

Estimativas de áreas potenciais de incêndios no Pará por meio da técnica AHP

Laura Barbosa Vedovato¹

¹Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE
CEP: 12227-010- São José dos Campos – SP, Brasil
laurabv@dsr.inpe.br

Resumo: Incêndios florestais trazem várias perdas para o ecossistema, como perda de fertilidade do solo, erosão, emissão de gases poluentes, além de comprometer a biodiversidade da floresta. O objetivo deste trabalho é identificar áreas potenciais de risco de queimadas visando as influências de variáveis antrópicas e climáticas do ano de 2010, por meio da técnica AHP “Analytic Hierarchy Process”. O mapa potencial de risco de incêndios gerado se mostrou próximo a realidade, indicando que a técnica utilizada é coerente. As variáveis antrópicas com pastagem e regeneração foram as que apresentaram maior significância ao mapa final, porém as variáveis climáticas como precipitação e déficit hídrico também tiveram grande relevância. A geração de mapas potenciais de risco de incêndio permite uma fiscalização mais eficiente e um maior preparo para controle e combate do fogo utilizado de forma inapropriada e ocasionalmente da área, aumentando as chances de preservação e conservação da biodiversidade do local.

Palavras-chave: AHP, incêndios, variáveis antrópicas, variáveis climáticas

1 INTRODUÇÃO

O fogo é um importante agente de distúrbio que influencia o clima e ecossistemas tropicais por meio da conexão com a dinâmica de uso da terra, a composição atmosférica e o ciclo de carbono global (MORISSETTE et al., 2005). Ações como desmatamento e queima de florestas de forma intensa causam uma variedade de impactos ambientais como perda de fertilidade do solo, erosão (JAIN et al., 2008), emissão de gases poluentes (LONGO et al., 2009), afetam a estrutura florística das florestas (SLIK et al., 2002) comprometendo toda a biodiversidade da floresta. Queimadas para limpeza de áreas de agricultura e pecuária, em áreas de florestas secundárias, em savanas, incêndios florestais e outros, aumentam a perda de biomassa e emissão de carbono para a atmosfera (ALENCAR et al., 2006).

Com o aumento de secas e conseqüentemente da susceptibilidade de queimadas na floresta Amazônica, é de grande importância que esse distúrbio seja quantificado, além da quantificação das áreas referentes às cicatrizes de queimadas e a identificação do material combustível, ou seja, florestas maduras, florestas secundárias, pastagens,

cerrado, etc, já que estas variáveis são utilizadas para estimativas de emissão de Gases de Efeito Estufa – GEE (SEILER e CRUTZEN, 1980; WERF, et al., 2010).

1.1 Fatores antrópicos

Queimadas advindas de fatores antrópicos como desmatamento para aproveitamento de madeira e/ou abertura ou aumento de áreas de pastagens possuem grande influência na alteração do ecossistema local. O desmatamento pode ser dividido em dois períodos, sendo o primeiro (1967 – 1995) marcado pela força indutora do Estado para a construção de grandes obras de infra-estrutura ou pelos incentivos fiscal-financeiros e outras políticas do governo federal. O segundo, após 1995 até os dias de hoje, o desmatamento é conduzido de forma autônoma pelos pecuaristas e madeireiros sem ajuda financeira de incentivos fiscais do Estado (CARVALHO, 2012). As perdas pelo desmatamento são muito difíceis de serem mensurados, alguns estudos mostram que os benefícios privados gerados pela pecuária extensiva não compensam seus custos sociais e ambientais, além de haver uma enorme perda de biodiversidade genética e ambiental. A partir de 2004 a área desmatada anualmente apresentou uma queda a qual se mantém atualmente, isso pode ter ocorrido devido à maior fiscalização do Estado e pela queda dos preços de commodities agrícolas e a crise econômica mundial (ROSA et al., 2012).

1.2 Fatores climáticos

Durante secas extremas, como ocorreu em anos com a presença do fenômeno *El Niño*, a mortalidade de árvores causadas por queimadas levou a perda absoluta de carbono comprometido devido à diminuição de biomassa, sendo essa perda de 5,3% de um ano após o fogo e 14,4% entre um e quatro anos após o fogo (VASCONCELOS et al., 2013). Em 2005, houve a seca considerada como a maior dos últimos 100 anos, atingindo principalmente o sudoeste da região Amazônica (MARENCO et al., 2008). Ela foi explicada devido ao aumento da temperatura das águas superficiais do Atlântico e da deriva noroeste da zona de convergência intertropical em associação com a Oscilação Multidecadal do Atlântico (AMO, em inglês) (LIMA, 2014). Esses fenômenos são tidos como raros, porém, em 2010 foi registrada uma seca ainda mais

intensa do que a de 2005 para a floresta Amazônica, sendo essa associada à união dos eventos: *El Niño* e o *Atlantic multidecal oscillation* (MARENGO et al., 2011).

Os estudos referentes aos impactos gerados pelas queimadas na floresta amazônica passaram a ter mais atenção depois da seca de 1997 -1998 (BARLOW et al., 2003), a partir da qual realizou-se trabalhos referentes a quantidades de CO₂ emitidas pelas queimadas, verificando sua significância global, já que se estimou o valor de 43 Tg de carbono emitidas na queimadas de 1997-1998 em Roraima (FEARNSIDE e LAURANCE, 2004), e que estas florestas queimadas se tornam mais inflamáveis, consequentemente mais suscetíveis a queimadas recorrentes. Estas provocam uma alta mortalidade das árvores, sendo um dos causadores da secundarização das florestas. Porém ainda existem questões a serem respondidas sobre os processos de queimadas, como por exemplo, a diferença considerável nos níveis de mortalidade das árvores em diferentes localidades das regiões amazônicas. É bem evidente que na maioria dos casos, os impactos causados pelas queimadas só aparecem após vários anos, como árvores de grande porte que podem levar mais tempo para morrer, fazendo com que o impacto se estenda até décadas após o evento da queimada (BARLOW et al., 2010).

Desta forma, este trabalho tem como objetivo identificar áreas potenciais de risco de queimadas visando as influências de variáveis antrópicas e climáticas do ano de 2010, por meio da técnica AHP “Analytic Hierarchy Process”.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Área de estudo

A área de estudo é o estado do Pará (Figura 1), o qual possui uma área de 1 247 954,666 Km². Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), 72,9% da sua área corresponde a florestas e 4,5% a campos. A maior parte das áreas preservadas está nas mesorregiões do Sudoeste Paraense e do Baixo Amazonas Paraense, que representam a metade ocidental do estado. De acordo com o IBGE, isso é favorecido pela concentração de unidades de conservação e de terras indígenas nessas regiões. Das áreas que já sofreram com a ação do homem no estado, as pastagens para pecuária

ocupam 187 mil Km², ou 15,2% do território paraense. A maior parte das pastagens fica na mesorregião Sudeste Paraense, que faz divisa com o Tocantins e o sul do Maranhão. As áreas urbanizadas ocupam 7,5% do Pará e a mineração, 9,7%. Segundo a assessoria de imprensa do IBGE, a soma dessas áreas supera os 100% porque parte do território paraense é usado para mais de uma atividade.

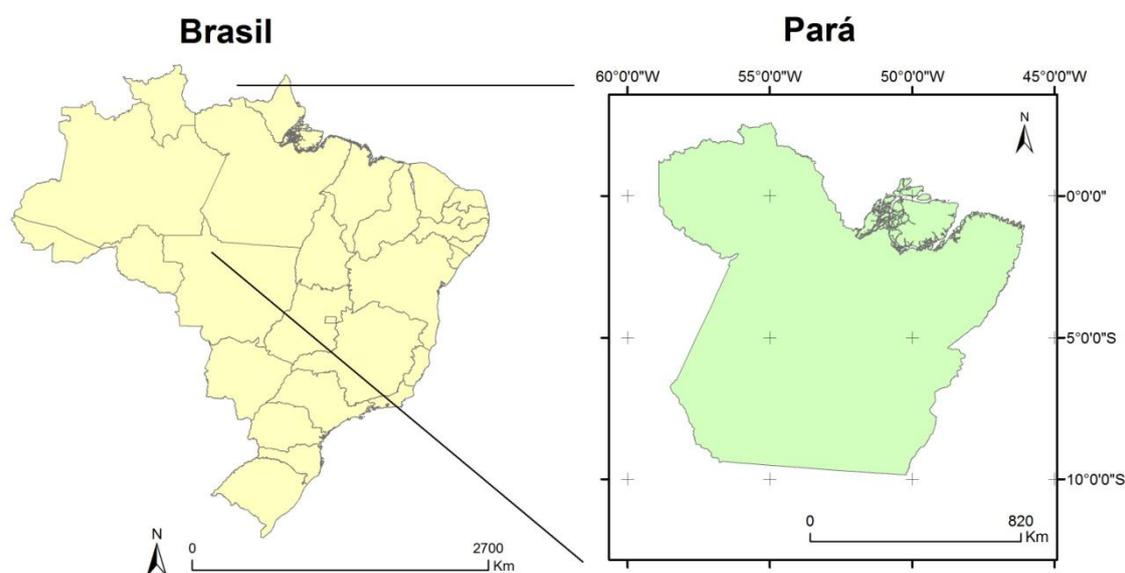


Figura 1. Localização da área de estudo.

2.2 Variáveis influentes de queimadas

Os riscos de incêndios florestais podem aumentar de acordo com as influências causadas por atividades humanas como desmatamento para pastagem e cultivos agrícolas, corte de árvores para aproveitamento de madeira entre outros e também por motivos climáticos como secas intensas, anomalias de temperatura dos oceanos e déficit hídrico. Neste trabalho separaram-se as variáveis antrópicas das climáticas para averiguar qual delas possui maior influência no risco de incêndios florestais.

2.2.1 Variáveis antrópicas

As variáveis antrópicas abordadas foram:

- Desmatamento Mensal para o ano de 2010: Os dados de desmatamento mensal para o estado do Pará foram obtidos pelo programa Deter - INPE. Este programa foi criado com o objetivo de auxiliar a fiscalização de desmatamento na Amazônia. Ele funciona desde maio de 2004, com dados do sensor MODIS do satélite Terra/Aqua e do sensor WFI do satélite CBERS, com resolução espacial de 250 metros.

- Proporção de desmatamento (anual): A obtenção do desmatamento anual foi adquirida pelo projeto PRODES-INPE, o qual realiza o monitoramento por satélites do desmatamento por corte raso na Amazônia Legal desde 1988. O programa utiliza imagens dos satélites Landsat-5, CBERS-2 e CBERS-2B.

- Proporção de pastagem e proporção de regeneração: Esses dados foram obtidos pelo programa TerraClass – INPE, tendo como objetivo o mapeamento do uso e cobertura da terra na Amazônia Legal para todas as áreas desflorestadas mapeadas pelo PRODES até o ano de 2010.

- Terras indígenas: As Terras Indígenas no Pará correspondem a mais de 310.000 ha. As informações necessárias foram obtidas pelo site da FUNAI – Fundação Nacional do Índio.

- Unidades de Conservação de Proteção Integral e de Uso Sustentável: Os dados necessários referentes às unidades de conservação foram adquiridos pelo portal do Ministério do Meio Ambiente.

2.2.2 Variáveis Climáticas

As variáveis climáticas abordadas foram:

-*Atlantical Multidecadal Oscillation (AMO)*: A AMO é uma série contínua de longa duração de mudanças de temperatura da superfície do Oceano Atlântico Norte, possuindo fases frias e quentes que podem durar de 20 a 40. Essas mudanças vêm ocorrendo há pelo menos 1000 anos.

- Precipitação: Os dados de precipitação foram obtidos pelo satélite *Tropical Rainfall Measuring Mission* – TRMM. Os principais sensores a bordo do TRMM relacionados com a estimativa da precipitação são: TRMM “*Microwave Imager*” (TMI), “*Precipitation Radar*” (PR) e “*Visible and Infrared Radiometer System*” (VIRS). Ele possui uma resolução espacial de 0,25° e resolução temporal de 3 horas.

- Déficit hídrico: O déficit hídrico acumulado corresponde ao máximo valor alcançado de déficit de água acumulada para cada pixel em um ano. 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.

2.3 Mês abordado no estudo

O ano de 2010 foi escolhido para o estudo devido à intensa seca que ocorreu por motivos de alterações do padrão climático gerados pelas influências dos processos do *El Niño* e *AMO*. Foi computado o número de focos de calor por mês deste ano (Figura 2), e assim escolhido o mês com maior número de focos, neste caso o mês de setembro, para testar o modelo em questão.

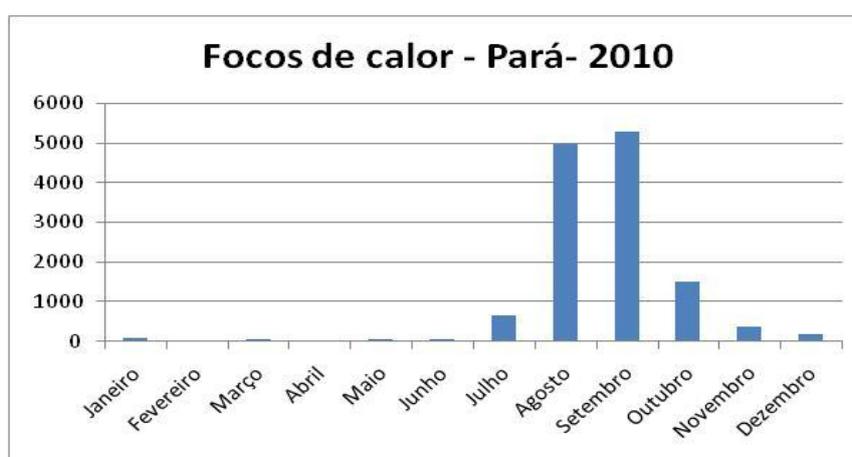


Figura 2. Quantificação dos focos de calor para o ano de 2010.

Segundo Aragão (2007), para se realizar a previsão de risco de incêndios é necessário dados das variáveis analisadas dos três meses anteriores ao mês que se quer modelar. Assim, os dados das variáveis mensais foram obtidos para os meses de junho, julho e agosto de 2010.

2.4 Processo Analítico Hierárquico - AHP

O AHP, proposto em Saaty (1978), é uma ferramenta de tomada de decisões, que pode auxiliar no ajuste de prioridades e torna a decisão racional e não intuitiva e subjetiva. Baseia-se na comparação pareada entre fatores que influenciam na tomada de decisão, sendo atribuído um critério de importância relativa de acordo com o relacionamento entre esses fatores.

A escala recomendada por Saaty (1991) vai de 1 a 9, com 1 significando a indiferença de importância de um critério em relação ao outro, e 9 significando a extrema importância de um critério sobre outro (Tabela 1).

O AHP tem como base a representação de um problema, através da sua estruturação hierárquica, para priorizar fatores quantitativos ou qualitativos na análise de alternativas. Este processo segue quatro etapas básicas: estruturação hierárquica; comparação paritária dos elementos em cada nível do sistema; princípio da priorização e síntese de prioridades. Segundo Chan e Chan (2004), somado às vantagens de simplicidade, fácil uso e capacidade de lidar com estruturas complexas, existem três vantagens que diferenciam o AHP de outros métodos de tomada de decisões: (i) habilidade de lidar com atributos tangíveis e intangíveis, (ii) habilidade de estruturar problemas de forma hierárquica e (iii) habilidade de monitorar a consistência com que um decisor faz um julgamento.

Tabela 1. Escala de importância AHP.

Escala	Avaliação Numérica	Recíproco
Extremamente preferido	9	1/9
Muito forte a extremo	8	1/8
Muito fortemente preferido	7	1/7
Forte a muito forte	6	1/6
Fortemente preferido	5	1/5
Moderado a forte	4	¼
Moderadamente preferido	3	1/3
Igual a moderado	2	½
Igualmente preferido	1	1

Os valores de importância entre os pares das variáveis são dados por um especialista no assunto em questão.

3 RESULTADOS

A aplicação dos valores pareados de importância entre as variáveis pelo especialista forneceu a seguinte tabela (Tabela 2):

Tabela 2. Valores pareados de importância atribuídos pelo especialista.

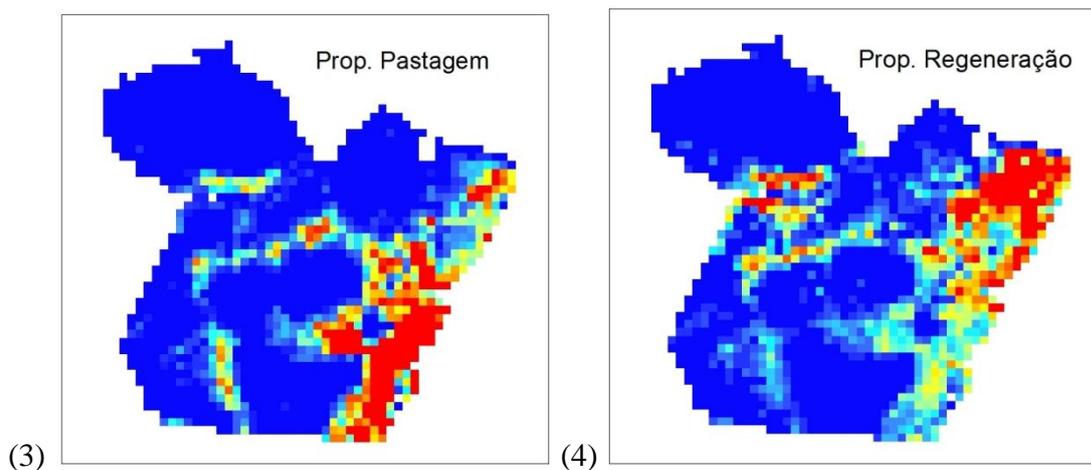
	Desmat Anual	pastagem	regeneração	UC_PI	UC_US	TI	Precip_ago	Prec_jul	Prec_jun	Déficit_ago	Déficit_jul	Déficit_jun	Anom_ago	Anom_jul	Anom_jun	Deter_jun	Deter_jul	Deter_ago
Desmat Anual	1	1/9	1/7	5	3	5	3	3	3	7	7	7	7	7	7	7	7	7
pastagem	9	1	1/3	5	7	7	5	5	5	7	7	7	7	7	7	7	7	7
regeneração	7	3	1	5	7	5	3	3	3	7	7	7	7	7	7	7	7	7
UC_PI	1/5	1/5	1/7	1	3	1/3	1/7	1/7	1/7	1/5	1/5	1/5	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3
UC_US	1/3	1/7	1/7	1/3	1	1/3	1/7	1/7	1/7	1/5	1/5	1/5	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3
TI	1/5	1/5	1/7	3	3	1	1/7	1/7	1/7	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Precip_ago	1/3	1/5	1/3	7	7	7	1	1	1	5	5	5	7	7	7	5	5	5
Prec_jul	1/3	1/5	1/3	7	7	7	1	1	1	5	5	5	7	7	7	5	5	5
Prec_jun	1/3	1/5	1/3	7	7	7	1	1	1	5	5	5	7	7	7	5	5	5
Déficit_ago	1/7	1/7	1/7	5	5	1/3	1/5	1/5	1/5	1	1	1	5	5	5	3	3	3
Déficit_jul	1/7	1/7	1/7	5	5	1/3	1/5	1/5	1/5	1	1	1	5	5	5	3	3	3
Déficit_jun	1/7	1/7	1/7	5	5	1/3	1/5	1/5	1/5	1	1	1	5	5	5	3	3	3
Anom_ago	1/7	1/7	1/7	3	3	1/3	1/7	1/7	1/7	1/5	1/5	1/5	1	1	1	3	3	3
Anom_jul	1/7	1/7	1/7	3	3	1/3	1/7	1/7	1/7	1/5	1/5	1/5	1	1	1	3	3	3
Anom_jun	1/7	1/7	1/7	3	3	1/3	1/7	1/7	1/7	1/5	1/5	1/5	1	1	1	3	3	3
Deter_jun	1/7	1/7	1/7	3	3	1/3	1/5	1/5	1/5	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1	1	1
Deter_jul	1/7	1/7	1/7	3	3	1/3	1/5	1/5	1/5	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1	1	1
Deter_ago	1/7	1/7	1/7	3	3	1/3	1/5	1/5	1/5	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1	1	1

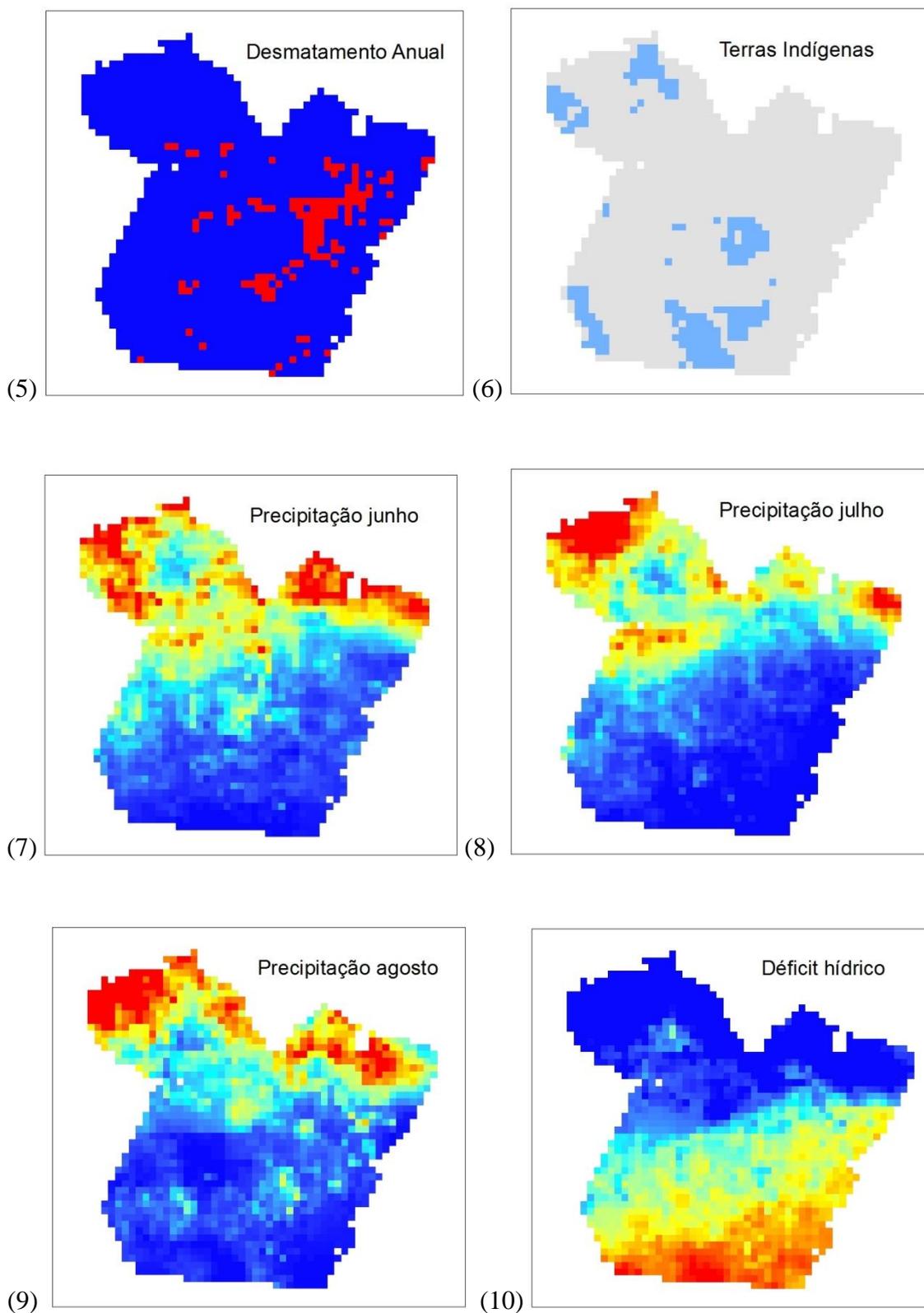
Por meio desta tabela foi possível executar a AHP. Neste caso a análise foi executada por meio de uma extensão instalada no software ArcGIS 9.3. Após a execução da análise foi gerado os seguintes resultados (Tabela 3):

Tabela 3. Relação dos pesos de cada variável.

Var. Antrópicas		Var. Climáticas	
Prop. Pastagem	0.2176	Precipitação Julho	0.111
Prop. Regeneração	0.1292	Precipitação Junho	0.111
Desmatamento Anual	0.0928	Precipitação Agosto	0.1093
Terras Indígenas	0.0338	Déficit hídrico Agosto	0.0247
UC Uso Sustentável	0.0197	Déficit hídrico Junho	0.023
UC Proteção Integral	0.0185	Déficit hídrico Julho	0.023
Desmatamento Junho	0.0179	AMO Junho	0.0148
Desmatamento Julho	0.0179	AMO Julho	0.0148
Desmatamento Agosto	0.0176	AMO Agosto	0.0148

Analisando a tabela 3, é possível perceber que as variáveis antrópicas possuem maior influência do que as variáveis climáticas para estimar as áreas potenciais de risco de incêndios, dando maior ênfase a pastagem e a regeneração. As figuras 3 a 10 a seguir ilustram as principais variáveis influentes.





Figuras 3 a 10. Principais variáveis influentes no mapa de risco de incêndios do Pará, onde as cores quentes indicam maior concentração da variável.

A média ponderada de todas as variáveis multiplicada pelos seus mapas originais resultou no mapa final de risco de incêndios (Figura 11):

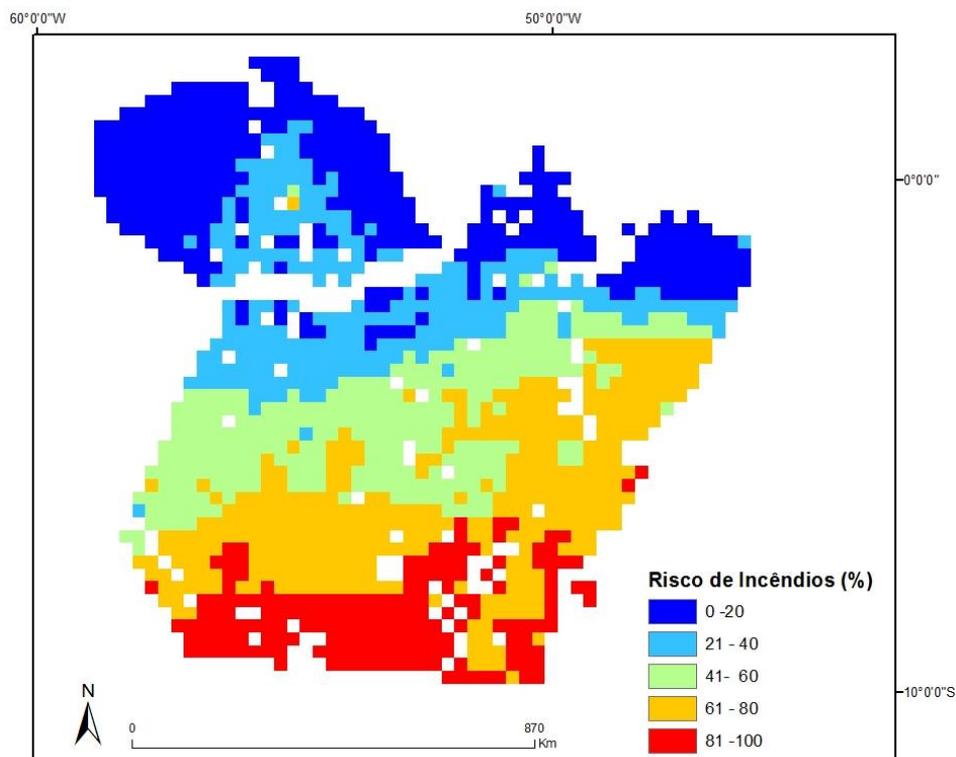


Figura 11. Mapa de risco de incêndios no Pará para setembro de 2010.

É possível perceber que o mapa de risco (Figura 11) se assemelha com o de proporção de pastagem e regeneração pelo seu alto risco em quase toda a parte esquerda do Pará. E se assemelha ao inverso dos mapas de precipitação dos três meses anteriores e com o mapa de déficit de hídrico, corroborando com o pressuposto de que lugares com menos precipitação há maior risco de incêndios.

A figura 12 ilustra a localização dos focos de calor no Pará em setembro de 2010, mostrando que grande parte destes se localiza dentro da área de maior risco obtido pelo processo AHP utilizado.

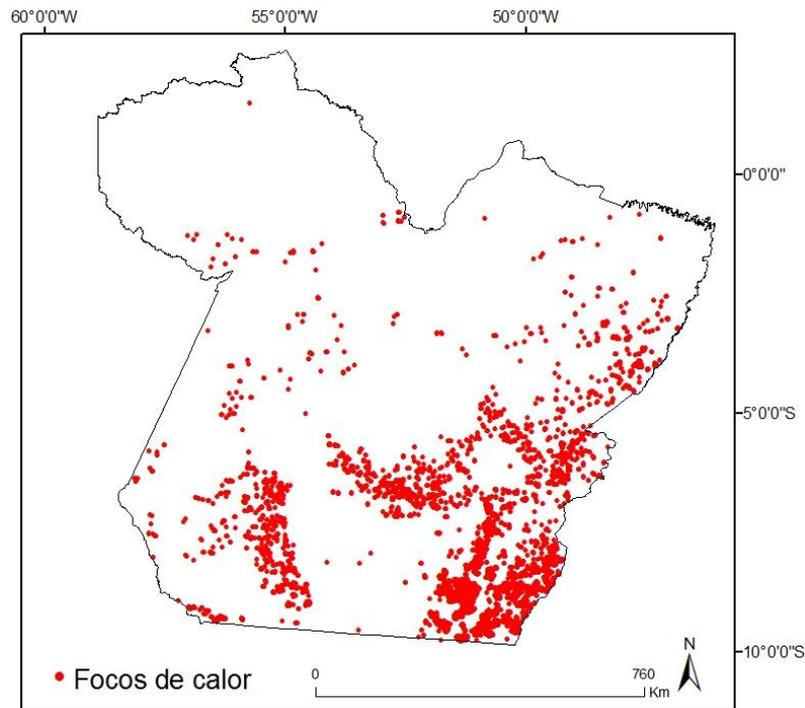


Figura 12. Espacialização dos focos de calor em setembro de 2010 no Pará.

4 CONCLUSÃO

A aplicação do Processo Analítico Hierárquico (AHP) apresentou resultados satisfatórios próximos a realidade, sendo que com uma ponderação condizente das variáveis adotadas pode ser utilizado para geração de mapas de áreas potenciais de incêndios.

Variáveis antrópicas como proporção de regeneração e de pastagem são mais significantes que as variáveis climáticas para o aumento de susceptibilidade de incêndios, porém as variáveis climáticas como a precipitação dos três meses anteriores e o déficit hídrico possuem um forte peso no resultado final do mapa de risco de incêndios.

A geração de mapas potenciais de risco de incêndio permite uma fiscalização mais eficiente e um maior preparo para controle e combate do fogo utilizado de forma inapropriada e ocasionalmente da área, aumentando as chances de preservação e conservação da biodiversidade do local.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

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.

ARAGAO, L.; 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**, v. 34, n. 7, 2007.

BARLOW, J.; GARDNER, T. A.; LOUZADA, J.; PERES, C. A. Measuring the Conservation Value of Tropical Primary Forests: The Effect of Occasional Species on Estimates of Biodiversity Uniqueness. **Plos One**, v. 5, n. 3, p. e9609, jan. 2010.

CARVALHO, A. **Expansão da fronteira agropecuária e a dinâmica do desmatamento na Amazônia Paraense**. Tese de Doutorado. Universidade Estadual de Campinas, Campinas. 2012.

DA ROCHA, H. R., et al. Seasonality of water and heat fluxes over a tropical forest in eastern Amazonia, **Ecol. Appl.**, 14, S22– S32. 2004.

FEARNSIDE, P. M.; LAURANCE, W. F. Tropical deforestation and greenhouse gas emissions. **Ecological Applications**, v. 14, n. 4, p. 982-986, 2004.

JAIN, T. B., GOULD, W. A., GRAHAM, R. T., PILLIOD, D. S., LENTILE, L. B., & GONZÁLEZ, G. A soil burn severity index for understanding soil-fire relations in tropical forests. **Ambio**, v. 37, p. 563–568. 2008.

LIMA, ANDRÉ. **Influência da cobertura da terra na extensão e configuração espacial de áreas queimadas em anos de seca extrema na Amazônia Oriental**. 2013. 90 p. (INPE- 03.08.16.30-TDI) Tese (Doutorado em Sensoriamento Remoto) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), São José dos Campos, 2013. Disponível em: <<http://urlib.net/8JMKD3MGP7W/3DMAJ32>>. Acessado em: 23 maio 2014.

LONGO, K.M., FREITAS, S. R., ANDREAE, M. O., YOKELSON, R., & ARTAXO, P. Biomass burning in Amazonia: Emissions, long-range transport of smoke and its regional and remote impacts. In M. Keller, M. Bustamante, J. Gash, & P. Silva Dias (Eds.), Amazonia and global change. **AGU Geophysical Monograph Series**, v. 186. p. 207–231. Washington, DC, USA: American Geophysical Union. 2009.

MARENGO, 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.

MARENGO, 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**, v. 38, n. 12, p. 1-5, 22 jun. 2011.

MORISSETTE, J. T., GIGLIO, L., CSISZAR, I., SETZER, A., SCHROEDER, W., MORTON, D. C. Validation of MODIS active fire detection products derived from two algorithms. **Earth Interactions**, v. 9, p. 1-24. 2005.

ROSA, I. M. D.; SOUZA, C.; EWERS, R. M. Changes in Size of Deforested Patches in the Brazilian Amazon. **Conservation biology : the journal of the Society for Conservation Biology**, p. 1-6, 24 jul. 2012.

SAATY, T.L. **The Analytic Hierarchy Process**, McGraw-Hill, New York, NY, USA, 1980.

SEILER, W.; CRUTZEN, P. J. Estimates of gross and net fluxes of carbon between the biosphere and the atmosphere from biomass burning. **Climatic Change**, v. 2, n. 3, p. 207-247, 1980.

SHUTTLEWORTH, W. J. Micrometeorology of temperate and tropical forest, **Philos. Trans. R. Soc. London, Ser. B**, 324, 299– 334. 1989.

SLIK, J. W., VERBURG, R. W., & KEBLER, P. J. A. Effects of fire and selective logging on the tree species composition of lowland dipterocarp forest in East Kalimantan, Indonesia. **Biodiversity and Conservation**, v. 11, p. 85–98. 2002.

VASCONCELOS, S. S., FEARNESIDE, P. M., GRAÇA, P. M. L. A., NOGUEIRA, E. M., OLIVEIRA, L. C., & FIGUEIREDO, E. O. Forest fires in southwestern Brazilian Amazonia: Estimates of area and potential carbon emissions. **Forest Ecology and Management**, v.291, p. 199–208, 2013.

WERF, G. R. VAN DER; RANDERSON, J. T.; GIGLIO, L.; COLLATZ, G. J.; MU, M.; KASIBHATLA, P. S.; MORTON, D. C.; DEFRIES, R. S.; JIN, Y.; LEEUWEN, T. T. VAN. Global fire emissions and the contribution of deforestation, savanna, forest, agricultural, and peat fires (1997–2009). **Atmospheric Chemistry and Physics**, v. 10, n. 23, p. 11707-11735, 10 dez. 2010.

VON RANDOW, C., et al. Comparative measurements and seasonal variations in energy and carbon exchange over forest and pasture in south west Amazonia, *Theor. Appl. Climatol.*, 78, 5 –26. 2004.