



UNIVERSIDADE ESTADUAL DO CEARÁ

NATANAEL VIEIRA DE SOUSA

**IDENTIFICAÇÃO DA OCORRÊNCIA DE BRISA E DA
PRECIPITAÇÃO NA CIDADE DE FORTALEZA-CE EM ABRIL DE
2011**

**FORTALEZA – CEARÁ
2011**

NATANAEL VIEIRA DE SOUSA

IDENTIFICAÇÃO DA OCORRÊNCIA DE BRISA E DA PRECIPITAÇÃO NA CIDADE
DE FORTALEZA- CE EM ABRIL DE 2011

Monografia apresentada ao Curso de Graduação em Física do Centro de Ciências e Tecnologia da Universidade Estadual do Ceará, como requisito parcial para a obtenção do grau de Licenciado em Física.

Orientador(a): Prof. Dr. João Bosco Verçosa Leal Junior.

FORTALEZA – CEARÁ
2011

S725i Sousa, Natanael Vieira de
Identificação da ocorrência de brisa e da precipitação na cidade de Fortaleza – CE em abril de 2011 / Natanael Vieira de Sousa. — 2011.
46 f. : il., enc. ; 30 cm.

Monografia (Graduação) – Universidade Estadual do Ceará, Centro de Ciências e Tecnologia, Curso de Licenciatura em Física, Fortaleza, 2011.

Orientação: Prof. Dr. João Bosco Verçosa Leal Júnior.

1. Brisa 2. Precipitação. 3. BRAMS. I. Título.

CDD: 530

NATANAEL VIEIRA DE SOUSA

IDENTIFICAÇÃO DA OCORRÊNCIA DE BRISA E DA PRECIPITAÇÃO NA CIDADE
DE FORTALEZA-CE EM ABRIL DE 2011

Monografia apresentada ao Curso de Graduação,
em Física do Centro de Ciências e Tecnologia da
Universidade Estadual do Ceará, como requisito
parcial para a obtenção do grau de Licenciado em
Física

Aprovada em: ____/____/____.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. João Bosco Verçosa Leal Junior (Orientador)
Universidade Estadual do Ceará – UECE

Prof. MSc. Mosefran Barbosa Macedo Firmino
Universidade Estadual do Ceará – UECE

Prof. MSc. Jose Stenio Rocha
Universidade Estadual do Ceará – UECE

À minha mãe, Núbia Maria Vieira de Sousa,

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela minha existência.

Aos meus pais, Cícero Amâncio de Sousa e Núbia Maria Vieira de Sousa (*in memoriam*), pela educação e pelo ensino de valores morais.

Ao meu irmão, Amâncio Manoel de Sousa Neto, pelo apoio imensurável durante a minha graduação. Sem ele, eu não teria chegado até aqui.

A minha tia, Welma Maria Vieira de Sousa, e também a minha avó materna, Wildes Vieira de Sousa. Obrigado por terem me oferecido toda estrutura possível para a conquista deste objetivo.

Ao Professor Dr. João Bosco Verçosa Leal Junior pela excelente orientação na minha iniciação científica e pela ajuda na escolha do tema.

A Universidade Estadual do Ceará e a Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico pelo apoio financeiro via bolsa de iniciação científica.

Aos professores do MCFA, principalmente ao Professor Dr. Francisco Sales Ávila Cavalcante; ao Professor Dr. Antonio Carlos Santana dos Santos por me disponibilizar conteúdos de Modelagem Atmosférica e também ao Programa de Pós – Graduação em Ciências Físicas Aplicadas pela estrutura de seus laboratórios.

Ao Projeto CHUVA (FAPESP proc. n° 2010/15235-8) pela disponibilidade dos dados.

Aos meus colegas de graduação pelos bons momentos tanto de estudo como de descontração, são eles: Rafael Magalhães, Rafael Silva, Cíntia Carolina, Bruno, Heládio Nepomuceno, Vinícius Couto, Paulo Jarbas, André, Aurélio Wildson, Leandro e Renato Silva.

“Um homem de bom senso saberá criar melhores oportunidades do que aquelas que se lhe deparam”

Francis Bacon

RESUMO

Este trabalho visa analisar a ocorrência de brisas marítimas e terrestres no mês de abril de 2011 e a influência que estas apresentam com o desenvolvimento da precipitação pluviométrica no município de Fortaleza. Para esta análise, utiliza-se uma simulação com o modelo BRAMS a fim de se avaliar sua concordância com os dados observados. Os dados observados foram obtidos a partir de Plataformas de Coleta de Dados (PCD) consistindo de direção e a velocidade do vento, e um disdrômetro localizado na Defesa Civil do mesmo município para a medição de precipitação por minuto. Os resultados encontrados no disdrômetro mostraram diferentes valores de precipitação, que vão desde chuvas curtas até chuvas longas. Baseado nos dados das plataformas foi encontrado a incidência de brisa. A simulação traz uma confirmação desta ocorrência com uma sequência de dias onde apareceu brisa terrestre e depois a marítima. O modelo numérico apresentou resultados satisfatórios tanto na simulação de brisa como na de precipitação. As simulações mostraram ocorrência da brisa terrestre por volta da madrugada e da brisa marítima após o meio-dia.

Palavras-chave: Brisa. Precipitação. BRAMS.

ABSTRACT

This work aims analyse the breeze occurrence in april 2011 and the these influence in the development of precipitation in Fortaleza. This analyse consisted by done with BRAMS model looking for a relationship between simulated data and observed data. The dates observed were obtained Automated Weather Station (AWS) also called Plataforma de Coleta de Dados (PCD) for provide direction and wind speed and a disdrometer located in Civil Defense to measure the precipitation per minute in same city. The results in the disdrometer showed different values precipitation; since small values of precipitation until high values of precipitation. The Automated Weather Station showed sea breeze and land breeze occurrence. The numeric simulation showed breeze occurrence, days with sea breeze and days with land breeze. The atmospheric model showed results as breeze as precipitation close to provided from Automated Weather Station and showed from disdrometer. The simulations showed land breeze occurrence around dawn and sea breeze occurrence around afternoon.

Keywords: Breeze. Precipitation. Atmosferic modeling

LISTA DE FIGURAS E GRÁFICOS

Figura 1 - Mapa mostrando a localização da Defesa Civil.....	12
Figura 2 - Plataforma de Coleta de Dados localizada no município de Morada Nova.	15
Figura 3 - Circulação de brisa marítima.....	16
Figura 4 - Circulação de brisa terrestre.....	16
Figura 5 - Gotas, gotículas e cristais de gelo no sensor do disdrômetro.	17
Figura 6 - Chuva menor que 1mm*	22
Figura 7 - entre 1mm e 10mm*	23
Figura 8 - Chuva entre 6 mm e 21 mm*.....	24
Figura 9 - Chuva entre 21 mm e 100 mm*.....	25
Figura 10 - Perfil médio da velocidade do vento em (m/s) a 10 m de altura na PCD de Fortaleza durante o período de 17 a 30 de abril de 2011.*	26
Figura 11 - Perfil médio da direção do vento em (graus) a 10 m de altura na PCD de Fortaleza durante o período de 17 a 30 de abril de 2011.*	27
Figura 12 - precipitação acumulada dos dias 17 a 22 de abril de 2011*.....	28
Figura 13 - Precipitação horária do dia 17 a 22 de abril de 2011*	29
Figura 14 - Precipitação simulada com os pontos em comum com os observados...30	
Figura 15 - Chuva total durante o mês de abril de 2011 fornecidas pelo disdrômetro.	30
Figura 16 - Ocorrência de brisa terrestre em 18 de abril de 2011 *.....	32
Figura 17 - Segunda hora de brisa terrestre em 18 de abril de 2011 *	33
Figura 18 - Terceira hora da brisa terrestre no dia 18 de abril *	34
Figura 19 - Quarta hora de brisa terrestre continuando às 8 horas UTC *	35
Figura 20 - Quinta hora de brisa terrestre às 9 horas UTC *.....	36
Figura 21 - Última hora de ocorrência da brisa terrestre *.....	37
Figura 22 - Início da formação de brisa marítima *	38
Figura 23 - Brisa marítima na sua segunda hora de ocorrência *	40
Figura 24 - Brisa marítima em 16 horas UTC *	41
Figura 25 - Última hora de ocorrência da brisa marítima às 17 horas UTC *.....	42

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

BRAMS	<i>Brazilian Regional Atmospheric Modeling System</i>
CLP	Camada Limite Atmosférica
CPTEC	Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos
CSU	<i>Colorado State University</i>
FUNCEME	Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
PCD	Plataforma de Coleta de Dados
RAMS	<i>Regional Atmospheric Modeling System</i>
UTC	<i>Universal Time Coordinate</i>
ZCIT	Zona de Convergência Intertropical

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
2 REVISÃO DE LITERATURA	14
2.1 O CONCEITO DE BRISA	14
2.2 O USO DO DISDRÔMETRO	17
2.3 O MODELO BRAMS	19
3 METODOLOGIA	21
4 RESULTADOS	22
5 CONCLUSÕES	42
REFERÊNCIAS	43

1 INTRODUÇÃO

A cidade de Fortaleza – CE apresenta litoral em toda sua extensão na direção norte, sendo banhada pelo oceano Atlântico. Esta cidade por estar próxima ao mar sofre pequenas variações em sua temperatura, porém o suficiente para ocasionar um gradiente de pressão devido à uma variação de temperatura entre a superfície terrestre e marítima, sendo induzidas pelo fluxo de calor superficial na camada limite planetária. Tais fenômenos ocorrendo em baixos níveis caracterizam as brisas que podem ser terrestre e marítima (TEIXEIRA, 2008).

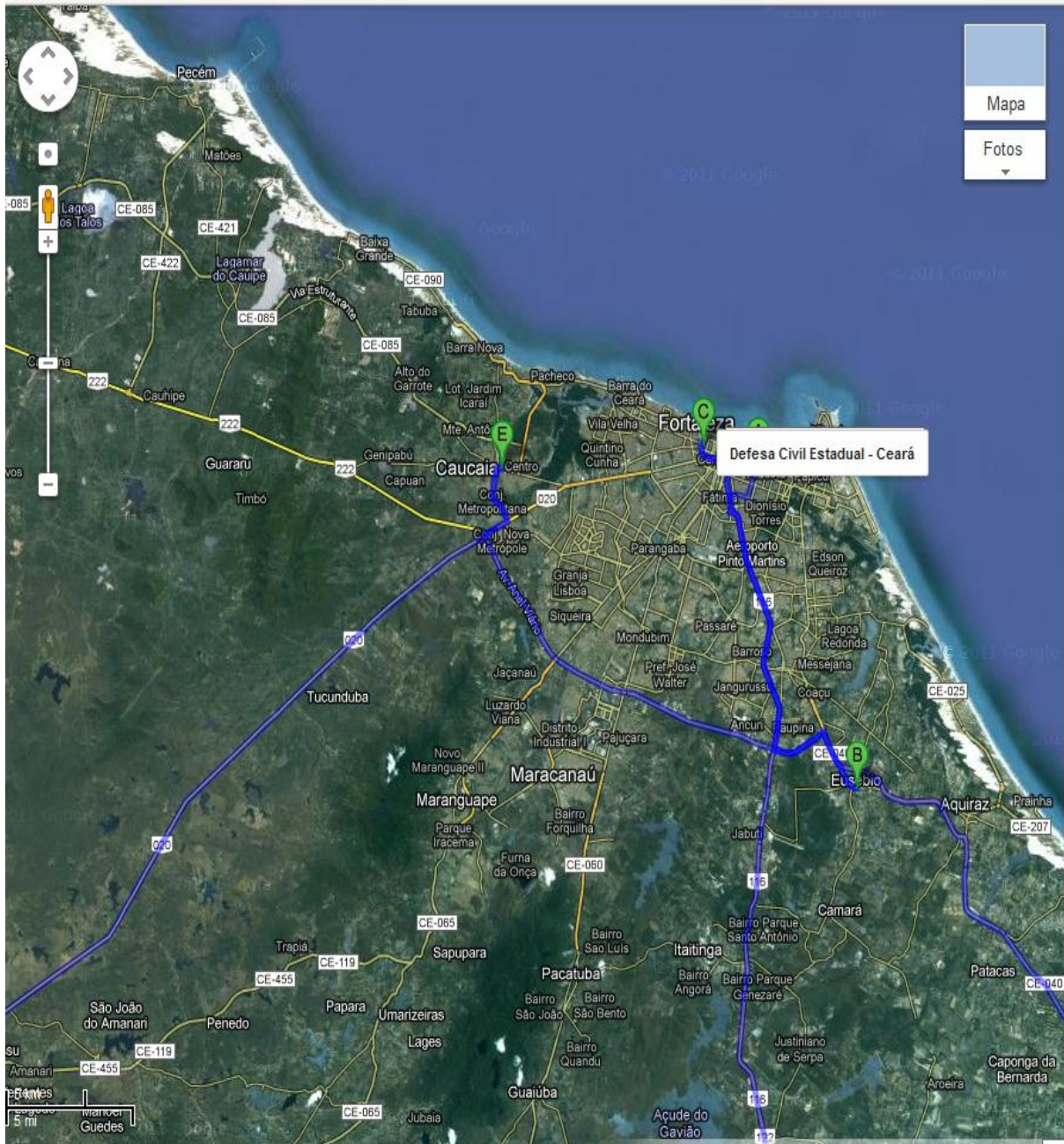
Neste contexto, faz-se necessário uma análise de direção e velocidade do vento nesta cidade, como também sua relação com a precipitação pluviométrica (utilizar-se-á somente o termo precipitação). O período escolhido para este estudo foi abril de 2011, haja vista, que este mês é um dos meses que compõem a estação chuvosa neste município.

A chuva em Fortaleza ainda é um fenômeno que causa infortúnio para boa parte dos moradores, deixando muitos cidadãos desabrigados. Um estudo da correspondência entre a mesma e o vento, no caso a brisa, pode colaborar para prognósticos de ocorrência da precipitação e de ocorrência de fortes ventanias.

Foi realizado neste período, uma campanha do experimento CHUVA, com investigações acerca da precipitação acumulada neste mesmo mês utilizando disdrômetro. Esta foi uma das análises realizadas dentre outras: fazendo uso de pluviômetro para chuva, de radiômetro para radiação incidente e refletida; disdrômetro novamente só que para distribuição de gota e medição de diâmetro de gotas, radiossonda para temperatura, umidade relativa e pressão. As cidades selecionadas para sediarem os experimentos foram: Alcântara – MA, Fortaleza – CE, Belém – PA, Vale do Paraíba – SP, Santa Maria – RS, Brasília – DF, Manaus – AM.

Esta monografia tem como objetivo a identificação da ocorrência da brisa bem como sua relação com a precipitação, utilizando dados coletadas no disdrômetro (da FUNCEME) e na PCD (aparelho móvel da FUNCEME) ambas localizadas na Defesa Civil de Fortaleza, a partir destes, comparar com dados simulados em um modelo atmosférico regional.

Figura 1 - Mapa mostrando a localização da Defesa Civil



Fonte: Portal Chuva¹

¹ <http://chuvaproject.cptec.inpe.br/portal/fortaleza/br/local.html>

Tal comparação busca obter um grau de confiança do modelo para resultados de modelagem de ventos e precipitação, para que esta técnica de estudo da Física da atmosfera seja utilizada para investigações ou prognósticos de fenômenos atmosféricos.

No Capítulo seguinte, Revisão da Literatura, apresenta uma explanação teórica das definições de brisa, uso do disdrômetro para fornecer medidas pluviométricas e uma abordagem teórica da utilização do modelo BRAMS.

O Capítulo 3 mostra a configuração utilizada no modelo BRAMS, ou seja, número de grades, parametrizações e outras importantes condições para realização da simulação numérica. Esta seção trata também do tipo de disdrômetro utilizado e dos intervalos de armazenamento das medidas de pluviometria, como também das condições de coleta de dados de direção e velocidade do vento na PCD de Fortaleza.

No capítulo 4 desta monografia são mostrados os resultados simulados enfatizando os dias em que ocorreu brisa terrestre e marítima. Também nesta seção, apresentam-se os dados do disdrômetro, onde foram levantados os dados da precipitação no mês de abril de 2011, e relacionados com a brisa a partir dos dados da PCD através da análise da direção e velocidade do vento.

No capítulo 5, após a análise das influências dos dados coletados com os simulados há uma apresentação da identificação da ocorrência de brisa e sua relação com a precipitação na referida cidade.

2 REVISÃO DE LITERATURA

O levantamento bibliográfico, em termos mais gerais a revisão da literatura, fora dividida em três partes: o conceito de brisa, o uso do disdrômetro e o modelo BRAMS.

A primeira parte apresenta desde as definições deste fenômeno até suas consequências. Na segunda seção, fez-se uma abordagem geral partindo de conceitos primários do instrumento disdrômetro, princípio de funcionamento, opções de uso e interpretação dos dados. A última parte consiste na origem do modelo BRAMS, suas equações e condições de contorno bem como parametrizações.

2.1 O CONCEITO DE BRISA

Freitas (2003) define brisa como sendo um tipo de circulação termicamente forçada derivada de contrastes térmicos gerados a partir de diferenças na vegetação, no solo e na urbanização. Como também ressalta que a água, em relação à terra, é fria bem como o ar que está próxima a ela. Assim o gradiente de pressão se desenvolve horizontalmente entre a terra e a água, sendo a pressão mais alta sobre a superfície da água. Em consequência à este gradiente, o ar frio se desloca para a terra.

A causa da direção do vento tem uma explicação peculiar: sendo caracterizada por uma relação entre uma variação de calor entre a terra e a água. Sobre a água, durante a noite, a radiação térmica é dissipada mais lentamente que sobre a terra. Devido ao gradiente de pressão, direcionado da terra para a água, temos a origem de uma brisa terrestre. No contrário, tem-se a brisa marítima (ATKISON, 1981 *apud* FREITAS, 2003).

Há também estudos sobre brisa lacustre. Fora realizado um levantamento próximo à represa de Sobradinho (BA), neste obteve-se a seguinte conclusão: a umidade atmosférica e a intensidade do vento sofre maior influência do lago. Por isso a construção da represa provocou uma diminuição na amplitude térmica atingida pela brisa lacustre (CORREIA, 2001 *apud* FREITAS, 2003).

Assim é possível perceber a influência destes três tipos de brisa em suas respectivas regiões onde atuam.

Para caracterização do vento, utilizou-se Plataforma de Coleta de dados semelhante ao instrumento usado em Morada Nova, Figura 2, que consiste num sensor de medição de velocidade e direção do vento.

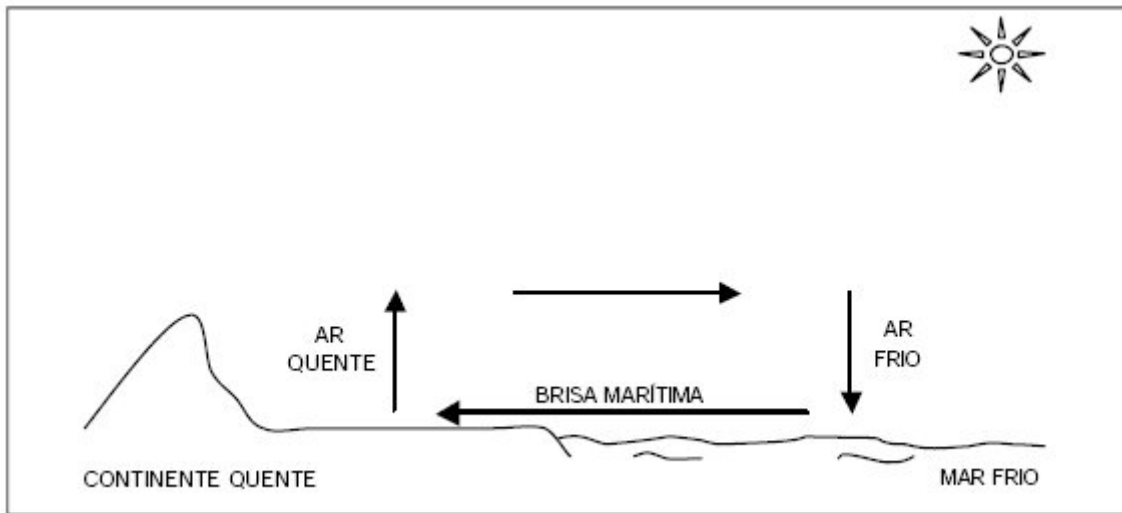
Figura 2 - Plataforma de Coleta de Dados localizada no município de Morada Nova.



Fonte: FUNCEME

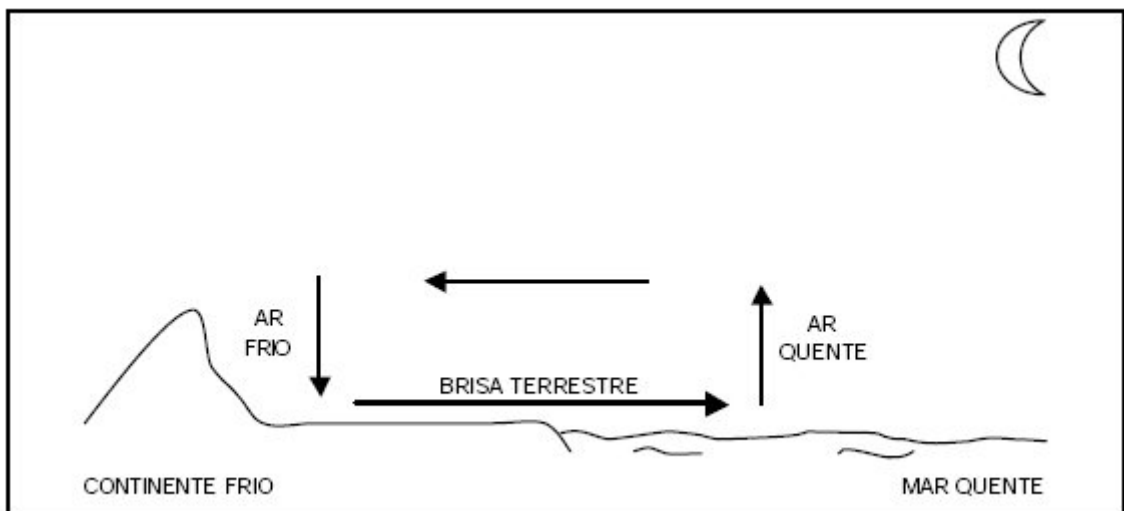
As Figuras 3 e 4 representam as circulações de brisa marítima e terrestre com os vetores indicativos da variação no gradiente de pressão que provocam a mudança de posição do ar por convecção térmica.

Figura 3 - Circulação de brisa marítima.



Fonte: CAMELO (2007)

Figura 4 - Circulação de brisa terrestre.



Fonte: CAMELO (2007)

2.2 O USO DO DISDRÔMETRO

A Figura 5 mostra uma ilustração do funcionamento do disdrômetro que consiste num instrumento capaz de fornecer dados fundamentais para um estudo diversificado da precipitação, pois proporciona ao usuário vários parâmetros: o tamanho das gotas, fator de refletividade, diâmetro médio da gota em milímetros, número de gotas de chuva fornecendo a relação entre este número por milímetros a cada m^3 e a intensidade da chuva em milímetros por hora.

Figura 5 - Gotas, gotículas e cristais de gelo no sensor do disdrômetro.



Fonte: SANTOS (2009)

Moraes, Tenório & Cerqueira (2004) afirmam que o princípio de funcionamento do disdrômetro é transformar o impulso vertical de uma gota em pulso elétrico, cuja amplitude é função do tamanho da gota.

Os mais utilizados possuem uma área de amostragem de 50 centímetros quadrados e registram o tamanho das gotas a cada 1 minuto, sob os limiares de 0,3 milímetros até 5,3 milímetros de diâmetro.

Estes níveis de abrangência, podendo assim dizer alcance, do disdrômetro oferece ao estudioso de precipitação acesso à um apanhado de resultados acerca de um mesmo fenômeno. Porém esta monografia utiliza apenas a

medida da intensidade da precipitação para fins de obter valores reais de referência a fim de cruzar com os valores simulados.

O instrumento utilizado para este estudo situa-se na Defesa Civil de Fortaleza, sendo parte da Guarda Municipal desta cidade. O tratamento dos dados brutos requer noções básicas de interpretação gráfica, devido à intervalos em que ocorre poucas gotas ou até mesmo nenhuma e, muitas vezes imediatamente no próximo instante, podem ser registradas muitas gotas inclusive chuvas de alto poder destrutivo; exigindo, portanto, interpretações de funções matemáticas que descrevem o funcionamento do disdrômetro.

No tocante à intensidade da chuva, a partir dos gráficos que os dados de disdrômetro fornece, dividiu-se a análise da chuva em: menor que 1mm, chuva entre 1mm e 6mm, chuva entre 6mm e 21mm e chuva maior que 21mm; com medições realizadas por minuto.

Apesar deste instrumento também apresentar a distribuição de gota, para Fortaleza, pelo menos nesse estudo, não seria necessário utilizar este dado. Salvo em regiões de realização de atividades agrícolas intensas a fim de mapear a localização da incidência de maior precipitação que não é o caso da capital cearense

Os dados de precipitação do disdrômetro poderiam ser complementados com dados de radiossonda, pois, neste segundo instrumento, contém características de pressão, temperatura e umidade relativa. Porém como não se trata de um boletim meteorológico, mas apenas de uma identificação de ocorrência de precipitação apenas o disdrômetro é suficiente.

Nem sempre uma média de precipitação pode ser feita, vai depender do objetivo do estudo(alerta de secas e cheias, agricultura, planejamento hídrico, energia elétrica oriundo das quedas d'água, distribuição de recursos hídrico, identificação e prevenção de erosão). Tem-se como exemplo que não é viável estipular uma média diária se só tem-se conhecimento dos valores do primeiro minuto de cada hora.

2.3 O MODELO BRAMS

O modelo atmosférico regional utilizado é BRAMS (*Brazilian Regional Atmospheric Modeling System*) que corresponde à versão 6.0 do modelo RAMS (*Regional Atmospheric Modeling System*) da *Colorado State University* adaptada aos trópicos. Trata-se de um modelo não hidrostático capaz de simular desde pequenas interações na atmosfera até fenômenos de escala global (FREITAS 1999, *apud* SILVA, 2009).

Para sua utilização, fez-se necessário a instalação e a configuração de vários computadores sistematicamente associados (*cluster*) com a finalidade de proporcionar uma elevado poder de processamento ao sistema. Também é necessário um *framework*² para operacionalizar o modelo BRAMS. Para visualização dos resultados, é necessário um software no caso o “*Grid Analysis Display System*” (GRADS).

Como o BRAMS é uma versão do RAMS adaptada aos trópicos, o primeiro tem as mesmas origens de elaboração primária: trata-se de um modelo atmosférico de com base nas equações da dinâmica da atmosfera, sendo incluídas parametrizações de difusão turbulenta, radiação, processos de formação de nuvens e suas interações bem como cinemática de terreno (FAZENDA *et al.*, 2006 *apud* SANTIN, 2006).

De posse deste modelo, torna-se possível a pesquisa em Física da atmosfera prevendo situações em que a atmosfera ou o clima podem apresentar.

Tal modelo apresenta uma resposta rápida, automática e simplificada dos dados resultantes. Diminuindo a dependência de supercomputadores em casos mais simples ou de grandes centros de previsão climática (SANTIN, 2006).

Segundo Tomaziello (2009), o modelo BRAMS também pode ser operacionalizado, visando uma análise de sensibilidade, colocando diferentes condições iniciais de umidade e de solo. A partir destas diferentes condições iniciais pode-se perceber a influência destas sobre as brisas marítimas e terrestres, desta

²Quanto à estrutura: é o reaproveitamento de um design de um sistema representado por classes abstratas e como elas interagem. Quanto à função: é a estrutura de uma aplicação que pode ser direcionada por um desenvolvedor de aplicação. Fonte: Portal UNICAMP

maneira grande partes dos fenômenos atmosféricos dependem das condições de superfície; tais como: temperatura, umidade do ar, topografia e vegetação.

À medida que a umidade no solo aumenta a brisa marítima diminui conforme McCumber (1980) e Physick (1980) *apud* Tomaziello (2009). Tal fato sugere uma configuração com pouca umidade como condição inicial para melhor visualizar a ocorrência de brisa marítima.

Para uma análise indicadora de brisa, é necessário condições iniciais para operacionalização do modelo. O próximo capítulo discorre sobre isso. Independente da fonte, o modelo deve ter um valor inicial de topografia, vegetação e solo (seco, normal e úmido). A temperatura da superfície do mar também e as condições iniciais de fronteira também devem ser obtidos de fontes que oferecem uma referência.

Modelos regionais, que representam um aspecto mais peculiar, são mais adequados para a previsão climática do lugar pra que eles foram elaborados.

Assim percebe-se que o modelo global RAMS é eficaz, porém não o suficiente para obter-se resultados muito próximos dos reais. Da necessidade de obter melhores resultados criou-se o BRAMS que é o um aversão do RAMS adaptada aos trópicos.

Previsões de tempo utilizando modelos numéricos são uma excelente alternativa para tornar as previsões climáticas, sendo mais rápidas e viáveis financeiramente.

Com o modelo BRAMS torna-se possível a simulação numérica dos eventos atmosféricos (tais como: brisa, precipitação e direção do vento) ocorridos em Fortaleza-CE em abril de 2011 visando uma avaliação deste resultado a partir de dados fornecidos por um disdrômetro e sua relação com a velocidade e a direção do vento obtida na Plataforma de Coleta de Dados da FUNCEME durante o Projeto Chuva situada na Defesa Civil do município de Fortaleza.

De posse destes dados, avaliar-se-á os dados de inicialização para observar as condições que melhor se adaptam à visualização de brisas marítimas e terrestres.

Os resultados abrirão novas perspectivas de validação do modelo mediante as diferentes combinações de condições iniciais prováveis para operacionalização do mesmo.

Assim novas operações podem ser realizadas com o modelo BRAMS tornado o pesquisador de modelagem atmosférica cada vez mais apto a realizar simulações numéricas atingindo um nível de treinamento com aprendizado gradual baseado em experiências operacionais do modelo em questão. Não somente o BRAMS, mas também o software visualizador (GRADS) se tornará uma ferramenta de interface gráfica mais simples de se trabalhar devido à tentativas de simulação e geração de resultados utilizando este mesmo software; aumentando o domínio de tal ferramenta.

3 METODOLOGIA

O período dos dados coletados pelo disdrômetro é do dia 4 até 24 do mês de abril de 2011, um dos meses em que mais ocorre precipitação neste município. A partir destes, torna-se possível estabelecer uma predição a partir de uma média diária de precipitação no mês de abril de cada ano.

A incidência de precipitação apontada pelo disdrômetro indica o fluxo pluviométrico partindo de distribuições de gotas.

Para caracterização da velocidade do vento, utilizou-se Plataforma de Coleta de Dados (PCD) que são constituídas de sensores instalados a 10 metros de altura que fornecem médias horárias de velocidade e direção do vento.

Estes dois instrumentos de medição são os dados observados, ou seja, reais. Com estes resultados este trabalho propõe investigar até que ponto o modelo numérico de mesoescala, BRAMS, se aproxima destes parâmetros reais

A simulação numérica foi feita com o modelo BRAMS. Para verificar a validade deste modelo na caracterização das brisas e da precipitação, usou-se como materiais complementares o disdrômetro e a Plataforma de Coleta de Dados.

Para realização da simulação foram utilizadas condições realísticas de umidade do solo de acordo com os dados do modelo global do CPTEC.

As parametrizações foram feitas segundo Almeida *et al.* (2011) nas simulações foi utilizado o modelo BRAMS versão 4.2. Para inicialização, utilizou-se o modelo global do CPTEC, com 63x63 Km de resolução. Sendo realizada de 17/04/2011 a 21/04/2011. Com duas grades aninhadas, ambas centradas em

Fortaleza, com espaçamento horizontal de 10 e 2 Km. Possuindo 51 níveis na vertical, espaçamento inicial de 20 m e razão de alargamento de 1,1 até 1.000 m. Sendo ativado o nudging nas laterais, no topo e no centro.

Para visualização dos resultados fornecidos pelo BRAMS, utilizou-se o GRADS tanto para plotar o comportamento das brisas como as evidências de precipitação.

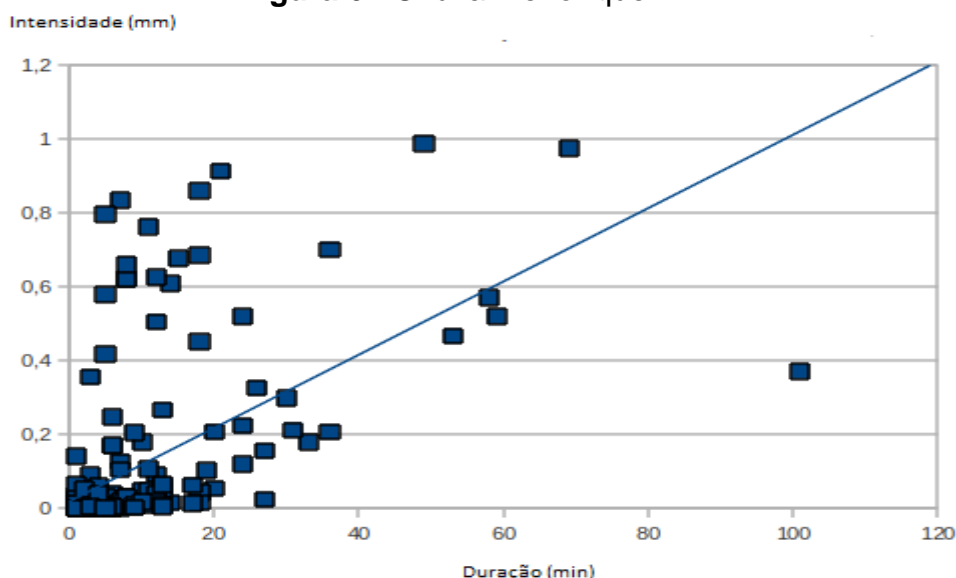
4 RESULTADOS

Os dados observados de precipitação apresentaram muitos valores pra chuva curta, poucos valores para chuva média curta, pouquíssimos valores para chuva média longa e apenas 4 ocorrências de maior que 21 mm.

A Figura 6 mostra as chuvas com intensidade inferior a 1 mm e sua duração por minuto. Aproximadamente 50% destas ficaram entre 0 mm e 0,5 mm. Isto ocorreu devido às nuvens passageiras que estavam situadas sobre a Defesa Civil de Fortaleza onde o disdrômetro foi instalado.

Estas chuvas , duraram pouco tempo: cerca de 5 minutos se concentra o maior valor de ocorrência deste tipo de precipitação. Houve apenas uma ocorrência de precipitação com 100 minutos. No entanto, esta foi quase imperceptível pois sua intensidade foi um pouco menos de 0,4 mm.

Figura 6 - Chuva menor que 1mm* .



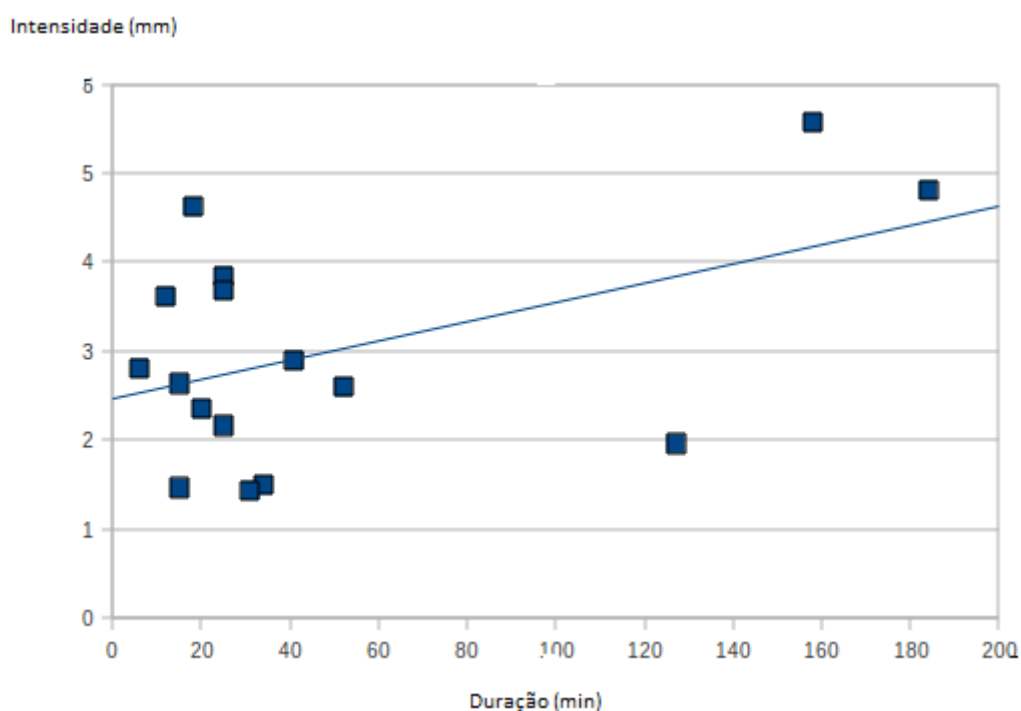
*Fonte: Ajustado conforme ABNT 14724 e Silva *et al.* (2007)

A Figura 7 mostra chuvas com duração entre 5 min e 180 min. aproximadamente 70% destas estiveram compreendidas entre 1,5 mm e 5 mm com duração de 0 a 50 minutos.

O percentual restante que compreende uma duração de 120 a 180 minutos indica apenas 3 ocorrências: uma com precipitação de 2 mm, a segunda com 4,8 mm e a terceira com 5,5 mm.

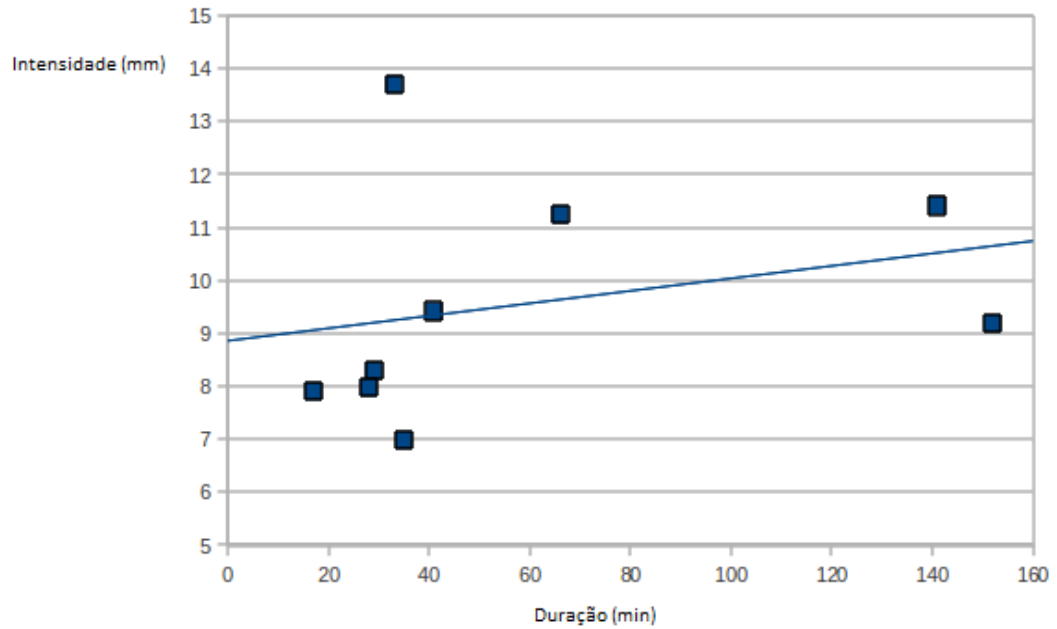
Nesta classe de chuva, percebe-se um aumento na duração em relação à Figura anterior.

Figura 7 - entre 1mm e 10mm*.



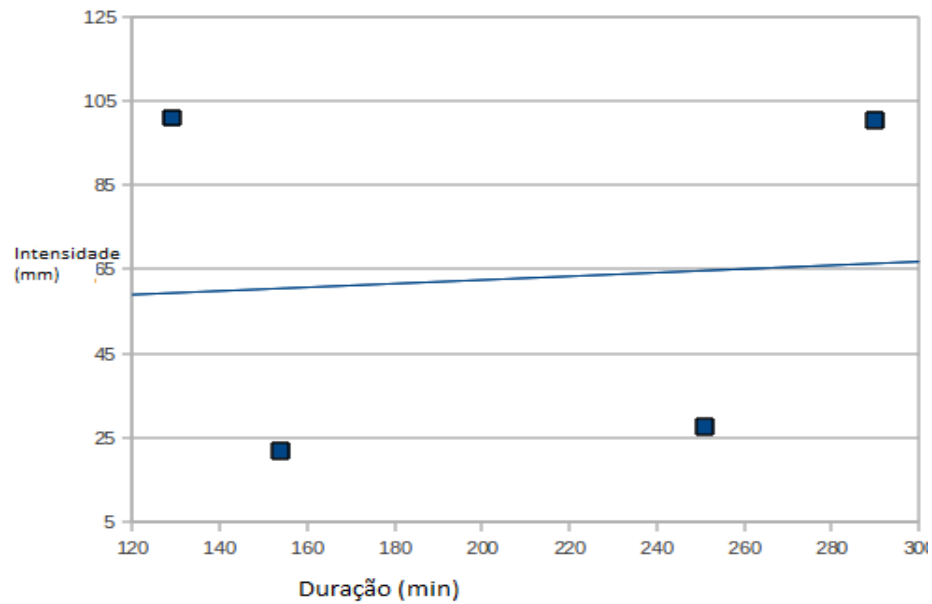
Conforme a Figura 8, encontra-se valores de precipitação entre 7 mm e 13 mm. Tais eventos são os extremos, havendo predominância entre 8mm e 10 mm. As durações destes eventos apresentam uma média de 20 a 50 minutos.

Fazendo uma comparação entre as Figuras 6, 7 e 8, nota-se uma diminuição de ocorrência de precipitação conforme aumenta a intensidade da precipitação.

Figura 8 - Chuva entre 6 mm e 21 mm*.

Conforme a predição em relação à figura anterior, a ocorrência de precipitação continua diminuindo. Na Figura 9 nota-se apenas 4 indicações de chuva maior que 21 mm. Sendo duas entre 20 e 30 mm e duas próximas a 100 mm.

Fazendo um apanhado do total de precipitações, apenas dois episódios foram realmente intensos o bastante para provocar catástrofes.

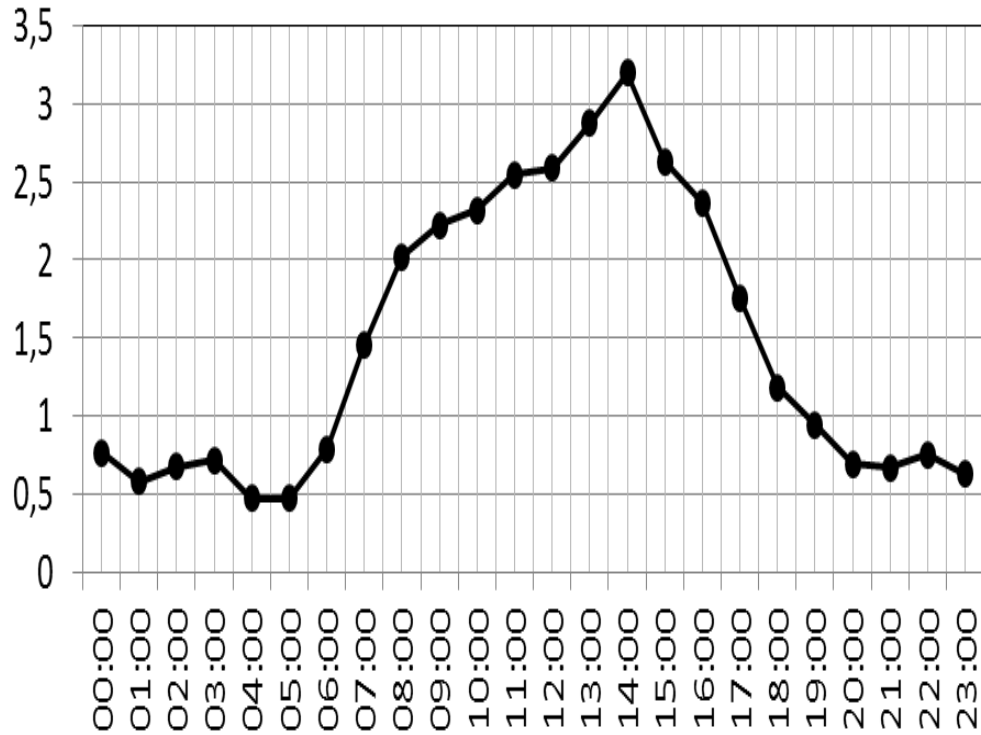
Figura 9 - Chuva entre 21 mm e 100 mm*.

A Figura 10 apresenta as variações horárias da velocidade fornecidas pela PCD de Fortaleza situada na Defesa Civil do mesmo município. Conforme a ilustração, o mínimo de velocidade é 0,5 m/s e o máximo é 3,2 m/s.

Percebe-se um ciclo prevalecendo baixas velocidades a partir das 20:00 perdurando até as 05:00. Das 06:00 às 14:00 há uma ascensão na velocidade, decrescendo na hora seguinte até próximo das 20:00, em todas as situações foram utilizadas horário local.

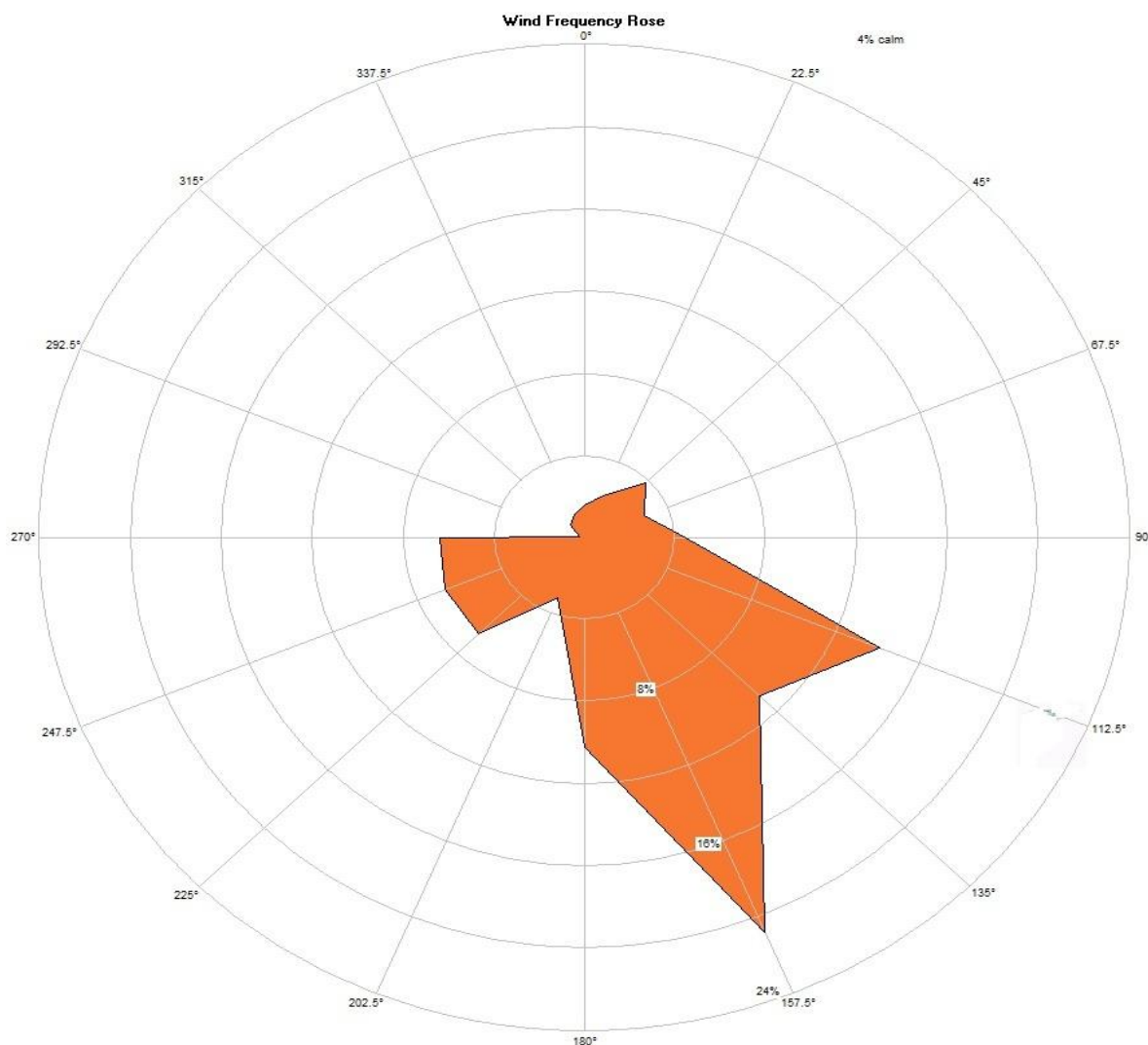
Este valor máximo de velocidade pode ser inclusive aproveitado para movimentação de aerogeradores.

Figura 10 - Perfil médio da velocidade do vento em (m/s) a 10 m de altura na PCD de Fortaleza durante o período de 17 a 30 de abril de 2011.* velocidade (m/s)



Observa-se na Figura 11 a direção do vento para a PCD de Fortaleza, mostrando que durante a noite, de 21h até 06h local, o vento predominante é do continente para o oceano, podendo ser indicativo de brisa terrestre. Já durante parte da manhã e tarde, o vento tem a direção dos alísios, ou seja, predominante de leste.

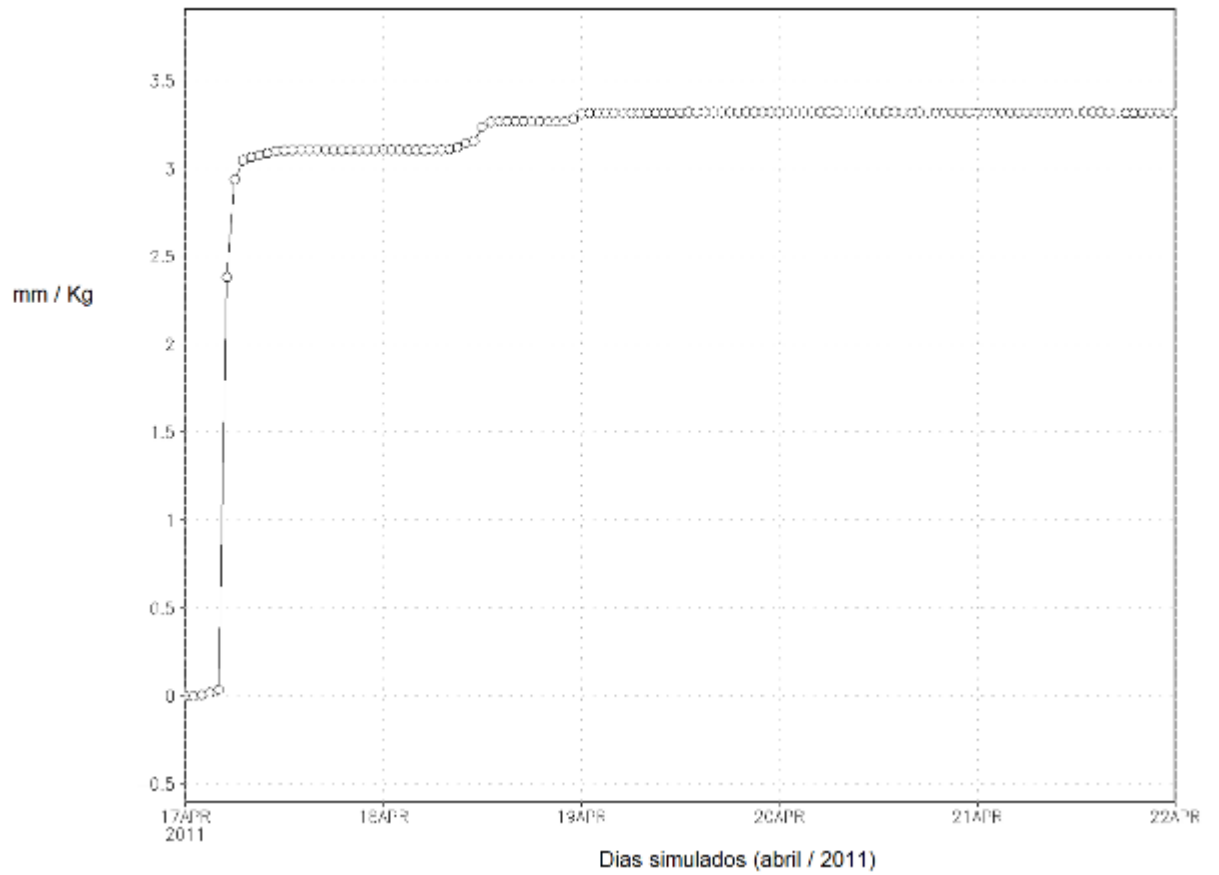
Figura 11 - Perfil médio da direção do vento em (graus) a 10 m de altura na PCD de Fortaleza durante o período de 17 a 30 de abril de 2011.*



Após a obtenção dos valores observados, apresenta-se a resultado da simulação feita com o modelo BRAMS tanto para a brisa marítima e terrestre como para a precipitação. Segundo Linard (2010), pode-se analisar a direção do vento utilizando o software Windografer®, tal ferramenta foi utilizada para a obtenção do perfil médio de direção do vento.

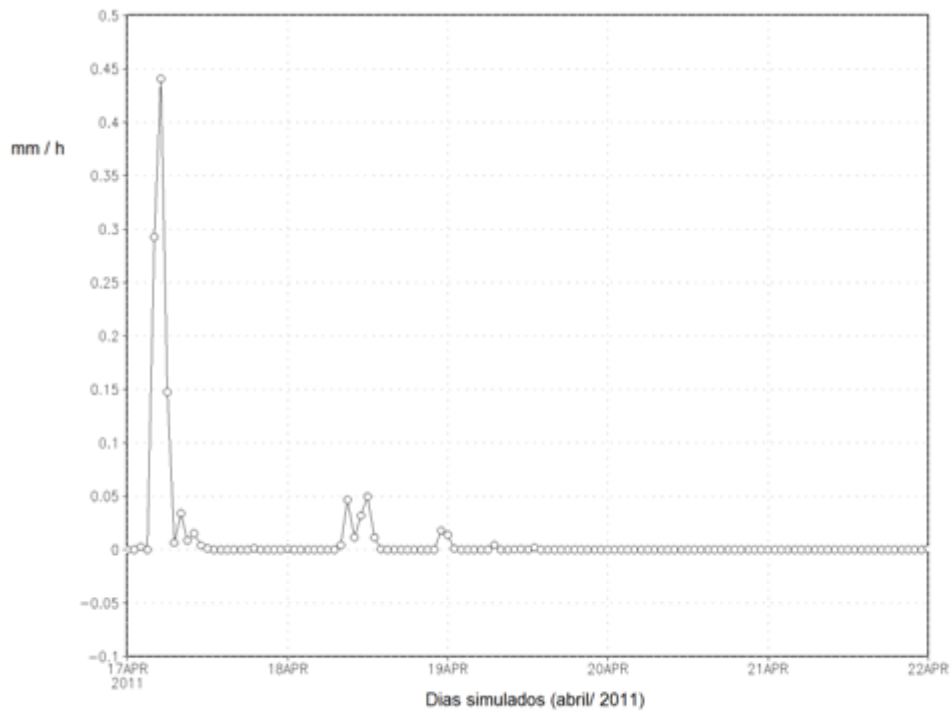
A figura 12 mostra uma ascensão brusca de acúmulo de precipitação nas primeiras horas do dia 17 de abril, tendo variado rapidamente de 0 mm a 3 mm em poucas horas.

Figura 12 - precipitação acumulada dos dias 17 a 22 de abril de 2011*.



A Figura 13 mostra o resultado da simulação para a precipitação horária entre os dias 17 e 22 de abril de 2011.

Figura 13 - Precipitação horária do dia 17 a 22 de abril de 2011*.



A simulação mostrou resultados com precipitação máxima de 0,44 mm/h nas primeiras horas do dia 17, uma margem de oscilação em torno de 0,3 mm/h e 0,5 mm/h às 12 horas do dia 18.

As Figuras 14 e 15 mostram a concordância entre a simulação da chuva e toda chuva observada em abril de 2011.

Figura 14 - Precipitação simulada com os pontos em comum com os observados.

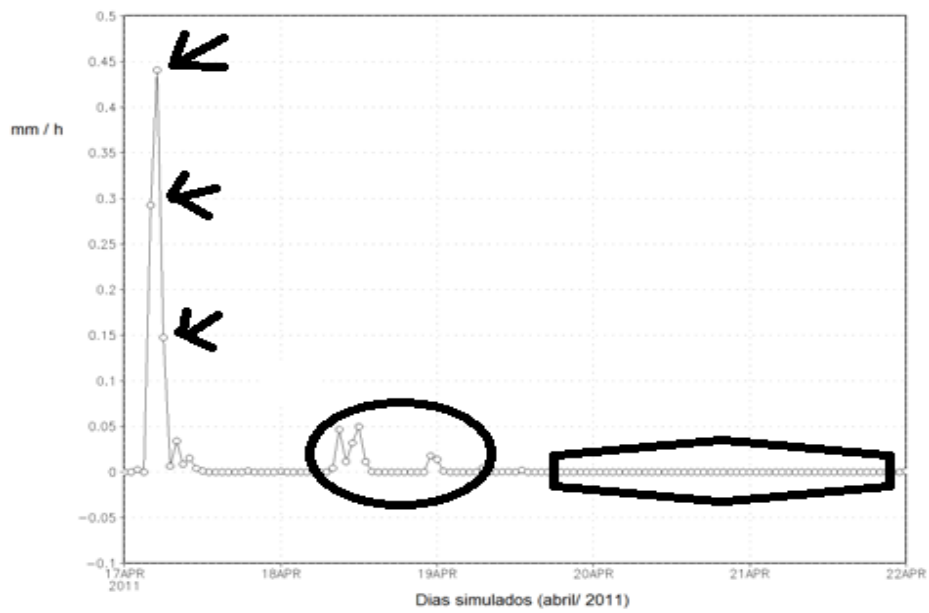
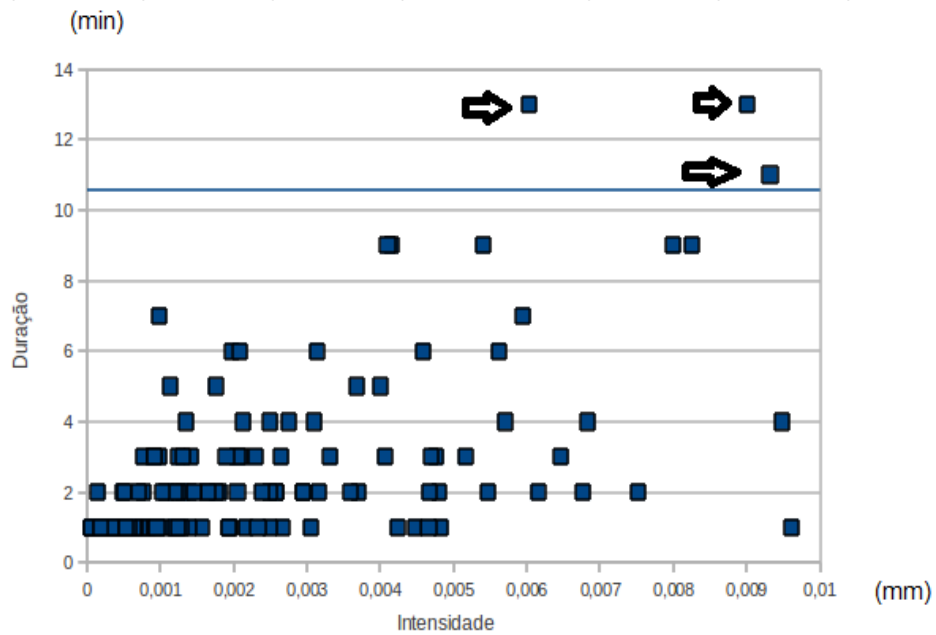


Figura 15 - Chuva total durante o mês de abril de 2011 fornecidas pelo disdrômetro.



Nos demais instantes o modelo não mostrou precipitação considerável a ponto de ser comparada, após a apresentação da evidência de brisas, com os resultados coletados pelo disdrômetro.

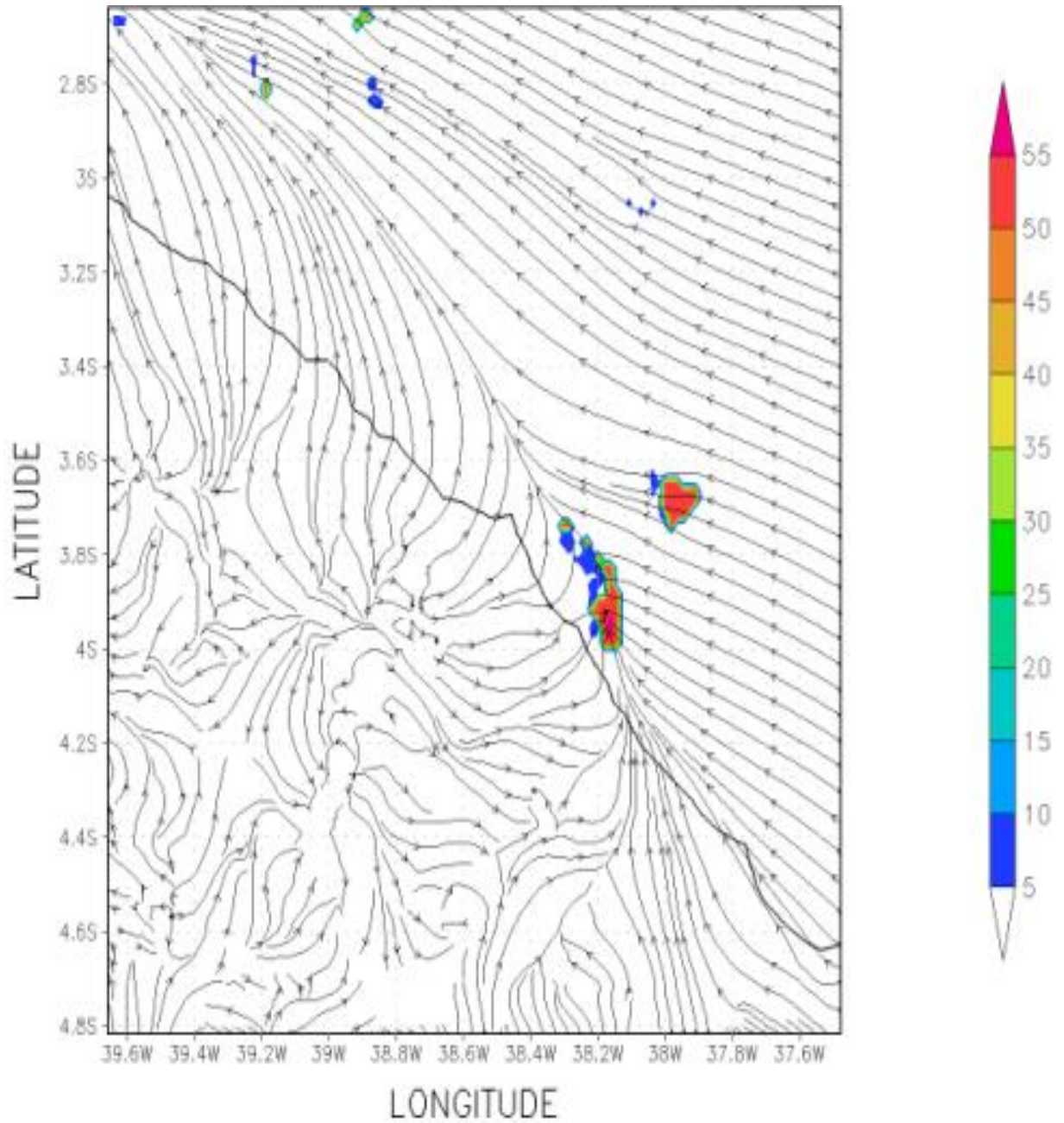
Os demais resultados correspondem à simulação numérica do vento visando caracterizar a ocorrência de brisa no mês de abril de 2011.

As simulações concordaram nos valores extremos, tanto de início como de final, com os observados. Mesmo apresentando diferenças nos valores intermediários, o modelo BRAMS foi satisfatório na previsão da precipitação com a grade centrada na Defesa Civil de Fortaleza.

Os próximos resultados a serem apresentados serão referentes à identificação das brisas marítima e terrestre. Com intuito de compreender os intervalos de tempo onde ocorre a terrestre e a marítima, bem como as partes do dia em que elas ocorrem; buscando também identificar imagens de frente de brisa.

Conforme as Figuras 16, 17, 18, 19 e 20 observa-se um direcionamento dos ventos que saem da cidade de Fortaleza em direção ao mar. Tal evento ocorreu, de acordo com a simulação, iniciando às 5 horas até as 10 horas UTC.

Figura 16 - Ocorrência de brisa terrestre em 18 de abril de 2011 *.



Uma nova ocorrência de brisa terrestre no dia 18 de abril. No entanto às 6 horas UTC. Este segundo evento é mais nítido entre as coordenadas: latitude 4.25 à 3.45 e longitude 39.6 W à 38.8 W.

A Figura 17 mostra a continuação do fenômeno iniciado às 5 horas UTC. Percebe-se uma continuação no processo de formação de brisa durante às 7 horas UTC do mesmo dia. Portanto esta não ocorre em curtos instantes de tempo, mas sim prevalecem ocorrendo por horas.

Figura 17 - Segunda hora de brisa terrestre em 18 de abril de 2011 *.

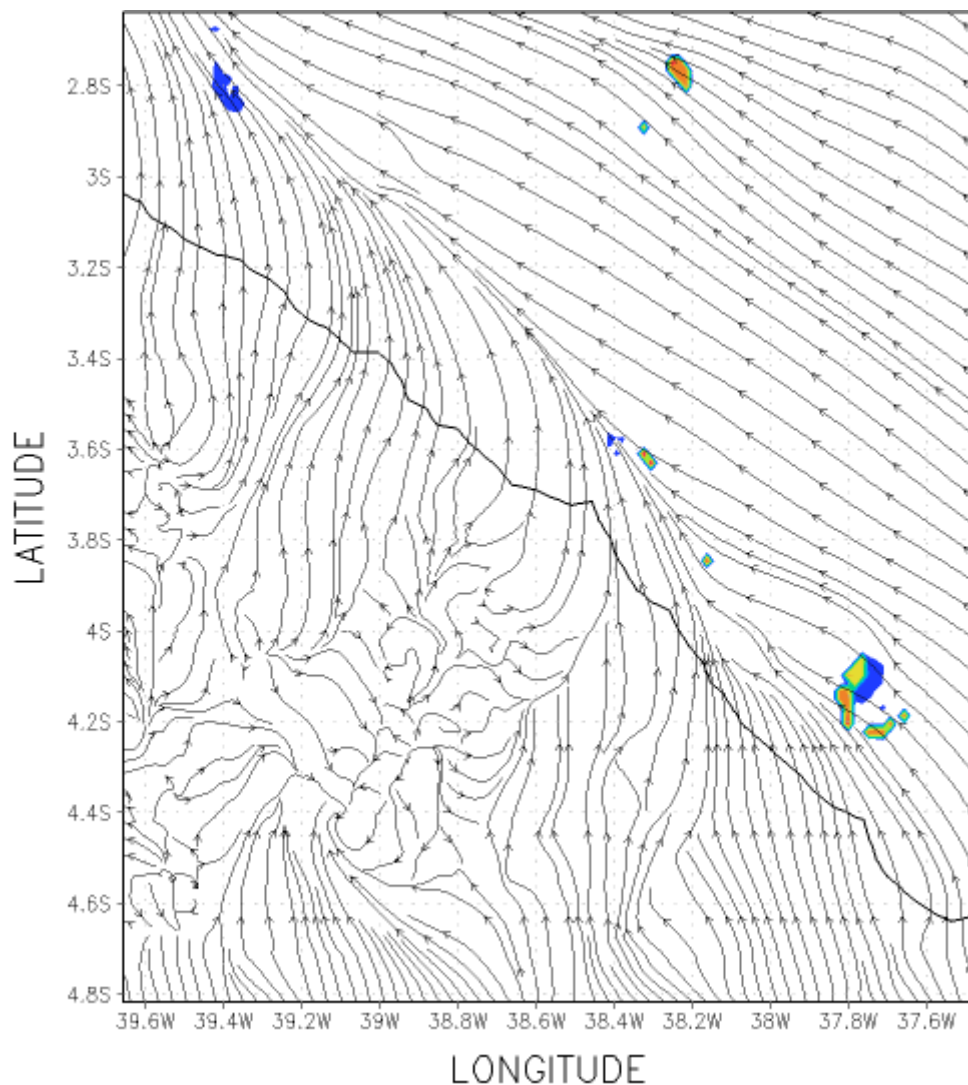


Figura 19 - Quarta hora de brisa terrestre continuando à 8 horas UTC *.

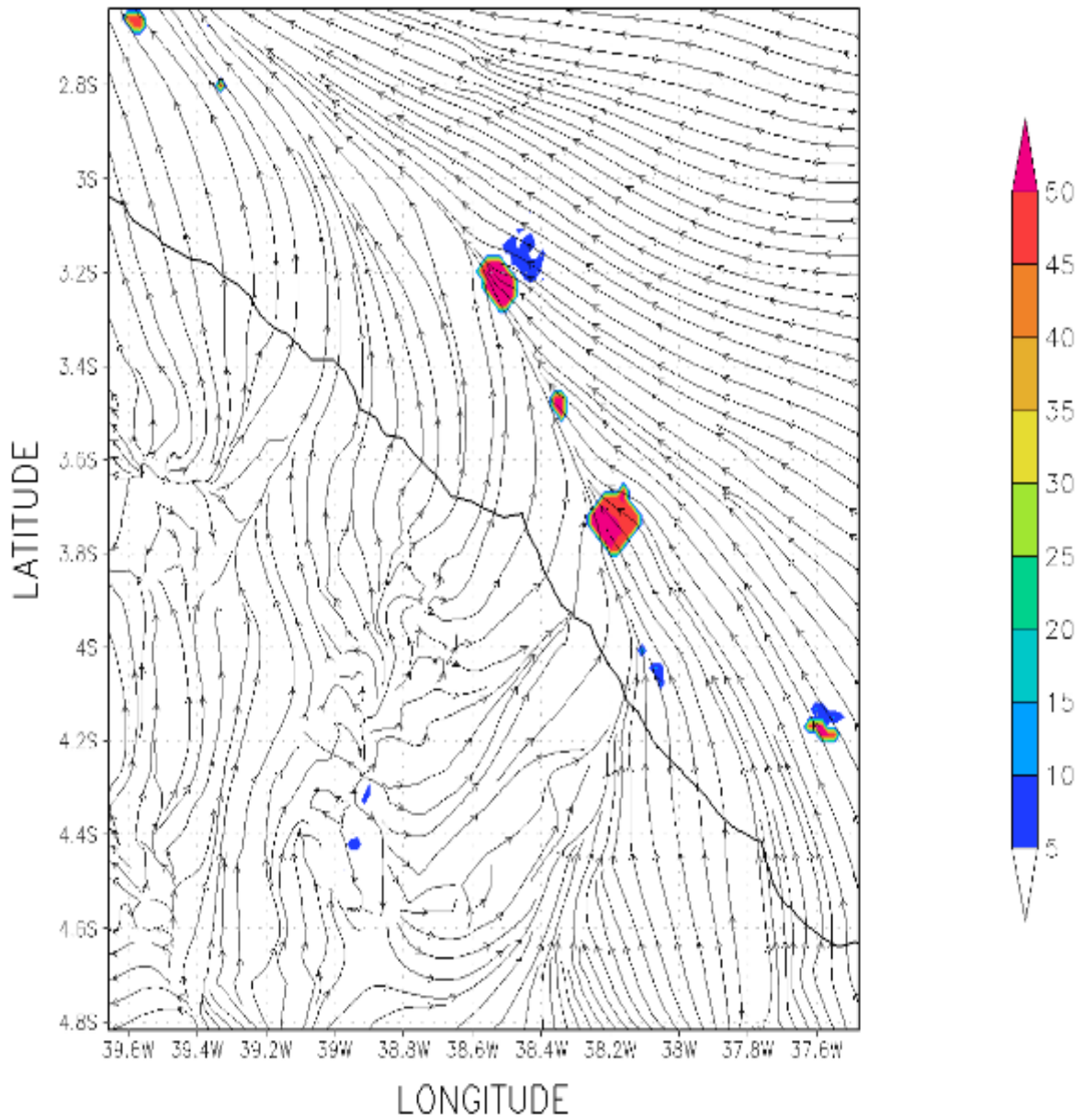
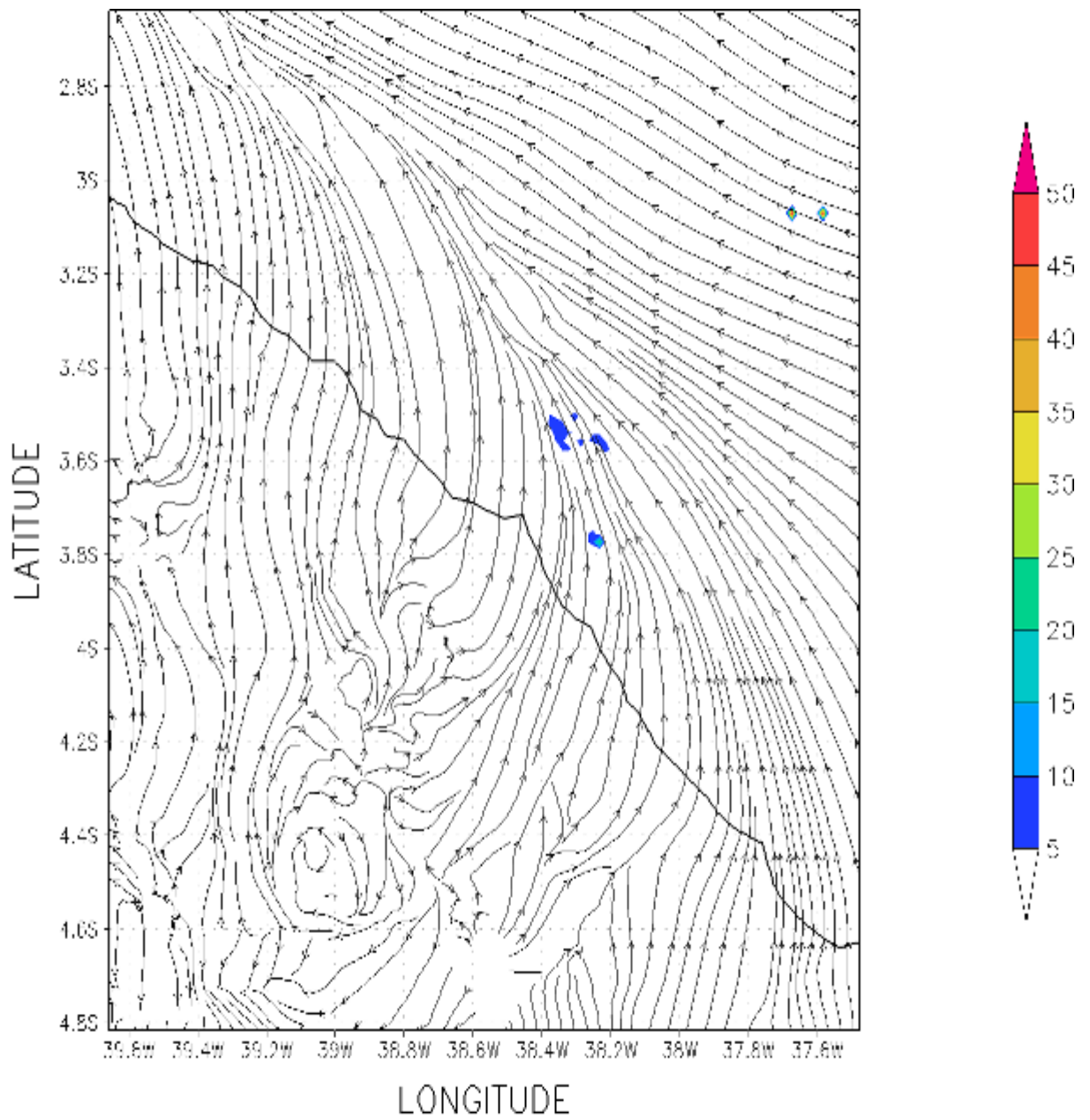
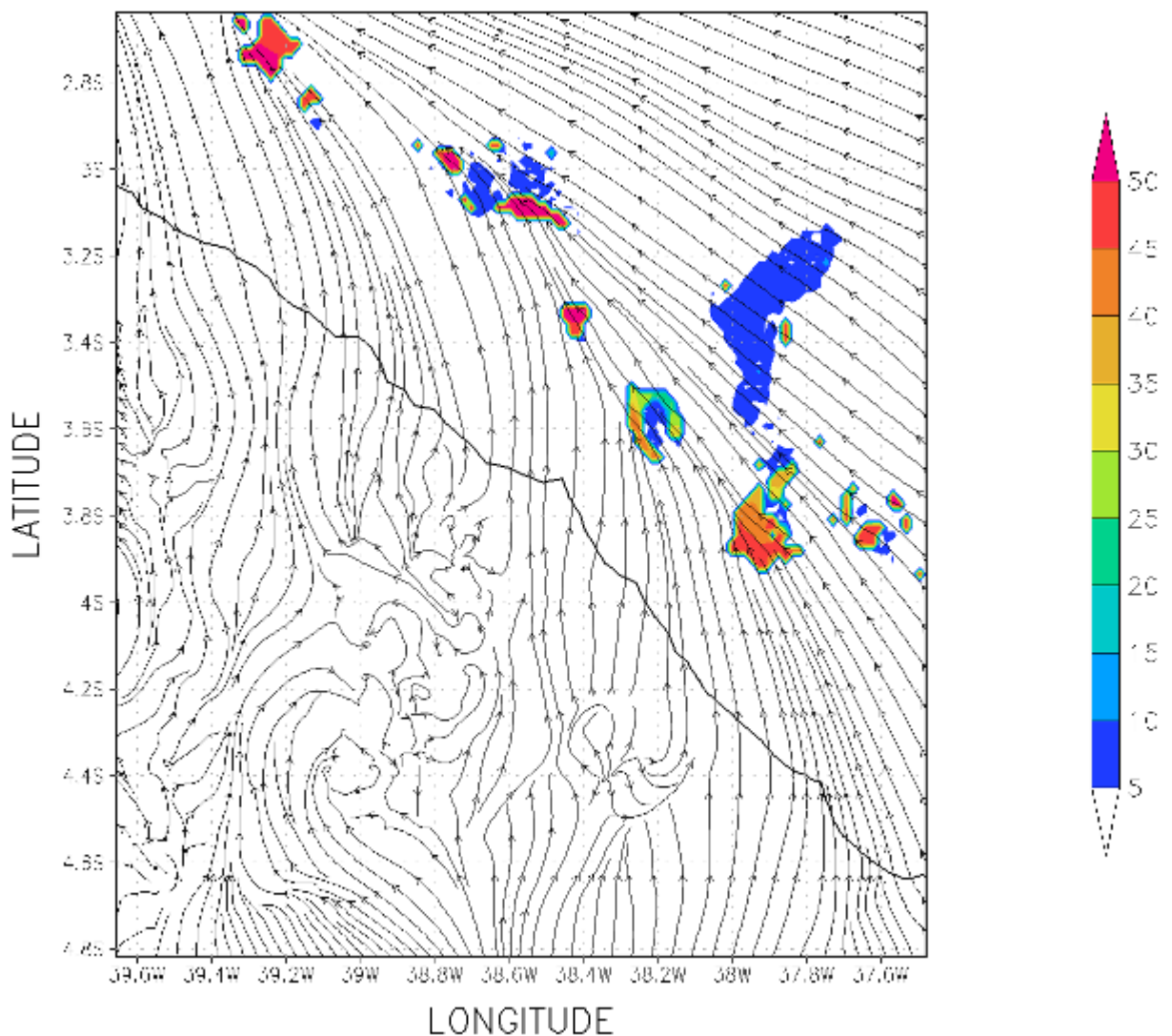


Figura 20 - Quinta hora de brisa terrestre às 9 horas UTC *.



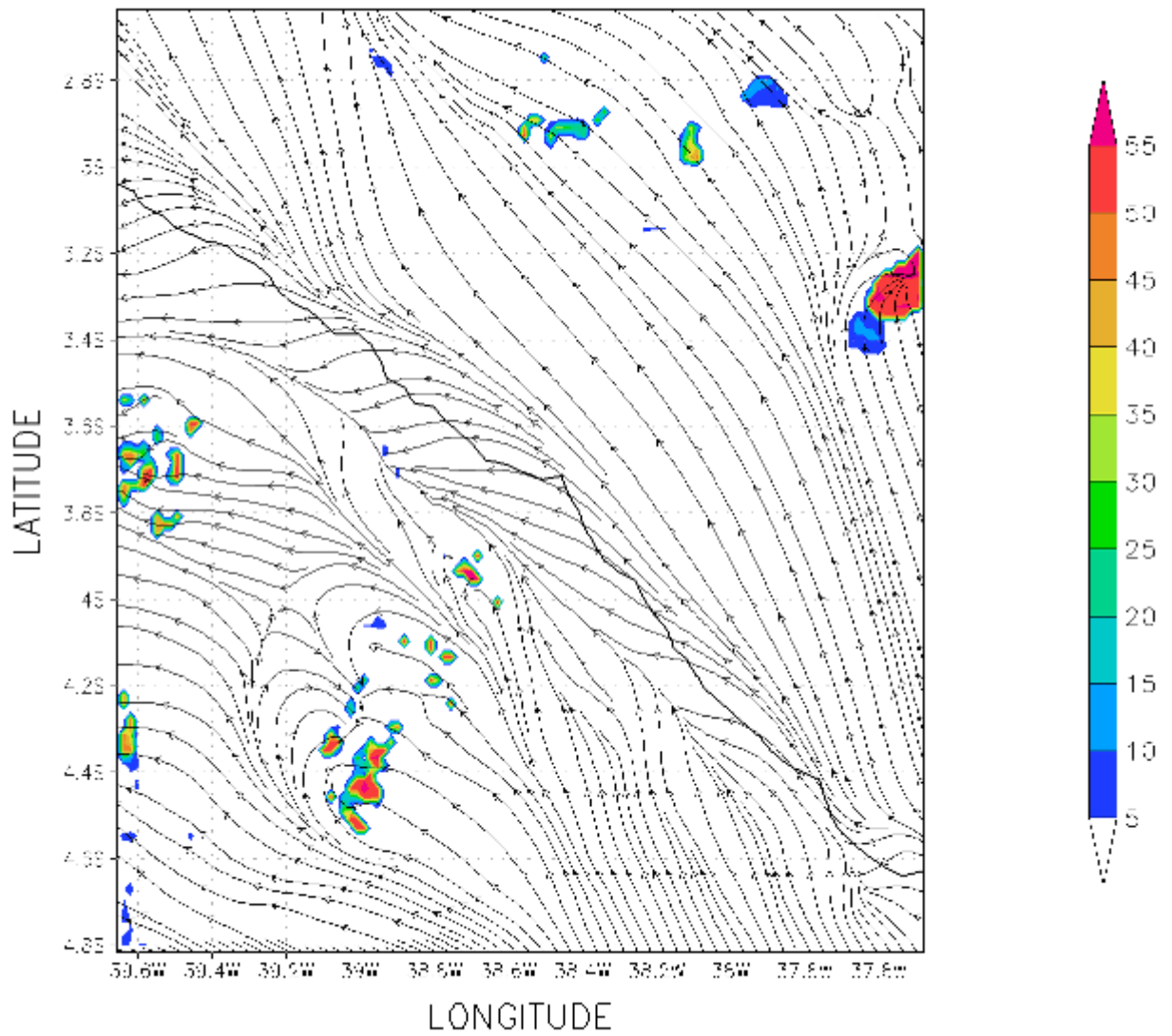
A Figura 21 mostra o fim da ocorrência da brisa fazendo um total de 5 horas de brisa terrestre.

Figura 21 - Última hora de ocorrência da brisa terrestre *.



As Figuras 22, 23, 24 e 25 mostram a ocorrência de brisa marítima na cidade de Fortaleza. Desde o início ao horário em que esta é mais intensa. O fenômeno ocorreu no dia 20 do mesmo mês.

Figura 22 - Início da formação de brisa marítima *.



A brisa marítima teve início às 14 horas UTC, conforme o modelo BRAMS.

Figura 23 - Brisa marítima na sua segunda hora de ocorrência *.

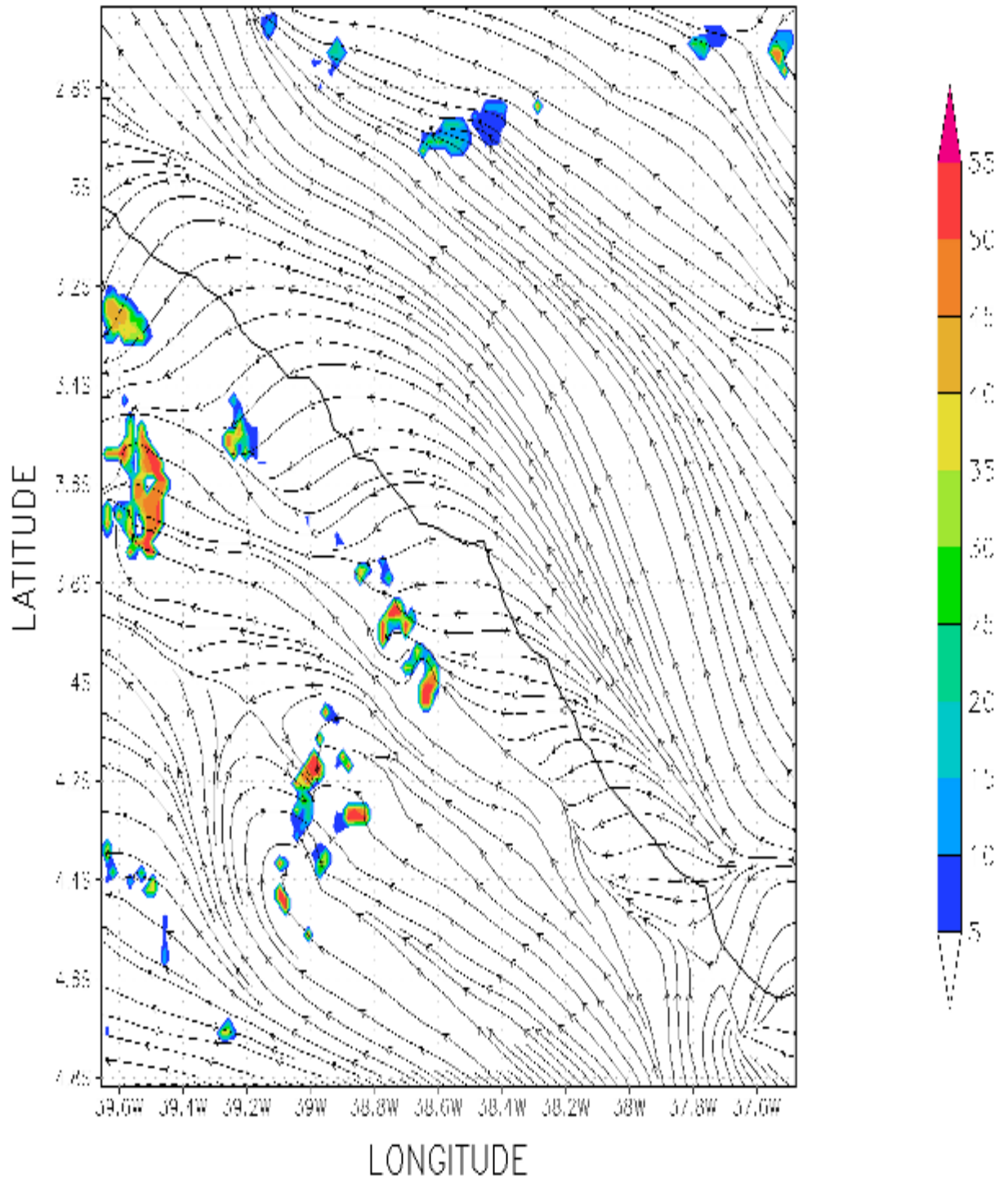
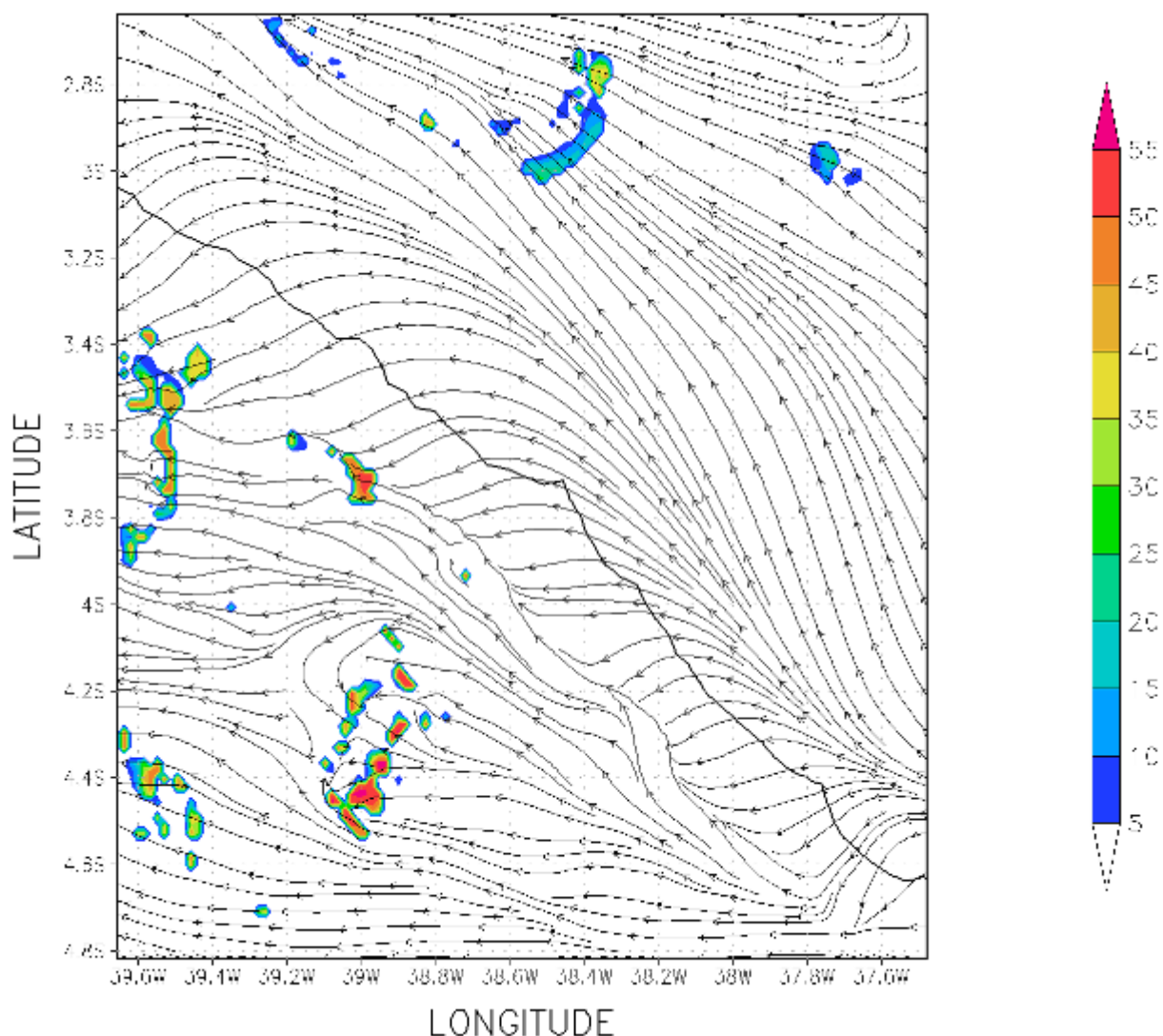


Figura 24 - Brisa marítima em 16 horas UTC *.



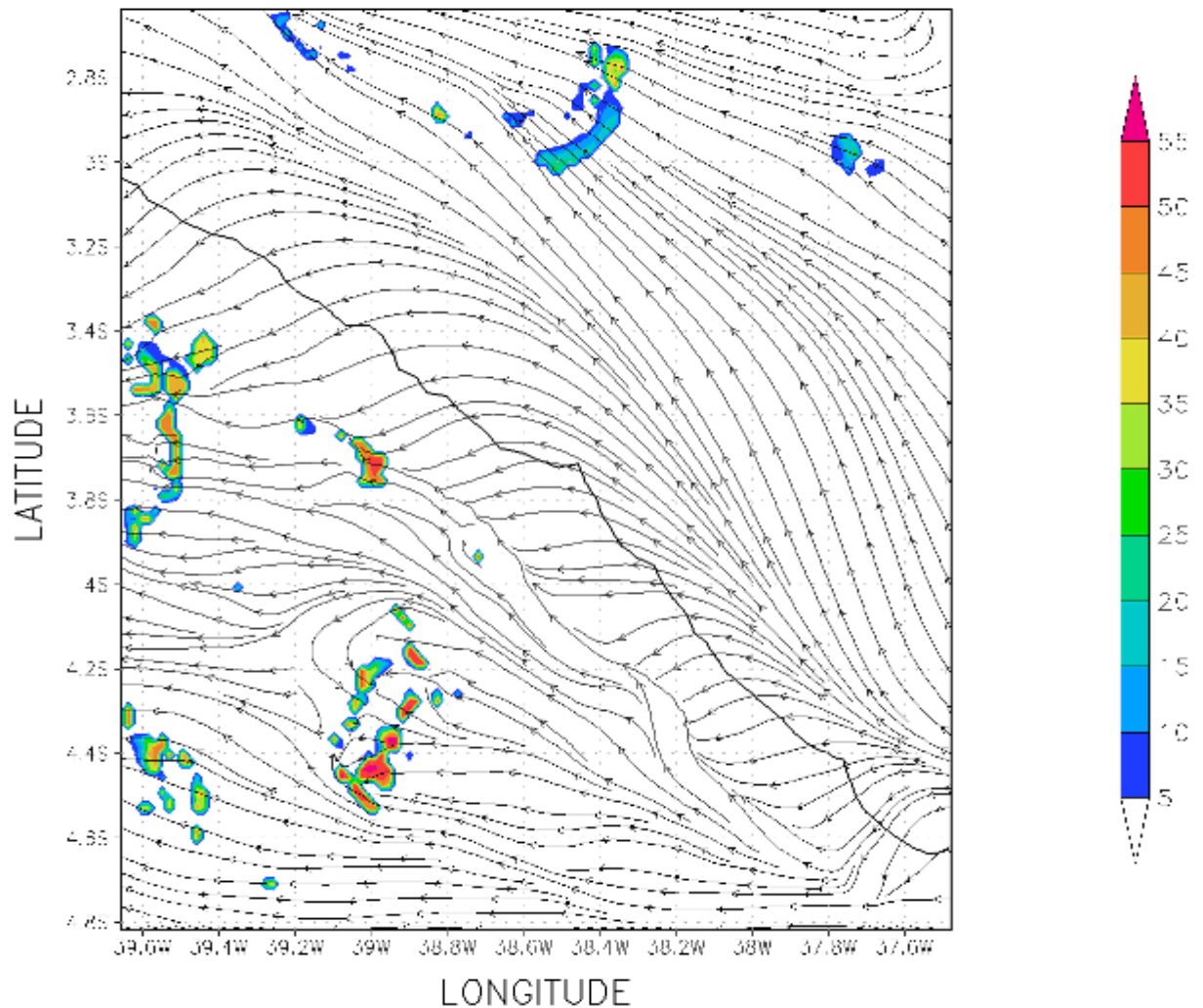
A Figura 25 mostra a continuação do fenômeno na cidade às 17 horas UTC; reforçando o que aconteceu na brisa terrestre: a brisa não ocorre em instantes curtos, mas sim permanece por várias horas no local.

A Figura 25 confirma a possibilidade de visualização de brisa e reforça a possibilidade de uso deste modelo para simulação de brisa. Este é a figura cuja visualização da brisa marítima é mais evidente. A direção do vento é modificada logo no início da orla marítima.

Nas figuras tanto de brisa terrestre quanto de marítima, é possível perceber que a terrestre ocorre no começo da tarde e a marítima durante a madrugada.

Na Figura 25 é possível perceber a brisa adentrando em todo o litoral caracterizando a frente de brisa.

Figura 25 - Última hora de ocorrência da brisa marítima às 17 horas UTC *.



5 CONCLUSÕES

De acordo com os resultados obtidos na caracterização da velocidade e direção do vento pela Plataforma de Coleta de Dados, os perfis indicados nos gráficos mostram a interação entre a circulação de brisa marítima-terrestre e os ventos alísios. Durante o dia os alísios se acoplarão com a brisa marítima,

intensificando a velocidade do vento e durante a noite, o acoplamento reduziria o mesmo, com predomínio das brisas, conforme se observa nos perfis de direção do vento.

O modelo BRAMS apresentou resultados próximos dos coletados pelo disdrômetro. Este segundo apresentou muitas ocorrências de chuva curta, ou seja, menor que 1 mm. Houve simulações que apontaram valores altos de precipitação: 0,4 mm / hora e 0,3 mm /hora. Estes valores concordam com as ocorrências de chuva com aproximadamente 70% das ocorrências, pois, ao converter estes valores para a unidade de milímetro por minuto (mm/ min), ambas as intensidades de precipitação seriam concordantes com os valores reais obtidos pelo disdrômetro.

A interpretação da inclinação do vento mostra que alguns momentos há picos de alta velocidade, concordando com o gráfico de velocidade do vento a partir do dia 17 de abril de 2011.

As condições iniciais de umidade do solo fornecidas pelo CPTEC utilizadas para configuração desta simulação proporcionaram resultados satisfatórios. Pois, tanto a brisa como a precipitação simuladas concordaram com os dados reais observados no disdrômetro e na Plataforma de Coleta de Dados (PCD) utilizados no Projeto CHUVA localizadas na Defesa Civil de Fortaleza.

As simulações também mostraram o intervalo horário de ocorrência das brisas: sendo 4 horas de duração da brisa terrestre e 3 horas de duração da brisa marítima.

REFERÊNCIAS

ABNT NBR 14724. **Norma Brasileira: Informação e documentação – Trabalhos Acadêmicos – Apresentação**. 3ª Ed. 2011. ISBN: 978-85-07
www.abnt.org.br, acesso em 24/12/2012.

ALMEIDA, G. P.; LEAL JUNIOR, J. B. V.; PELLEGRINI, C. C.; LYRA, R. F. F.; FISCH, G. F. **Ciência e Natura**. Suplementar. UFSM. 2011,267-269.

CAMELO, H. N. **Estudo Numérico do Vento Aracati para caracterização de seu potencial eólico**. 71f. Dissertação (Mestre em Ciências Físicas Aplicadas) - Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza, 2007.

CORREIA, M. F. **Impacto das ações antrópicas no clima do submédio do rio São Francisco: Um estudo numérico e observacional**. 181 f. Tese de Doutorado (Doutor em Ciências Atmosféricas) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.

FREITAS, E. D. **Circulações locais em São Paulo e sua influência sobre a dispersão de poluentes**. 176 f. Tese de Doutorado (Doutor em Ciências Atmosféricas) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

FREITAS, S.R. **Modelagem numérica do transporte e das emissões de gases traços e de aerossóis de queimadas no cerrado e floresta tropical**. Tese de Doutorado (Doutor em Física) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.

LINARD, F. J. A. **Estimativas da Velocidade do Vento em Altitude Usando o Software Windografer®**. 42 f. Monografia (Bacharelado em Física) — Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza, 2010.

MORAES, M. C. S.; TENORIO, R. S.; CERQUEIRA, R. C. C. M. **Análise de eventos de chuva na região leste do nordeste do Brasil durante janeiro de 2004 utilizando dados disdrométricos e informações de radar e satélite**. Congresso Brasileiro de Meteorologia, Fortaleza, Anais..., 2004.

SANTIN, M. M. **Operacionalização do modelo BRAMS aplicado à previsão do tempo, agricultura e pesquisa**. 39f. Dissertação (Mestre em Meteorologia) – Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, Outubro, 2006.

SANTOS, T. B. **Sistema de Monitoramento de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Paraíba do Sul – HIDROPAB**. 38f. Relatório Técnico (PIBIC/CNPQ/INPE) – Centro Universitário Salesiano de São Paulo, São Paulo, Julho, 2009.

SILVA, A.M. *et al*. **Trabalhos Científicos: organização, redação e apresentação**. 3ª Ed. Fortaleza- CE: UECE, 2007. ISBN: 85-87203-52-5

SILVA, C. M. S. **Simulação numérica do ciclo diário de precipitação sobre a bacia amazônica durante a estação chuvosa**. 181f. Tese de Doutorado (Doutor em Meteorologia) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, Agosto, 2009.

TEIXEIRA, R. F. B. O fenômeno da brisa e sua relação com a chuva sobre Fortaleza- CE. **Revista Brasileira de Meteorologia**. v.23, n.3, 282-291, 2008.

TOMAZIELLO, A. C. N. **Ciência e Natura**. Suplementar. UFSM. 2009, 241-244.

.
www.dca.fee.unicamp.br/projects/sapiens/Reports/ExplorAnot2/componentFramework.k.htm, acesso em 10/01/2012.