



Universidade Federal do Pará



Faculdade de Meteorologia



Instituto de Geociências

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

RODRIGO NIELSON DA COSTA MODESTO

ANÁLISE DA FREQUÊNCIA DE NEVOEIROS NOS AEROPORTOS DE TUCURUÍ E CARAJÁS.

Nº 341

BELÉM - PARÁ

2014

RODRIGO NIELSON DA COSTA MODESTO

**ANÁLISE DA FREQUÊNCIA DE NEVOEIROS NOS
AEROPORTOS DE TUCURUÍ E CARAJÁS**

Trabalho de conclusão de curso apresentado à Faculdade de Meteorologia do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Pará- UFPA, em cumprimento às exigências para obtenção do grau de Bacharelado em Meteorologia.

Orientador: Prof. Dr. Everaldo Barreiros de Souza.

Belém

2014

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)

-
- M691a Modesto, Rodrigo Nielson da Costa, 1980-
Análise da frequência de nevoeiros nos aeroportos de Tucuruí e Carajás / Rodrigo Nielson da Costa Modesto
– 2014
52 f. : il. : 30 cm.
- Orientador: Everaldo Barreiros de Souza
- Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em meteorologia) – Faculdade de Meteorologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém, 2014.
1. Nuvens – Tucuruí (Pa). 2. Nuvens – Carajás, Serra dos (PA). 3. Aeroportos. I. Título.
- CDD 22. ed.: 551.576 098115
-

RODRIGO NIELSON DA COSTA MODESTO

**ANÁLISE DA FREQUÊNCIA DE NEVOEIROS NOS AEROPORTOS DE
TUCURUÍ E CARAJÁS.**

Trabalho de Conclusão do Curso apresentado à Faculdade de Meteorologia do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Pará-UFPA, em cumprimento às exigências para obtenção do grau de Bacharel em Meteorologia.

Data de aprovação: 09/01/2014

Conceito: _____

Banca examinadora:

Prof. Everaldo Barreiros de Souza - Orientador
Doutor em Meteorologia
Universidade Federal do Pará

Prof. Hernani José Brazão Rodrigues - Membro
Doutor em Meteorologia
Universidade Federal do Pará

José Augusto de Souza Júnior – Membro
Doutorando em Meteorologia
Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

Aos meus familiares e amigos, **em especial a minha mãe**, que apesar de muitas dificuldades, deram-me sempre força e coragem, confiando nos meus objetivos e estando ao meu lado durante o desenvolver do curso.

AGRADECIMENTOS

A universidade Federal do Pará.

A Prof. Dr. Everaldo, pela confiança depositada em mim, que foi significativamente importante para o aprofundamento do meu conhecimento.

À minha família, Minha mãe Ednilda Modesto, meus “avós” Terezinha e Vitor, pelo incentivo durante toda minha vida, apesar das dificuldades.

Aos amigos de sempre da minha vida (Elaine Reis, Magnólia Magno, Patrícia Silva, Patrícia Barros, Sérgio Silva e Fernando Vaz), que sempre me apoiaram, aconselharam e me deram suporte, quando minha família não pode, durante minha vida acadêmica.

Aos meus amigos da minha turma original de 2004 que já se formaram e que sempre estarão em meu coração.

Aos meus novos amigos da turma de 2009 (David, Nathália, Jessica, Laísa, Gabriele, Laysa, Aquino, Verena e aos demais da turma), que proporcionaram bons momentos juntos de estudo e companheirismo e que foram extremamente importantes nesta fase final da minha vida acadêmica.

A Prof(a) Dr(a) Isabel Vitorino pelo acréscimo de conhecimento, direcionamento e aconselhamento durante o curso de Análise e Previsão do Tempo.

A Prof. Dr. Galdino Mota pelo apoio e amizade e incentivo dentro e fora de sala de aula.

A minha amiga Patrícia Silva que me ajudou a formatar nas normas da ABNT o meu TCC.

A minha namorada Lorena Soares que sempre me apoiou e incentivou durante minha jornada no curso de Bacharelado em Meteorologia.

RESUMO

Um dos elementos meteorológicos mais importantes para o tráfego aéreo é a visibilidade horizontal, que pode ser afetada pela presença de nevoeiros em aeroportos e suas proximidades, ocasionado perigo na execução de planejamento de voo das aeronaves e seus passageiros. Através da leitura e decodificação dos dados METAR foi feita a análise da frequência de ocorrência de nevoeiros nos aeroportos de Tucuruí e Carajás em um período de 5 anos (de Janeiro de 2008 à Dezembro de 2012), para entender qual o período do ano esse fenômeno meteorológico é mais propício a acontecer e quais fatores locais influenciam a formação de nevoeiros no sudeste paraense.

Palavras Chaves: Nevoeiro; Aeroportos; Aeródromos; METAR; Tucuruí; Carajás; Névoa.

ABSTRACT

One of the most important air traffic meteorological elements is the horizontal visibility, which can be affected by the presence of fog at airports and its vicinity, caused danger in the implementation planning of flight of aircraft and its passengers. By reading and decoding METAR data analysis of the frequency of occurrence of fog at airports Tucuruí and Carajás in a period of 5 years (January 2008 to December 2012) was made to understand what time of year this phenomenon weather is more conducive to happen and what local factors influence the formation of fog in southeastern Pará.

Key Words: Fog; Airports; aerodromes; METAR; tucuruí; Carajás; Fog.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 01 – Localização dos aeroportos.....	15
Figura 02 – Aeroporto de Tucuruí.....	15
Figura 03 – Aeroporto de Carajás.....	15
Figura 04 – PRP de Tucuruí de 2008 à 2012.....	16
Figura 05 – Ocorrência de nevoeiros no aeroporto de Tucuruí de 2008 à 2012.....	17
Figura 06 – Ocorrência de nevoeiros no aeroporto de Carajás de 2008 à 2012.....	18

SUMÁRIO

1	APRESENTAÇÃO GERAL E PROBLEMÁTICA.....	10
1.1	Introdução.....	10
1.2	Objetivos.....	10
2	ESTUDOS ANTERIORES.....	11
2.1	Nevoeiros: tipos, formação e características.....	11
2.2	Nevoeiro de radiação.....	13
2.3	Nevoeiro de advecção.....	13
2.4	Nevoeiro orográfico.....	14
3	TÉCNICAS EXPERIMENTAIS E ANALÍTICAS.....	15
3.1	Técnicas utilizadas.....	15
4	RESULTADOS	16
5	CONCLUSÃO.....	19
	REFERÊNCIAS.....	20

1 APRESENTAÇÃO GERAL E PROBLEMÁTICA

1.1 Introdução

Um dos elementos meteorológicos mais importantes para o tráfego aéreo é a visibilidade horizontal, que pode sofrer influência de elementos meteorológicos (chuva forte, nevoeiros, etc.) e causar atrasos, cancelamento de voos e até acidentes com aeronaves de diversos tipos (ANAC). O nevoeiro é um fenômeno meteorológico, causado pela presença de pequeníssimas gotículas de água em suspensão na camada atmosférica adjacente à superfície vinculado, por convenção, à estabilidade atmosférica.

Em meteorologia Aeronáutica define-se o nevoeiro como um fenômeno meteorológico que obstrui a visibilidade horizontal a menos de 1000m (FRANÇA et al., 2004). Tal fenômeno meteorológico pode representar um nível de perigo altíssimo para aeronaves que trafegam por vários aeroportos do Brasil e do mundo, dificultando pousos e decolagens e pondo em risco a vida dos passageiros.

A previsão de nevoeiros é importante para o planejamento de voo e para as operações diárias de qualquer serviço de operações de voo (OLIVEIRA, 2002).

1.2 Objetivos

O presente trabalho tem por objetivo fazer uma análise a respeito da frequência de ocorrência de nevoeiros nas proximidades dos aeroportos de Tucuruí e Carajás, na região sudeste, no estado do Pará, verificando-se quais os períodos do ano são mais propícios a ocorrência dos mesmos.

2 ESTUDOS ANTERIORES

Este capítulo abordará a revisão bibliográfica sobre nevoeiros e seus aspectos físicos e climatológicos, citando também os diferentes tipos de nevoeiros existentes e suas influências nas condições de segurança de aeronaves que trafegam em aeroportos e aeródromos.

2.1 Nevoeiro: tipos, formação e características

Os nevoeiros são gerados por processos físicos que resultam da saturação do ar, e se formam no momento em que as temperaturas do ar e do ponto de orvalho tornam-se iguais. Ressalta-se que esta equidade entre a temperatura do ar e do ponto de orvalho pode ocorrer sob três circunstâncias; mantendo-se constante a quantidade de umidade presente no ar e em seguida reduzindo-se a temperatura do ar, mantendo-se a temperatura constante e posteriormente acrescentando-se umidade ao ar, ou diminuindo a temperatura do ar e em seguida aumentando a umidade do ar.

O nevoeiro apresenta caráter perigoso para os aeroportos mesmo com toda a tecnologia que a ciência desenvolve para a aviação, as aeronaves ainda são muito vulneráveis a determinadas condições de tempo (DAMASCENO, 2008). Por ser um fenômeno meteorológico que ocorre sob condições dinamicamente estáveis e, tendo como coadjuvantes a proximidade grandes reservatórios de água, a topografia, a circulação local, a vegetação, entre outros.

Um estudo feito por Cabral para o aeroporto internacional de Guarulhos aponta que a ocorrência de nevoeiros é mais frequente durante os meses de outono e inverno, quando há maior estabilidade atmosférica. No aeroporto de Guarulhos, a penetração da brisa marítima sobre o planalto paulistano também contribuiu para a formação de nevoeiros na região, pois, a umidade vinda do oceano foi o fator fundamental para a formação do nevoeiro na região. Para o aeroporto Afonso Pena em Curitiba (DAMASCENO, 2008) mostrou que o nevoeiro ocorre de forma recorrente na região também para o período de outono e inverno, porém há ocorrências em todas as estações do ano.

O nevoeiro de forma objetiva, pode ser definido como um conjunto visível de partículas microscópicas de água líquida em suspensão na atmosfera junto ao solo, capaz de reduzir a visibilidade horizontal (TUBELIS, 1987).

O Nevoeiro forma-se pelo resfriamento do ar ou pela adição de vapor d'água até que a temperatura do ponto de orvalho do ar torne-se igual à temperatura do ar. O ar saturado contíguo a superfície é mais frio e mais úmido do que o ar saturado localizado imediatamente acima. Forma-se então a camada de inversão (CI). Segundo, a experiência dos autores como previsores e a literatura, a velocidade do vento na superfície tem uma forte influência na formação de nevoeiro que ocorre geralmente quando a intensidade do vento é menor igual a 8 kt e é diretamente proporcional a ocorrência de turbulência na CI. (ANDRÉ E MAHRT 1981) ao estudar os perfis verticais de Wangara e Voves nos Estados Unidos mostraram a importância das trocas de calor e umidade que determinam a estabilidade da atmosfera. Segundo Raymann et al. (1988), A FOG STABILITY INDEX (FSI)], indica a probabilidade de nevoeiro de radiação nas próximas 12 horas.

A dissipação dos nevoeiros pode se dar pela radiação solar, que incidindo sobre a superfície terrestre passa a aquecê-la e conseqüentemente ao ar em contato com ela, causando a evaporação das partículas microscópicas de água, dando origem a uma nuvem do tipo stratus, que é uma nuvem baixa de aspecto meio acinzentado, cuja base localiza-se a cerca de 400m do solo. De acordo com Oliveira (2002), o tempo necessário para que ocorra a dissipação dos nevoeiros depende principalmente da camada de inversão e da temperatura.

Segundo Ferreira (2006) o nevoeiro é, simplesmente, como uma nuvem stratus formada no mesmo nível da superfície, que permanece por um bom tempo sobre ela. A localização do nevoeiro deve ser notada para que pilotos, navegadores e motoristas sejam alertados sobre a má visibilidade causada por esse fenômeno.

Dentre os principais tipos de nevoeiros, Varejão-Silva (2006) elenca:

2.2 Nevoeiro de radiação

São assim denominados porque sua gênese é devida ao arrefecimento noturno do solo por emissão de energia radiante. O ar, em contato com o ar arrefecido, perde calor por condução, tornando-se mais frio que a camada atmosférica imediatamente a cima. Próximo à superfície, portanto a temperatura do ar aumenta com a distância do solo, estabelecendo-se uma inversão térmica a certa altura. Abaixo do nível de inversão a camada atmosférica é, por conseguinte estável. O resfriamento, se suficiente para ultrapassar a temperatura do ponto de orvalho, provocará condensação do vapor. Nevoeiros desse tipo formam-se em noites sem nuvem, ou com poucas nuvens altas, condição necessária ao rápido resfriamento do solo por irradiação. A presença de nuvens inibe o arrefecimento noturno, face ao efeito estufa. Além disso, é requerida a presença de vento, não muito forte, ampliando a espessura da camada resfriada, e portanto aumentando a espessura do nevoeiro.

2.3 Nevoeiro de advecção

Surge quando o ar úmido escoar sob uma superfície fria (solo ou água). O ar, perdendo calor por condução para a superfície, se arrefece de baixo pra cima, o que propicia a formação de uma camada atmosférica estável, justaposta à superfície. Se há vento fraco a diferença entre a temperatura do ar e da superfície tende a diminuir e o resfriamento atinge apenas a uma camada atmosférica bastante delgada. Havendo um vento um pouco mais forte, a mistura turbulenta do ar inibe o equilíbrio térmico, mas aumenta a espessura da camada resfriada. Como no caso anterior, o aparecimento do nevoeiro acontecerá quando a temperatura dessa camada torna-se inferior à do ponto de orvalho inicial.

2.4 Nevoeiro orográfico

Um nevoeiro pode surgir quando ar úmido e estável se eleva ao longo de uma encosta, expandindo-se (e, por conseguinte, se resfriando adiabaticamente). Se o aclave for suficientemente extenso, o ar ascendente tornará saturado a certa altura. A partir desse nível, até o topo da elevação haverá um nevoeiro.

Além dos nevoeiros mencionados acima existem outras classificações que abrangem os nevoeiros de evaporação ou de vapor, é um tipo de nevoeiro que acontece quando uma massa de ar mais fria movimentada-se sobre superfícies de águas relativamente quentes. Neste caso, a evaporação da umidade proveniente da água, se junta ao ar frio, tornando-o saturado e provocando condensação. Este tipo nevoeiro é mais frequente sobre rios, lagos e oceanos.

3 TÉCNICAS EXPERIMENTAIS E ANALÍTICAS

Neste capítulo é descrito em detalhes como foi feita a análise da ocorrência de nevoeiros nos aeroportos de Tucuruí e Carajás, através da decodificação de dados METAR no período de janeiro de 2008 à dezembro de 2012 e sua correlação com outros fatores meteorológicos e climáticos.

3.1 Técnicas utilizadas

O presente trabalho utilizou dados horários de temperatura do ar, temperatura do ponto de orvalho, umidade relativa, velocidade, direção do vento e informações de condições de tempo obtidos do código METAR. Os dados foram obtidos por intermédio do site: www.redemet.gov.br pertencente a Força aérea brasileira (FAB) para o período compreendido entre 01 de janeiro de 2008 a 31 de dezembro de 2012, dos aeroportos localizados nas cidades de Tucuruí (figura 02 - Latitude 3,51°S e Longitude 49,74°W) e Carajás (figura 03 - Latitude 5,94°S e Longitude 49,91°W). Em um segundo momento os referidos dados foram tratados, com a finalidade de verificar as principais características da ocorrência de nevoeiros nos aeroportos. em seguida foram gerados os gráficos da distribuição de frequências de nevoeiros nos aeroportos.

Considerando-se o fato de as duas cidades estudadas estarem localizadas em diferentes partes (em localização e relevo) da região norte do Brasil (figura 01) foi feito o desenvolvimento da distribuição de frequências de nevoeiros para as mesmas localidades para analisar as causas e frequências de nevoeiros em cada região.

Figura 01 – Localização dos aeroportos

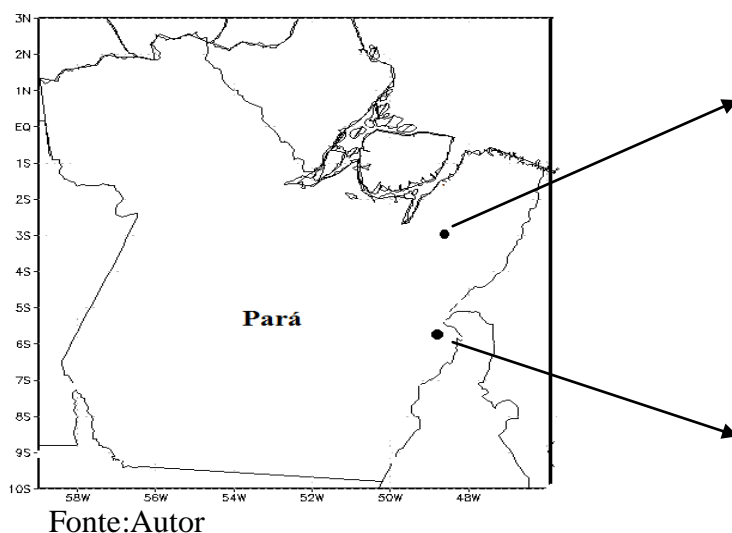


Figura 02 – Aeroporto de Tucuruí.



Fonte: Google imagens

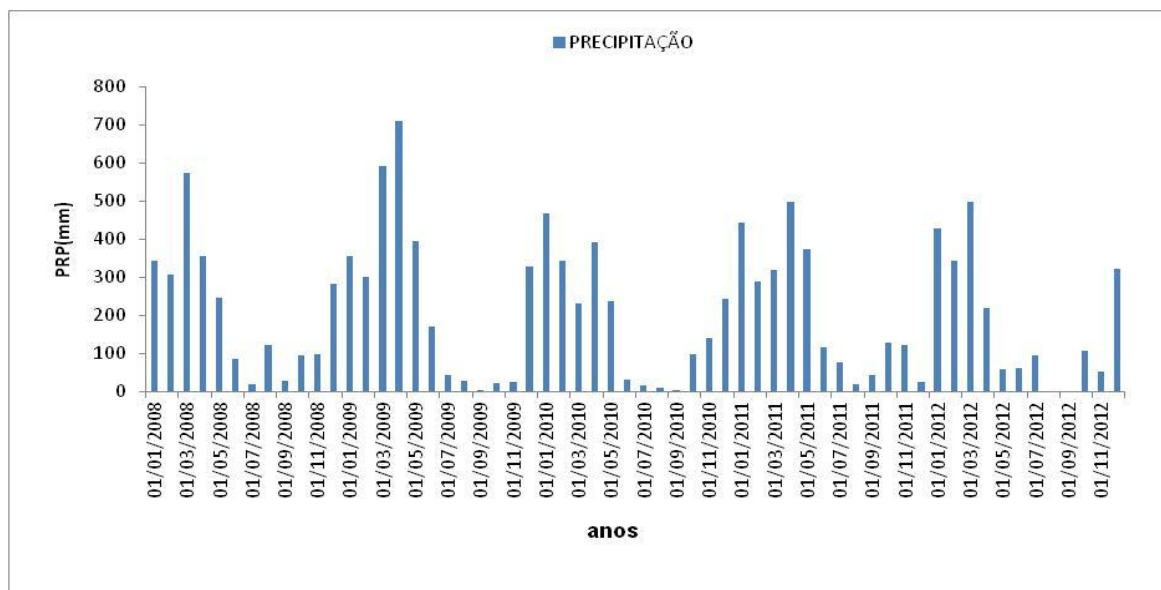
Figura 03 – Aeroporto de Carajás.



Fonte: Google imagens

4 - RESULTADOS

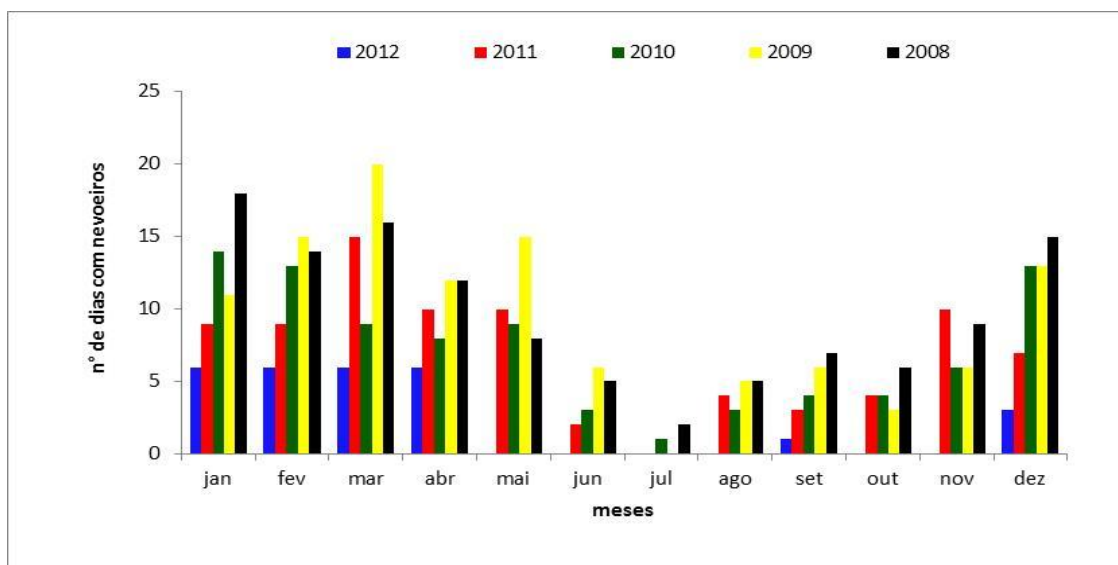
Figura 4 – PRP de Tucuruí de 2008 à 2012.



Fonte: Autor

A figura 4 representa o índice pluviométrico da cidade de Tucuruí-PA no período de 2008 a 2012. Onde se pode constatar que esta região apresenta apenas duas estações do ano bem definidas: a mais chuvosa, compreende os meses de janeiro a maio, sendo março o mês que apresenta os maiores valores no acumulado mensal durante o período de estudo. Os meses de julho a novembro, período seco são os meses em que costumam ser registrados os menores valores de precipitação sobre a região.

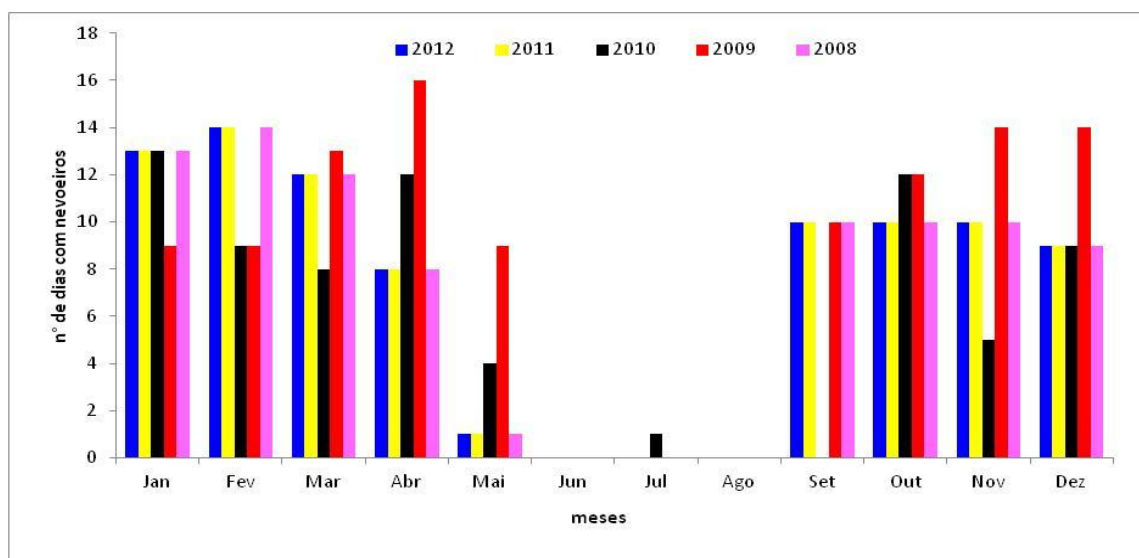
Figura 5 – Ocorrência de nevoeiros no aeroporto de Tucuruí de 2008 à 2012.



Fonte: Autor

A figura 5 mostra que os meses de maior incidência de nevoeiros nas proximidades do aeroporto de Tucuruí-PA ocorreu durante a época considerada mais chuvosa na região (inverno), quando as temperatura são um pouco mais baixas e a umidade relativa do ar é mais alta, conforme a figura 4, constatou-se que também que a maior parte dos eventos esta vinculados a processos de perda de radiação de onda longa para o espaço durante o período noturno, verifica-se também que existe influencias de circulação atmosférica local.

Figura 6 – Ocorrência de nevoeiros no aeroporto de Carajás de 2008 à 2012.



Fonte: Autor

Analisando a figura 6, pode-se constatar que o período de maior ocorrência de eventos de nevoeiros no entorno do aeroporto de Carajás-PA, ocorreu durante os meses janeiro a abril, época do ano em que costumam ser observados os maiores volumes de precipitação sobre o município, os meses de junho a agosto são os meses em que praticamente não há ocorrências do fenômeno no período estudado. No período de setembro a dezembro a frequência de ocorrências de nevoeiros ainda se mostra bastante elevada.

5 CONCLUSÃO

Os resultados mostram que a formação de nevoeiros nas proximidades dos aeroportos de Carajás e Tucuruí no Pará estão relacionados com o regime de precipitação local, na medida que, durante os meses em que ocorre os maiores volumes de precipitação sobre as regiões, cresce também o número de ocorrências de eventos de nevoeiros. Os nevoeiros nos dois aeroportos configuram-se basicamente como nevoeiros de radiação, estando associados ao arrefecimento noturno do solo por emissão de energia radiante. O ar em contato com essa superfície tende a perder calor por condução tornando-se mais frio que a camada atmosférica imediatamente a cima.

A penetração da brisa lacustre que sopra dos rios e do lago da represa hidrelétrica de Tucuruí tende a contribuir decisivamente para aumentar os episódios de nevoeiros, tendo em vista que a mesma atua como um importante mecanismo de transporte de umidade em direção ao entorno do aeroporto. O que gera perigo para as aeronaves que trafegam por esses aeroportos durante os períodos de maior ocorrências de nevoeiros nessas regiões (Carajás e Tucuruí), tendo em vista que a visibilidade fica prejudicada devido a presença de tal fenômeno meteorológico influenciando nas condições de segurança nas operações de pouso e decolagem de aeronaves nos aeroportos estudados.

REFERÊNCIAS

ANDRE, J. C.; MAHRT, L., *Variação estacional das características sensoriais da tengerina – ‘Poncã’ em Brasília DF1. (1981).*

CABRAL, E., *Climatologia dos nevoeiros no aeroporto de Guarulhos (1969-1997).*

COLABONE, ROSÂNGELA DE OLIVEIRA et al, *Incidência de Ocorrência de Nevoeiro em Aeródromo na Academia da Força Aérea – Pirassununga/SP – Análise das ocorrências (2008).*

DAMASCENO, M. A., *Análise de frequência da ocorrência de nevoeiro no aeroporto internacional Afonso Pena - CURITIBA/PR. 2008.*

FABIANA BEZERRA MANGILI, *Impactos de Episódios de Nevoeiro nos Períodos de Janeiro a Julho de 2012 em Londrina (2012).*

FERREIRA, A. G. Meteorologia Prática. São Paulo: Oficina de Textos. 2006.

MARCOS PAULO DE SOUZA, *Previsão de Duração de Nevoeiro no Aeroporto de Internacional de São Paulo Utilizando Análise de Sobrevivência (2008).*

OLIVEIRA, GASPAR ANTÔNIO DE, *Método Estatístico no Auxílio a Previsão de Nevoeiro para o Aeródromo de Guarulhos (2002).*

VALDECI DONIZETE J. FRANÇA ET AL, *Nevoeiro em porto alegre – Preditores (2004).*

VAREJÃO-SILVA, M. A. **Meteorologia e Climatologia. Brasília: INMET, Gráfica e Editora Pax, 2001. 2ª Edição.**