecionadas porque são as principais classes dispersoras de focos de calor em florestas. A ocorrem em uma borda de 1000m.

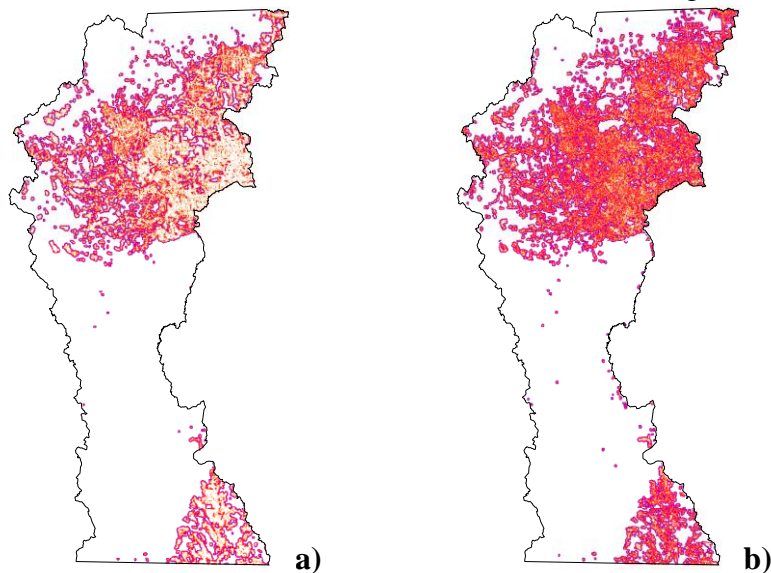
A ferramenta distância euclidiana calcula a partir do centro da célula de origem para cada célula (pixel) a distância mais próxima da célula de origem, pode-se inserir uma distância máxima para o cálculo da distância. O algoritmo de Euclides utilizado funciona da seguinte forma: para cada célula, o raio de cada célula de origem é determinado através do cálculo da hipotenusa como os outros dois lados ($x_{\text{máx}}$, $y_{\text{máx}}$) do triângulo, assim é derivada a distância euclidiana. A distância mais curta da origem é determinada e, se ela for menor do que a distância máxima definida, o valor é atribuído ao local de célula na matriz de saída, como pode ser observado na figura 3.

Figura 3 - Cálculo da distância Euclidiana



As figuras com as distâncias euclidianas de cada classe (pastagem, vegetação secundária, desflorestamento e floresta degradada) podem ser observadas na figura 4 (a, b, c, d) e figura 5 (a, b, c, d).

Figura 4 - Distância euclidiana de cada classe em 2008. a) pastagem; b) vegetação secundária; c) desflorestamento; d) floresta degradada.



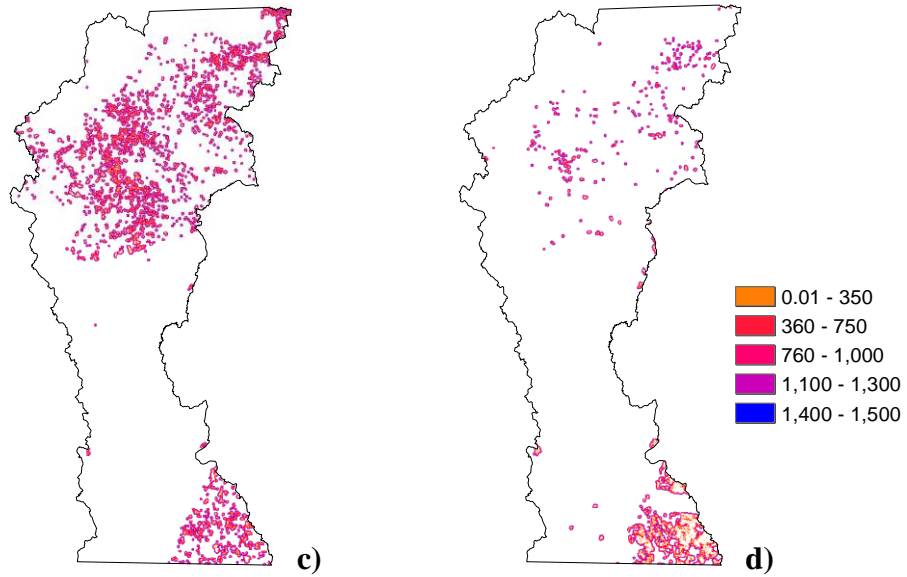
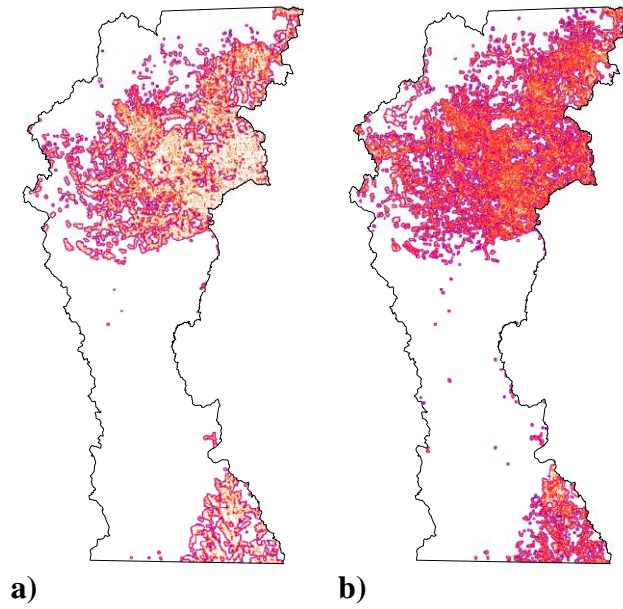
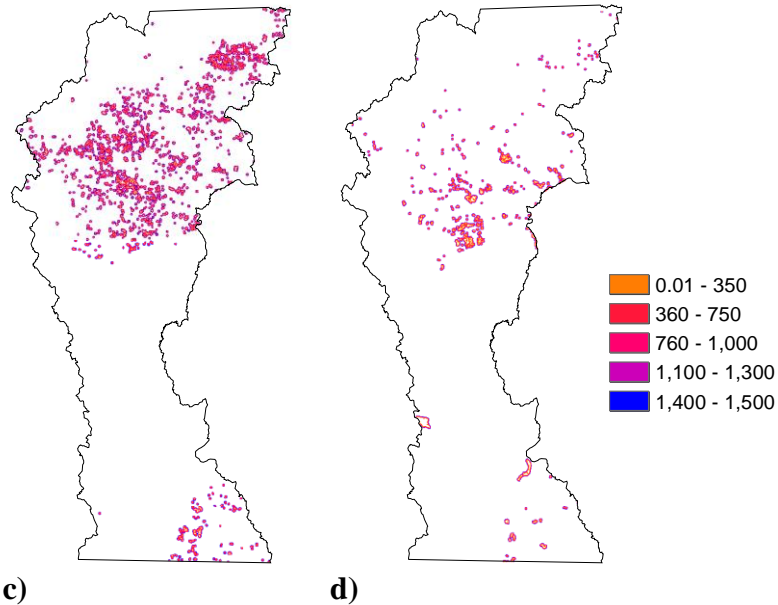


Figura 5 - Distância euclidiana de cada classe em 2010. a) pastagem; b) vegetação secundária; c) desflorestamento; d) floresta degradada





Foi realizada uma extração dos valores da distância euclidiana de cada classe que tinham intersecção com foco de calor, dessa forma foram criadas colunas na tabela de atributos dos focos de calor com suas respectivas distâncias em relação a cada classe analisada. Isso possibilitou contabilizar os focos que estavam mais próximos de cada classe, dessa maneira foram criados gráficos com a somatória de focos em florestas por classe mais próxima.

Para os focos de calor em floresta que não estavam a 1500m de nenhuma das classes calculamos a distância que estes estavam da borda da floresta por meio da ferramenta "Near", que calcula a distância mais próxima entre o ponto e um arquivo de linha ou polígono (figura 6).

Figura 6 - Cálculo da distância mais próxima do ponto para a borda da floresta



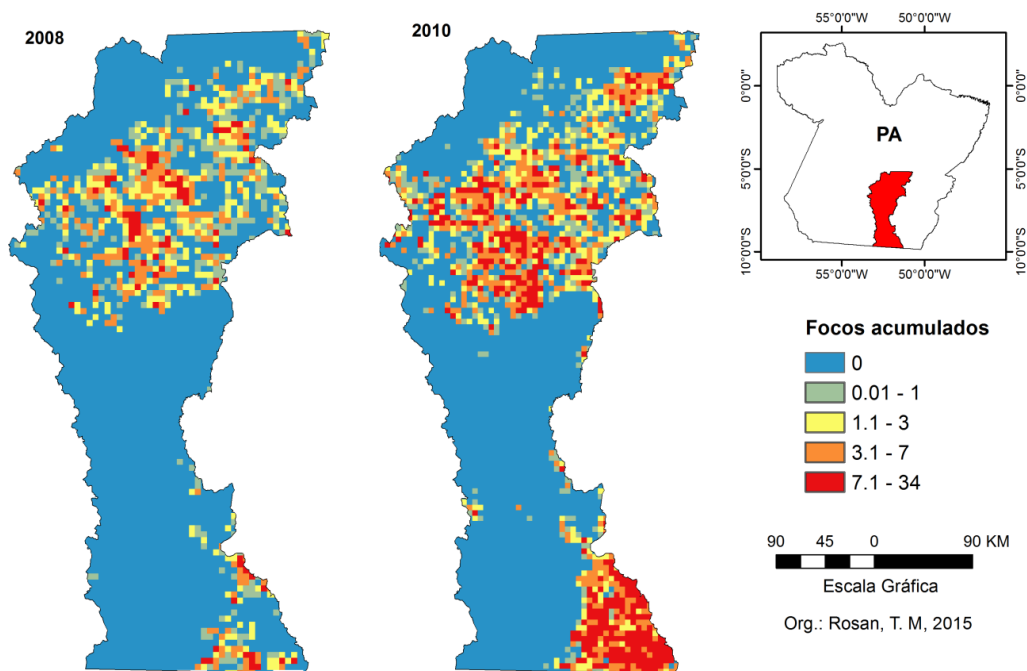
Uma junção espacial foi realizada para extrair os valores de distâncias euclidianas, distância da borda da floresta e máximo déficit hídrico, de modo que cada foco de calor em floresta tinha um valor associado a estas variáveis. Posteriormente, utilizamos a ferramenta seleção por atributos para contabilizar os focos mais próximos de cada classe, a distância da borda da floresta e as classes de máximo déficit hídrico.

4. DESENVOLVIMENTO

4.1 Distribuição espacial dos focos de calor acumulados em 2008 e 2010

Na figura 7 estão os focos de calor acumulados em uma grade de 5x5km para o ano de 2008 e 2010 no município de São Félix do Xingu/PA. É possível observar que em 2010 houve uma maior quantidade de focos acumulados no município, principalmente ao sul deste, uma vez que foi onde ocorreu os maiores déficits hídricos durante a seca de 2010. Na região mais central quase não há presença de focos de calor, porque são áreas de terras indígenas.

Figura 7 - Focos acumulados (grade 5x5km) para 2008 e 2010.

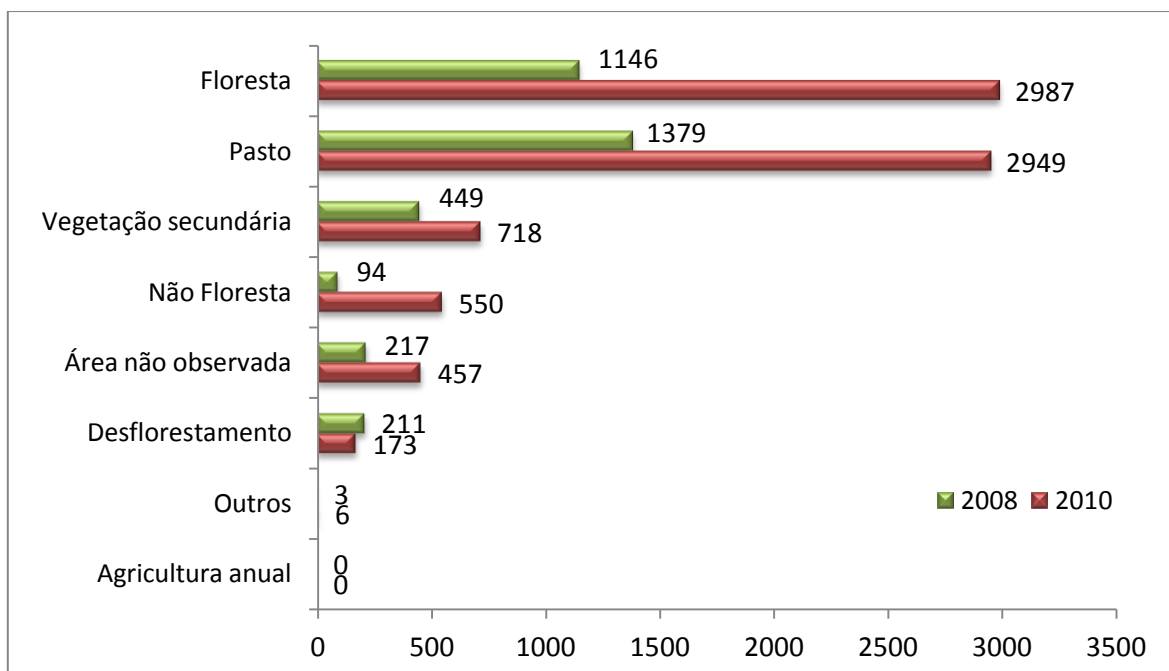


4.2. Focos de calor por tipo de uso e cobertura da terra em 2008 e 2010

Na figura 8 está o gráfico com a somatória dos focos de calor por tipo de uso e cobertura da terra em 2008 e 2010. Em 2008 foram contabilizados 3499 focos de calor, com 34,4% localizados em áreas de pastagem e 32,75% em áreas de florestas. Já em 2010 foram 7840 focos de calor, dos quais cerca de 38% desses focos ocorreram em áreas de pastagem e 37,6% ocorreram em áreas de florestas. Dessa forma, é possível observar que em ano seco (2010) houve um aumento significativo dos focos de queimadas em geral, principalmente em áreas de pastagem e florestas, porém manteve o mesmo padrão de 2008, no qual essas duas classes eram as que mais queimavam.

É interessante notar que em ano normal (2008) e ano seco (2010) não houve nenhum foco de calor na classe agricultura anual, assim é possível inferir que a utilização da terra pela agricultura anual pode ser favorável a diminuição das queimadas.

Figura 8 - Quantidade de focos de calor por uso e cobertura da terra em 2008 e 2010.



4.3. Análise dos focos de calor em floresta e associação com outros tipos de uso e cobertura

Na figura 9 e 10 estão a quantidade de focos em floresta por classe mais próxima em um raio de 1500m para os anos 2008 e 2010. É possível observar que em 2008 a classe pasto é a que tinha mais influência como dispersora de fogo e 139 focos em florestas não tiveram relação com nenhuma das três classes analisadas em uma distância de 1500m. Já em 2010 a classe pastagem também apresentou alta influência como propagadora de focos de calor, com 1105 focos em florestas próximo a esta classe. Entretanto, em 2010 houve uma maior influência da classe vegetação secundária, o que não ocorreu em 2008.

Figura 9 - Quantidade de focos em floresta por classe mais próxima (2008)

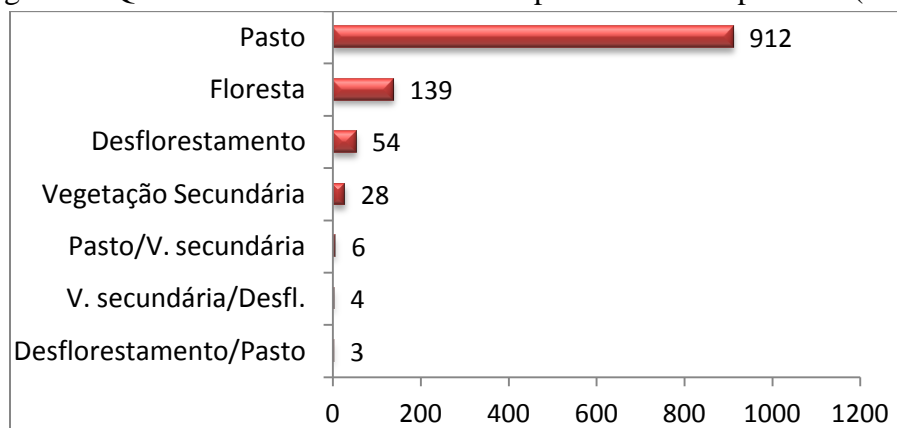
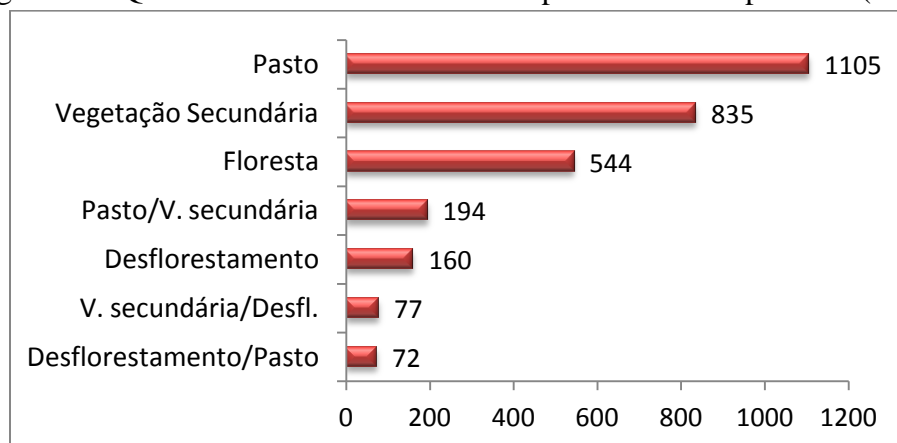
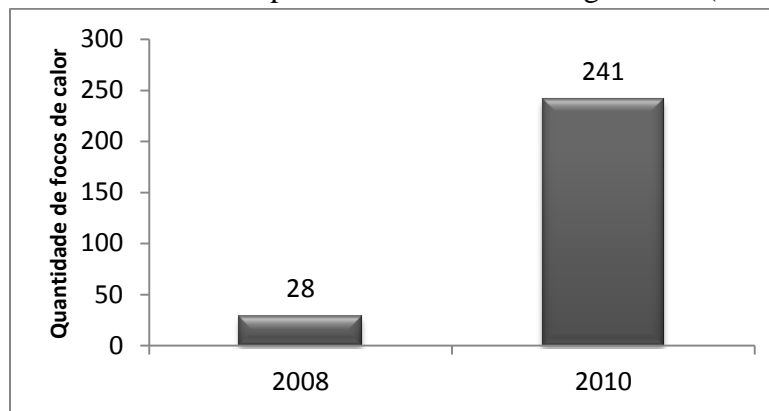


Figura 10 - Quantidade de focos em floresta por classe mais próxima (2010)



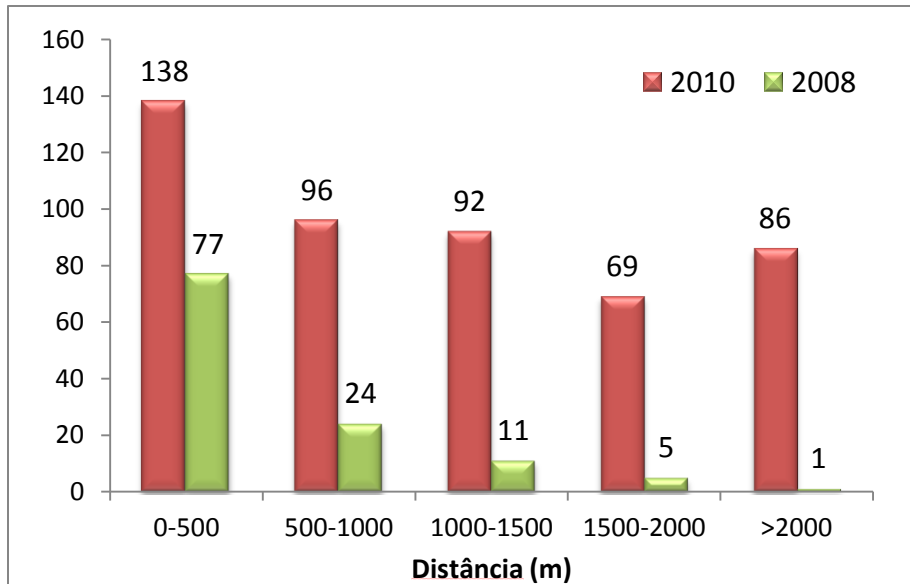
Para os focos de calor em floresta que não distavam 1500m das classes pastagem, desflorestamento e vegetação secundária, 139 em 2008 e 544 em 2010, foi gerado um gráfico (figura 11) com a quantidade desses focos associados a florestas degradadas. Em 2008 apenas 28 focos estavam próximos ou dentro de polígonos de florestas degradadas, já em 2010 foram contabilizados 241 focos, o que demonstra uma maior influência em 2010 das florestas degradadas como dispersora do fogo para áreas de floresta madura.

Figura 11 - Focos dentro ou próximos de florestas degradadas (2008 e 2010)



O restante dos focos de calor em florestas foram utilizados para calcular a distância média em que estavam da borda da floresta e pode ser observado na figura 12. Em 2008 seguiu-se o padrão de maior quantidade de focos mais próximo da borda da floresta e uma diminuição conforme o aumento da distância.

Figura 12 - Distância dos focos de calor em florestas da borda da floresta



4.4. Máximo de déficit hídrico e focos de calor em floresta

Em relação a associação entre o máximo de déficit hídrico e focos de calor em floresta, não houve uma associação direta entre esses dois, uma vez que em 2008 a maior quantidade de focos de calor em floresta não correspondeu a classe mais alta de déficit hídrico, como pode ser visto na figura 13. Em 2010 (figura 14) percebeu-se esta tendência de associação entre a maior quantidade de focos em florestas e os maiores déficits hídricos.

Entretanto, as queimadas em florestas são muito mais associadas aos propagadores de fogo, ou seja, atuação do homem no manejo de pastagens, por exemplo, do que ao déficit hídrico da floresta. Desse modo, o déficit hídrico contribui como um intensificador desses focos em anos mais secos, como ocorreu em 2010, tendo como propagador as práticas adotadas pelo homem.

Figura 13 - Quantidade de focos em floresta por classe de máximo déficit hídrico, 2008.

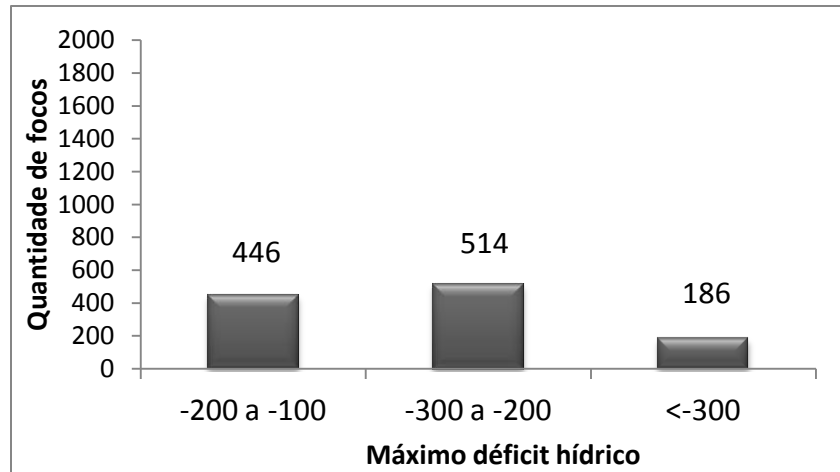
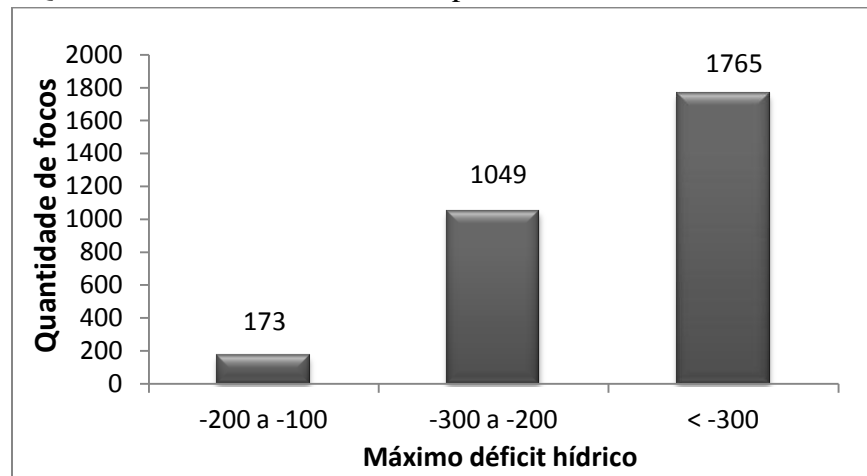


Figura 14 - Quantidade de focos em floresta por classe de máximo déficit hídrico, 2010.



5. CONCLUSÕES

Diante dos resultados obtidos nesse estudo, pode-se concluir que há uma intensificação das queimadas em anos com período de seca mais intenso, como o ocorrido em 2010 em relação a períodos normais de seca na Amazônia.

Além disso, é extremamente importante nos estudos da ocorrência de fogo em florestas na Amazônia a consideração das práticas do homem no manejo da terra, uma vez que é o principal propagador das queimadas. Assim, os resultados demonstraram que tanto em 2008 e 2010 as áreas de pastagens estiveram fortemente associada a proximidade com

focos de calor em florestas. Entretanto, em 2010 também tivemos forte influência das áreas de vegetação secundária como segunda fonte de propagação do fogo, além da proximidade com florestas degradadas.

Em relação ao déficit hídrico, não houve uma relação direta entre maiores quantidades de focos de calor em floresta e maior déficit hídrico, porém em anos com maior déficit hídrico, como em 2010, observa-se uma intensificação das queimadas em florestas por estar mais vulnerável à atuação das práticas de queimadas em São Félix do Xingu.

Referências

ALENCAR, A. C., NEPSTAD, D. C., & DIAZ, M. C. V. Forest understory fire in the Brazilian Amazon in ENSO and non-ENSO years: Area burned and committed carbon emissions. **Earth Interactions**, v. 10, p. 1–17.2006.

ARAGÃO, L.E.O.C.; MALHI, Y.;ROMAN-CUESTA, R.M.; SAATCHI, S.; ANDERSON, L. O.; SHIMABUKURO, Y. E. Spatial patterns and fire response of recent Amazonian droughts. **Geophysical Research Letters**, vol. 34, 2007.

ARAGÃO, L.E.O.C.; SHIMABUKURO, Y. E. The incidence of fire in Amazonian Forests with implications for REDD. **Science**, vol. 328, 2010.

COCHRANE, M.A. Fire Science for rainforests. **Nature**, vol. 421, 2003.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. Cidades. Disponível em <<http://www.cidades.ibge.gov.br/>>, acessado em 27 de Abril de 2015.

MARENCO, J. A.; NOBRE, C. A.; TOMASELLA, J.; OYAMA, M. D.; OLIVEIRA, G. S. DE; OLIVEIRA, R. DE; CAMARGO, H.; ALVES, D. S.; BROWN, I. F. The drought of Amazonia in 2005. **Journal of Climate**, v. 21, n. 3, p. 495-516, 2008.

MARENCO, J.A.; TOMASELLA, J.; ALVES, L. M.; SOARES, W. R.; RODRIGUEZ, D. A. The drought of 2010 in the context of historical droughts in the Amazon region. **Geophysical Research Letters**, vol. 38, 2011.

MORTON, D. C.; DEFRIES, R. S.; RANDERSON, J. T.; GIGLIO, L.; SCHROEDER, W.; WERF, G. R. VAN DER. Agricultural intensification increases deforestation fire activity in Amazonia. **Global Change Biology**, v.14, n. 10, p. 2262-2275, out. 2008.