

Martílio Rafael Banze

**Educação Pública Para Melhorar os Padrões de  
Segurança Contra as Descargas Eléctricas Atmosféricas: Uso  
de Técnicas de Sensoriamento Remoto na Identificação das Zonas  
Propensas.**

Maputo, Setembro de 2018

## **I. Índice**

1. Introdução .....	4
2. Fundamentos Teóricos do Projecto .....	6
2.1. Contextualização do Projecto.....	6
2.2. Mitos e Crenças.....	7
2.3. Cuidados a ter nos dias de Descargas eléctricas atmosféricas .....	7
2.4. Sistema de Protecção contra DEAs (SPDEA).....	8
2.5. Tipos de captores.....	9
2.5.1. Haste de Franklin .....	9
2.5.2. Método da Gaiola de Faraday .....	10
2.6. Dispositivos Protector de Surtos (DPS) .....	11
2.7. Danos de uma DEA.....	13
3. Resumo metodológico.....	13
4. Resultados .....	15
4.1. Climatologias Mensais da densidade das DEAs em Moçambiqu .....	15
4.2. Climatologias mensais de ocorrência de Trovoadas: estação meteorológicas de superfície de Quelimane e de Maputo observatório.....	16
4.3. Variação interanual de ocorrência de Trovoadas: estação meteorológicas de superfície de Quelimane e de Maputo observatório.....	16
5. Conclusões e Recomendações.....	18
5.1. Recomendações.....	19
6. Referências Bibliográficas .....	20

## 1. Introdução

Segundo a Deliberação do Conselho Universitário que aprovou o currículo: 11/CUN/2001 de 13 de Julho de 2001 registado no Boletim da República: II Série – N° 32 de 08.08.01 pág. 1194, as áreas de trabalho e tipos de actividade de um Meteorologista, são: recolha e análise de dados e elaboração de previsões meteorológicas; gestão e conservação de zonas costeiras; participação na protecção do meio ambiente; concepção e realização de trabalhos em laboratórios de investigação; e investigação em transformação de energia.

Portanto, sendo meteorologista, viu a necessidade de fazer a sua parte para a segurança da população moçambicana, pois, ainda não haver a estatística sobre os efeitos directos ou indirectos das Descargas Eléctricas Atmosféricas (DEAs), segundo Ministério da Planificação e Desenvolvimento (2013), as DEAs mataram 39 pessoas em Moçambique num período muito curto (Outubro de 2012 a Fevereiro de 2013), onde neste período, as DEAs foram as que mais mataram após as cheias e as inundações.

Segundo Pinto Jr e Pinto (2000) e Creder (2007), Descarga Eléctrica Atmosférica (DEA) também conhecida como raio, é um processo de transformação de energia electrostática em energia electromagnética (ondas de luz e de rádio), térmica e acústica. É uma intensa corrente eléctrica que ocorre na atmosférica com comprimento de 5 a 10 Km e duração típica de meio segundo (0.5 s). Ela ocorre entre regiões electricamente carregadas, e pode se dar tanto no interior de uma nuvem, como entre nuvens ou entre uma nuvem e a Terra. A temperatura no interior do canal percorrido pela DEA é de ordem de 30000 K, equivalente a aproximadamente cinco vezes a da superfície do Sol e a pressão dezenas de vezes a pressão atmosférica ao nível do mar ( $\cong 10 \times 10^{13.2} \text{ hPa}$ ).

Em Moçambique, os prejuízos causados pelas DEAs são avultados pelo condicionamento de actividades económicas, dentre eles estão: danificação de aparelhos eléctricos e electrónicos devido a surtos de tensão, combustão de florestas, falha no sistema de telecomunicações, interrupção no sistema de transmissão e distribuição de energia eléctrica, interferência na rádio transmissão, acidentes na aviação, acidentes nas embarcações marítimas para além de perdas de vidas humanas e de animais (Ministério de Planificação e Desenvolvimento, 2013; Banze, 2018).

A acção da DEA é preocupante por causar destruições. A DEA ocorre em curtíssimo espaço de tempo, daí a grande dificuldade de observação e ela ocorre aleatoriamente na superfície da Terra. Mas com o lançamento do satélite TRMM (Tropical Rainfall Measuring Mission) em que estava acoplado o sensor LIS (Lightning Imaging Sensor) com os objectivos de determinar a relação entre as características eléctricas das tempestades e precipitação, convecção e condições climáticas

severas, a investigação das DEAs foi mais desenvolvida pois agora pode-se ter uma melhor compreensão de porque ocorrem, onde e quais padrões das DEAs existem em toda faixa das latitudes 38 S a 38 N (Passow, 2010).

Dado o contexto acima, sendo as DEAs fenómenos de maior importância, pois estes são responsáveis por grandes destruições para além de perda de vidas humanas, fez-se o mapeamento climatológico mensal de dados de LIS e de INAM assim como a avaliação anual para permitir verificar as regiões mais atingidas e o tempo de maior incidência mostrando também as informações gerais sobre sua origem, características, efeitos ao meio ambiente e ao homem de modo a consciencializar as pessoas a tomarem precauções pois segundo Macamo (2007), em Moçambique as pessoas continuam a viver em superstições afirmando ainda que existem feiticeiros que usam DEA para matar pessoas inimigas.

Além disso, a pele humana, capas plásticas de chuvas, botas de borracha e outros tipos de isolações não exercem nenhum efeito isolante contra a incidência das DEAs, e o corpo humano representa um condutor de aproximadamente 300 Ohms da cabeça aos pés. As DEAs superficiais provocam queimaduras na forma de marcas ao longo do corpo humano e quanto a corrente desta, ser conduzida através do corpo humano causa parada cardíaca e respiratória, geralmente resultando em morte. O verão já “entrou”, entretanto, é necessário “prevenir do que remediar (INGC)” e para tal, há necessidade de: realizar palestras, educando, consciencializando e sensibilizando as pessoas a compreenderem o fenómeno das DEAs. Por isso, avaliou-se a variabilidade climatológica no espaço-tempo das DEAs, o que permitiu saber o mês ou estação do ano em que a frequência das DEAs é maior, bem como o conhecimento sobre zonas que são mais propensas à DEAs, de modo a reduzir desastres naturais associados à DEAs no território nacional. Em outras palavras, esta iniciativa pode permitir a definição de acções e elaboração de medidas de protecção bem como para geração de uma cultura de segurança relacionada a esse fenómeno meteorológico. Portanto, o projecto visa junto com o INGC levar acabo e traçar as actividades tomando em consideração de que este, não quer interferir os programas já pré-estabelecidos por esta prestigiada instituição, razão pela qual, não está em anexo o plano de actividades.

## **2. Fundamentos Teóricos do Projecto**

### **2.1. Contextualização do Projecto**

Sendo Moçambique um país vulnerável às calamidades, torna-se necessário estabelecer princípios e mecanismos legais visando a sua gestão eficaz e eficiente para reduzir os impactos na economia e nas comunidades conforme estabelecido na Lei n.º 15/2014 de 20 de Junho de Boletim da República. O presente projecto segue a vários outros feitos em todo mundo relacionados com a morte de pessoas e destruição de infraestruturas devido a DEAs. Na Europa, África e com maior frequência nos Estados Unidos da América onde foram desenvolvidos estudos na área de DEAS e seus efeitos com vários trabalhos como: “Lightning fatality rates by country over multiple decades” (Holle and López et al. 2003) “Some aspects of global lightning impacts” (Holle, Vaisala, Tucson, Arizona et al. 2015), “How to use public education to change lightning safety standards and save lives and injuries” (Cooper and Holle et al.), “Guidelines for Dealing with Lightning” (Jandrell et al.), “Lightning safety and protection for Africa” (Jandrell et al.). “Lightning myths and beliefs in South África: their effect on personal safety- PhD, thesis” (Estelle Trengove et al. 2012).

As condições climáticas, a localização de habitações em zonas propensas a grandes densidades e frequência de queda das DEAs, hábitos e costumes, crenças e mitos e ainda a falta de conhecimento na área por parte das populações no país, estes factos dão uma grande importância ao projecto proposto neste tema. O estudo torna cada vez mais necessário quando se pensa nas populações que habitam nas zonas rurais, por estes constituírem alvo importante, por ser onde se contabiliza o maior número de ocorrência de casos de morte e destruição de infraestruturas por causa das DEAs.

Em Moçambique ainda acontece no séc. XXI, a construção de edifícios habitacionais, comerciais e industriais nas cidades e em zonas rurais sem obedecer as normas e regras recomendadas por organizações internacionais de seguranças, a ser assim, estes edifícios não oferecerão a mínima segurança contra DEAs dos que vivem e neles trabalham. Este facto agrava-se ainda mais quando se trata das populações desfavorecidas que vivem nas zonas rurais em casas de construção precária e coberta de capim que facilmente em caso de queda de um raio pode de imediato haver ignição do fogo.

Portanto, esta revisão bibliográfica sugere uma reflexão sobre o estudo dos casos de morte e queima de aparelhos eléctricos e electrónicos em Moçambique devido a DEAs tendo em conta os factos supracitados.

## 2.2. Mitos e Crenças

A humanidade sempre teve medo das DEAs. Consequentemente, surgiram ao longo do tempo várias crenças e lendas a respeito do fenómeno. Na antiguidade deuses, tinyanga e ngedlas eram ou são associados as DEAs. Segundo Macamo (2007), em Moçambique ainda persistem simpatias ainda na tradição histórica da ocorrência e da protecção às pessoas, animais, casas e bens do fenómeno das DEAs, tais como: Cobrir espelhos, Ficar Escondido, Esconder os candeeiros; Extrair amuleto no local da DEA, Acender velas, rezar encolhido, Colocar raízes e plantas no local do sinistro, Colocar a navalha no meio do quintal durante a DEAs, etc.

Estas e outras lendas constituem factos históricos na interpretação do fenómeno. E por sua vez, segundo Monjane (2015), na província de Gaza assim como nos distritos de Matutuine e distrito de Catembe as populações afirmam que existem feiticeiros que usam DEA para matar pessoas inimigas. Mas, alguns investigadores constataram que é uma realidade não demonstrativa porque para tal precisar-se-ia de um alvo vivo e supostamente a ocorrência deste tipo da DEA (causado pelo homem) resulta da mistura de raízes e pele de lagartos, derivados com uso dos espelhos para a produção da faísca. Este tipo de DEAs é acompanhado com emigração da cobra espiritual denominada popularmente de “Nwamulambo” (Macamo, 2007).

## 2.3. Cuidados a ter nos dias de Descargas eléctricas atmosféricas

Não existe uma protecção 100% segura, o que se faz apenas é diminuir os riscos de danos aos equipamentos e instalações, através de dispositivos de protecção.

De uma maneira geral as descargas fazem-se pelo caminho mais curto entre o ponto de carga eléctrica negativa na base da nuvem e o ponto de carga positiva no solo. Assim, os pontos mais altos e de melhor condutividade são os mais afectados pelas DEAs. Mesmo que uma descarga não incida directamente sobre uma pessoa, ela pode afectá-la através de correntes propagando-se no solo ou em estruturas condutoras. Chama-se de tensão de toque um choque devido a pessoa encostar em um elemento condutor, no qual esteja conduzindo uma corrente eléctrica devido a DEA. A tensão de passo é a corrente eléctrica que se propaga no solo, atravessando as pernas do indivíduo. Usualmente, quanto maior o afastamento dos pés, maior será a diferença de potencial (Macamo, 2007).

Algumas regras podem ser seguidas para minimizar os riscos, tais como:

**1) Se estiver fora de casa:** Evite ser o ponto mais alto da sua zona, Evite campos abertos, Não se aproxime dos pontos mais altos, Afaste-se de bons condutores de electricidade (postes,

antenas, etc), e em uma situação crítica, abaixar-se, mas sem sentar no solo, mantendo-se encolhido e com os pés juntos.

**2) Se estiver em casa (a melhor escolha):** Afaste-se de bons condutores de electricidade (canalizações, telefone, etc.), Não tome banho (Lembre-se que apesar da água “pura” ser um péssimo condutor de electricidade, a água que todos os dias usa é potável e contém sais dissolvidos que a tornam condutora de electricidade. É por este facto, por exemplo, que não se recomenda operar equipamentos eléctricos com as mãos molhadas), Evite usar electrodomésticos, Desligue o telefone (se a trovada for intensa desligue a energia no quadro geral), Desligue pontos de antenas convencionais ou parabólicas e Proteger-se no centro de uma divisão no centro da casa. Os raios atingem frequentemente as chaminés.

**3) Se vive numa zona onde as tempestades são frequentes contrate a instalação de um pára-raios por um técnico especializado.**

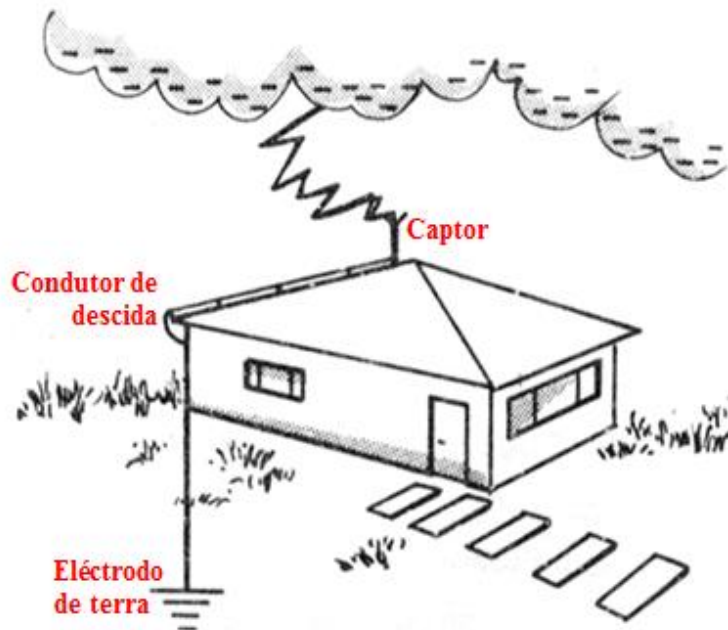
**Nota:** É possível estimar a distância de incidência da DEA, usando o método “flash-to flash”. Contando os segundos entre o clarão do raio e o trovão multiplicando por 340 tem-se a distância em metros do local onde ocorreu a descarga. Assim se se ver um clarão e contar até oito, por exemplo, significa que o raio caiu à 2400 metros do local onde o observador se encontra. Isto é:

$$D = t \times 340m.s^{-1} \quad (2.1)$$

onde D é a distância entre o observador e o local de incidência da DEA e t, intervalo de tempo entre a ocorrência do relâmpago e o trovão (ruído estrondoso).

## **2.4. Sistema de Protecção contra DEAs (SPDEA)**

Um SPDEA tem como objectivo encaminhar a energia da DEA, desde o ponto que ela atinge o edifício até o aterramento, o mais rápido e seguro possível. O SPDEA não pára a DEA, não atrai DEA e nem evita que a DEA ocorra. O SPDEA protege o património (edifícios) e as pessoas que estão dentro do edifício que é protegido (Vide Fig. 2.1).



**Fig. 2.1:** Uso de pára-Raios nos edifícios

Os materiais a utilizar nos diversos componentes dos pára-raios são o cobre, o ferro galvanizado e o aço inoxidável. Para evitar a corrosão das ligações, deve-se procurar que tanto quanto possível, todos os elementos do sistema sejam compostos pelo mesmo tipo de materiais.

## **2.5. Tipos de captores**

Existem duas formas de captores a saber:

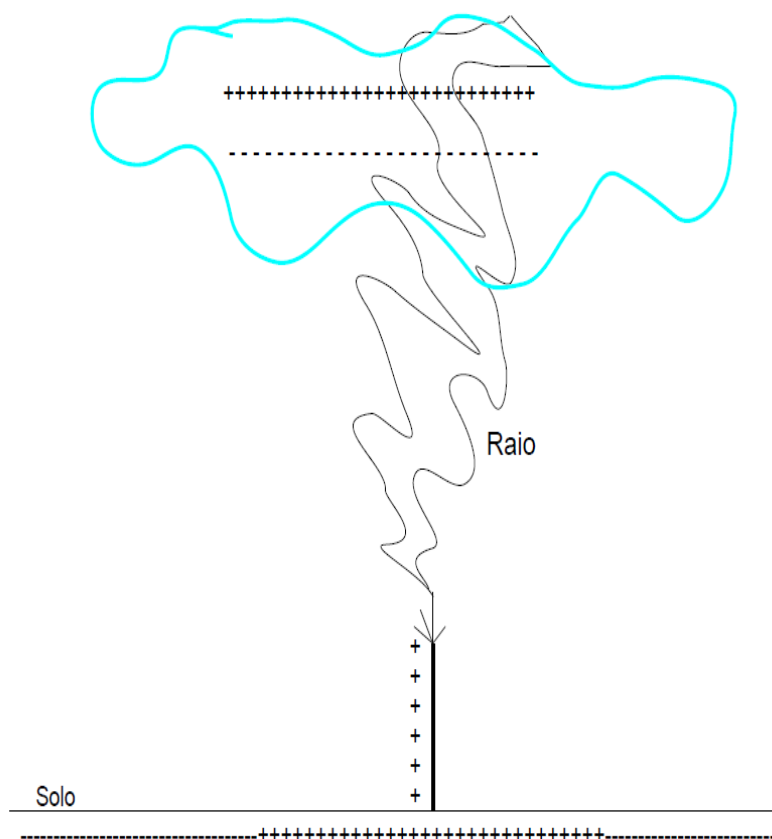
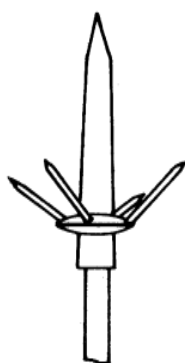
### **2.5.1. Haste de Franklin**

A aplicação deste dispositivo permite evitar que a DEA se efectue directamente sobre as estruturas físicas.

Este método tem como base a haste de elevada magnitude, em forma de ponta que produz sob a nuvem carregada uma grande quantidade de cargas eléctricas, junto ao campo eléctrico de alta intensidade. Este campo gera a indução e a ionização do ar, reduzindo a altitude da nuvem electrizada, permitindo que a carga eléctrica atravessasse a camada de ar que forma o dieléctrico. A DEA efectuada na ponta da haste é escoada para o solo pelo cabo de descida (fio-terra). Na fig.2.2 está ilustrado o haste de Franklin.



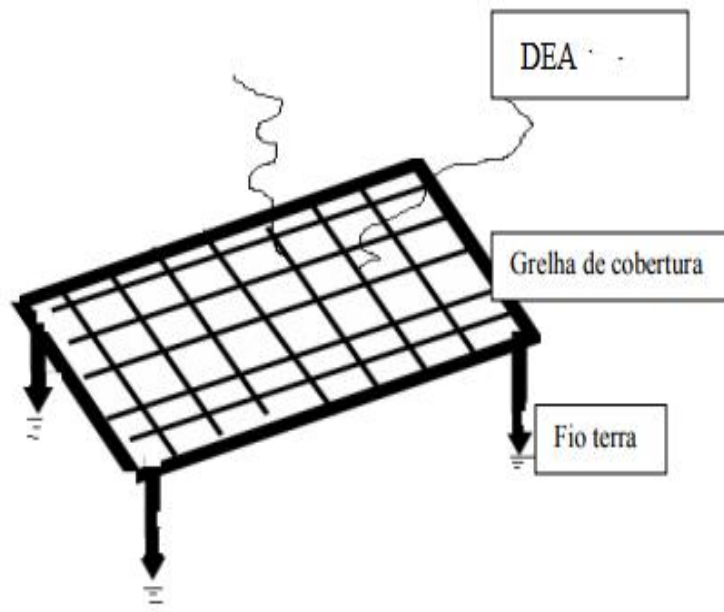
É a parte do pára-raios que se destina a interceptar as descargas atmosféricas incidentes no volume a proteger



**Fig. 2.2:**Captor artificial Haste vertical (tipo Franklin)

### 2.5.2. Método da Gaiola de Faraday

Michael Faraday (1791-1867) propôs o método da gaiola para a protecção contra as DEAs em estruturas, pessoas, etc. Este método consiste em utilizar condutores de captura em forma de anel, formando malhas, isto é, gaiola de Faraday. A protecção na gaiola se dá porque as cargas eléctricas induzidas nos quadradinhos geram campos magnéticos opostos, transportando assim a DEA para as partes laterais da gaiola ou malha, permitindo que este se escoe de fio-terra para o solo. NA fig.2.3 está ilustrado o processo de escoamento da DEA usando o método da Gaiola de Faraday.



**Fig. 2.3:** Escalonamento da DEA por fio-terra

## 2.6. Dispositivos Protector de Surtos (DPS)

DPS é um dispositivo utilizado para evitar surtos de tensão na energia eléctrica. Surto eléctrico é uma tensão maior que a suportada em determinada localidade, isso pode queimar seus aparelhos domésticos e o que tiver na tomada. Por isso deve-se instalar o DPS seja ele na rede eléctrica ou em cada tomada para ligar cada aparelho.

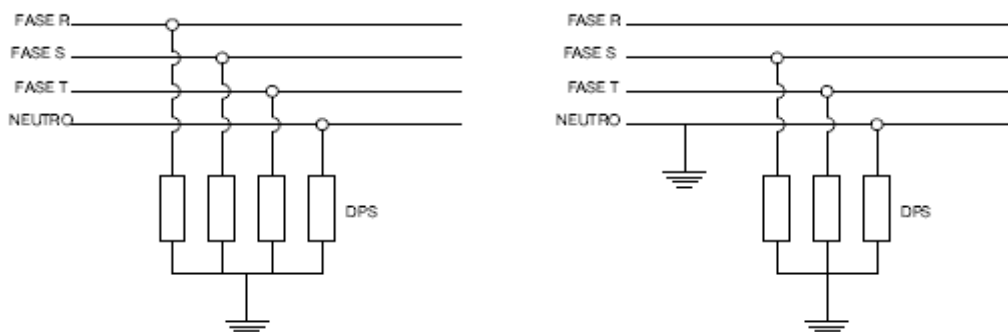
O DPS, é um dispositivo parecido e instalado exactamente como um disjuntor comum na caixa de distribuição geral (CDG), ou entre o equipamento e a tomada de energia (DPS individual), dependendo do modelo disponível, cuja função é proteger directamente a rede eléctrica interna ou o equipamento contra uma sobre carga (pulso de alta tensão) oriunda de surto atmosférico (DEA) externo conduzida através da rede propriamente dita e descarrega-la directamente para a terra.

Existem diversos modelos de DPS conforme estão indicados na fig. 2.4.



**Fig. 2.4:** Modelos de DPS)

Esses modelos de DPS como já dito, são instalados directamente nas CDGs, onde entram a fase ou as fases de um lado e neutro incluso, e do outro lado são conectados directamente os condutores (cabos) direccionados a haste de aterramento (Vide a fig.2.5).



**Fig. 2.5:** Instalação de DPS

Quando o aumento dura três nanossegundos (bilionésimos de um segundo) ou mais, é chamado de surto ( $3ns = 0,000000003\text{ s}$ ).

Durante a operação normal do sistema (ausência de surtos), o DPS não influencia no sistema, pois atua como um circuito aberto, porém quando ocorre um surto, em alguns nanossegundos, o DPS reduz a sua impedância interna e conduz o surto de corrente limitando a

tensão máxima a um valor admissível aos equipamentos eléctricos a jusante. Após o surto se extinguir o DPS recompõe o valor de impedância inicial e se comporta como um circuito aberto.

## 2.7. Danos de uma DEA

Uma DEA pode causar danos de 3 formas diferentes a saber:

- 1) **Directa:** quando a DEA atinge um edifício e causa danos tanto na construção quanto nos equipamentos. Quando incide directamente sobre a instalação, a estrutura ou em um ponto muito próxima dela, todos os elementos metálicos ali existentes ao eléctrodo de aterramento ficam, por fracções de segundo, com nível de potencial diferente. Essas diferenças de potencial vão gerar correntes de surto que circularão por diversos pontos da estrutura, inclusive, na instalação eléctrica (a protecção nessa situação é feita através de pára-raios, tipo Franklin e/ou gaiola de Faraday).
- 2) **Indirecta:** quando a DEA cai nas proximidades de um edifício e sua sobrecarga danifica equipamentos através da condução da rede eléctrica. A protecção contra esse problema é através de aterramento eléctrico com dispositivos protectores de surtos (DPS).
- 3) **Interferência Electromagnética:** quando a DEA cai em um edifício vizinho ou em qualquer lugar proveniente para a descarga, gerando potentes ondas electromagnéticas capazes de induzir tensões perigosas para qualquer equipamento electrónico que esteja no raio de alcance destas ondas electromagnéticas que chegam de 1 a 3 Km de onde ocorreu a incidência. As soluções são DPS específicos para cada aparelho.

## 3. Resumo metodológico

Foram usados dados de número de ocorrência de trovoadas do INAM, das estações sinópticas de superfície (Estação de Maputo Observatório e de Quelimane) como "amosrtra". Os dados de INAM são mensais correspondentes aos anos de 1998 a 2013.

Para espacialização climatológica de padrões de incidência das DEAs, foram também usados dados do satélite TRMM colhidos pelo sensor LIS disponibilizados pela NASA extraídos no website "<https://ghrc.nsstc.nasa.gov/pub/lis/climatology/LIS>". São climatologias mensais e sazonais correspondentes aos anos de 1998 a 2013. É uma colecção climatológica de dados de alta resolução (VHRCC) de LIS 0.1 graus (do inglês "LIS 0.1 Degree Very High Resolution Gridded Lightning Climatology Data Collection") que consiste em climatologias com grade das taxas das DEA intra-nuvem e para solo observadas pelo LIS. VHRCC é composta por cinco conjuntos de dados, incluindo as climatologias completas (VHRFC),

mensais (VHRMC), diurnas (VHRDC), anual (VHRAC) e sazonal (VHRSC). Todos os conjuntos de dados estão em resolução espacial de 0.1 graus (Albrecht R. S., 2016).

Os mapas temáticos foram processados através do IDL (Interactive Data Language) versão 8.5. IDL é uma linguagem de programação científica utilizada nas mais diversas áreas de pesquisa, sensoriamento remoto, física (Meteorologia), dentre outras áreas. Esta ferramenta foi fundamental para análise e descobertas científicas pois foi possível descobrir quais informações estavam contidas em dados no formato NetCDF.

Os mapas temáticos identificaram a localização das províncias com maior incidência de DEA em termos da densidade média consoante a Eq. 3.1:

$$\rho_{\text{média}} = \frac{\text{Nº DEA}}{\text{Área} \times \text{Tempo}} \quad (3.1)$$

A  $\rho_{\text{média}}$  é dada em  $fl.Km^{-2}/month$ .

Os dados de INAM são observações sinópticas mensais de ocorrência de DEAs portanto, as climatologias mensais foram calculadas através da média aritmética (Eq. 3.2) e as taxas totais de ocorrência de trovoadas de cada ano (para avaliação interanual), foram calculadas através de soma das totais mensais (Eq. 3.3).

$$\overline{M} = \frac{\sum_{i=1}^n M_i}{n} \quad (3.2)$$

$$N = \sum_{i=1}^{12} M_i \quad (3.3)$$

Onde  $\overline{M}$  é a média, M é a variável observada, N é a soma, n é o número total dos elementos da série, e i é a ordem de n.

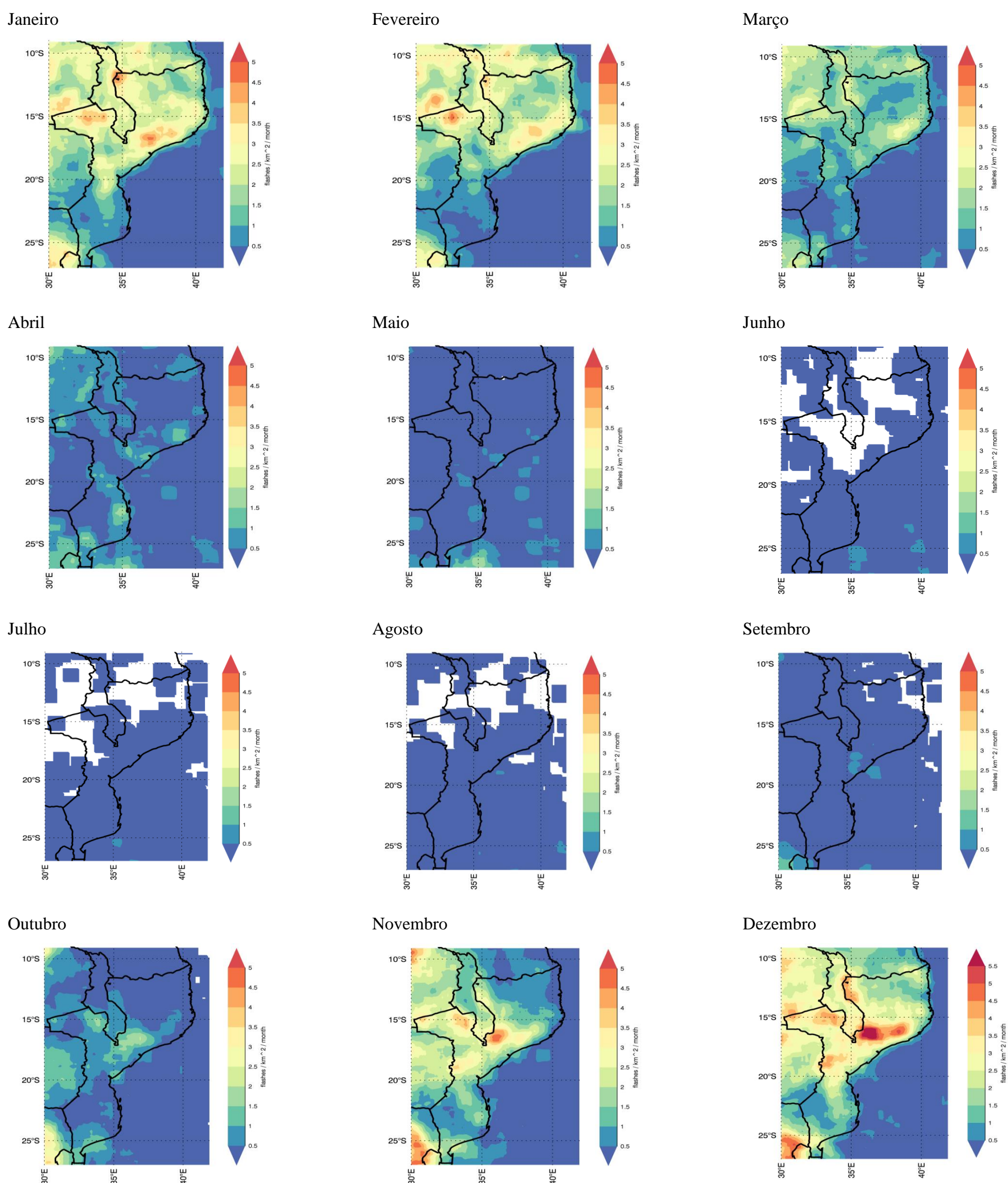
Os dados de INAM foram processados usando a ferramenta de MSO-Excel 2010 de modo a obter as climatologias mensais assim como as totais anuais para o período de 1998 a 2013.

Esses métodos permitiram conhecer, compreender e analisar os resultados e após esta fase foi feita a compilação do presente projecto.

## 4. Resultados

### 4.1. Climatologias Mensais da densidade das DEAs em Moçambique

Na figura 4.1 está apresentada a variação espacial e temporal da densidade média das DEAs através de mapas temáticos. São climatologias mensais de observações do sensor LIS correspondente aos anos de 1999 a 2013. A maior densidade das DEAs é no mês de Dezembro, elas incidem mais nas zonas Centro e Norte do país principalmente nas zonas montanhosas de Milange e Mocuba ( $6 \text{ fl.km}^{-2}.\text{mês}^{-1}$ ) na província da Zambézia, Furancungo e Ulônguè ( $5 \text{ fl.km}^{-2}.\text{mês}^{-1}$ ) na província de Tete, Lago na província de Niassa ( $4 \text{ fl.km}^{-2}.\text{mês}^{-1}$ ) e em quase toda a província de Manica ( $4.5 \text{ fl.km}^{-2}.\text{mês}^{-1}$ ). Na zona Sul a densidade das DEAs se regista mais na província de Maputo. O período de maior ocorrência das DEAs correspondente aos meses de Novembro a Março. Para os meses de Abril a Outubro a densidade das DEAs não ultrapassa  $1.5 \text{ fl.km}^{-2}.\text{mês}^{-1}$  para quase todo o território e concentrando-se mais em Inhambane e Maputo. Constatou-se ainda mais que nas zonas com altitudes baixas a densidade das DEAs não ultrapassa  $3 \text{ fl.km}^{-2}.\text{mês}^{-1}$ .



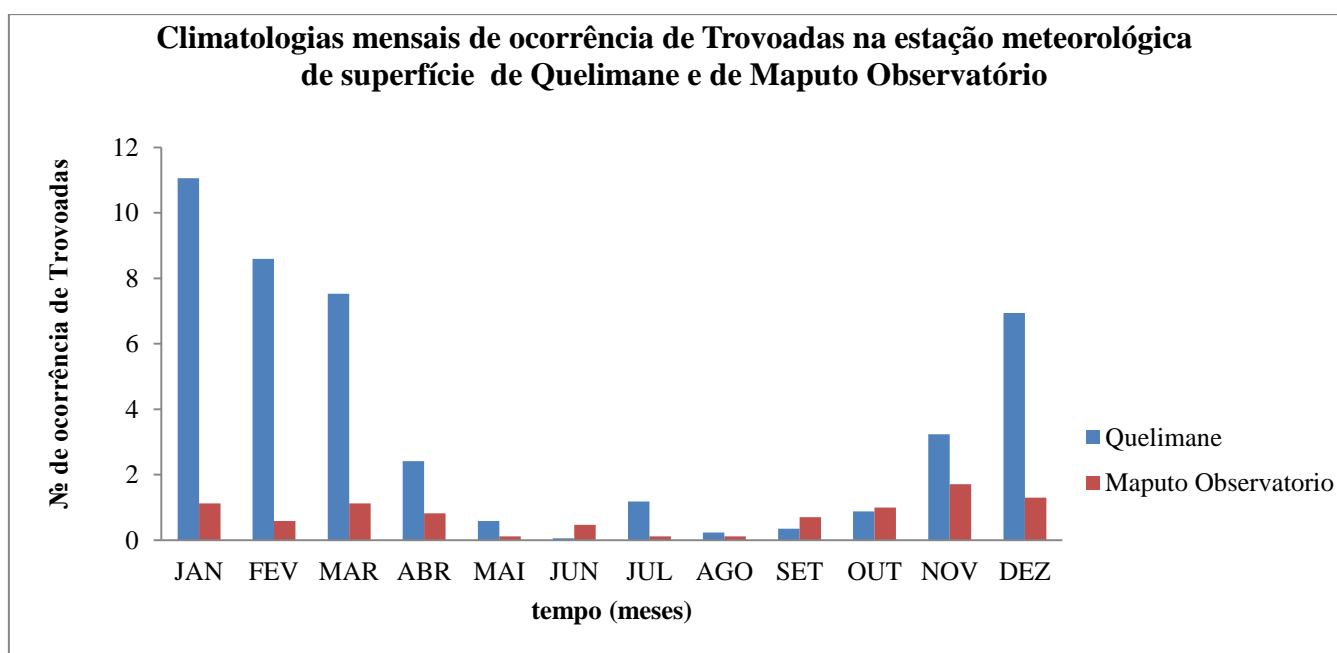
**Fig. 4. 1:** Climatologias mensais de padrões da densidade de DEAs de 15 anos (1998-2013)



#### 4.2. Climatologias mensais de ocorrência de Trovoadas: estação meteorológicas de superfície de Quelimane e de Maputo observatório

A seguir são apresentados os resultados de climatologias mensais (fig.4.3) correspondente aos anos de 1998 a 2013 em forma de gráficos de frequência de número de ocorrência de trovoadas para as duas estações sinópticas, a estação da cidade de Quelimane e de Maputo observatório.

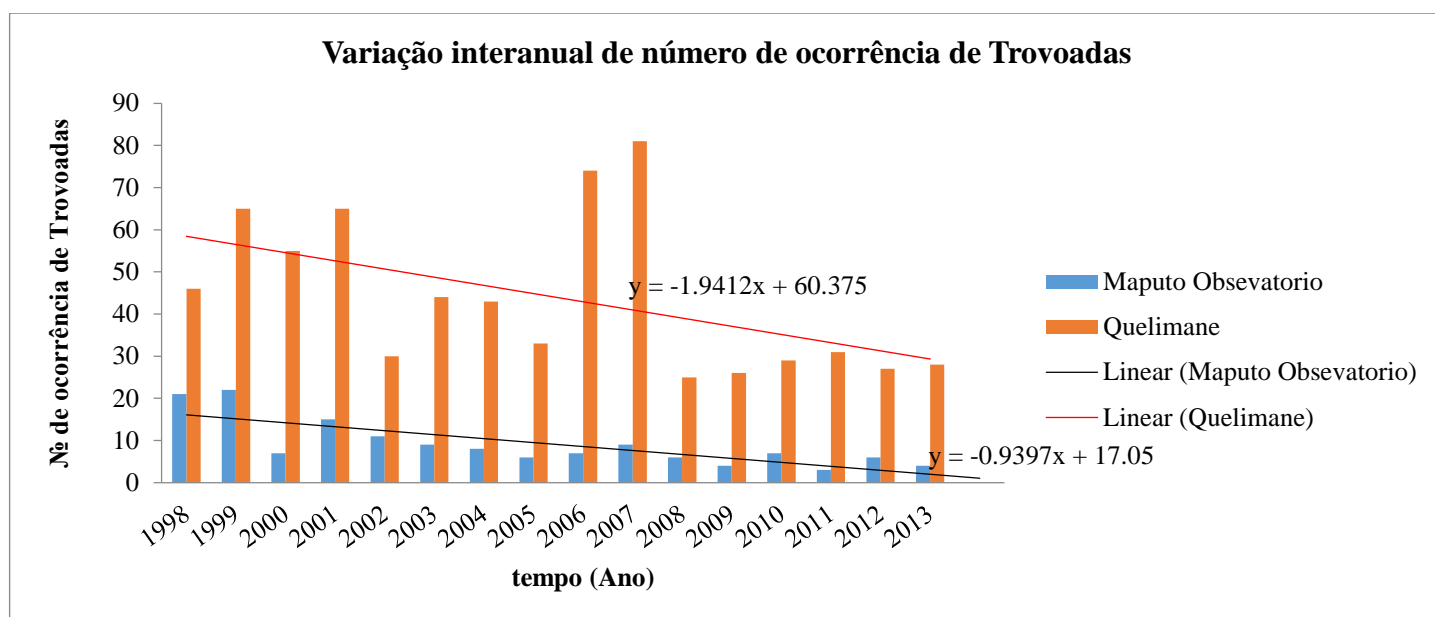
O mês de Janeiro apresenta maior número de ocorrência de trovoadas. As trovoadas ocorrem com maior frequência nos meses de Dezembro a Março. O maior número de ocorrência se regista na cidade de Quelimane onde em Janeiro chegou a atingir uma média climatológica de 11.



**Fig. 4.2:** Climatologias mensais de ocorrência de Trovoadas na estação de Quelimane e Maputo Observatório

#### 4.3. Variação interanual de ocorrência de Trovoadas: estação meteorológicas de superfície de Quelimane e de Maputo observatório

O gráfico da fig.4.3 está ilustrado a variação interanual e tendências de ocorrência de trovoadas. Na estação de Quelimane observou-se maior número de ocorrência de Trovoadas em 2007 (80) e menor número em 2008 (25) enquanto no Maputo observatório observou-se maior número de ocorrência no de 1999 (22) e menor número em 2011 (3).



**Fig. 4.3:** Variabilidade interanual de ocorrência de Trovoadas, Maputo observatório e estação de Quelimane

Os meses com maior incidência correspondem aos meses de Novembro a Março.

Estes resultados fazem sentido pois o verão (ONDJFM) é a época em que há mais actividade convectiva devido ao aquecimento da superfície da terra e tendo como corolários a ascensão do ar que se resfria adiabaticamente dando na formação de nuvens com desenvolvimento vertical (Cbs), nuvens associadas as DEAs. O verão é também época em que são formados os ciclones tropicais no sudoeste do oceano Índico que climatologicamente iniciam de Novembro a Abril. É também a época em que o tempo meteorológico é influenciado pela presença da ZCIT principalmente para a Província de Niassa, norte de Tete, a cidade de Beira, Zambézia e todas províncias da região Norte que prolonga até o mês de Março.

Ocorrem ainda durante esta época os ventos de nordeste que trazem a humidade colhida no oceano Índico no verão (Monção indiana).

No inverno há pouca ocorrência das DEAs embora, na baía de Maputo assim como zonas continentais próximas da costa desta província apresentarem uma densidade moderada de DEAs, um facto que pode ser atribuído à penetração de frentes polares de sul.

A incidência das DEAs prevalece na zona sul do país concretamente na província de Maputo porque quando a ZCIT migra a HN e os dois anticiclones do Atlântico e do Índico aproximam-se mais para o equador, facilitando a penetração das massas de ar da zona polar sul que ao encontrar as massas quentes e húmidas da zona equatorial formam uma frente fria. No local de encontro entre as



duas massas, as massas equatoriais são forçadas pelas massas polares a subirem bruscamente. As massas se condensam formando nuvens que se associam a ocorrência de DEAs.

Para além disso, a orografia apresenta-se como um factor principal pois em todas zonas montanhosas a densidade de DEAs é maior.

Na avaliação interanual (Fig 4.3), constatou-se que a LA-Niña pode ter influenciado na maior ocorrência das DEAs visto que em seus episódios houve maior ocorrência de Trovoadas, isto é, na estação de Quelimane observou-se o pico ou maior número de ocorrência de Trovoadas em 2007 (80 casos) e no Maputo observatório observou-se pico ou maior número de ocorrência em 1999 (22 casos), e esses anos correspondiam aos episódios de LA-Niña intenso.

## **5. Conclusões e Recomendações**

Os dados de Satélite TRMM mostraram maior densidade das DEAs aos meses de

Novembro a Março, sendo o mês de Dezembro o que apresentou a maior densidade atingindo  $6 \text{ fl.km}^{-2}.\text{mês}^{-1}$  nas zonas com altitude altas (zonas orográficas). Para os meses de Abril a Outubro a densidade das DEAs não ultrapassa  $1.5 \text{ fl.km}^{-2}.\text{mês}^{-1}$  para quase todo o território. E de ponto de vista sazonal a densidade das DEAs é maior na época do verão.

Na avaliação de climatologia mensal usando dados de estações de Superfície (Quelimane e Maputo Observatório) verificou-se que as DEAs ocorrem com maior frequência entre os meses de Dezembro a Março, não existindo diapasão significativo com os resultados obtidos usando dados do satélite TRMM. As DEAs ocorrem com maior frequência no mês de Janeiro para a cidade de Quelimane e Novembro para a cidade de Maputo.

Na avaliação interanual dos dados de INAM, verificou-se maior incidência das DEAs em 2007 na cidade de Quelimane (80 casos de ocorrência de trovoadas) e na cidade de Maputo o maior número registou-se em 1999 (22 casos de ocorrência de trovoadas). Os anos de maior incidência (1999 e 2007) das DEAS coincidem com a fase negativa de ENSO (fenómeno LA-Niña/Oscilação Sul). E neste período de 1998 a 2013, não se verificou nenhuma proliferação das DEAs. Mais importa dizer que nos últimos anos fora esse período, as DEAs aumentaram e por sua vez são mais severas.

Na análise espacial, verificou-se maior densidade da incidência das DEAs na região Centro e Norte do país, principalmente nas zonas montanhosas de Milange e Mocuba na província da

Zambézia, Furancungo e Ulônguè na província de Tete, Lago na província de Niassa e em quase toda a província de Manica. Na zona Sul a densidade das DEAs se registou mais na província de Maputo.

### **5.1.Recomendações**

As DEAs ocorrem em todo território nacional, porém O INGC tem que se preocupar de antemão com as zonas propensas (supracitadas em 5). A forma como a educação deve ser transmitida é na base da formação nos comités/e ou CENOE (nas cidades) de modo a serem competentes na área do fenómeno das DEAs e por sua vez o INGC tem que imprimir folhetos acerca dos métodos pelos quais a população possa compreender, folhetos contendo imagens demonstrativas. As imagens demonstrativas irão facilitar àquelas pessoas que têm dificuldade na leitura. Por posterior, os folhetos devem ser distribuídos disseminando assim as acções que cada um poderá tomar para sua segurança durante a ocorrência das DEAs.

À toda sociedade, recomenda-se a não viver mais em superstições e começar a ter cultura de precaver-se deste fenómeno principalmente aos meses de Novembro a Março evitando locais abertos como praias, evitar ficar de baixo das árvores durante a ocorrência de tempestades;

Para as zonas de Milange e Mocuba na província da Zambézia, Furancungo e Ulônguè na província de Tete, Lago na província de Niassa e em quase toda a província de Manica nas redondezas de cadeias dos pequenos libombos (província de Maputo e Gaza) assim como edificações altas, recomenda-se o uso de sistema de protecção contra as DEAs, e deve-se contratar pessoas especializadas.

Mesmo com instalações de SPDEA, recomenda-se o uso de sistema de protecção contra surtos (DPS) de modo a evitar queima dos aparelhos electrónicos.

## 6. Referências Bibliográficas

Minitério da Planificação e Desenvolvimento. (Março de 2013). *Diagnóstico Preliminar e Acções de Reconstrução Pós-Calamidades 2013. Diagnóstico Preliminar e Acções de Reconstrução Pós-Calamidades 2013*, 5. Maputo, Maputo, Moçambique.

Pinto Jr, O., & Pinto, I. (2000). *Tempestades e relâmpagos no Brasi*. (S. J. Espaciais, Ed.) Brasil.

Banze, M. R. (3 de Abril de 2018). *Mapeamento e Análise de Padrões de Ocorrência das Descargas Eléctricas Atmosféricas em Moçambique através do Satélite TRMM*. Universidade Eduardo Mondlane, Departamneto de Física. Maputo: Departamento de Física.

Passow, D. M. (2010). TRMM — *Tropical Rainfall Measuring Mission: Bringing remote sensing of precipitation into your classroom*.

Macamo, A. J. (04 de Junho de 2007). *Influência Cultural – Estratégia para o Ensino e Aprendizagem do Fenómeno Relâmpago na Disciplina de Física do Ensino Secundário Geral*. Dissertação de Mestrado. Maputo, Moçambique.

Monjane, F. (22 de Março de 2015). *Raios e trovões: Recanto da Natureza e Fetiço*. (J. Domingo, Entrevistador, & C. Banze, Editor) Moçambique-Sul.

Albrecht, R. S. (2016). *Data User Guide-LIS 0.1 Degree Very High Resolution Gridded Lightning Climatology Data Collection*. Obtido em Abril de 2017, de [https://ghrc.nsstc.nasa.gov/pub/lis/climatology/LIS/doc/LIS\\_VHRES\\_Guide.pdf](https://ghrc.nsstc.nasa.gov/pub/lis/climatology/LIS/doc/LIS_VHRES_Guide.pdf).