

Análise Espacial na determinação de áreas de risco a incêndios, no distrito de Manica.

Eufrásio João Sozinho Nhongo¹

¹Divisão de Sensoriamento Remoto - DSR

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE

Caixa Postal 515 - 12201-970 - São José dos Campos - SP, Brasil

eufrasio.nhongo@dsr.inpe.br

Resumo: Este trabalho visa analisar espacialmente o risco a incêndio no distrito de Manica, com base em Geoprocessamento. Diversos métodos foram adotados, com vista a produção de mapa de risco de incêndio, dentre ela destaca-se: A Reclassificação, Ponderação dos valores reclassificados, para valores de 0 a 1, com base em método fuzzy, bem como o cruzamento da informação com base em Produto Fuzzy. Os resultados adquiridos, permite, referir que os locais de maior risco a incêndio, são próximos a Vias de acesso, Áreas Urbanas, Áreas Agricultura. Importa também referir que 41 %, da área de estudo apresenta um risco a incêndio, médio-alto.

Palavra Chave: Risco a incêndio, Análise espacial, Produto Fuzzy.

1. Introdução

Os incêndios florestais são uma das mais importantes fontes de danos ambientais, económicos e sociais nas regiões em desenvolvimento.

Em Moçambique estima-se que anualmente os incêndios florestas destroem em média 15 milhões de hectares de florestas de Miombo, apresentando forte tendência de aumento nos últimos anos (Francisco, 2008). A pressão sobre estas áreas com vista a expansão de áreas de agricultura itinerante, e outras actividades antrópicas, tem aumentado consideravelmente o número de incêndios detectados e áreas queimadas.

De acordo com Sítio *et al* (2012), para além das actividades antrópicas (Agricultura de Sequeiro, a caça), as características ecológicas das florestas de Miombo, os factores

climático, tem influenciado na incidência e prevalência dos incêndios no distrito de Manica.

Nesta perspectiva, a melhor forma de atenuar a sua incidência, os seus impactos negativos é gerar informação dos graus de risco de incêndio específicos para cada região (RIBEIRO *et al.*, 2008).

Diversas metodologias tem sido utilizadas no mapeamento de risco de incendio, com base em Geoprocessamento, dentre elas destacam se, Logica Booleana, Logica Fuzzy (NASCIMENTO *et al.*, 2009)

De acordo com o mesmo autor, a lógica booleana é bivalente, isto é, reconhece somente dois valores: verdadeiro ou falso, os principais problemas relacionados às operações booleanas são os limiares nítidos e rígidos, que nem sempre representam os fenômenos naturais corretamente.

Contudo a logica fuzzy, pode ser definida como sendo uma metodologia de caracterização de classes, que por varias razões não tem ou não pode definir limites rígidos entre as classes. A utilização dessa metodologia e indicada sempre que se tiver que lidar com ambiguidade, abstração e ambivalência em modelos matemáticos ou concetuais de fenômenos empiricoss (BURROUGH & MCDONNELL, 1998)

Contudo uma das grandes potencialidades da lógica Fuzzy, quando comparada com outros esquemas que tratam com dados imprecisos como redes neurasi, é que suas bases de conhecimento, as quais estão no formato de regras de produção, são fáceis de examinar e entender.

Diversos operadores da logica Fuzzy tem sido utilizadas no mapeamento de risco a incêndio, dentre elas destacam-se: AND, OR, Soma Algébrica, Produto Algébrico, Operador *Gama* e Soma Convexa. Contudo neste trabalho, iremos adoptar o producto algebrico, que é produto de valores entre 0 e 1, e a saída é sempre menor que a menor contribuição.

Nesta perspectiva o objetivo deste trabalho é mapear o risco de incêndio com base em Geoprocessamento, por meio de técnicas Fuzzy (Producto Algébrico).

2. MATERIAL E METODO

2.1. Área de estudo

A área de estudo é o distrito de Manica, zona centro de Moçambique, província de Manica, localizada entre as cordenadas 19°27'26'' e 18°31'14'' de Latitude Sul, e 19°04'10'' e 18°06'03'' de Longitude Oeste, Ela possui uma área de 7 060 km², como ilustra a figura 1.

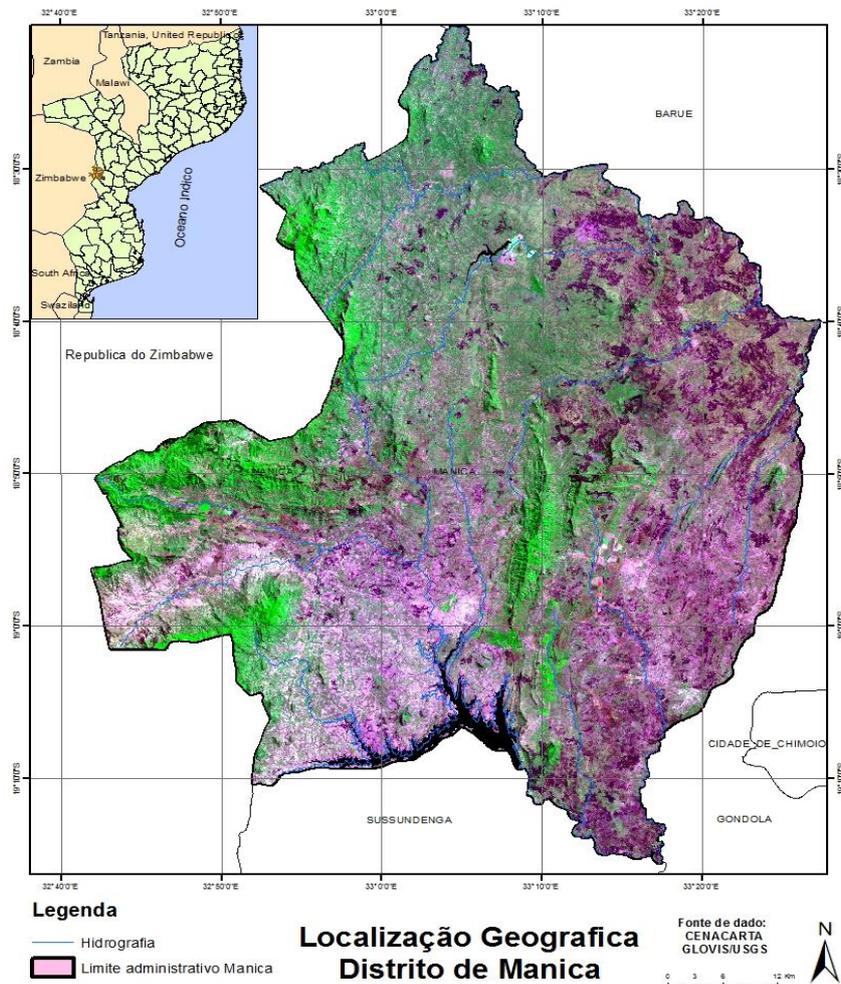


Figura 1: Localização Geografica da area de estudo

O clima da região de acordo com a classificação de *Koppën* é temperado húmido (Cw) . Com duas estações distintas, chuvosa e seca com a repartição das chuvas desigual durante todo o ano. (MAE, 2005).

A precipitação média anual na estação mais próxima (Messambuzi) é de cerca de 1000 - 1171 mm, enquanto a evapotranspiração potencial anual, está na ordem dos 1220-1271mm, sendo esta superior ao valor da precipitação média anual (MAE, 2005).

A maior queda pluviométrica ocorre no período entre Novembro e Março do ano seguinte. Abril e Outubro são meses de transição, com quedas pluviométricas mais baixas entre 40 e 50 mm. A estação seca inicia de Maio a Setembro onde as precipitações não excedem os 20 mm. A temperatura média anual está na ordem de 23,0°C e 21,0°C. (MAE, 2005).

Em relação ao relevo e solo, a área de estudo é caracterizada pela predominância de cadeias montanhosas numa faixa fronteira com o Zimbabué, denominada “Cratão de Zimbabwe”, Com cumes das montanhas a atingirem 1500-200 metros. Esta formação compreende especialmente basaltos, riolitos e lavas alcalinas (CARMONA, 2009).

2.2. Dados cartográficos e imagens de sensores orbitais.

Para realização desta pesquisa foram utilizados, dados cartográficos, imagens de satélites e materiais de campo, relacionados a baixo.

Contudo importa referir, que as imagens utilizadas, correspondente a órbita/ponto 168/73 referente ao mês de Setembro de 2014. A escolha das imagens referentes a essas datas prende-se pelo facto de coincidirem com o período seco da área de estudo, onde as quedas pluviométricas não excedem os 20 mm de chuva.

Dados	Formato	Data	Fonte
Imagem Landsat 8	Raster	2014	USGS/Glovis
Imagens SRTM	Raster	2000	UFRGS
Hidrografia	Vectorial	2010	CENACARTA
Limites Administrativo	Vectorial	2010	CENACARTA
Vias de acesso	Vectorial	2010	CENACARTA

Tabela 1: Dados Utilizados

2.3. Método

A metodologia desenvolvida nesta pesquisa pode ser observada através do fluxograma das actividades de pesquisa (Figura 2).

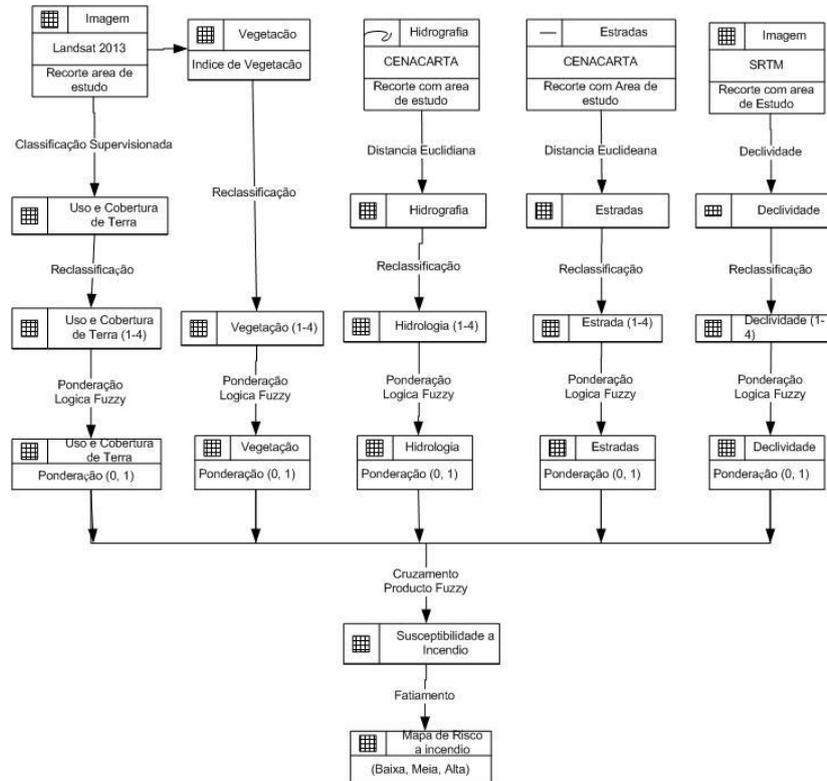


Figura 2: Fluxograma com as principais etapas para elaboração do Mapa de Risco Incêndio.

Conforme-se pode visualizar na Figura 2, a metodologia adoptada, foi subdividida em três etapas Fundamentais: (1) Obtenção e produção de dados de entrada (Mapa de uso e coberta de terra, Índice de Vegetação de Diferença Normalizada, Declividade, Hidrografia, Estradas). (2) Reclassificação (3) Ponderação de classes (4) Cruzamento de Informações (*Fuzzy Product*)

2.3.1. Obtenção e produção de dados de entrada.

2.3.1.1. Estradas

Os dados vectoriais referente a vias de comunicação (Estradas), foram, rasterizados, e calculados a distancia Euclidiana, isto é, para cada celula da matriz, foi calculado a distancia da feição mais proxima. Contudo para estradas, foi calculda a distância de 1000 metro, na qual as distancias proximas, referem-se a áreas de risco. (Figura 3)

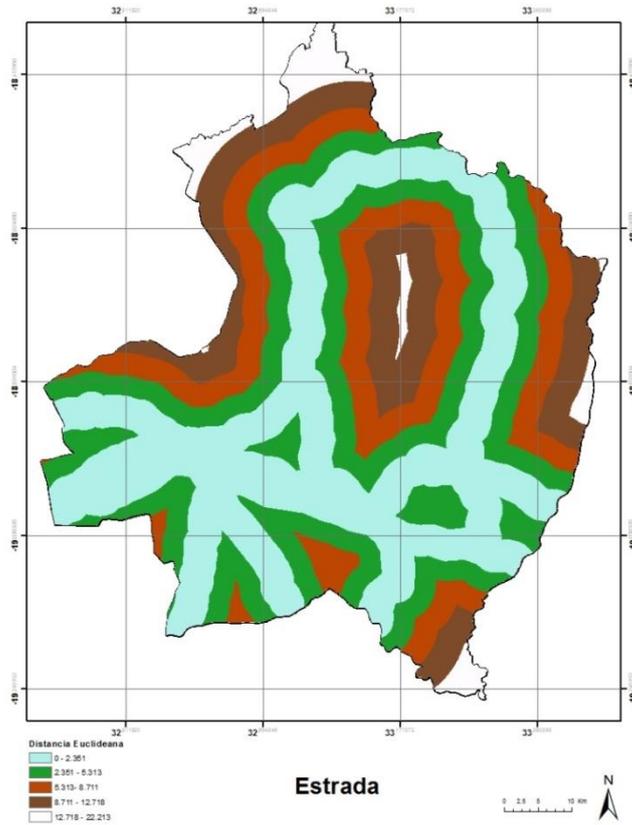


Figura 3: Distância Euclidiana de Estrada

2.3.1.2. Hidrografia

Os mesmos procedimentos, a variável estrada, foram feitos para hidrografia. Foram calculados a distância Euclidiana, isto é, para cada célula da matriz, foi calculado a distância euclidiana da feição mais próxima de 500 metros. Quanto mais próxima a rede hidrográfica, mais baixa a probabilidade de risco a incêndio (Figura 4)

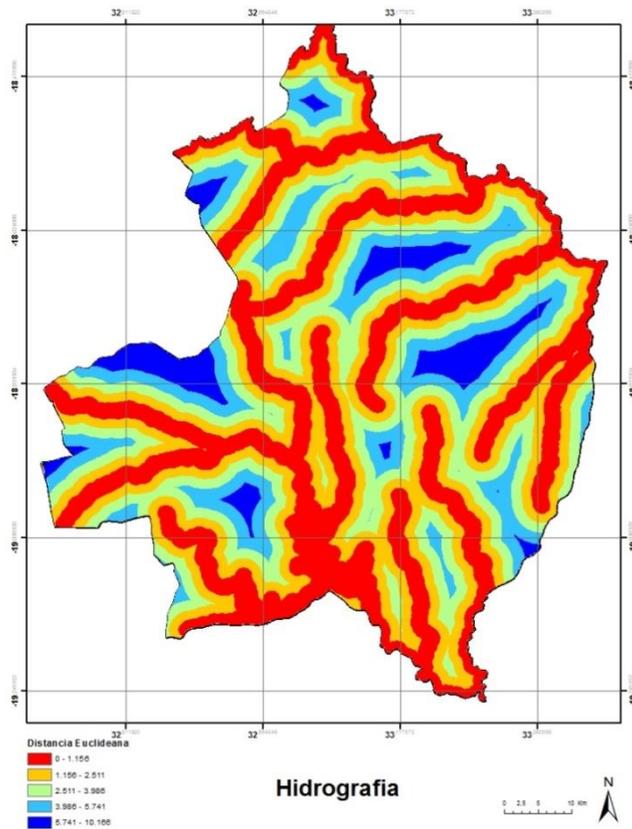


Figura 4: Distância Euclidiana de Hidrografia

2.3.1.3. Uso e Cobertura de terra

Os mapas de Uso e Cobertura de Terra, foram elaborados a partir de Imagens Landsat 8, a partir da classificação supervisionada, com base no método da Máxima Verossimilhança (MaxVer). As amostras de treino basearam-se no conhecimento prévio da área de estudo. Foram identificadas quatro uso e cobertura de terra, a saber: Corpo de Água, Vegetação herbácea Inundada, Áreas Urbanas, Agricultura Itinerante, Solo Exposto. O resultado pode ser observado na Figura 5.

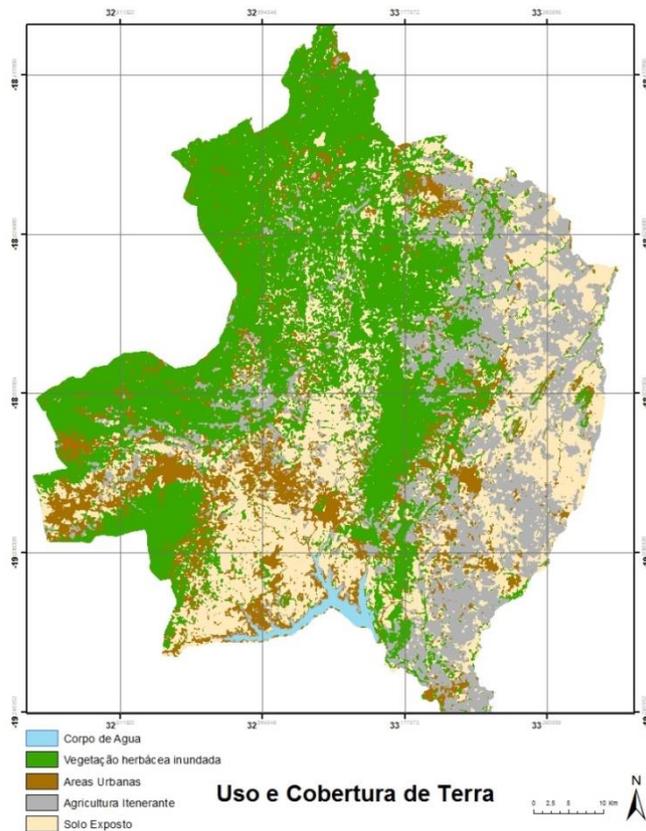


Figura 5: Uso e Cobertura de terra

2.3.1.4. Índice de Vegetação de Diferença Normalizada (NDVI)

O diagnóstico da cobertura vegetal foi realizado mediante a aplicação do índice de vegetação de Diferença Normalizada, conhecido como NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*).

Ela é obtida através da fórmula, $NDVI = (IVP - V) / (IVP + V)$, Onde, IVP é a refletância no Infravermelho Próximo e V a refletância no vermelho.

Numericamente os valores do NDVI variam de -1 e 1, materiais que refletem mais intensamente na região espectral do visível em comparação com o infravermelho próximo (por exemplo, nuvens, água e neve) apresentam NDVI negativo. Solo exposto e rochas refletem no visível e no infravermelho próximo aproximadamente a mesma intensidade, por consequência, o NDVI aproxima-se de zero. Já a vegetação tem NDVI associada aos valores positivos, sendo que quando os valores dos índice são maiores o resultado de maior vigor da vegetação. Sendo assim, pode-se atribuir pesos de vulnerabilidade aos valores de NDVI. (PINTO, 1999)

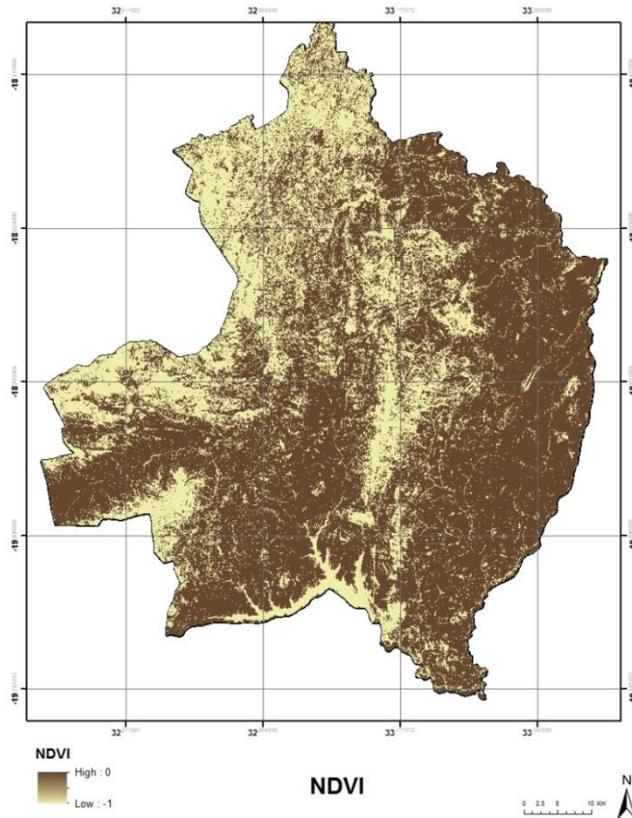


Figura 1: Índice de Vegetação de Diferença Normalizada

2.3.1.5. Declividade.

Com vista a obtenção dos dados de declividade, foram adquiridos as imagens SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*), disponível na plataforma da Universidade do Rio Grande do Sul. Contudo estas mesmas imagens forma processadas, com base em aplicativos do ArcGis, *Slope*, com vista a extração da declividade, da area de estudo. Os resultados podem ser observados na figura 4.

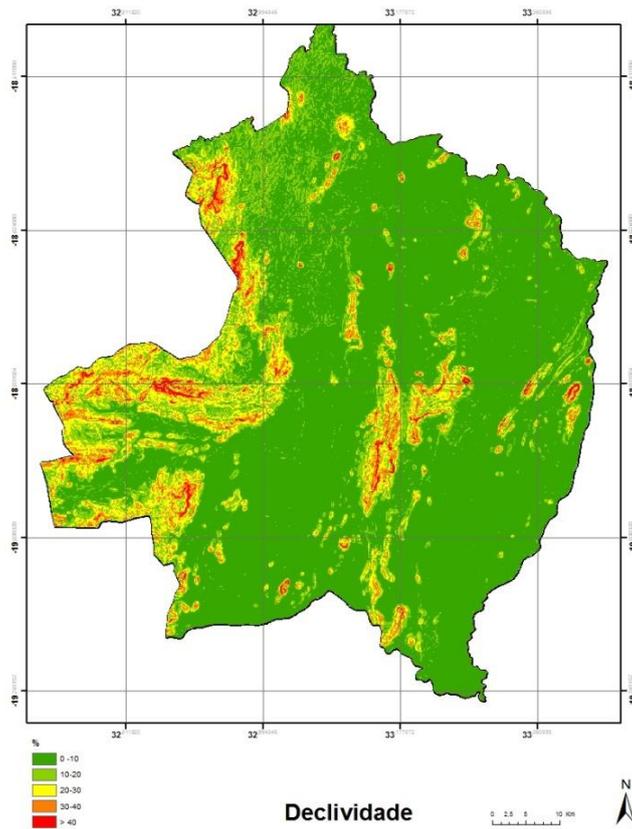


Figura 4: Mapa de declividade

2.4.1.6. Reclassificação

Esta fase baseou-se na atribuição de novas classes, das classes das variáveis já existente. As variáveis foram reclassificadas para valores recomendados por Koproski (2010), de acordo com os coeficientes apresentados na tabela 1. As principais variáveis reclassificadas foram, Mapa de Uso e Cobertura de terra, Índice de Vegetação de Diferença Normalizada, Declividade, e Distância euclidiana de Hidrografia e Estradas.

Classe	Níveis de Risco	Coefficiente
Uso e Cobertura de Terra		
Corpo de água	Muito Baixo	1
Vegetação herbacia inundada	Muito Baixo	1
Áreas urbanas	Medio	2
Agricultura Itinerante	Alto	4
Solo Exposto	Medio	3
Hidrografia		
0-1.156	Muito Baixo	1
1.156-2.511	Baixo	2

2.511-3.986	Baixo	2
3.986-5.741	Medio	3
5.741-10.166	Alto	4
Estrada		
0-2.351	Alto	4
2.351-5.313	Medio	3
5.313-8.711	Baixo	2
8.711-12.718	Baixo	2
12.718-22.213	Muinto Baixo	1
Declividade		
0-10%	Muinto Baixo	1
10-20%	Baixo	2
20-30%	Medio	3
30-40%	Alto	4
40-50%	Alto	4
NDVI		
0	Alto	4
-1	Muinto Baixo	1

Tabela1: Classes, níveis de risco e coeficientes.

2.3.2. Ponderação das Classes

Após a obtenção dos mapas de entrada (Uso da terra, declividade, Hidrografia, Estradas e NDVI), a próxima etapa foi o escalonamento ou ponderação dos valores reclassificados, esta ponderação foi realizada por meio da lógica *Fuzzy*, elas foram convertidos para a escala de 0 a 1 através da lógica *fuzzy*, isto é não foram definidos limites regidos.

Importa referir, que conjuntos com limites inexatos são chamados de conjuntos *fuzzy*, que admitem pertinência parcial (CÂMARA *et al*, 2001). Diferente da teoria clássica de conjuntos, onde uma função de pertinência é definida como verdadeira ou falsa (1 ou 0), o grau de pertinência do conjunto *fuzzy* é expresso em termos de escala que varia continuamente entre 0 e 1. Os Resultados da ponderação de classes, podem ser analisados na figura 5.

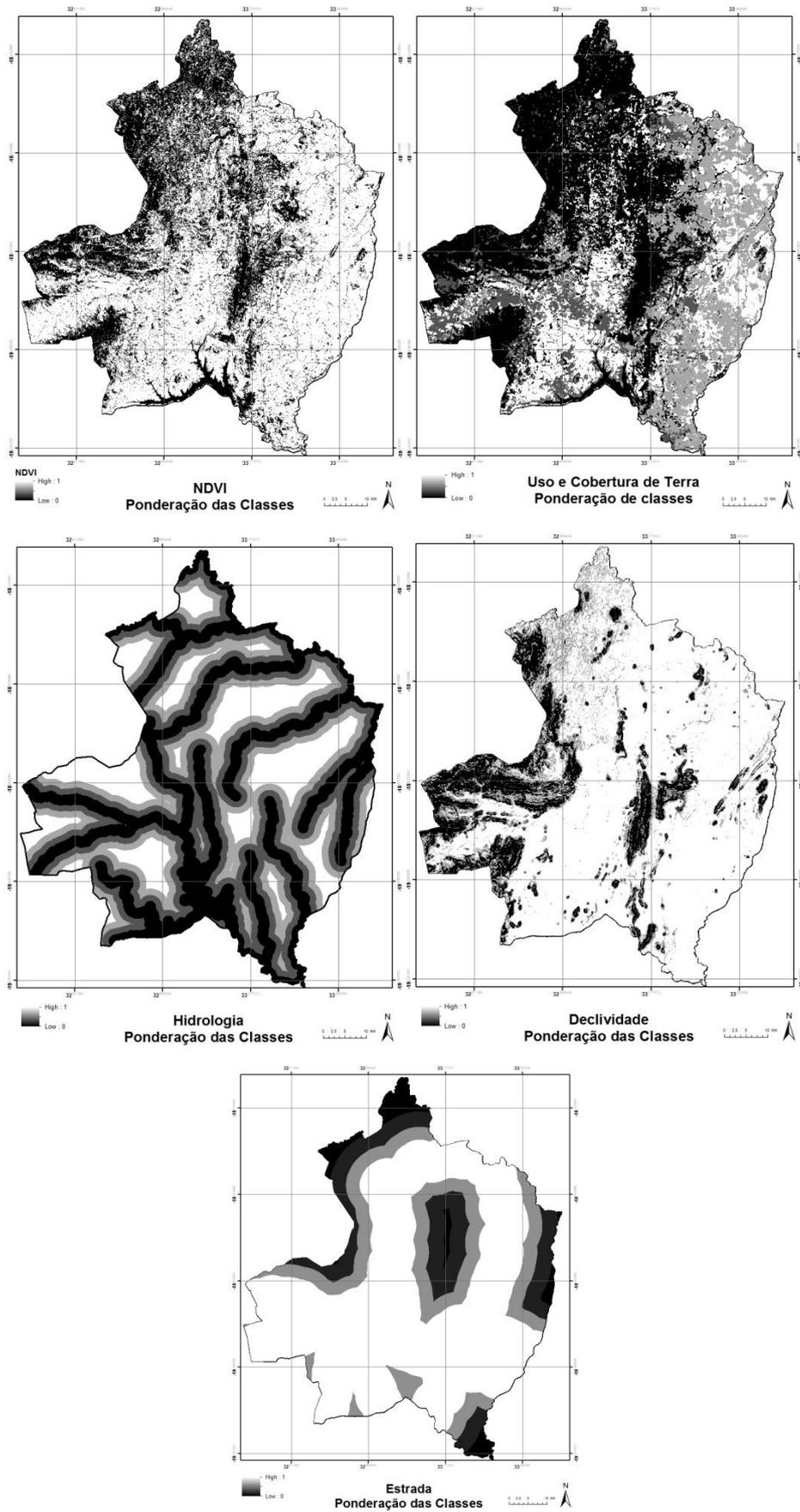


Figura 5: Ponderação das classes das variáveis

2.2.3. Cruzamento das Informações: *Fuzzy Product*

Nesta etapa foi utilizado o operador *fuzzy Product*. Este operador é a multiplicação, entre as variáveis, onde os valores dessa, função combinada tende a ser muito pequeno, produto de valores entre 0 e 1, a saída é sempre menor que a menor contribuição. (MOREIRA *et al.*, 2001).

Nesta perspectiva, fatores citados acima (Declividade, Uso e cobertura de terra, Hidrografia, Vias de acesso, NDVI), foram cruzados, com base no operador já referido, com vista a identificação de áreas com maior risco a ocorrência de incêndios. Este procedimento metodológico pode ser observado na Figura 2.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O resultado do cruzamento dos mapas (Uso e Cobertura de terra, declividade, NDVI, Hidrografia e Estrada) foi mapa de risco de incêndio da área de estudo. Lembrando que o valor 0 (zero) está associado a menor risco, o 0,5 correspondendo à risco médio, e o 1 (um) maior risco. Este mapa resultante foi, por fim, fatiado e atribuído 5 (cinco) faixas de risco de incêndio, classificadas da seguinte forma: Muito Baixa (0 a 0,2), Baixa (0,2 a 0,4), Médio (0,4 a 0,6), Alto (0,6 a 1).

A quantificação das áreas de riscos pode ser observada na Figura 7, qual apresenta os valores absolutos e relativos classificados em cada uma das cinco classes (Muito Baixo, Baixo, Médio, Alto e Muito Alto).

Contudo, importa referir, que de acordo com os resultados, a parte Oeste da área de estudo, apresenta-se com maior risco de incêndio. Este fato pode estar relacionado a existência de vários tipos de uso e cobertura de terra, que influencia no risco a incêndios.

Contudo a Noroeste, é a área que apresenta, baixo risco de incêndio, e esta situação, pode estar relacionada a ocorrência de cursos de água, bem com a baixa densidade populacional. Entretanto pode se referir que, 59% da área de estudo apresentou muito baixo e baixo risco de incêndio.

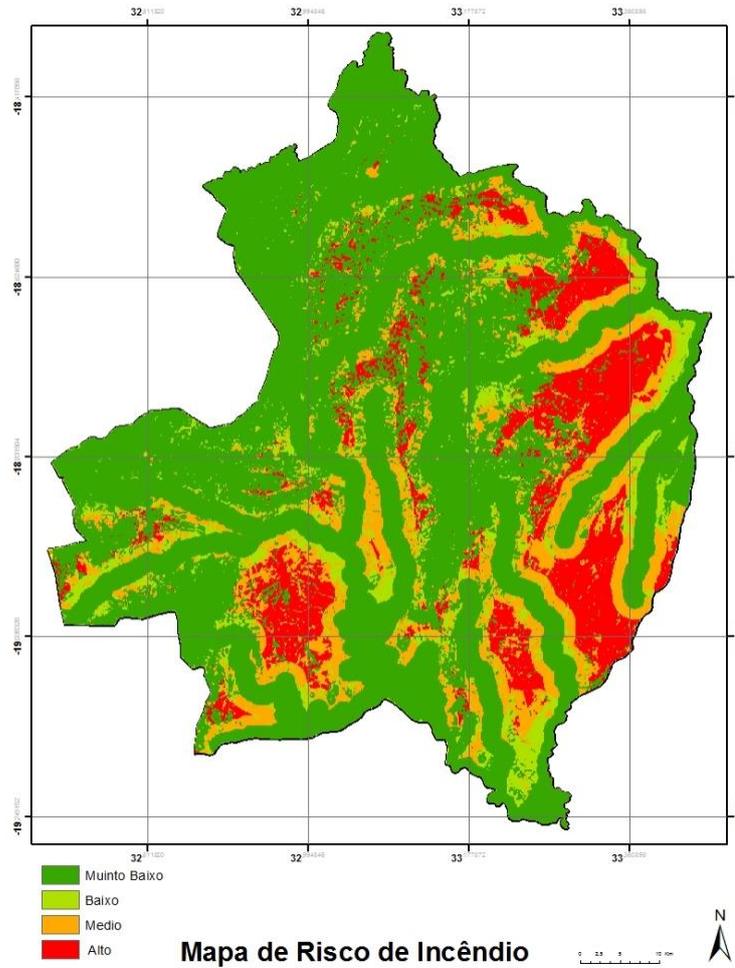


Figura 6: Mapa de risco a incendio

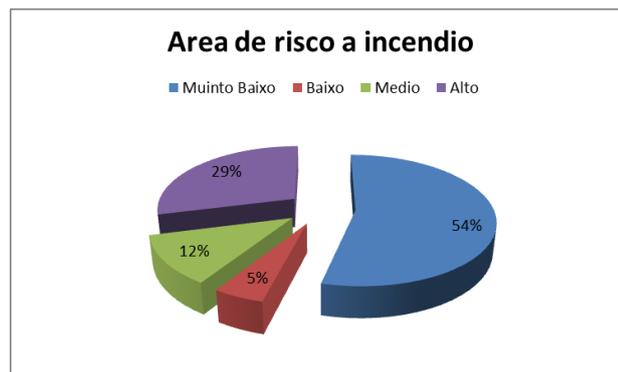


Figura 7: Percentagem de area de risco a incêndio

4. CONCLUSÃO

As técnicas de geoprocessamento foram fundamentais para a identificação de risco a incêndios no distrito de Manica.

O operador *fuzzy Producto*, aplicado na etapa de combinação dos mapas, gerou diferentes cenários que vão do mais favorável ao mais desfavorável a ocorrência da incêndios, portanto, demonstrou ser flexível na geração de cenários de risco potencial. com isto, uma das grandes vantagens da utilização desta técnica é a possibilidade de gerar diferentes cenários para a tomada de decisão.

5. BIBLIOGRAFIA

CREPANI, E.; MEDEIROS, J. S.; HERNANDEZ FILHO, P.; FLORENZANO, T. G.; DUARTE, V.; BARBOSA, C. C. F. Sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicados ao Zoneamento Ecológico-Econômico e ao ordenamento territorial, **Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE)**, São José dos Campos 2000.

CÂMARA, G.; DAVIS, C.; MONTEIRO, A. M. V. Introdução à Ciência da Geoinformação. São José dos Campos: **Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE)**, 2001.

CARMONA, C.J. Algumas sugestões para mitigação da poluição da água, resultante da actividade do garimpo. Caso do rio Messica. **Universidade pedagógica**. Beira. 8-10 pp. 2009.

FERRAZ, S.F.B. & VETTORAZZI, C.A.. Mapeamento de risco de incêndios florestais por meio de sistema de informações geográficas (SIG). *Scientia Forestalis*, v.53, p.39-48. 1998.

ONIGEMO, A.E. Avaliação de índices de incêndios em áreas com predominância de gramíneas cespitosas na sub-região da Nhecolândia, Pantanal, MS. Tese (Doutorado em Ecologia), **Universidade Federal de Mato-Grosso**, 2007.

Perreira, *et al.*, (2003). Método para Avaliação da Susceptibilidade da vegetação do Cerrado ao fogo em relação a indicadores Antrópicos. INPE (Instituto Nacional de Pesquisa Espacial) Belo Horizonte, Brasil .

PEZZOPANE, J.E.M.; NETO, S.N.O.; VILELA, M.F. Risco de incêndios em função da

característica do clima, relevo e cobertura do solo. **Floresta e ambiente**, v. 8, n. 1, p. 116-166, 2001.

LIU, W. T. H. Aplicações de Sensoriamento Remoto. **Campo Grande: UNIDERP**, p 908, 2007.

LOMBARDI, ROBERTO. Identificação de áreas Vulneráveis a ocorrência de incêndios florestais, provocados por actividades antrópicas, utilizando diferentes métodos de inferência espacial. **INPE** Foz de Iguaçu, 2001.

PINTO, C. Identificação de áreas susceptíveis aos processos erosivos na região do vale do paraíba. **INPE**, Sao Jose dos campos, 1999.

RIBEIRO, CARLOS.; TIAGOS, BORGES.; PEZZOPANE, JOSÉ. Analise Exploratória da relação entre focos de calor constatados de forma remota e risco de incêndio calculado. Anais XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, **INPE** ,Natal, Brasil, 2008.

SITOE, A.; Salomão, Alda. Contexto de REDDE+ em Moçambique, Causas, autores e instituições. **Publicações ocasionais 76**. CIFOR, Bogor, Indonésia, 2012

MAE, Perfil do distrito de Manica, Provincia de Manica. Republica de Mocambique, **Ministerio de administracao Estatal**, 2005.

JÚNIOR, A.C.P. Métodos de Geoprocessamento, na avaliação da susceptibilidade do Cerrado ao fogo. Tese (Doutorado em Ecologia e Recursos Naturais) **Universidade Federal de São Carlos**, São Carlos, 2002.