



UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS
INSTITUTO DE CIÊNCIAS ATMOSFÉRICAS
PROGRAMA DE PÓS – GRADUAÇÃO EM METEOROLOGIA

**ESPACIALIZAÇÃO DA TEMPERATURA MENSAL E ANUAL DO AR NO ESTADO
DE ALAGOAS BASEADO EM MODELO DETERMINÍSTICO GLOBAL**

PAULO JOSÉ DOS SANTOS

MACEIÓ – AL

Fevereiro / 2010

PAULO JOSÉ DOS SANTOS

**ESPACIALIZAÇÃO DA TEMPERATURA MENSAL E ANUAL DO AR NO ESTADO
DE ALAGOAS BASEADO EM MODELO DETERMINÍSTICO GLOBAL**

**Dissertação submetida ao corpo docente da
Coordenação do programa de Pós-Graduação em
meteorologia da Universidade Federal de Alagoas -
UFAL, como parte dos requisitos necessários para
a obtenção do grau de Mestre em meteorologia.**

Orientador: Prof. Dr. Manoel Ferreira do Nascimento

MACEIÓ – AL

Fevereiro / 2010

Catálogo na fonte
Universidade Federal de Alagoas
Biblioteca Central
Divisão de Tratamento Técnico
Bibliotecária Responsável: Helena Cristina Pimentel do Vale

S237e Santos, Paulo José dos.
Espacialização da temperatura mensal e anual do ar no estado de Alagoas baseado em modelo determinístico global / Paulo José dos Santos, 2010.
viii, 56 f. : il.

Orientador: Manoel Ferreira do Nascimento.
Dissertação (mestrado em Meteorologia : Processos de Superfície Terrestre) – Universidade Federal de Alagoas. Instituto de Ciências Atmosféricas. Maceió, 2010.

Bibliografia: f. 50-56.

1. Meteorologia – Modelos matemáticos. 2. Temperatura do ar. 3. Geoestatística. 4. Geoespacialização. I. Título.

CDU: 551.524



UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS
INSTITUTO DE CIÊNCIAS ATMOSFÉRICAS
COORDENAÇÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM METEOROLOGIA

CERTIFICADO DE APRESENTAÇÃO

N.º de ordem: MET-UFAL-MS-074.

*“ESPACILIZAÇÃO DA TEMPERATURA DO AR MENSAL E ANUAL NO ESTADO DE
ALAGOAS BASEADO EM MODELO DETERMINÍSTICO GLOBAL.”*

Paulo José dos Santos

Dissertação submetida ao colegiado do Curso de Pós-Graduação em Meteorologia da Universidade Federal de Alagoas - UFAL, como parte dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Meteorologia.

Aprovado pela Banca Examinadora composta por:

Prof. Dr. Manoel Ferreira do nascimento Filho
(Orientador)

Prof. Dr. Marcos Antônio Lima Moura
(Membro interno)

Prof. Dr. Gustavo Bastos Lyra
(Membro externo - UFRRJ)

Fevereiro/2010

AGRADECIMENTO

A Deus em primeiro lugar.

Ao Prof^o Dr. Manoel Ferreira do Nascimento a ao Prof^o Dr. Gustavo Bastos Lyra pela orientação, a banca examinadora Prof^o Dr. Marcos Antônio de Lima Moura pelas sugestões prestadas e incentivos até a conclusão deste trabalho.

A todo corpo docente do Instituto de Ciências Atmosféricas (ICAT/UFAL) e a todo corpo de professores que contribuíram para minha formação acadêmica pela Universidade Federal de Alagoas (UFAL).

A minha turma de mestrado e a todos os amigos da universidade.

A Fundação de Amparo e pesquisa de Alagoas (FAPEAL) pelo auxílio financeira, bolsa de mestrado.

A minha mãe que sempre me incentivou em todos momentos.

A todos que de maneira direta ou indireta contribuíram durante esse período.

RESUMO

A estimativa espaço-temporal da temperatura do ar fornece informações fundamentais a diversas áreas, visto que esse elemento meteorológico influencia diretamente diversos processos metabólicos e fisiológicos nos organismos vivos. Isto também inclui seus efeitos diretos sobre o clima, que por sua vez, intervém na agricultura quanto ao zoneamento agroclimático, definição de épocas de semeadura, projetos e manejo da irrigação, determinação de produtividade potencial, zoneamento de risco climático, crédito e seguro agrícola. Em virtude do reduzido número de estações meteorológicas e da escassa disponibilidade de longas séries de dados de temperatura do ar, surge a necessidade da aplicação cada vez maior da Geoestatística em modelos matemáticos e equações de regressão que permitem estimar a temperatura do ar. Portanto, este trabalho insere-se neste contexto, abordando a estimativa da temperatura do ar quanto à sua distribuição espacial e temporal, onde são revelados importantes padrões de sazonalidade. Foram calculadas as médias da temperatura do ar para as séries em cada mês e estação, a fim de expor a distinção entre as sazonalidades mensal e anual. Este roteiro está de acordo com a climatologia do NEB e do estado de Alagoas. As séries foram obtidas no banco de dados do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), Universidade Federal de Alagoas (UFAL) e Rede de Meteorologia do Comando da Aeronáutica (REDEMET), compreendidas em 27 estações meteorológicas convencionais, a maioria localizada em Alagoas e algumas em estados vizinhos. Estas séries contemplam um intervalo de dados entre 11 e 30 anos. No ajuste dos modelos de regressão utilizaram-se as séries de temperatura do ar média, máxima e mínima mensal e anual. Em seguida, foi feita a espacialização com auxílio de aplicativos, a fim de se gerarem os mapas de temperatura. O uso de modelos matemáticos e equações de regressão permitiram estimar a temperatura no estado de Alagoas satisfatoriamente. Os resultados apontaram a Geoestatística como uma ferramenta eficaz na análise temporal e espacial na medida dessa estimativa. As menores temperaturas (médias, máximas e mínimas) foram observadas no mês de julho em toda região de estudo e a máxima ocorreu no mês de janeiro. A inclusão da altitude nos modelos contribuiu para melhores resultados nas regiões mais altas do estado de Alagoas. A determinação da estimativa da temperatura do ar forneceu subsídios que facilitaram no zoneamento climático e agroclimático do estado.

Palavras-chave: Meteorologia – Modelos matemáticos; Temperatura do ar; Geoestatística;

Geoespacialização

ABSTRACT

The space-temporal estimative of air temperature provide information on several key areas, such as weather element influences in several metabolic and physiological processes in living organisms. This also includes their direct effects on the climate, that for her time, it intervenes in the agriculture as for the agroclimatic zoning, definition of sowing times, projects and handling of the irrigation, determination of potential productivity, zoning of climatic risk, credit and safe agricultural. Because of the small number of meteorological stations and of the scarce readiness of data, the need of the application appears every time larger of Geostatistic in mathematical models and regression equations that allow to esteem the temperature. Therefore, this work interferes in this context, approaching the estimate of the air temperature as for his space and temporary distribution, where important sazonality patterns are revealed. The averages of the air temperature were calculated for the series in every month and station, in order to expose the distinction among the monthly and annual sazonalities. This itinerary is in agreement with the climatology of NEB and of the Alagoas State. The series were obtained in the database of the National Institute of Meteorology (INMET), Federal University of Alagoas (UFAL) and Net of Meteorology of the Command of the Aeronautics (REDEMET), understood in 27 conventional meteorological stations, most located in Alagoas and some in neighboring states. These series are understood in an interval of data between 11 and 30 years. In the adjustment of the regression models the series of air temperaturer average, maxim and monthly and annual low were used. Soon afterwards, it was made the espacialização with aid of softwares, in order to if they generate the temperature maps. The use of mathematical models and regression equations allowed to esteem the temperature satisfactorily in the Alagoas State. The results pointed Geostatistic as an effective tool in the temporary and space analysis in the measure of that estimate. The smallest temperatures (averages, maxims and low) were observed in the month of July in every study area and the maxim happened in the month of January. The inclusion of the altitude in the models contributed to better results in the areas more discharges of the Alagoas State. The estimate determination of the air temperature supplied subsidies that facilitated in the climatic and agroclimatic zoning of the State.

Keywords: Air temperarture, Geostatistic, Mathematical models.

LISTA DE FIGURAS

		Página
FIGURA 01	Variação da temperatura sazonalmente espacialmente	05
FIGURA 02	Configuração das antenas a bordo do Endeavour para a missão SRTM.....	15
FIGURA 03	Configuração das antenas a bordo do Endeavour para a missão SRTM.....	15
FIGURA 04	Localização geográfica do Estado de Alagoas.....	17
FIGURA 05	Distribuição geográfica das regiões ambientais do estado de Alagoas.....	18
FIGURA 06	Classificação climática de Köppen.....	19
FIGURA 07	Variação espacial da altitude para o estado de Alagoas, baseada no modelo digitais de elevação SRTM re-amostrado para a resolução horizontal de 90 m.....	21
FIGURA 08	Estado de Alagoas com destaque para estações meteorológicas dos estados de Alagoas, Salvador, Sergipe e Pernambuco utilizadas no ajuste dos modelos de regressão.....	23
FIGURA 09	Distribuição da temperatura do ar média anual para o estado de Alagoas.....	34
FIGURA 10	Distribuição da temperatura do ar máxima anual para o estado de Alagoas.....	35
FIGURA 11	Distribuição da temperatura do ar mínima anual para o estado de Alagoas	36
FIGURA 12	Mapa de temperatura média mensal do ar (°C) para os meses de janeiro a abril no estado de Alagoas.....	38
FIGURA 13	Mapa de temperatura média mensal do ar (°C) para os meses de maio a agosto no estado de Alagoas.....	39
FIGURA 14	Mapa de temperatura média mensal do ar (°C) para os meses de setembro a dezembro no estado de Alagoas.....	40
FIGURA 15	Mapa de temperatura máxima mensal do ar (°C) para os meses de janeiro a abril no estado de Alagoas.....	43
FIGURA 16	Mapa de temperatura máxima mensal do ar (°C) para os meses de maio a agosto no estado de Alagoas.....	44
FIGURA 17	Mapa de temperatura máxima mensal do ar (°C) para os meses de setembro a dezembro no estado de Alagoas.....	45
FIGURA 18	Mapa de temperatura mínima mensal do ar (°C) para os meses de janeiro a abril no estado de Alagoas.....	47
FIGURA 19	Mapa de temperatura mínima mensal do ar (°C) para os meses de maio a agosto no estado de Alagoas.....	48
FIGURA 20	Mapa de temperatura mínima mensal do ar (°C) para os meses de setembro a dezembro no estado de Alagoas.....	49

LISTA DE TABELA

	Página
TABELA 01	Localização das estações meteorológicas..... 22
TABELA 02	Coeficientes da regressão linear múltipla ajustada à temperatura do ar média, mínima e máxima anual na região de estudo. Coeficiente de determinação (R^2) e erro padrão de estimativa da regressão (EPE, °C)..... 27
TABELA 03	Coeficientes da regressão linear múltipla ajustada a temperatura média mensal e anual do ar na região de estudo. Coeficientes de determinação (R^2) e erro padrão de estimativa da regressão (EPE, °C)..... 29
TABELA 04	Coeficientes da regressão linear múltipla ajustada a temperatura mínima mensal e anual do ar na região de estudo. Coeficientes de determinação (R^2) e erro padrão de estimativa da regressão (EPE, °C)..... 31
TABELA 04	Coeficientes da regressão linear múltipla ajustada a temperatura máxima mensal e anual do ar na região de estudo. Coeficientes de determinação (R^2) e erro padrão de estimativa da regressão (EPE, °C)..... 32

SUMÁRIO

Lista de Figuras.....	vi
Lista de Tabelas	vii
1.0- INTRODUÇÃO	01
2.0- REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	03
2.1- Temperatura do ar.....	03
2.1.1- Fatores que influenciam a variação sazonal e espacial da temperatura do ar.....	04
2.2- Sistemas Produtores de tempo no Leste do Nordeste brasileiro.....	06
2.2.1 - Vortices Ciclônicos de altos níveis (VCAN).....	07
2.2.2- POAS – Perturbações Ondulatorias dos Alísios.....	07
2.2.3- Brisas Marítimas e Terrestres	08
2.2.4- Sistemas Frontais(SF).....	09
2.3- Modelos Geoestatístico.....	09
2.3.1- Modelo Determinístico de Efeito Global.....	11
2.4- Modelos Digitais de Elevação(MDE's).....	12
2.4.1- <i>Shuttle Radar Topographic Mission - SRTM</i>	14
3.0- MATERIAL E MÉTODOS	17
3.1- Características da Área de Estudo	17
3.2- Séries Climáticas de Temperatura do Ar	21
3.3- Ajustes dos Modelo de Regressão Linear Múltipla.....	24
3.4- Espacialização da Temperatura do Ar	24
4.0- RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	26
4.1- Ajuste dos modelos	26
4.2- Variação temporal e espacial da temperatura do ar.....	33
5.0- CONCLUSÕES	50
6.0- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	51

1.0 INTRODUÇÃO

A temperatura do ar se destaca entre os elementos meteorológicos por seus efeitos diretos sobre diversos processos fisiológicos e metabólicos nos seres vivos, nas taxas de reações químicas e em processos físicos na atmosfera. Dessa forma, a temperatura do ar é essencial em diversas áreas do conhecimento, como por exemplo, na área agrícola, geociências, meio-ambiente, poluição atmosférica, entre outras. Na área agrícola, o estudo da temperatura do ar é importante para o zoneamento agroclimático, definição de épocas de semeadura, em projetos e no manejo da irrigação, determinação de produtividade potencial, zoneamento de risco climático e crédito e seguro agrícola (Filho et al., 2006).

As séries climáticas têm por objetivo identificar tendências climáticas de determinado local ou região. Normalmente, as observações dos elementos climáticos são pontuais, representativos de estações meteorológicas distantes entre si, que não permitem avaliar de maneira contínua no espaço as variáveis climáticas. Associado ao problema de análise espacial dos dados climáticos, o Estado de Alagoas conta com número limitado de estações com longas séries de temperatura do ar. Para suprir essa limitação, assim como, à necessidade de observações de vários anos para se obter valores médios representativos, esse elemento climático, pode ser estimado em função das coordenadas geográficas (latitude e longitude) e da altitude. Para isso utilizam-se modelos estatísticos e/ou matemáticos.

A interpolação se apresenta como um método de estimar uma variável para determinado local a partir de informações disponíveis em outras localidades ou baseado na sua tendência espacial de variação. A partir da interpolação pode-se obter a representação contínua de determinado atributo baseada em amostras, para um melhor ajuste de uma determinada superfície ou região estudada. Para a interpolação da temperatura do ar destacam-se os Modelos Determinísticos Globais (MDG). Esses modelos aproximam uma superfície de tendência a fatores responsáveis pela variação espacial do atributo em grande escala, e assim funcionam como interpolador espacial. No caso da temperatura do ar, normalmente ajusta-se um modelo de regressão múltipla entre a temperatura do ar e as coordenadas geográficas (latitude e longitude) e altitude.

Os MDGs como interpoladores de superfícies estão associados à Modelos Digitais de Elevação (MDEs), que representam as variações de elevação do terreno, ou seja usa um conjunto de amostras para interpolar cada ponto da grade. Em sua maioria o conjunto das amostras é grande e heterogêneo.

Portanto o objetivo desta pesquisa é estimar a variação espacial da temperatura do ar mensal/anual em Alagoas para suprir a carência de dados existentes em todo o Estado. Os objetivos específicos são ajustar um modelo determinístico global em função das coordenadas geográficas (latitude e longitude) e da altitude a temperatura do ar mensal e anual, testar o modelo proposto e elaborar os mapas dessa variável para o estado de Alagoas.

2.0 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Temperatura do Ar

A temperatura do ar é um dos principais elementos climáticos e influencia vários processos fisiológicos e metabólicos em plantas e animais, sendo de fundamental importância seu conhecimento para melhor aproveitamento e planejamento agrícola e ambiental, análise da adaptação das culturas em diferentes locais (MEDEIROS et al., 2005). A distribuição espacial da temperatura do ar é essencial no zoneamento ecológico e agroclimático, na análise de risco climático para as culturas, em estudos da classificação climática e de desertificação e seca de determinada região, no conforto térmico animal e vegetal, entre outros.

A classificação ecológica, com base em dados climáticos, para fins de planejamento do uso do solo em determinada região, requer a disponibilidade de dados espaciais em quantidade suficiente para caracterizar, satisfatoriamente, as condições climáticas (NETO et al., 2002).

O zoneamento agroclimático apresenta-se como ferramenta fundamental para o planejamento agrícola, sendo capaz de recomendar áreas prioritárias de plantio, além de direcionar políticas públicas com minimização dos riscos de perdas de produção na agricultura, por eventos climáticos extremos, baseado, entre outros elementos climáticos, na estimativa da distribuição espacial da temperatura do ar (GHERARDI et al., 2008). O zoneamento, nesse sentido, é fundamental para a tomada de decisão e planejamento do agronegócio, sendo eficaz para a análise das áreas aptas à atividade produtiva. Zoneamentos agroclimáticos podem indicar ainda épocas de semeadura, irrigação, determinação do potencial de rendimento, zoneamento de riscos climáticos, crédito e seguro agrícola (CARGNELUTTI FILHO et al., 2008).

A caracterização da temperatura média do ar é importante etapa do zoneamento agroclimático. Deve-se determinar sua tendência probabilística no espaço, para inferir sobre o parâmetro, em regiões desprovidas de estação meteorológica, e no tempo, para determinar sua variação ao longo do ciclo da cultura estudada.

O cálculo das unidades térmicas requer o conhecimento da temperatura do ar do local, assim seu uso, como no caso da radiação solar, também pode ser limitado pelo reduzido número e pela distribuição irregular das estações meteorológicas, principalmente, em regiões que apresentam relevo acidentado, pois a condição topográfica exerce influência marcante sobre esta variável meteorológica.

2.1.1 Fatores que influenciam a variação sazonal e espacial da temperatura do ar

O Sol é a principal fonte de energia para a Terra. Essa energia depois de atenuada, principalmente pelos gases componentes da atmosfera, chega à superfície terrestre, sendo denominada radiação solar global que pode ser medida ou estimada através de variáveis meteorológicas, geográficas e astronômicas (SACCO & ASSIS, 2004).

A Figura 1 apresenta todos fatores que influenciam na variação sazonal e espacial da temperatura. A densidade de fluxo da radiação solar que chega à superfície da terra não é constante. A distribuição da radiação solar depende da latitude, da época do ano e das condições atmosféricas. Com o aumento da latitude, a inclinação dos raios solares aumenta, maior a espessura da atmosfera a ser atravessada, mais extensa é a área pela qual se distribui a radiação, ou seja, cada unidade de superfície recebe quantidade de energia menor e vice-versa. Devido à forma esférica da terra, ligeiramente achatados nos pólos, os raios solares incidem com maior intensidade em locais próximos ao equador e decaem em direção aos pólos e assim, espera-se diminuição (aumento) da temperatura do ar com aumento (diminuição) da latitude.

As regiões tropicais são atingidas por três vezes mais radiação solar do que as regiões polares. Além disso, devido à distribuição da nebulosidade, as regiões equatoriais recebem somente mais que a metade da radiação solar do que a recebida pelos desertos quentes e secos da Terra. E nas latitudes médias nubladas a radiação solar recebida na superfície é somente um terço da que se encontra nos desertos (REIS, 2005).

A declinação solar, que é ângulo entre os raios solares e uma tangente à superfície no ponto de observação, é um dos principais fatores que determinam a quantidade de energia solar recebida (JÚNIOR et al., 2005). Quanto mais perpendiculares são os raios mais intensos se apresentam. Assim na linha do Equador, onde a latitude é zero, os raios são perpendiculares (maior altitude do Sol) e a insolação atinge seus níveis máximos; já nas regiões polares, ao contrário, onde os raios penetram inclinados, há maior dispersão da

energia pela superfície onde a mesma se distribui. Resumindo, a temperatura diminui do Equador para os Pólos, ou seja, quanto maior a latitude menor a temperatura (REIS, 2005).

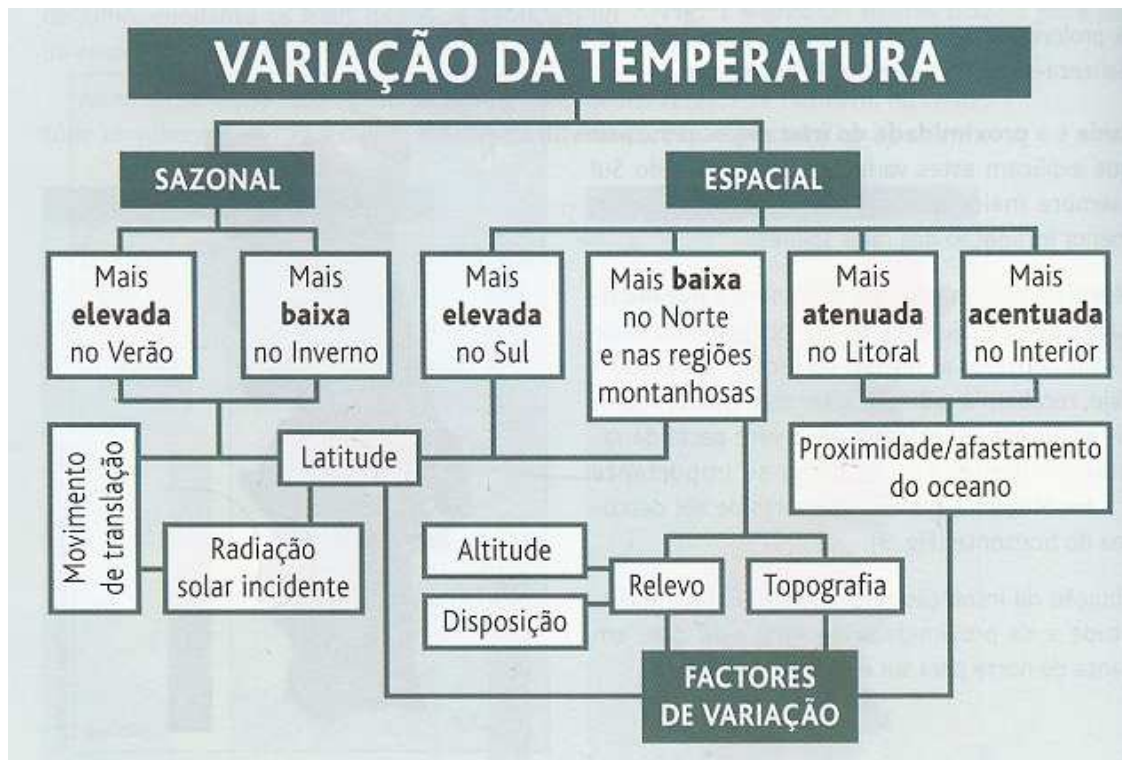


Figura 1: Variação da temperatura sazonalmente e espacialmente

Fonte: <http://acervodigital.esen.pt/conteudos/carolina/RadiacaoSolar2.pdf>.

A continentalidade é um conceito da geografia e é uma medida direta da distância de cada lugar ao ambiente costeiro. A temperatura do ar varia em função da continentalidade. Essa tem sobre a temperatura um efeito amenizador, não permitindo, nos lugares próximos ao oceano ou a extensos corpos de água, temperaturas elevadas no Verão e reduzidas no Inverno, como sucede nos lugares situados no interior. Ou seja, à medida que se afasta do litoral para o interior do continente, as amplitudes térmicas anuais aumentam. Quanto maior a distância da superfície do mar, maior o efeito da continentalidade. Isso ocorre porque a água possui capacidade maior que o continente de armazenar calor, pois seu calor específico é quase o dobro em relação ao solo, assim, as taxas de aquecimento da temperatura do ar durante o dia são menores, enquanto, à noite a taxa de resfriamento é menor (TUBELIS, 1987). Em diversas regiões, o efeito da continentalidade na temperatura do ar pode ser representado pela

longitude, visto que as costas de diversas localidades estão distribuídas paralelas aos meridianos.

A influência da altitude na temperatura do ar resulta em gradiente vertical da temperatura com a elevação de aproximadamente $1^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ para uma parcela do ar seco (gradiente adiabático do ar seco). Esse gradiente ocorre porque uma massa de ar seco em ascensão está sujeita a uma pressão cada vez menor, aumentando o seu volume e diminuindo a temperatura. O gradiente térmico depende da saturação do ar, normalmente, o decréscimo da temperatura média com a altitude se situa em torno de 1°C a cada 180 metros para o ar úmido (DURY, 1972). No Paraná, Maack (1981) cita a alteração de $0,5^{\circ}\text{C}$ para cada 100 metros e, como um dado mais geral, Lometto (1981) cita a alteração de $0,6^{\circ}\text{C}$ para cada 100 m de altitude. Nos trópicos, as grandes diferenças de temperatura em pequenas distâncias são principalmente decorrentes dos efeitos da variação da altitude e nebulosidade e não da latitude, podendo haver também grandes diferenças nas condições de temperatura entre os locais a barlavento e os situados a sotavento de uma montanha (FRITZSONS et. al., 2008).

2.2 Sistemas produtores de tempo no Leste do Nordeste Brasileiro

O Leste do Nordeste Brasileiro compreende a parte litorânea dos Estados do Rio Grande do Norte até o sul da Bahia, onde se localiza a maior parte do Estado de Alagoas. A região apresenta clima tropical úmido, sendo considerada a mais úmida do Nordeste Brasileiro.

Para melhor discussão, os sistemas produtores de tempo, foram divididos em escalas espaciais de atuação: Planetária $> 10.000\text{ km}$, global $> 1.000\text{ km}$, meso $\sim 190 - 1.000\text{ km}$ e micro $< 10\text{ km}$. No lesto do Nordeste, em escala global ($> 1000\text{ km}$), destacam-se os sistemas frontais (SF) ou seus restos e a zona de convergência intertropical (ZCIT). Na mesoescala (10 a 1000 km), os sistemas produtores de tempo são as perturbações ondulatórias dos alísios (POAS), os complexos convectivos de mesoescala (CCM), vórtices ciclônicos de altos níveis (VCAN) e as brisas marinhas e terrestres (SANTOS, 2009). Em microescala ($< 10\text{ km}$), as chuvas são produzidas pelas pequenas células convectivas e por convecção forçada produzida pelo efeito orográfico local. Os sistemas de escala global são responsáveis por grande parte das precipitações, enquanto os demais são apenas complementos (MOLION e BERNARDO 2002).

Os principais sistemas produtores de tempo que atuam no leste do NE (VCAN, Sistemas Frontais, POAS, Brisa Marítima e Terrestre) têm influência direta sobre a temperatura do ar, devido a sua atuação em determinada época do ano e sua permanência sobre determinada região.

2.2.1 Vórtices ciclônicos de altos níveis (VCAN)

O Vórtice Ciclônico em Altos Níveis (VCAN) é um sistema de escala sinótica, caracterizado por um sistema de baixa pressão que se forma na alta troposfera e, pode estender-se até a média troposfera dependendo da instabilidade da atmosfera. Este sistema possui circulação ciclônica fechada com centro mais frio que sua periferia (MORAES, 2003).

Silva et al (1990) estudando a ocorrência do VCAN no NEB, identificaram que existe forte correlação entre a advecção de temperatura e o desenvolvimento do vórtice, com a advecção do ar frio contribuindo para intensificar o sistema. Com a intensificação do sistema isso ocorre diminuição na temperatura na área de atuação do VCAN.

Os VCAN influenciam diretamente na temperatura média do ar de acordo com seu deslocamento e posição do seu centro e da periferia. De janeiro a março, se o centro do VCAN estiver localizado sobre o Estado, a tendência é de diminuição da temperatura do ar. Sua periferia esquerda é mais fria e apresenta maior nebulosidade, o que ameniza a temperatura. No mesmo período sem VCAN, o padrão é de aumento da temperatura do ar e menor nebulosidade sobre o Estado.

2.2.2 POAS - Perturbações Ondulatória nos Alísios

São sistemas que também são responsáveis pelas chuvas na Costa Leste do Nordeste Brasileiro, e ocorrem com maior frequência durante a estação chuvosa, entre os meses de abril e agosto. Geralmente estão associados a sistemas convectivos responsáveis por grande taxa de chuva sobre a costa Leste do NEB.

Esses sistemas penetram no NE aumentando a nebulosidade, diminuindo a incidência de radiação sobre a superfície e conseqüentemente, resultam em diminuição da temperatura do ar. As POA'S coincidem com o período chuvoso no Estado.

2.2.3 Brisas Marítima e Terrestre

Os sistemas de brisas Marítima/Terrestre são um tipo de circulação de meso-escala na região litorânea, causadas pelo contraste térmico entre o oceano e o continente. Durante o dia, a superfície do continente se aquece mais rapidamente que a do oceano adjacente. Como conseqüência, surge uma faixa de pressão mais baixa, que propicia o desenvolvimento de correntes convectivas ascendentes sobre o continente, as quais geram nuvens convectivas.

As massas de ar das brisas terrestres apresentam características termodinâmicas distintas das associadas aos Alísios, isto é, a temperatura da brisa terrestre está entre 21 e 24 °C (Molion e Bernardo, 2002). Essa brisa faz a manutenção local da temperatura do ar. As brisas são comumente observadas em regiões litorâneas, porém vários estudos (OOKOUCHI, 1984; SOUZA, 1999) mostram situações em que o fluxo de calor sensível, quando alterado, pode produzir gradientes horizontais térmicos visíveis na baixa troposfera.

Os máximos de precipitação ao longo da costa leste do NEB, que ocorrem em maio/junho, são induzidos pelas brisas marítimas. As brisas marítimas são importantes no transporte de umidade no continente adentro. Na costa leste do NEB, o fluxo médio e a influência das brisas marítimas e terrestres acontece de modo tão intenso que a precipitação apresenta máximo à noite ao longo da costa e máxima diária no interior da região a aproximadamente 300 km da costa (FIGUEIREDO, 2002). Wexler (1946) mostrou valores de 1 a 2 km de profundidade para as brisas tropicais, que são, em geral, mais profundas que as de latitudes médias. Quanto a sua extensão, em médias latitudes, as brisas marítimas tendem a penetrar 20-50 km em direção ao interior.

2.2.4 Sistemas frontais (SF)

O movimento, de duas massas de ar com diferentes características de temperatura, pressão e umidade, encontram-se, dando origem ao chamado sistema frontal, que é composto, de um modo geral, por uma frente fria, a força motriz do sistema, e uma frente quente que a antecede (MORAES, 2003). Os sistemas frontais são mecanismos responsáveis pela produção de precipitação nas latitudes médias e subtropicais, entretanto, eles exercem influências na indução de chuvas na costa leste da região do NEB (KOUSKY, 1979).

A faixa onde o ar mais frio e denso encontra a massa de ar quente e menos denso, empurrando-a em forma de cunha e, força-o a subir, designa-se por frente fria. A faixa onde a massa de ar quente volta a ter contacto com ar mais frio e denso, sendo assim forçado a subir também em forma de cunha, designa-se por frente quente (MORAES, 2003). O aparecimento de sistemas frontais nas latitudes equatoriais produz redução da pressão atmosférica nesta região e, desta forma, favorece ao deslocamento da ZCIT mais para o sul (FIGUEIREDO, 2002).

2.3 – Modelos Geoestatístico

A geoestatística é definida como um conjunto de técnicas que estima valores regionalizados e espacializados de variáveis ou elementos de determinada área. Essas técnicas permitem a análise espacial e/ou temporal de dados correlacionados. A geoestatística também define um conjunto de procedimentos matemáticos que permitem que se defina e represente relacionamentos espaciais existentes. O principal objetivo da geoestatística é modelar variações espaciais contínuas, assumindo uma estrutura de correlação espacial da variável analisada (DIGGLE e RIBEIRO, 2000). OLEA (1996) define a geoestatística como o “estudo de fenômenos que variam no espaço”. Segundo CRESSIE (1993) a Geoestatística tem suas origens em problemas ligados à estimativa de reservas minerais e posteriormente se tornou independente das correntes principais da estatística espacial.

Para se observar as variações espaciais de um fenômeno natural é necessária a construção de um modelo matemático capaz de descrevê-lo, sendo que o mesmo deve ter capacidade de interpretar o fenômeno em forma de função numérica (MATTHERON, 1970).

O variograma é uma das principais ferramentas da geoestatística. O variograma permite, através de técnicas simples, definir um modelo matemático estrutural de correlação espacial de determinada variável (WANDERLEY, 2010).

Alguns fenômenos que ocorrem na natureza podem ser representados por modelos matemáticos e estatísticos (RAMOS et al., 2009). Para análise e interpretação de dados climáticos, entre outros, são aplicadas técnicas estatísticas e geoestatísticas, que tem como principal função a análise da distribuição espacial e/ou temporal das observações. A principal vantagem da utilização da geoestatística é definir a dependência espacial e/ou temporal de uma variável e assim otimizar, por exemplo, o processo de amostragem.

Dependendo da localização das amostras existe influência de uma sobre a outra, em função da distância e do campo entre elas através de variograma. A Krigagem Ordinária e Universal são técnicas geoestatísticas de interpolação que se baseiam na associação entre amostras vizinhas para com eficiência valores que se baseiam em locais não amostrados (MELEM & PADOVANNI, 2003). As observações amostrais são descritas mais comumente pelos seus valores. Com a geoestatística essas amostras não são descritas apenas pelos seus valores, como também pela sua posição do sistema de coordenadas $z(u_a)$ onde $u_a=(x_a,y_a)$, $a=1,\dots,n$, identificam as posições das amostras de campo, possibilitando observar a dependência espacial entre as amostras vizinhas.

As amostras obtidas a partir de levantamentos de campo são valores representativos do fenômeno estudado. O fenômeno estudado de forma realista para se gerar superfícies é necessário modelar sua variabilidade espacial. Esse enfoque, entretanto, não é único (CÂMARA, 2001).

Assim, podem-se tomar três grandes abordagens:

- **Modelos determinísticos de efeitos locais:** cada ponto da superfície é estimado apenas a partir da interpolação das amostras mais próximas, utilizando funções como inverso do quadrado da distância e o vizinho mais próximo. A suposição implícita é que predominam os efeitos puramente locais. Neste caso, não é feita qualquer hipótese estatística sobre a variabilidade espacial. Aplicados normalmente para a interpolação espacial da precipitação pluvial.

- **Modelos determinísticos de efeitos globais:** a suposição implícita nesta classe de interpoladores é que, para a caracterização do fenômeno em estudo, predomina a variação em larga escala, e que a variabilidade local não é relevante. Este é caso do interpoladores por superfícies de tendência. Esses modelos apresentam resultados satisfatórios na estimativa da temperatura do ar.
- **Modelos estatísticos de efeitos locais e globais (krigagem):** cada ponto da superfície é estimado apenas a partir da interpolação das amostras mais próximas, utilizando um estimador estatístico.

2.3.1 Modelo Determinístico Efeito Global

Através do ajuste polinomial de dados, uma superfície pode ser aproximada por um processo de regressão linear ou não-linear múltipla entre os valores atribuídos e sua posição geográfica (CÂMARA, 2001). A função polinomial é usada para encontrar os valores estimados em todas as localizações de uma grade que se aproxime a superfície. As superfícies de tendência além de servirem como interpoladores determinísticos globais, buscam também modelar a variação espacial em larga escala através de uma regressão linear múltipla. O resultado entre as superfícies de tendência e a regressão é uma função polinomial, no qual o valor é expresso em duas ou três dimensões nas escalas geográficas, isso é visto pelas equações lineares do tipo:

$$z = \alpha_1 + \alpha_2x + \alpha_3y \quad (1)$$

ou equações quadráticas:

$$w = \alpha_1 + \alpha_2x + \alpha_3y + \alpha_4xy + \alpha_5x^2 + \alpha_6y^2 \quad (2)$$

Um típico exemplo de aplicação das superfícies de tendência é estimar a distribuição de temperatura do ar baseada na latitude, longitude e altitude. CÂMARA (2001) apresenta um caso, no qual o objetivo foi estimar a distribuição de temperatura para o estado de Santa Catarina em intervalos de 10 dias (decêndios). Foram coletados dados de temperatura média diária e precipitação diária de 27 estações meteorológicas monitoradas pela Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina S. A. (EPAGRI), com uma série histórica de aproximadamente cinco anos. A média decendial foi calculada usando-se dados diários. A média desses dados das 27 estações foi utilizada no cálculo de superfícies de tendência a partir da equação:

$$Z(x,y,z) = \alpha_1x + \alpha_2y + \alpha_3h + \alpha_4 \quad (3)$$

Em que, z é a temperatura calculada a partir da longitude (x), latitude (y) e altitude (h).

2.4 – Modelos Digitais de Elevação – MDEs

A geração de Modelos Digitais de Elevação (MDE) é prática recente dentro das geotecnologias. Os primeiros modelos foram gerados a partir da digitalização de dados topográficos coletados em campo. Esta é método ainda corrente de se gerar os MDE, mas que, pela lentidão do processo e pelo seu alto custo, vem sendo substituída por métodos mais rápidos e automatizados (MELGAÇO et al., 2005).

Modelos Digitais de Elevação representam importante fonte de dados sobre as características fisiográficas do terreno (naturais ou induzidas pelo homem), e suas aplicações abrangem diversos tipos de estudos e áreas do conhecimento. Variáveis geomorfométricas, por exemplo, geradas a partir de MDE são utilizadas em modelagens hidrológicas, geomorfológicas, geofísicas e de desastres naturais (PIKE, 2000).

O MDE é definido como qualquer representação digital de uma variação contínua do relevo no espaço (BURROUGH,1986). Existem várias aplicações para os MDE, dentre estas se destacam, o cálculo de volumes, a construção de perfis e seções transversais, a geração de

imagens sombreadas ou em níveis de cinza, mapas de declividade e orientação (aspecto), perspectivas tridimensionais, e o cálculo de áreas e distâncias em superfície real. Entretanto, vale ressaltar que existem diferentes métodos de geração de MDE, os quais podem ser construídos, basicamente, através de grades regulares retangulares (GRID) ou redes irregulares triangulares (TIN), com a utilização de diferentes algoritmos de interpolação. A escolha do melhor modelo depende diretamente da intenção de uso, do tipo de terreno que se queira representar e da disponibilidade dos dados de entrada. A literatura apresenta alguns trabalhos que testaram o melhor modelo para a confecção de MDE, entretanto, não há nenhum consenso definitivo sobre este assunto. Neste sentido, contribuir nesta discussão de melhor modelo de grade e de algoritmo para a construção de um MDE em áreas de relevo acidentado, onde as diferenças de observações em superfície real e planimétrica são mais significativas.

Os modelos digitais de elevação (MDEs) são, em geral, dados por grades retangulares matriciais – nas quais, para cada pixel tem-se um valor numérico associado à elevação correspondente – ou grades triangulares vetoriais – nas quais os valores são associados aos vértices. O formato de grade retangular é mais utilizado pelo fato de sua estrutura apresentar maior compatibilidade com as ferramentas de processamento digital de imagem. A estrutura computacional desse tipo de grade é a mesma de imagens digitais, diferenciando-se pelo fato das informações armazenadas nos pixels não serem associadas à radiação eletromagnética visível, mas sim a ondas de Radar (frequência de micro-ondas ativas) correspondentes a valores altimétricos, quando obtidos por interferometria (CHEREM, 2008).

Os MDEs podem ser também gerados a partir da interpolação de curvas de nível de cartas topográficas, (JARVIS et al., 2004). O tamanho da área representada por cada célula da grade (pixel) corresponde à resolução espacial da imagem e, intrinsecamente, define a escala de trabalho (MENEZES & COELHO NETO, 2003).

Para que um MDE tenha consistência geomorfológica e hidrológica, a imagem matricial deve representar fidedignamente as feições geomorfológicas, como divisores de bacia, talvegues e elementos côncavos e convexos (ARAÚJO, 2006).

Na estimativa da temperatura do ar mínima do estado de Alagoas por modelos determinísticos globais associados a modelos de elevação, Santos et al. (2008) observaram resultados superiores das estimativas quando aplicado o MDE SRTM re-amostrado para 900 m, em relação ao GTOPO 30, com resolução de aproximadamente 900 m.

2.4.1 – *Shuttle Radar Topographic Mission - SRTM*

Um desses métodos para o levantamento de MDE é a interferometria por radar. Esta é uma técnica de imageamento ativa, em que o radar emite o sinal através de uma antena central e registram as características do retorno deste sinal através de duas outras antenas alocadas a distância uma da outra. Através da comparação dos dois sinais pode-se criar o modelo de elevação. A NASA (*National Aeronautics and Space Administration*), juntamente com a NIMA (*National Imagery and Mapping Agency*), a DLR (*Agência Espacial Alemã*) e a ASI (*Agência Espacial Italiana*) lançaram a missão SRTM (*Shuttle Radar Topographic Mission*) com o objetivo de gerar um Modelo Digital de Elevação (MDE) da Terra usando a interferometria. (MELGAÇO et al., 2005).

O objetivo da missão SRTM foi realizar o levantamento altimétrico da superfície terrestre continental entre os paralelos 60° Norte e 58° Sul. Durante o período da missão, efetuaram-se 159 órbitas em torno da Terra a uma altitude de 233 quilômetros. A missão produziu dois produtos em forma de MDE, um de 1 segundo de arco (≈ 30 m) de resolução horizontal, e outro de 3 segundos de arco (≈ 90 m). Os valores de elevação estão codificados em metros, correspondendo à altura elipsoidal para o *datum* WGS84. Os MDE de 3 segundos de arco foram obtidos com a média das nove amostras do MDE de maior resolução contidas em cada uma das suas células. Atualmente os modelos de 3 segundos de arco estão disponíveis gratuitamente para toda a área terrestre levantada; os modelos de 1 segundo de arco estão disponíveis apenas para a América do Norte. (SOUSA et al., 2006).

A missão usou o mesmo instrumento utilizado em 1994 no programa *Spaceborne Imaging Radar-C/X-Band Synthetic Aperture Radar (SIR-C/X-SAR)*, a bordo do ônibus espacial *Endeavour*. Porém o arranjo foi projetado para coletar medidas tridimensionais da superfície terrestre através de interferometria. Para tanto, a nave foi munida de um mastro de 60 m, em cuja extremidade foram instaladas antenas para bandas C e X, além de melhorados os dispositivos de controle e navegação (Figura 2).

A cobertura o SRTM foi feita em 80% da área terrestre do planeta, entre latitudes 60° N e 56° S. Nesta área, foram realizadas de uma a quatro passagens, de acordo com a (Figura 3). Um conjunto menor de dados foi coletado sobre água para calibração.

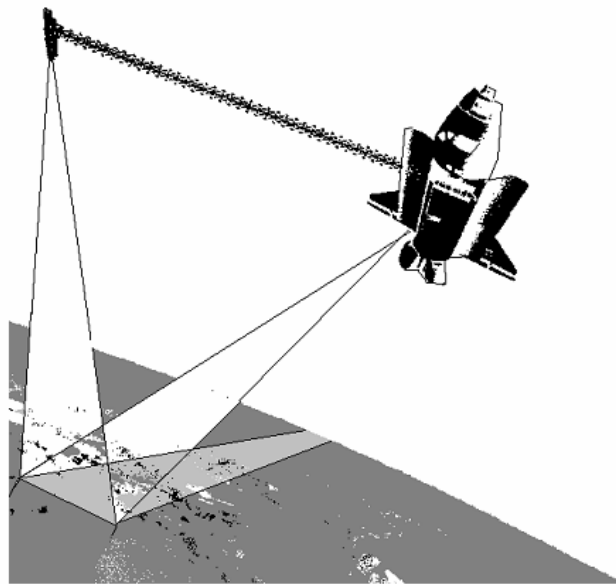


Figura 2 - Configuração das antenas a bordo do Endeavour para a missão SRTM.

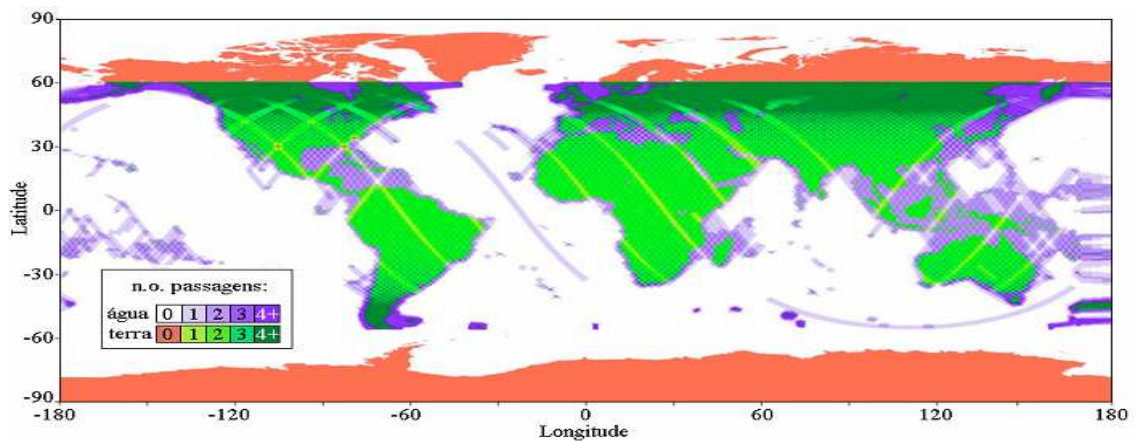


Figura 3 - Configuração das antenas a bordo do Endeavour para a missão SRTM.

Do total de dados SRTM, os dados da banda C foram processados no JPL e os dados da banda X no Centro Aeroespacial da Alemanha (DLR). Estes são usados para criar MDE de resolução mais alta, porém sem cobertura global.

Os erros de aquisição de dados dos MDEs resultantes da missão não são completos, contêm alguns erros de ausência de valor. Estes erros ocorrem em situações em que o sinal de retorno não atingiu determinado nível de coerência, não garantindo a qualidade requerida (KUUSKIVI et al., 2005). São três os casos principais que originaram estas ausências:

Devido ao modo de aquisição de dados o sinal não atinge objetos encobertos por outros, aquilo a que se chama por “fenômenos de sombra”. Outro problema semelhante é a recepção do sinal de retorno do topo de um objeto antes do sinal relativo à sua base. Estes fenômenos provocam a perda de correlação entre os sinais e conseqüentemente perda de dados. Para o território brasileiro a EMBRAPA monitoramento por satélite realizou o tratamento para eliminar falhas, sombras e distorções, o que resultou num MDT com 90 m de resolução (MIRANDA, 2005).

3.0. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Características da Área de Estudo

O estado de Alagoas está localizado na região leste do nordeste brasileiro, entre as coordenadas $8^{\circ} 48' - 10^{\circ} 30'S$ e $35^{\circ} 09' - 38^{\circ} 14'W$, sendo limitado, ao norte com o estado de Pernambuco, ao sul com Sergipe, a oeste com Pernambuco e Bahia e a leste limita-se com o Oceano Atlântico. O Estado possui população de 3.015.912 habitantes (IBGE, 2005) e ocupa área de 27.793Km², correspondente a 0,33% do território nacional e a 1,8 % da Região Nordeste (Figura 4), (ASSIS et al., 2007).

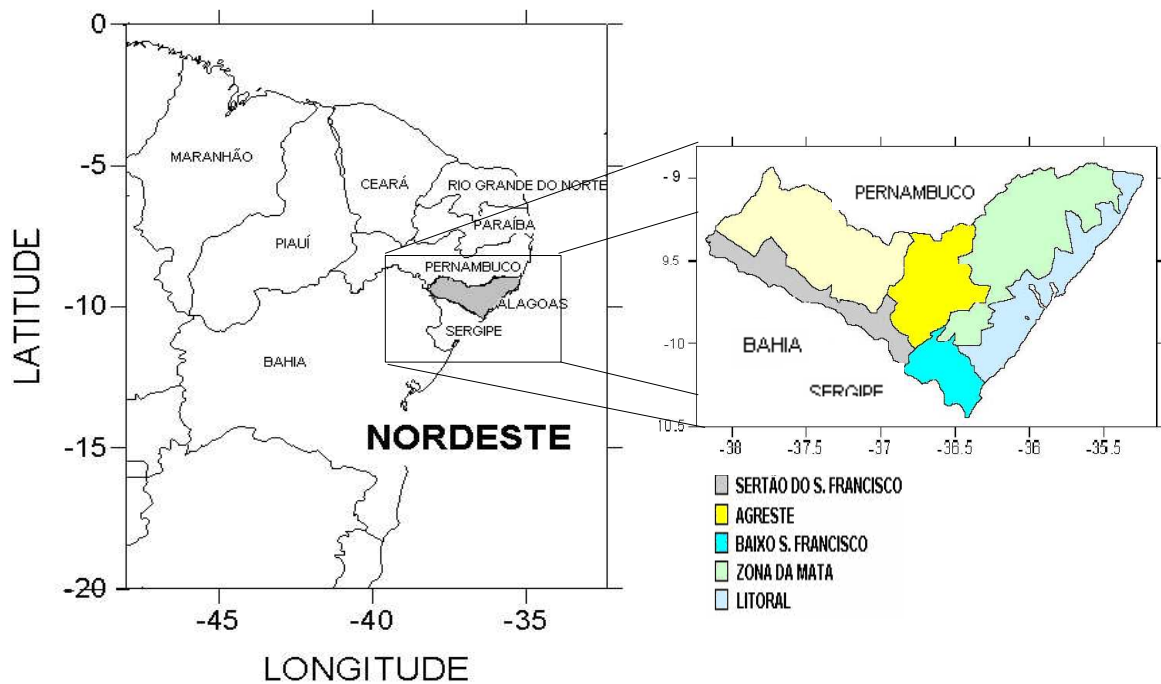


Figura 04 – Localização geográfica do Estado de Alagoas.

De acordo com a sua posição geográfica, no hemisfério Ocidental, e ao Sul da Linha do Equador, são os seguintes os pontos extremos de Alagoas: ao Norte, com $8^{\circ} 48' 12''S$, em uma curva no Rio Jacuípe, a montante de Jacutinga; ao Sul, com $10^{\circ}29'12'' S$, no pontal do Piaçabuçu, na desembocadura com $35^{\circ}09'36''W$ na barra do rio Persinunga, fronteira com Pernambuco; a Oeste, com $38^{\circ}13'54''W$, na confluência do rio Moxotó, com o rio São

Francisco, limite ocidental de Alagoas. A costa litorânea, banhada por cerca de 230 km, representando aproximadamente 60% da área total de Alagoas, com solos de elevada fertilidade natural, onde predomina a cultura canavieira e o cultivo do coco, que são um ativo econômico de grande expressão para a economia alagoana (PEIXOTO, 2006).

O estado pode ser dividido em seis regiões ambientais (Figura 5), que abrangem 102 municípios. Na região leste, encontra-se a Zona da Mata e o Litoral; na região sul, o Baixo São Francisco; na região oeste, o Sertão e o Sertão do São Francisco e na região de transição, o Agreste.

Considerando a localização na Região Nordeste do Brasil, em plena região Tropical e banhada pelo Oceano Atlântico, apresenta clima quente e úmido, que segundo a classificação climática de Köppen corresponde ao tipo As', caracterizado por apresentar-se sem grandes diferenciações térmicas e precipitação concentrada no outono e inverno. As temperaturas médias mensais oscilam em torno de 25,1°C. A máxima mensal atinge 29,9°C e a mínima 20,8°C, apresentando amplitude térmica anual de 9°C. O clima de Alagoas sofre influências locais do relevo, altitude, direção das estruturas mais elevadas e das calhas dos rios que canalizam ventos portadores de umidade. Predomina na parte oriental do Estado um clima úmido, cujas temperaturas oscilam entre 19 e 28 °C. Na parte ocidental, o clima é semi-árido, com temperaturas oscilantes entre 13 e 40 °C, dependendo da estação do ano.



Figura 5 – Distribuição geográfica das regiões ambientais do estado de Alagoas. **Fonte:** SEMARH/DMET

GÓIS (2005) e CUNHA (2009) apresentam a variação do clima de Alagoas, de acordo com a classificação de Köppen (Figura 6). Baseado nesses autores mais da metade do Estado, é classificado como As' - clima tropical chuvoso com verão seco, e chuvas concentradas no outono e inverno. A precipitação média anual varia em torno de 1.000 mm, sendo a estação chuvosa no período de abril a julho e estação seca observada de setembro a dezembro. Contudo, observam-se ocorrências de precipitações no decorrer de todo o ano, com valores máximos no litoral do Estado e que de acordo com Köppen, apresenta clima Ams' - tropical chuvoso de monção com verão seco e precipitações mínimas no Agreste do Estado. O extremo noroeste das regiões do Sertão e do Sertão do São Francisco apresenta clima BShw', enquanto no restante dessas regiões e em parte do Agreste, o clima é classificado como BShs', ambos com precipitação sazonal abaixo da média do Estado IMBUZEIRO (2001).

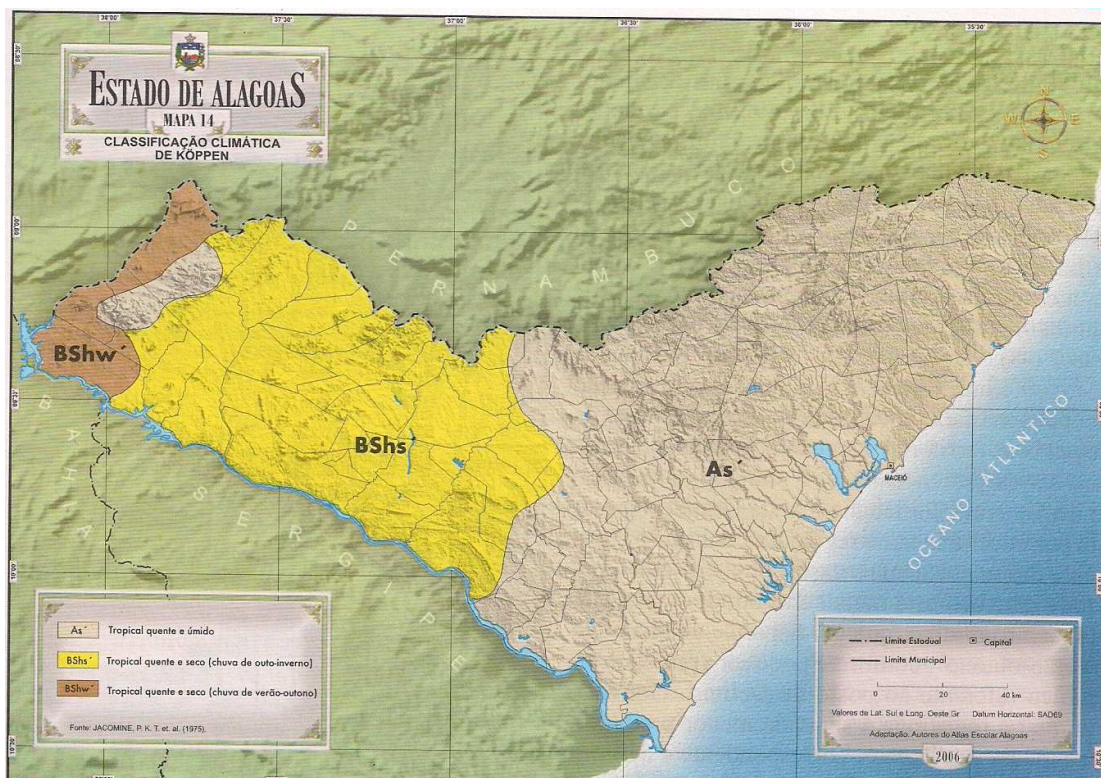


Figura 6 – Classificação climática do Estado de Alagoas pelo método de Köppen. **Fonte:** Atlas Escolar Alagoas

O Estado possui vegetação típica de: floresta tropical, mangues litorâneos e caatinga. Em Alagoas os mangues predominam no extremo leste e na zona litorânea. Na região mais

centralizada, localiza-se a floresta tropical e no centro-oeste, a caatinga. Nas áreas tropicais localizadas no litoral são identificadas vegetações litorâneas (mangues, coqueiros, etc.), além de restritas áreas de mata Atlântica. Essa porção do Estado é denominada de zona da Mata. E, por fim, a oeste do Estado o que prevalece é a vegetação da Caatinga. A principal forma de atividade agropecuária é a ocupação do solo pela cana-de-açúcar e pastagem WANDERLEY (2010). Para VIEIRA et al. (2002), a Serra da Saudinha, localizada na Zona da Mata Alagoana, possui vegetação que é formada por grande diversidade de espécies remanescente da floresta original. Esse ecossistema é exemplar da Floresta Ombrófila ou Mata Atlântica que recobria grande parte do território alagoano.

Três tipologias vegetacionais podem ser encontradas no Estado de Alagoas:

- **Floresta tropical:** ocorre na baixada litorânea e na encosta da Borborema; é composta por mata de árvores frondosas.
- **Caatinga:** observada a oeste do território; cactos, árvores de pequeno porte e arbustos compõem a paisagem. Quatro regiões naturais são identificadas devido à influência dos fatores climáticos, de relevo e de vegetação.
- **Agreste:** situa-se na parte central do Estado, entre as áreas de clima úmido e mais seco; é formada por vegetação de transição - espécies da floresta tropical e da caatinga.

Quatro regiões naturais são identificadas devido à influência dos fatores climáticos, de relevo e de vegetação:

- **Zona da Mata:** abrange a baixada litorânea, a encosta da Borborema e uma parte do pediplano
- **Agreste:** área central do estado
- **Sertão:** ocupa o centro-oeste alagoano
- **Baixo São Francisco:** segue junto ao curso do rio São Francisco, próximo a cidade de São Brás até sua foz.

A região em estudo possui cerca de 86 % do seu relevo abaixo de 300 m de altitude, 61% inferior a 200 m, sendo que apenas 1% encontra-se acima de 600 m (**Figura 7**). Existem três regiões básicas do relevo: a região de planalto ao norte, a região de depressão ao centro do estado e a planície litorânea (AMORIM et al., 2008). A altitude média é 605 m, chegando

a atingir altitude máxima de 844 m na serra de Santa Cruz situado nas imediações de Palmeira dos índios e Quebrangulo.

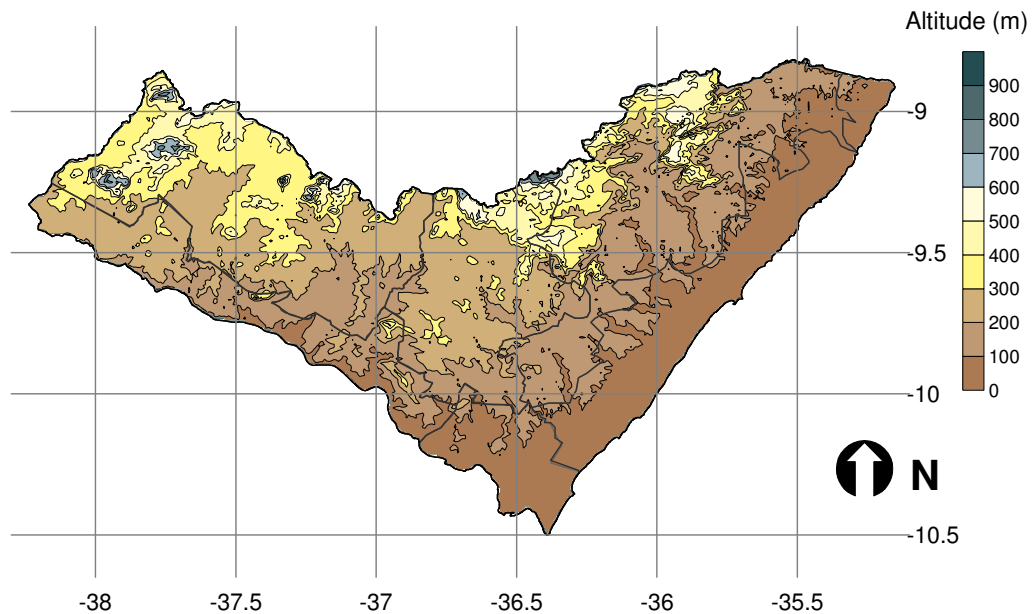


Figura 7 - Variação espacial da altitude para o estado de Alagoas, baseada no modelo digitais de elevação SRTM re-amostrado para a resolução horizontal de 90 m.

3.2 Séries Climáticas de Temperatura do Ar

No ajuste dos modelos de regressão linear múltipla foram utilizados séries de temperatura do ar média, máxima e mínima mensal e anual, obtidas em 27 estações meteorológicas convencionais, a maioria localizada em Alagoas e algumas em estados vizinhos (Figura 8). Dessas estações, 12 estavam localizadas em Alagoas, sete em Pernambuco, sete na Bahia e uma em Sergipe. Os dados das séries foram obtidos nos banco de dados dos seguintes órgãos: Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), Universidade Federal de Alagoas (UFAL) e Rede de Meteorologia do Comando da Aeronáutica (REDEMET). As séries de temperatura do ar apresentavam dados entre 11 e 30 anos. Para o estudo foram feitas as médias da temperatura do ar para as séries para cada mês e estação. Detalhes das coordenadas geográficas, altitude é das séries de temperatura do ar são mostradas na Tabela 1.

Tabela 1 – Localização das estações meteorológicas

ID	ESTAÇÃO	ESTADO	SÉRIE	LONG	LAT	ALT
1	Maceió	AL	1961-1990	-35,76	-9,55	92,4
2	Porto de Pedra	AL	1977-2006	-35,43	-9,18	50,0
3	Maceió – Aeroporto	AL	1973-2006	-35,78	-9,52	118,0
4	Palmeira dos índios	AL	1977-2006	-36,62	-9,42	274,9
5	Pão de açúcar	AL	1977-2006	-37,45	-9,77	19,1
6	Água Branca	AL	1977-2006	-37,90	-9,28	605,3
7	Rio Largo	AL	1973-2001	-35,83	-9,47	127,0
8	Coruripe	AL	1980-1991	-36,27	-10,02	110,0
9	Teotônio Vilela	AL	1978-1992	-36,39	-9,90	153,0
10	Campo Alegre	AL	1979-1989	-36,21	-9,80	123,0
11	Boca da Mata	AL	1979-1991	-36,20	-9,65	147,0
12	São Luiz do Quitunde	AL	1980-1990	-35,55	-9,28	7,0
13	Surubim	PE	1961-1990	-35,72	-7,83	418,3
14	Triunfo	PE	1961-1990	-38,13	-7,85	1019,5
15	Recife	PE	1961-1990	-34,92	-8,05	6,9
16	Arco Verde	PE	1973-1990	-37,08	-8,42	680,7
17	Cabrobó	PE	1961-1990	-39,33	-8,52	341,6
18	Floresta	PE	1961-1988	-38,57	-8,60	309,7
19	Garanhuns	PE	1964-1989	-36,52	-8,88	822,8
20	Paulo Afonso	BA	1961-1990	-38,22	-9,37	252,7

21	Petrolina	BA	1961-1990	-40,48	-9,38	370,5
22	Monte Santo	BA	1961-1990	-39,30	-10,43	464,8
23	Senhor do Bonfim	BA	1961-1990	-40,18	-10,47	558,2
24	Aracaju	SE	1961-1990	-37,05	-10,92	4,6
25	Cipó	BA	1961-1990	-38,52	-11,08	145,3
26	Jacobina	BA	1961-1990	-40,47	-11,18	484,7
27	Serrinha	BA	1961-1990	-38,97	-11,63	359,6

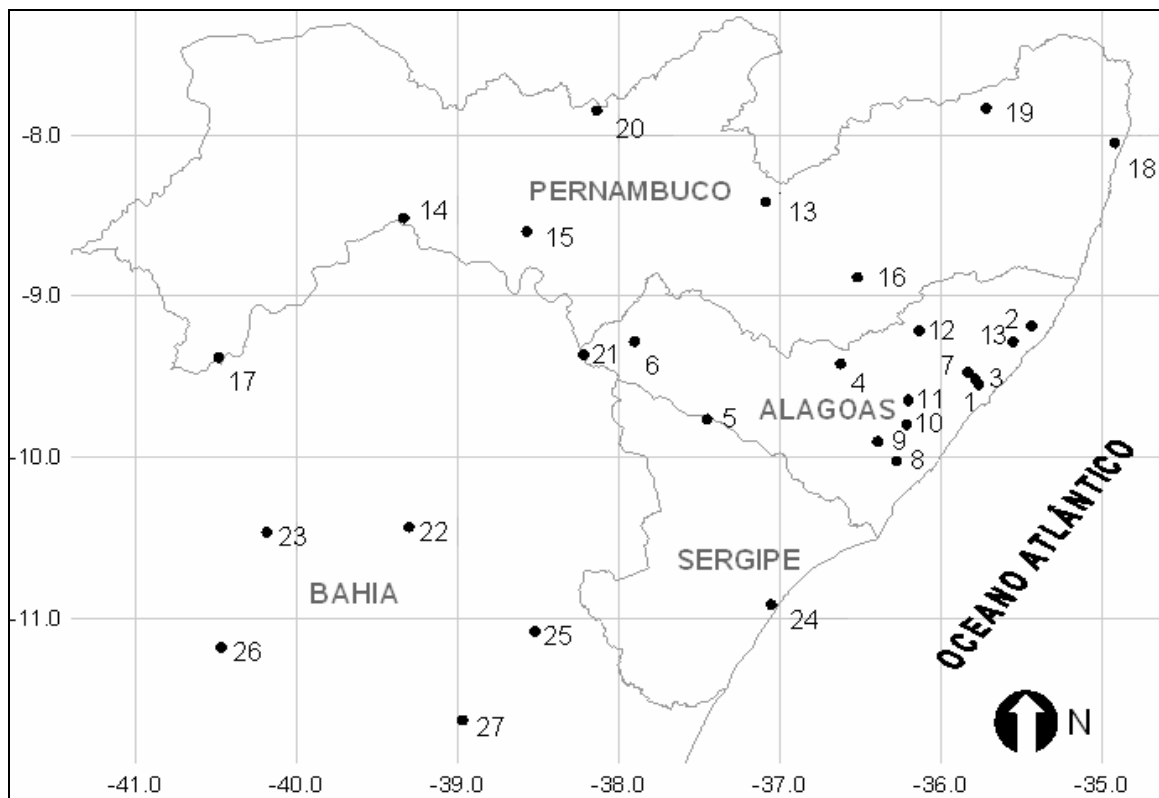


Figura 8 – Estado de Alagoas com destaque para estações meteorológicas dos estados de Alagoas, Salvador, Sergipe e Pernambuco utilizadas no ajuste dos modelos de regressão.

3.3 Ajustes do modelo de regressão linear múltipla

As médias das séries mensais e anual das 27 estações foram ajustadas a um modelo de regressão linear múltipla com as respectivas coordenadas geográficas e altitude das estações como variáveis independentes. O modelo de regressão ajustado foi seguinte:

$$T_i = \beta_0 + \beta_1 LAT_i + \beta_2 LONG_i + \beta_3 ALT_i + \varepsilon_i \quad (4)$$

em que, T_i (°C) é a temperatura média, máxima ou mínima mensal ou anual do ar; LONG (graus) é a longitude; LAT (graus) é a latitude; e ALT (m) é a altitude; ε_i é o erro aleatório, suposto independente e com distribuição normal da média e variância constante; β_0 , β_1 , β_2 , β_3 são os coeficientes do modelo a serem estimados.

Para a avaliação dos ajustes dos modelos realizou-se a ANOVA e determinou-se o coeficiente de determinação (R^2) e o erro padrão de estimativas dos coeficientes dos modelos ajustados. O coeficiente de determinação R^2 , também denominado *r-quadrado*, é sempre um número positivo dentro do intervalo (0;1) e deve ser interpretado como a proporção da variação total da variável dependente $Y(T)$, que é explicada pela variação da variável independente X (LAT, LONG e ALT).

3.4 Espacialização da Temperatura do Ar

Ajustadas as regressões lineares múltipla, espacializou-se a temperatura do ar no Estado. A espacialização foi feita com auxílio do software Surfer 8, com o qual gerou-se um grid com valores da latitude e outro com a longitude. Baseado em técnicas de álgebra de mapas, os modelos de regressão para cada mês foram então aplicados aos grids com as coordenadas geográficas e a um grid com a elevação do terreno, obtido do modelo digital do terreno SRTM, gerando-se assim os mapas com as temperaturas do ar mensal e anual.

Os dados do SRTM utilizados no presente estudo foram tratados pela EMBRAPA para eliminar falhas, sombras e distorções, e disponibilizado numa resolução de 90 m para todo o Brasil (MIRANDA, 2005). Realizou-se o mosaico das imagens do SRTM no formato GeoTIFF (raster) disponibilizados pela EMBRAPA para a área em estudo e, posteriormente, transformou-se o mosaico de raster para vetor (grid). Depois o mosaico foi re-amostrado pela interpolação bilinear para uma resolução de 900 m, segundo recomendação de LYRA et al. (2009), para ser utilizado na geração dos mapas. Os grids de latitude e longitude, também apresentaram resoluções horizontais de 900 m para permitir as operações de álgebra de mapas, e assim, a resolução final dos mapas de temperatura do ar média, máxima e mínima mensal e anual foi de 900 m.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Ajuste dos modelos

Temperatura do ar média, mínima e máxima anual

Para a temperatura do ar média anual, o coeficiente de determinação (R^2) do ajuste do modelo foi 0,86, sendo todos os coeficientes do modelo significativos ao nível de probabilidade $p < 0,05$ (Tabela 2). Ou seja, as coordenadas geográficas e a altitude explicam a maior parte da variabilidade espacial da temperatura do ar anual para a região em estudo. Valores similares de R^2 foram observados por Neto et al (2002) para o território brasileiro (0,85) e por Medeiros et al., (2005) para a região Nordeste (0,86), enquanto Diedrich (2007) mostrou valores superiores no ajuste da temperatura do ar anual para o Rio Grande do Sul (0,96). O erro padrão de estimativa (EPE) foi de 0,65 °C para a temperatura do ar média anual.

Tabela 2 – Coeficientes da regressão linear múltipla ajustada à temperatura do ar média, mínima e máxima anual na região de estudo. Coeficiente de determinação (R^2) e erro padrão de estimativa da regressão (EPE, °C)

Temperatura do ar	Coeficientes Ajustados					R ²	EPE (°C)
	B0 Intercepto	B1 (latitude)	B2 (longitude)	B3 (Altitude)			
Média	12,51(±3,24)	0,53(±0,1657)	-0,53(±0,1074)	-0,0074(±0,0006)	0,86	0,65	
Mínima	13,72(±4,38)	0,47(±0,2234)	-0,35(±0,1448)	-0,0065(±0,0009)	0,74	0,87	
Máxima	13,69 (±7,05) ^{n.s.}	0,64(±0,3597) ^{n.s.}	-0,67(±0,2331)	-0,0074(±0,0014)	0,56	1,41	

n.s.- coeficiente do modelo não significativo a $p < 0,05$.

A temperatura do ar mínima anual também teve todos os coeficientes do modelo estatisticamente significativos ao nível de probabilidade $p < 0,05$. O coeficiente de determinação foi de 0,74. O EPE para as estimativas do modelo para a temperatura do ar mínima anual foi de 0,87 °C. Valor de R^2 para o ajuste da temperatura do ar mínima anual superior ao do presente trabalho foi encontrado por Astolpho et al., (2005) para São Paulo (0,90).

O R^2 para a temperatura do ar máxima anual foi de 0,56. Os coeficientes β_0 (intercepto) e β_1 (latitude) (Tabela 2) não foram significativos a $p < 0,05$. Acosta (1997) observou significância para todos os coeficientes de um modelo linear ajustado a temperatura do ar máxima anual, isto pode ser explicado, pois o trabalho utilizou longitudes elevadas. O erro padrão de estimativa para a temperatura do ar média anual foi de 1,41 °C.

Para as temperaturas do ar média, mínima e máxima anual os coeficientes do modelo relativos a altitude (β_3) foram entre a razão adiabática seca ($\Gamma_s = -0,98^\circ\text{C}/100\text{m}$) e a úmida ($\Gamma_d = -0,6^\circ\text{C}/100$). Valores de β_3 para temperatura média, mínima e máxima anual foram, respectivamente, $-0,74^\circ\text{C}/100\text{ m}$, $-0,65^\circ\text{C}/100\text{ m}$ e $-0,74^\circ\text{C}/100\text{m}$. Os coeficientes relativos à latitude e longitude dos modelos anuais mostraram sinais positivos e negativos, respectivamente. No caso da latitude, isso indicou que as temperaturas do ar média, mínima e máxima diminuem de norte para sul, enquanto para a longitude a diminuição foi de leste para oeste, ou seja, do ambiente costeiro para o interior. Ressaltando que os sinais das coordenadas

foram considerados negativos nos modelos para representar Hemisfério Sul e oeste de Greenwich.

Temperatura do ar mensal

Os coeficientes ajustados das equações de regressão linear múltipla obtidos para estimar as temperaturas do ar médias mensais no estado de Alagoas são apresentadas na Tabela 3. Os coeficientes de determinação para os modelos variam entre 0,73 (dezembro) a 0,90 (junho). Neto et al.(2005) encontraram valores semelhantes de temperatura do ar mensal. Medeiros et al.(2005) para o território brasileiro encontraram valores baixos e entre 0,67 a 0,87 para o R^2 da temperatura do ar média mensal e que esses valores se devem à grandes variabilidades dos dados que ocorrem nesses meses. Em abril, maio e junho ocorreram os maiores valores de R^2 , coincidindo com o período chuvoso da região. E valores mais baixos de R^2 foram observados no período seco, de novembro a janeiro. O erro padrão de estimativa para a variável dependente variou de 0,62 a 0,93, observadas respectivamente em junho e julho.

Tabela 3 – Coeficientes da regressão linear múltipla ajustada à temperatura do ar média mensal na região de estudo. Coeficiente de determinação (R^2) e erro padrão de estimativa da regressão (EPE, °C).

Mês	Coeficientes Ajustados					
	B0 Intercepto	B1 (latitude)	B2 (longitude)	B3 (altitude)	R ²	EPE (°C)
JAN	15,85(±3,63)	0,2285(±0,1853)	-0,3803(±0,1200)	-0,0060(±0,0007)	0,79	0,73
FEV	16,58(±3,36)	0,4449(±0,1714)	-0,4265(±0,1110)	-0,0071(±0,0007)	0,85	0,67
MAR	16,89(±3,27)	0,3382(±0,1670)	-0,3860(±0,1082)	-0,0071(±0,0007)	0,85	0,66
ABR	16,30(±3,35)	0,3601(±0,1708)	-0,3896(±0,1107)	-0,0075(±0,0007)	0,87	0,67
MAI	18,60(±3,20)	0,5032(±0,1634)	-0,3385(±0,1059)	-0,0073(±0,0006)	0,88	0,64
JUN	17,85(±3,11)	0,6154(±0,1588)	-0,3623(±0,1029)	-0,0079(±0,0006)	0,90	0,62
JUL	17,69(±4,65)	0,7105(±0,2372)	-0,3784(±0,1537)	-0,0082(±0,0009)	0,81	0,93
AGO	13,45(±4,21)	0,8007(±0,2146)	-0,5214(±0,1390)	-0,0081(±0,0007)	0,82	0,84
SET	6,66(±3,59)	1,0467(±0,1832)	-0,7970(±0,1187)	-0,0090(±0,0007)	0,88	0,72
OUT	3,18(±4,33)	1,0699(±0,2210)	-0,9311(±0,1432)	-0,0084(±0,0009)	0,81	0,87
NOV	4,71(±3,97)	1,0442(±0,2027)	-0,8971(±0,1313)	-0,0076(±0,0008)	0,80	0,80
DEZ	14,67(±4,23)	0,6791(±0,2153)	-0,5329(±0,1398)	-0,0065(±0,0008)	0,73	0,85

Dos coeficientes ajustados do modelo, somente o intercepto (β_0) e a latitude (β_1) foram não significativos ($p < 0,05$) em alguns meses. Os meses que tiveram coeficientes β_0 não significativo foram setembro, outubro e novembro, enquanto β_2 não significativo ocorreram em janeiro, março e maio.

O gradiente vertical de temperatura do ar (β_3) foi significativo para o modelo em todos os meses e entre a razão adiabática seca ($\Gamma_s = -0,98$ °C/100m) e a úmida ($\Gamma_d = -0,6$ °C/100). Os menores gradientes ocorreram nos meses de dezembro (-0,65°C/100m) e janeiro (-0,60 °C/100m), indicando que para esses meses, na região de estudo (Alagoas e parte da Bahia, Pernambuco e Sergipe) o gradiente foi próximo da adiabática úmida. Os meses com maiores gradientes setembro (-0,90 °C/100m) e outubro (-0,84 °C/100m) apresentaram gradientes mais

próximos da adiabática seca. O gradiente vertical teve aumento de janeiro ($0,60^{\circ}\text{C}/100\text{m}$) até setembro ($0,9^{\circ}\text{C}/100\text{m}$), a partir de setembro houve diminuição no gradiente até dezembro ($0,65^{\circ}\text{C}/100\text{m}$). Valeriano e Picini (2000), na estimativa de temperatura do ar média para o estado de São Paulo, obtiveram valores inferiores, mas com aumento e diminuição dos gradientes em período semelhantes aos meses encontrados, com exceção de fevereiro.

Similar aos coeficientes das coordenadas latitude e longitude no ajuste do modelo a temperatura do ar média anual, esses coeficientes para os ajustes as temperaturas do ar médias mensais foram positivo para a latitude e negativo para a longitude. Assim, a tendência da temperatura do ar média mensal foi diminuir de norte para sul e de leste para oeste.

Os coeficientes ajustados das equações de regressão linear múltipla obtidos para estimar as temperaturas do ar médias mensais das mínimas no estado de Alagoas são apresentadas na Tabela 4. Os coeficientes de determinação ajustados para modelos a temperatura do ar média mensal das mínimas, variam entre 0,49 (junho) a 076 (dezembro). Filho et al. (2006) encontraram valores semelhantes (0,47-0,82) e relatam que durante as estações de outono e inverno outras variáveis não integrantes do modelo exercem maior porcentagem de explicação na variação da T_n do que nas estações de primavera e verão. Pinto e Alfonsi (1974) obtiveram coeficientes de determinação elevados (0,66 - 0,85), mas ressaltam que as estimativas não são validas para a faixa litorânea do Paraná, em virtude da influencia do Oceano Atlântico, nos meses de inverno.

Dos coeficientes ajustados, o intercepto (β_0) foi não significativo para outubro e novembro. Os coeficientes de longitude (β_1) foram estatisticamente não significativos para os meses de janeiro até setembro, enquanto para a latitude (β_2) foram não significativos de janeiro até abril, junho e agosto. No caso da altitude todos os meses apresentaram coeficientes significativos. Pezzopane et al. (2004) para o estado do Espírito Santo observaram que a latitude foi estatisticamente não significativa para março, agosto e setembro, o que mostrou o efeito da latitude e longitude sobre a temperatura do ar mínima.

O gradiente vertical de temperatura do ar (β_3) foi significativo para o modelo em todos os meses. Os menores gradientes verticais de temperatura do ar mínima mensal ocorreram nos meses de janeiro (0,65), maio (0,66), junho (0,49) e agosto (0,65). Os meses com maiores gradientes foram fevereiro (0,72), abril (0,77), setembro (0,72) e novembro (0,76). O erro padrão de estimativa para a variável dependente variou de 0,62 a 0,93 para, respectivamente, junho e julho.

Tabela 4 – Coeficientes da regressão linear múltipla ajustada à temperatura do ar mínima mensal na região de estudo. Coeficiente de determinação (R^2) e erro padrão de estimativa da regressão (EPE, °C).

Mês	Coeficientes Ajustados					
	B0 Intercepto	B1 (latitude)	B2 (longitude)	B3 (altitude)	R^2	EPE (°C)
JAN	15,44(±4,61)	0,19(±0,2356)	-0,24(±0,1527)	-0,0053(±0,0009)	0,65	0,93
FEV	15,89(±4,34)	0,36(±0,2216)	-0,28(±0,1436)	-0,0059(±0,0008)	0,72	0,87
MAR	22,64(±4,60)	0,01(±0,2350)	0,00(±0,1523)	-0,0047(±0,0009)	0,67	0,93
ABR	18,04(±4,09)	0,31(±0,2091)	-0,21(±0,1355)	-0,0062(±0,0008)	0,77	0,82
MAI	23,12(±5,23)	0,65(±0,2669)	-0,14(±0,1729)	-0,0059(±0,0010)	0,66	1,05
JUN	15,68(±6,94)	0,13(±0,3543)	-0,18(±0,2295)	-0,0054(±0,0013)	0,49	1,39
JUL	21,62(±6,03)	0,68(±0,3078)	-0,15(±0,1994)	-0,0070(±0,0011)	0,68	1,21
AGO	20,03(±6,54)	0,60(±0,3340)	-0,18(±0,2164)	-0,0071(±0,0012)	0,65	1,31
SET	14,27(±5,51)	0,68(±0,2816)	-0,36(±0,1824)	-0,0076(±0,0010)	0,72	1,11
OUT	9,07(±5,36)	0,82(±0,2740)	-0,57(±0,1775)	-0,0076(±0,0010)	0,70	1,08
NOV	6,60(±4,27)	0,65(±0,2180)	-0,60(±0,1413)	-0,0070(±0,0008)	0,76	0,86
DEZ	12,05(±4,57)	0,65(±0,2333)	-0,46(±0,1512)	-0,0066(±0,0009)	0,72	0,92

Temperatura do ar máxima mensal

As equações de regressão linear múltiplas ajustadas as temperaturas do ar máxima no estado no estado de Alagoas, com seus respectivos coeficientes são apresentados na Tabela 5. Os coeficientes de determinação ajustados para estimar a temperatura do ar máxima mensal variam entre 0,16 - 0,74 de novembro até abril, respectivamente. Lima e Ribeiro (1998) encontraram também valores baixos de R^2 (0,29 - 0,74), que pode ser atribuído a pouca variabilidade da temperatura do ar máxima de determinada região. O erro padrão de estimativa para variável dependente foi entre 0,82 (novembro) e 1,71 (janeiro).

Dos coeficientes ajustados, o intercepto (β_0) foi estatisticamente significativo ($p < 0,05$) apenas em março, maio e junho. Os coeficientes da longitude (β_2) tiveram níveis não significativos de novembro até junho. E para altitude (β_3) foi significativo para o ajuste do modelo em todos os meses e mostrou os valores entre a razão adiabática seca e a úmida. Os menores gradientes verticais de temperatura ocorreram nos meses de janeiro ($-0,54$ °C/100m), fevereiro ($-0,64$ °C/100m), novembro ($-0,39$ °C/100m) e dezembro ($-0,59$ °C/100m), ou seja, próximos da adiabática úmida. Os meses com maiores gradientes foram abril ($-0,89$ °C/100m), junho ($-0,88$ °C/100m), julho ($-0,99$ °C/100m) e setembro ($-0,85$ °C/100m).

Tabela 5 – Coeficientes da regressão linear múltipla ajustada à temperatura do ar máxima mensal na região de estudo. Coeficiente de determinação (R^2) e erro padrão de estimativa da regressão (EPE, °C)

Mês	Coeficientes Ajustados					
	B0 Intercepto	B1 (latitude)	B2 (longitude)	B3 (altitude)	R ²	EPE (°C)
JAN	17,51(±8,49)	0,28(±0,4333)	-0,50(±0,2808)	-0,0054(±0,0016)	0,35	1,71
FEV	16,17(±7,81)	0,25(±0,3990)	-0,52(±0,2585)	-0,0064(±0,0015)	0,47	1,57
MAR	13,76(±6,63)	0,29(±0,3383)	-0,60(±0,2192)	-0,0066(±0,0013)	0,57	1,33
ABR	12,85(±6,27)	0,51(±0,3203)	-0,66(±0,2075)	-0,0086(±0,00124)	0,70	1,26
MAI	20,64(±6,82)	0,48(±0,3481)	-0,41(±0,2255)	-0,0079(±0,0013)	0,64	1,37
JUN	20,20(±7,50)	0,74(±0,3830)	-0,46(±0,2482)	-0,0088(±0,0014)	0,64	1,51
JUL	9,08(±8,46)	1,05(±0,4319)	-0,83(±0,2798)	-0,0099(±0,0016)	0,61	1,70
AGO	8,47(±7,83)	1,09(±0,3998)	-0,87(±0,2591)	-0,0083(±0,0015)	0,56	1,57
SET	-0,82(±7,32)	1,21(±0,3739)	-1,18(±0,2423)	-0,0085(±0,0014)	0,61	1,47
OUT	0,77(±7,41)	1,19(±0,3784)	-1,17(±0,2451)	-0,0067(±0,0014)	0,54	1,49
NOV	16,67(±10,34)	0,30(±0,5278)	-0,51(±0,3420)	-0,0039(±0,0020)	0,16	0,80
DEZ	10,09(±7,88)	0,66(±0,4025)	-0,80(±0,2607)	-0,0059(±0,0015)	0,40	0,85

4.2 Variação temporal e espacial da temperatura do ar

Baseado nos mapas de temperatura do ar com as regiões fisiográficas do estado de Alagoas em destaque observou-se que a temperatura do ar diminui no sentido Litoral para Zona da Mata e Agreste, o que evidencia o efeito continentalidade. Ocorreu também diminuição da temperatura do ar mensal do Baixo São Francisco para o Agreste, relacionado em parte pelo efeito latitude sobre o continente (sentido do sul para norte). No Sertão do São Francisco em direção ao Sertão e Agreste também se observou o efeito continentalidade, devido em parte a massa de água do Rio São Francisco. As regiões de maiores altitudes do Estado apresentaram as menores temperaturas do ar do Estado, devido à relação inversa entre temperatura do ar e altitude. Essas variações na tendência da temperatura do ar são observadas em todos os meses e em todas as regiões fisiográficas da área em estudo.

Temperatura do ar anual

Para a temperatura do ar media anual em Alagoas (Figura 1) as mínimas e máximas variariam entre 21 – 27 °C. Em relação às regiões fisiográficas observou-se diminuição de temperatura do ar do Litoral para a Zona da Mata e para o Agreste até divisa com Pernambuco, onde se observaram as maiores altitudes e as menores temperaturas do ar. Do Baixo São Francisco ocorreu diminuição da temperatura para o Agreste e parte da Zona da Mata, pois provavelmente sofre influência do efeito continentalidade e a forçante da radiação solar, que resulta em diminuição da temperatura do ar de sul para norte, associada altitude, atuando em alguns pontos perto da divisa com Pernambuco. Do Sertão do São Francisco a temperatura diminuiu para o Sertão e alguns pontos situados a oeste, noroeste e norte temperatura baixa devida à altitude. Para as temperaturas das regiões fisiográficas para o Litoral (26 – 27 °C), Baixo São Francisco (25 – 27 °C), Sertão do São Francisco (24 - 27°C), Sertão (22 - 26°C), Agreste (21 – 26 °C) e Zona da Mata (21 – 27 °C).

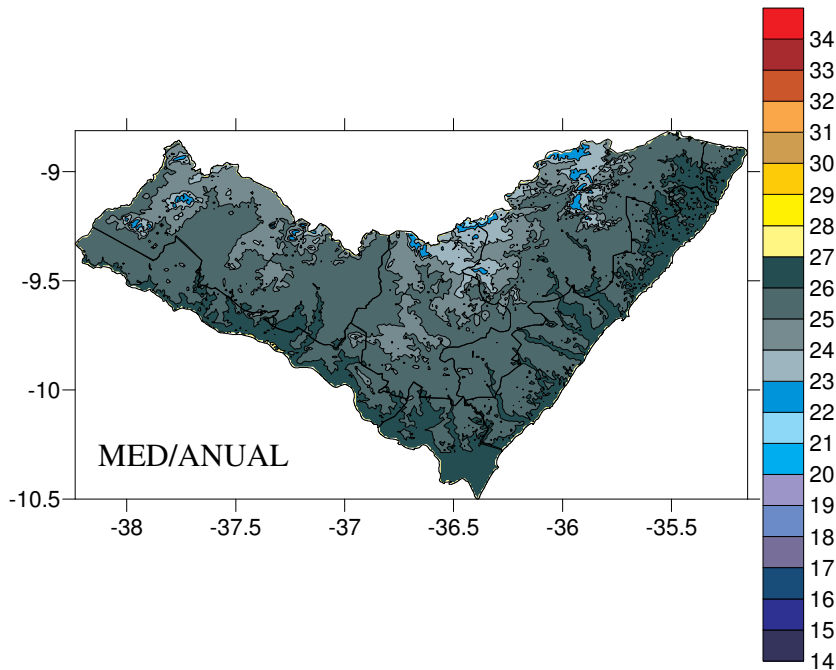


Figura 9 – Distribuição da temperatura do ar média anual para o estado de Alagoas.

Padrões similares ao observados para a temperatura do ar máxima anual, com mudança das escalas de temperatura (26 - 33°C) foram observados para a temperatura do ar máxima mensal (Figura 2). As regiões fisiográficas observaram-se também diminuição de temperatura do Litoral para a Zona da Mata e para o Agreste ocorrendo diminuição de aproximadamente 1°C até altitudes maiores. Para o Baixo São Francisco ocorre diminuição de temperatura para o Agreste e boa parte da Zona da Mata e o deslocamento de sul para o norte e a altitude. Sertão do São Francisco a temperatura diminui para o sertão e alguns pontos situados a oeste, noroeste e norte temperatura baixa devido a altitude.

Em relação as temperaturas da regiões das regiões fisiográficas para o Litoral e Baixo São Francisco(26-27°C), Sertão do São Francisco(30-33°C), Sertão(28-32°C), Agreste e Zona da Mata(27-32°C).

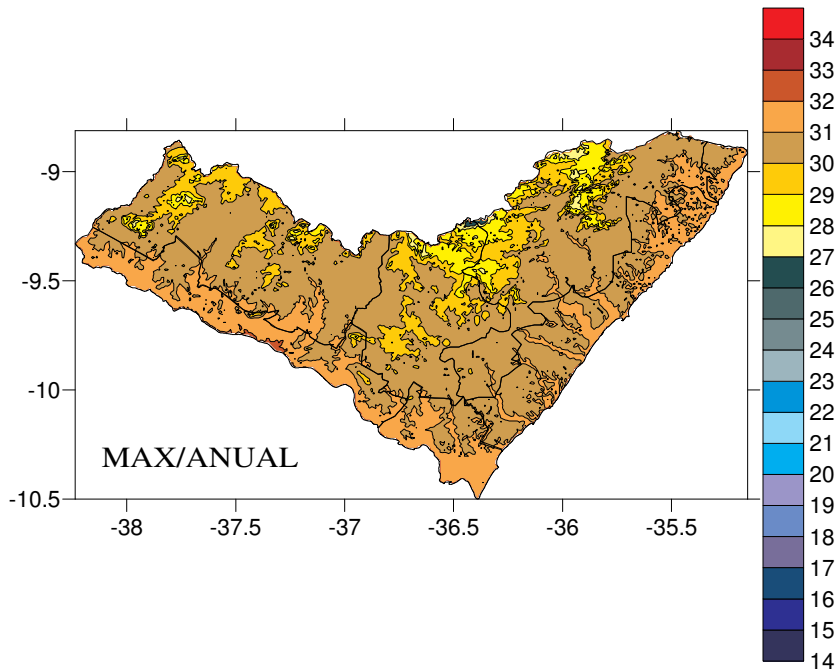


Figura 10 – Distribuição da temperatura do ar máxima anual para o estado de Alagoas.

Padrões semelhantes (Figura 3) ao da temperatura máxima anual foi também observado para as mínimas, mudando apenas as escalas de temperatura (19-23°C). Sendo que o Litoral praticamente com a mesma temperatura diminuído após a divisa com a Zona da Mata e pequena parte do Agreste. Baixo São Francisco também com a maior da região com a mesma temperatura mudando apenas quando se aproxima de altitude mais altas, o Sertão do São Francisco com maiores temperatura em boa parte do Rio São Francisco e também diminuindo a temperatura para Sertão e para as maiores altitudes.

As variações da temperatura em relação as regiões fisiográficas para Litoral e Baixo São Francisco (21-22°C), Sertão do São Francisco (22-20°C), Sertão (18-22°C), Agreste e Zona da Mata (17-21°C).

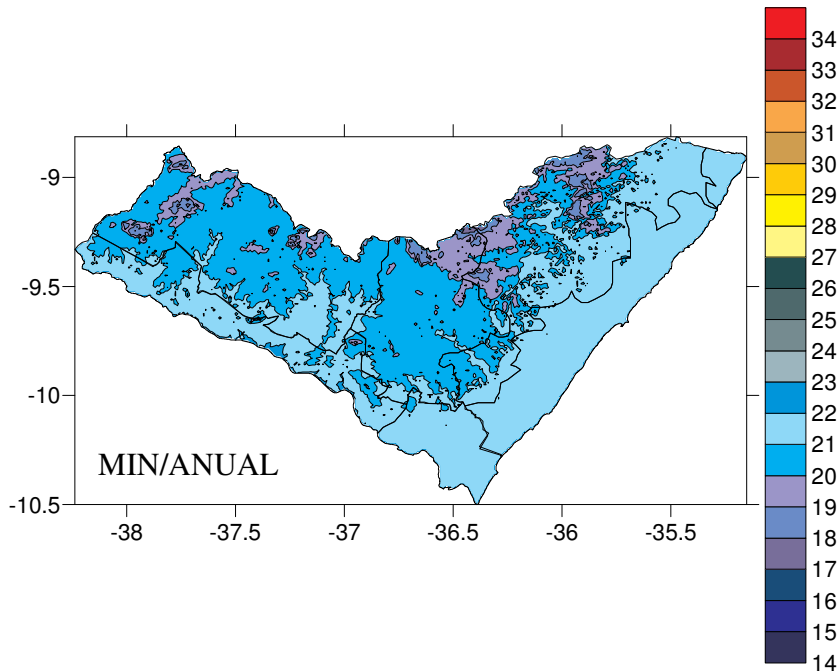


Figura 11 – Distribuição da temperatura do ar mínima anual para o estado de Alagoas.

Temperatura do ar média mensal

No Baixo São Francisco, as maiores temperaturas do ar médias mensais ocorreram em fevereiro (26 - 28°C) (Figura 4), sendo a máxima mensal em Igreja a Nova, a oeste da região fisiográfica, e as menores na divisa entre o Baixo São Francisco e Agreste (~26°C), na parte norte da região fisiográfica. As menores temperaturas do ar médias mensais variaram de (22-25°C) em julho (Figura 5).

Na região fisiográfica do Sertão do São Francisco as maiores temperaturas do ar mensal foram observadas em novembro (24-28°C) (Figura 6). Próximo a divisa com as regiões do Agreste e o Sertão (Traípu) observou-se temperaturas em torno de 24 °C, função do relevo, com altitudes de aproximadamente 400m, que atua diminuindo a temperatura do ar no local e na divisa com o Agreste entre olho D'água das Flores e Porto Real do colégio. As maiores foram observadas na região próxima ao Rio São Francisco e entre Belo Monte e Pão de Açúcar (~28°C). As mínimas médias mensais ocorreram em julho (22-25°C).

No Litoral ocorreu variação das maiores máximas em fevereiro (26,5-27,5°C), pois a continentalidade interfere na variação da temperatura nessa região. Nessa região observou-se aumento de temperatura de sul para norte, até Japaratinga e Maragogi, devido a posição da

latitude em relação ao Equador (27°C). As menores mínimas médias mensais (Figura 2) foram entre 24 e 25°C, observadas em julho.

No Agreste as maiores temperaturas do ar médias (Figura 4) foram observadas em janeiro (24 - 27 °C). A maior parte dessa região fisiográfica mostrou temperaturas do ar em torno de 26,5°C. Apesar desses resultados, observaram-se pontos com temperatura em torno de 24°C. Estas temperaturas foram devido a altitude em alguns pontos acima de 500 m. As menores temperaturas médias são encontradas ao norte, na divisa com Pernambuco (Palmeiras dos Índios e Quebrângulo) e ao leste com a Zona da Mata (~ 24°C). As menores médias mensais (Figura 5) ocorreram em julho (19 - 22°C).

Na Zona da Mata as maiores médias mensais variaram entre (24-27°C) em fevereiro. As menores temperaturas médias de Murici até Ibateguara e a oeste, na divisa, com o Agreste (Mar Vermelho) e norte Chã Preta (~24°C), com altitudes superiores a 400 m. As maiores temperaturas médias (~ 27°C) ocorreram na divisa com a região fisiográfica do Litoral e a Nordeste da mesma. As menores temperaturas médias mensais ocorreram em junho (20-24°C).

No Sertão, as maiores temperaturas do ar médias mensais ocorreram em fevereiro (23 - 27°C). Os extremos superiores foram observados na divisa com o Sertão do São Francisco (Batalha) com aproximadamente 27°C, e as inferiores, em Poços da Trincheira e Santana do Ipanema, divisa com Pernambuco, Água Branca e entre Canapí e Carneiros (~19°C). As menores temperaturas médias mensais, similar ao observado nas demais regiões fisiográficas, ocorreram em julho (20 - 24°C).

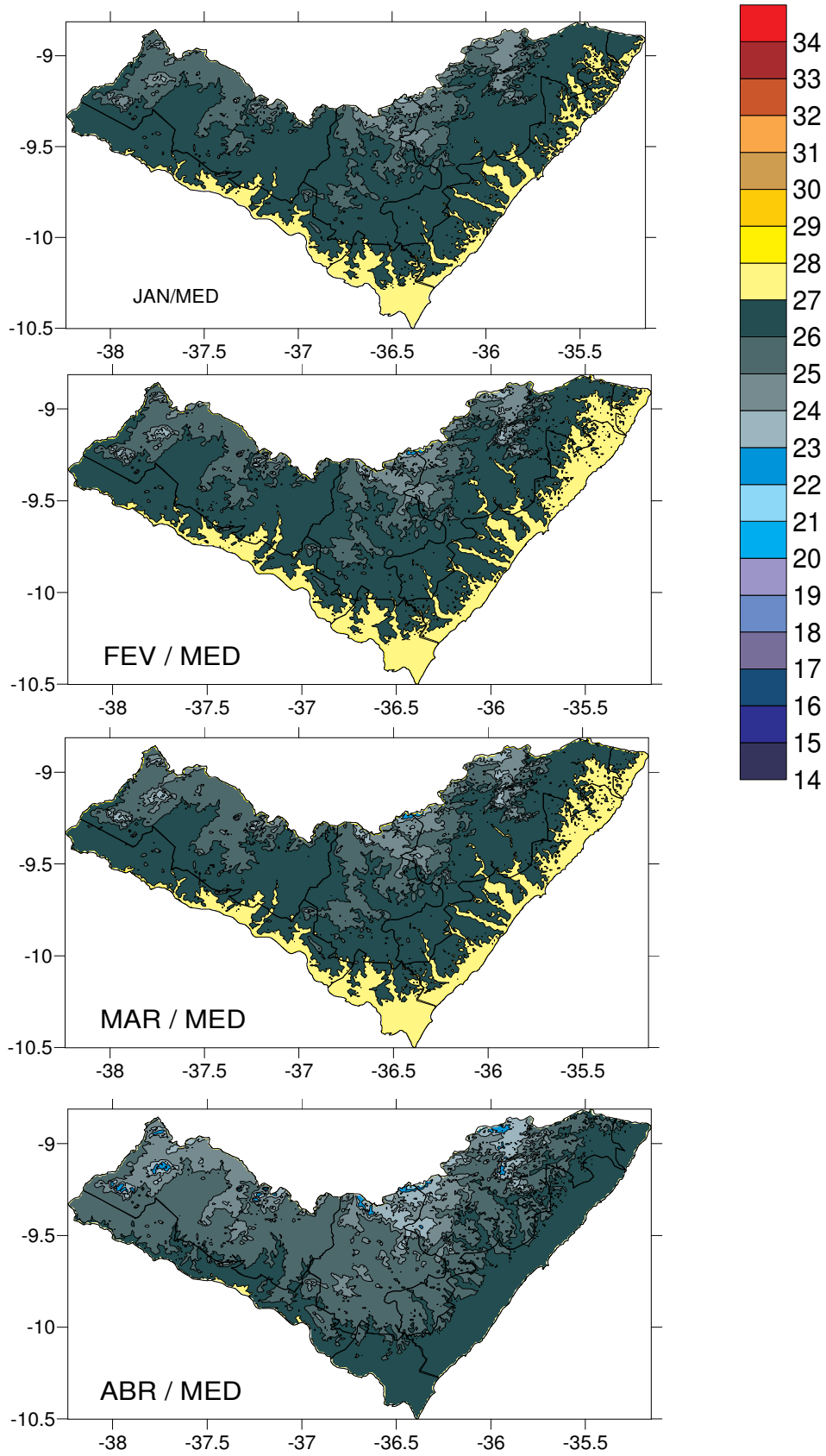


Figura 12 – Mapa de temperatura média mensal do ar (°C) para os meses de janeiro a abril no estado de Alagoas.

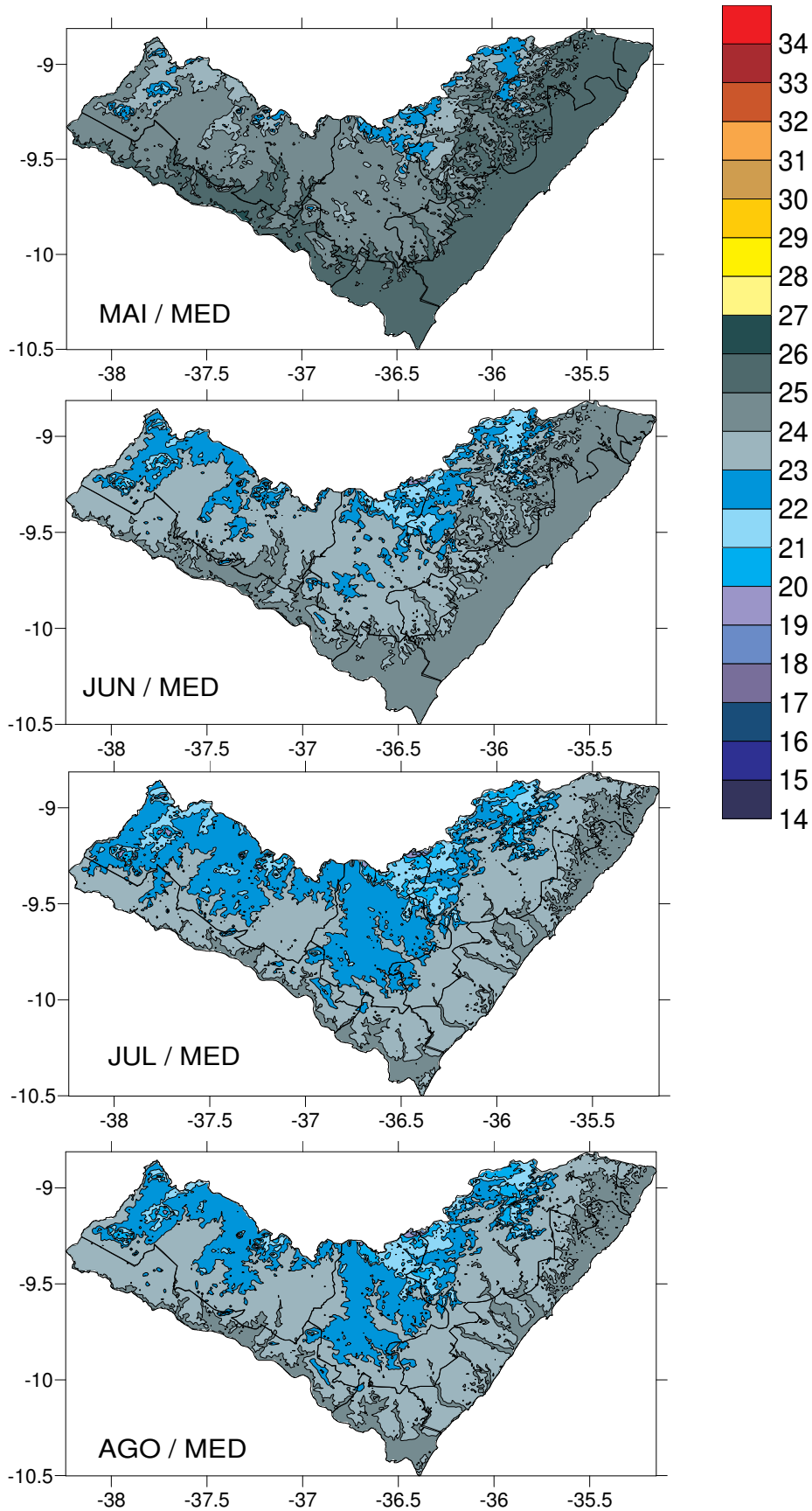


Figura 13 – Mapa de temperatura média mensal do ar (°C) para os meses de maio a agosto no estado de Alagoas.

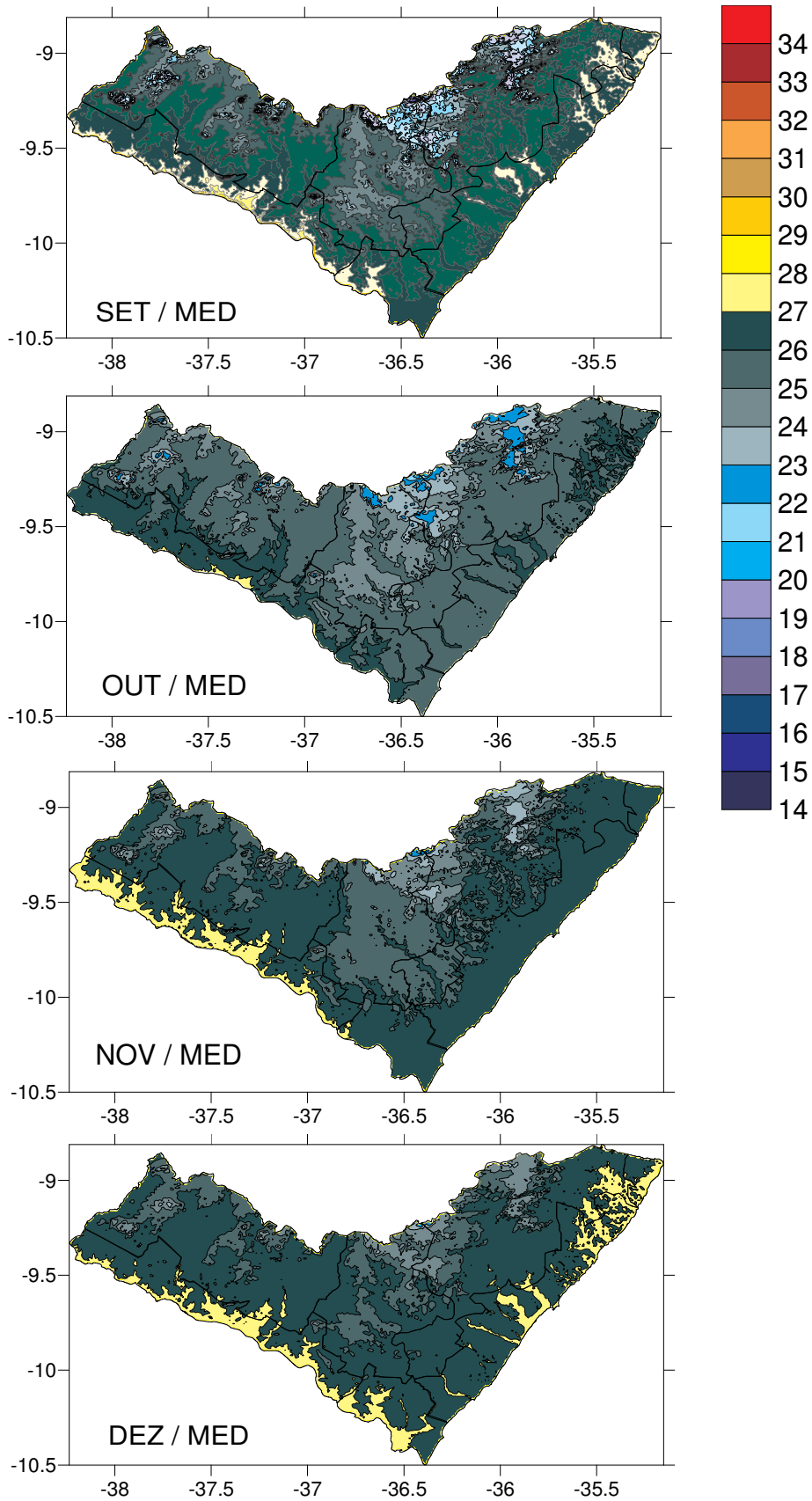


Figura 14 – Mapa de temperatura média mensal do ar (°C) para os meses de setembro a dezembro no estado de Alagoas.

Temperatura do ar máxima mensal

No Baixo São Francisco, as maiores temperaturas do ar máximas mensais (Figura 7) foram observadas no mês de janeiro (31 - 33°C). Ao norte dessa região fisiográfica, Penedo e Igreja Nova apresentaram as maiores temperaturas máximas (~ 33°C). Enquanto as menores ocorreram a nordeste, entre o Agreste e o Sertão, com temperaturas máximas mensais em torno de 31 °C. As menores temperaturas máximas mensais (Figura 8) foram entre 26 – 29 °C, observadas em julho.

No Sertão do São Francisco, as maiores temperaturas do ar máximas mensais ocorreram em dezembro (30,5 - 33,5 °C). Os extremos superiores da máxima nessa região foram observados próximos ao Rio São Francisco (~33,5°C), enquanto os extremos inferiores ocorreram onde o relevo mostrou maiores altitude, entre o Agreste e o Sertão e entre Olho D'água das Flores e Traipu (~30°C). As menores temperaturas do ar máximas mensais nessa região fisiográficas foram entre (26 - 30°C), observadas em julho.

No Litoral as maiores temperaturas máximas mensais (Figura 7) ocorreram em janeiro (32 - 33°C). Nessa região observou-se pouca variação da temperatura máxima, devido principalmente a continentalidade, que condiciona pouca variação da temperatura, pois o Oceano funciona como termo-regulador. As maiores temperatura foram em Coruripe, Coqueiro Seco e Marechal Deodoro e maior parte do Litoral Norte (~ 33°C). Julho apresentou as menores temperaturas do ar máximas mensais (26-30°C).

Na região fisiográfica do Sertão, as maiores temperaturas máximas mensais (Figura 6) em dezembro (30-33°C). O efeito continentalidade atua nessa região diminuindo a temperatura da divisa com o Sertão do São Francisco (~33°C) até a divisa com Pernambuco. As menores temperaturas (~ 30°C) foram observadas entre Santana do Ipanema e Estrelas das Alagoas, Mata Grande e Inhapi, ambos a noroeste da região, e Água Branca a oeste, devido a altitudes entre 500 – 800 m. As menores temperaturas máximas mensais (Figura 8) se encontram em julho (23,5-29°C).

As maiores temperaturas do ar máximas mensais no Agreste foram observadas em dezembro (29,5 - 32,5 °C). As divisas das regiões fisiográficas do Baixo São Francisco (entre Feira Grande e Arapiraca), Sertão do São Francisco (Girau do Ponciano) e Sertão (Major Isidoro) apresentaram as maiores temperaturas do ar (32,5 °C). Os menores valores da

temperatura do ar máxima mensal ocorreram em Quebrangulo (divisa com Pernambuco), localizada entre 700 - 800m de altitude. Julho, novamente apresentou as menores temperaturas do ar máximas mensais e entre 22 - 29,5 °C.

Para a Zona Mata as maiores temperaturas máximas mensais (Figura 7) foram observadas em janeiro (28,5 - 32,5 °C). Os extremos superiores de temperatura máxima mensal se encontram na divisa da região fisiográfica com o Litoral, sendo influenciadas pelo efeito da continentalidade (~32°C), as menores ocorreram em Quebrangulo, entre Murici e Colônia de Leopoldina e a oeste com Pindoba e Atalaia (~29,5°C). As menores temperaturas máximas mensais (Figura 8) se encontram entre (23-29°C) em julho.

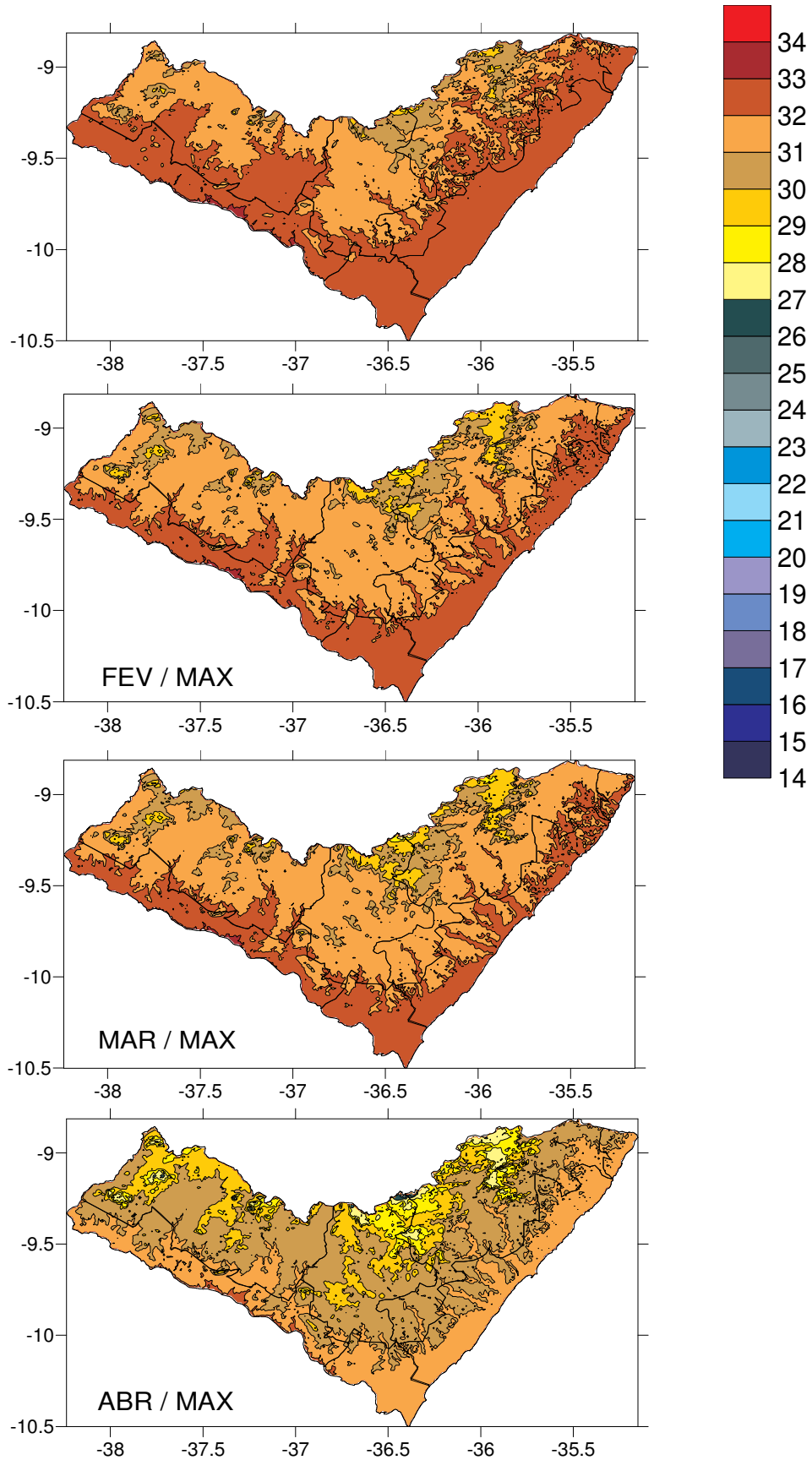


Figura 15 – Mapa de temperatura máxima mensal do ar (°C) para os meses de janeiro a abril no estado de Alagoas.

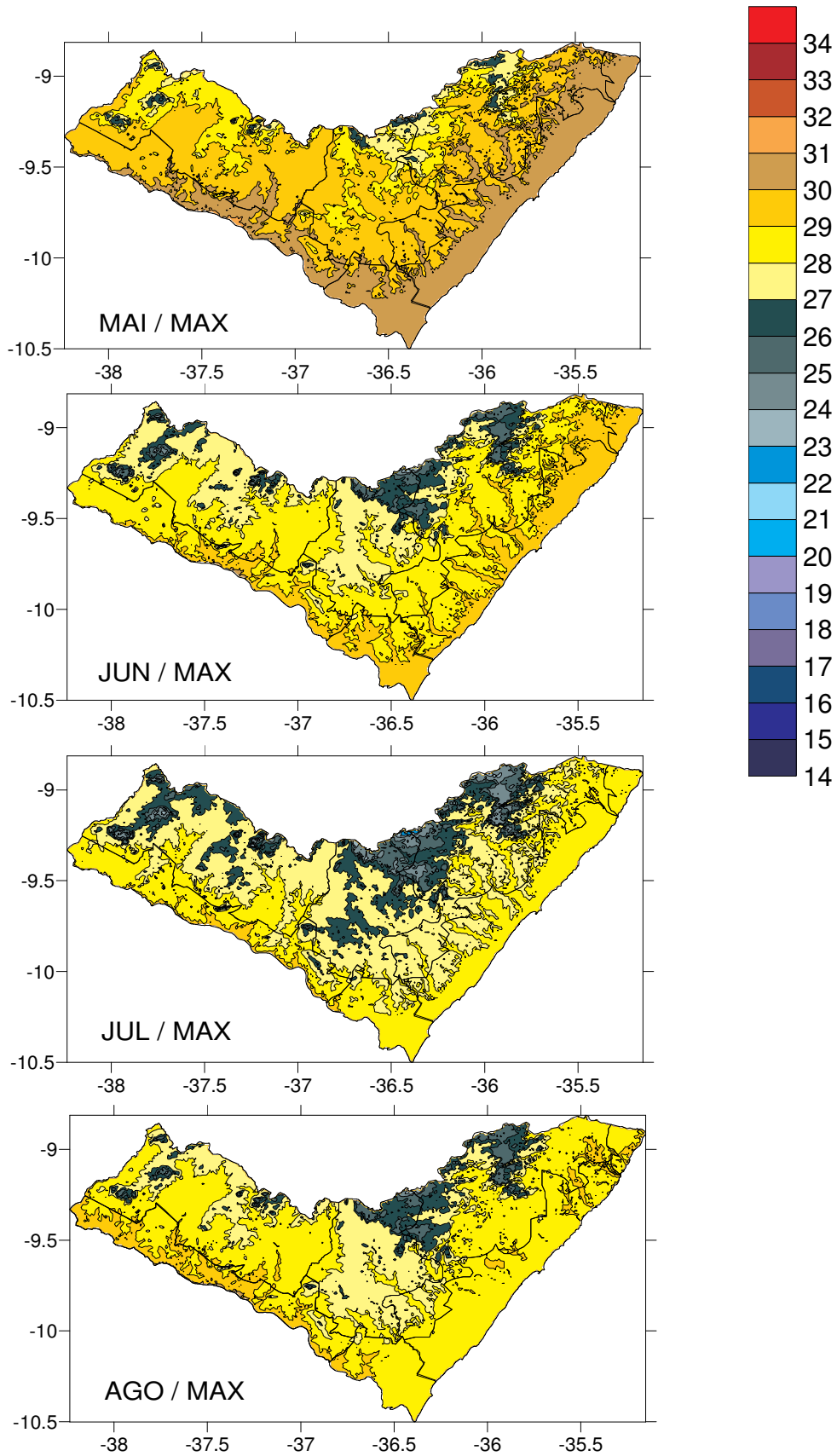


Figura 16 – Mapa de temperatura máxima mensal do ar (°C) para os meses de maio a agosto no estado de Alagoas.

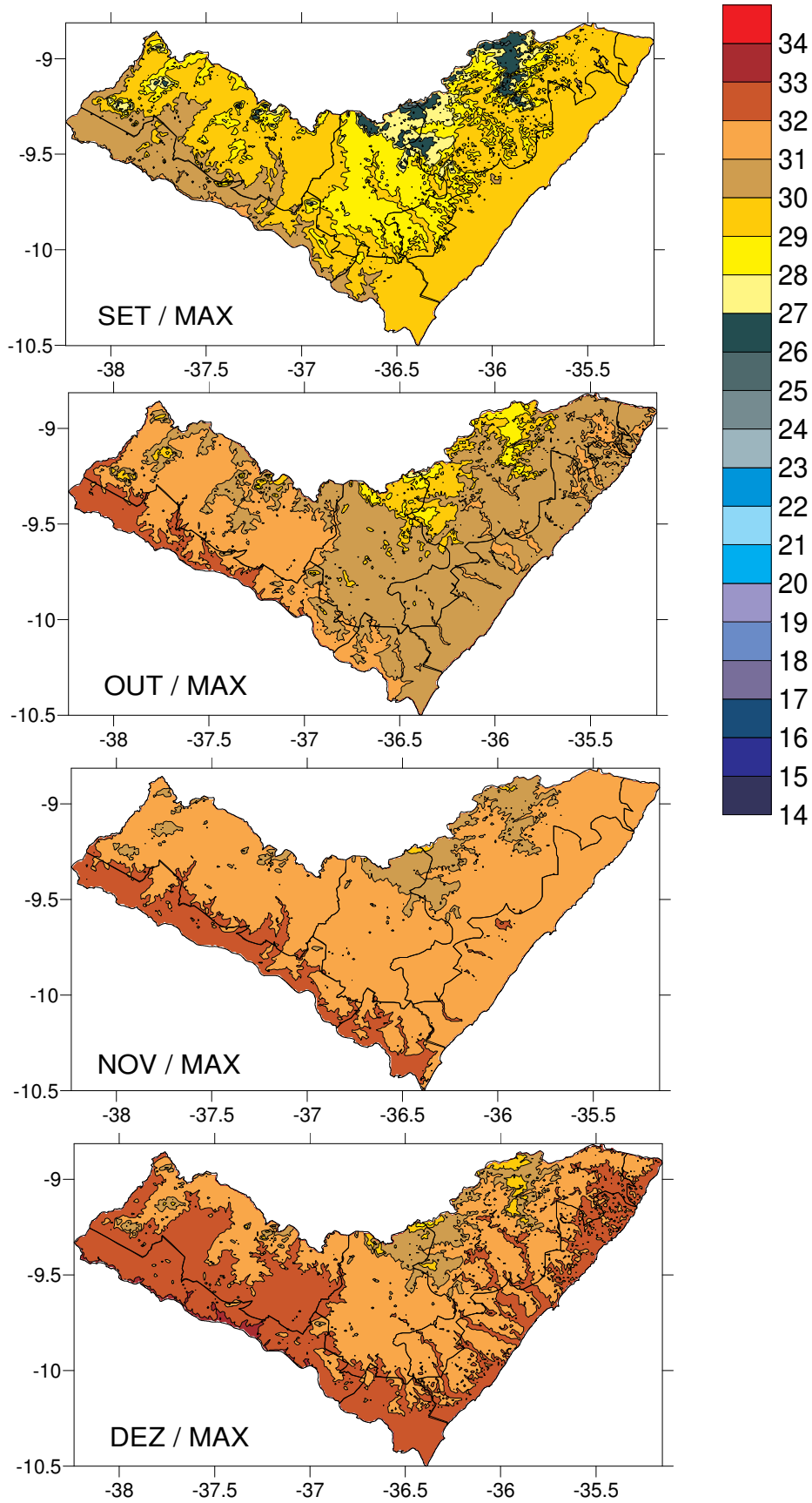


Figura 17 – Mapa de temperatura máxima mensal do ar (°C) para os meses de setembro a dezembro no estado de Alagoas.

Temperatura do ar mínima mensal

Para o mês de março, na região fisiográficas do Baixo São Francisco ocorreram as maiores temperaturas do ar mínimas mensais (21 – 23 °C) (Figura 10). As maiores temperaturas do ar mínimas foram em Penedo, Piaçabuçu e Feliz Deserto (~ 23°C). As menores temperaturas do ar mínimas mensais se encontram em Traípu com 21 °C, com altitudes de entre 200 - 400m. Para o Litoral, as maiores temperaturas do ar mínimas mensais (21 – 23 °C). As maiores temperaturas se encontram em parte do Litoral Norte, Japaratinga, São Miguel dos Milagres, Maceió e para de Coruripe com (23°C). Observou-se aumentando da temperatura mínima mensal do Litoral para o interior do continente e de sul para norte. No Sertão do São Francisco as maiores temperaturas do ar mínimas mensais (21-23°C). As maiores temperaturas mínimas ocorreram em Traípu até Piranhas, próximo as margens do rio São Francisco com (~23°C). O Agreste as maiores temperaturas mínimas mensais (19 - 22°C). As maiores mínimas foram na divisa da região fisiográfica com o Baixo São Francisco e o Sertão do São Francisco com o Baixo São Francisco e o Sertão do São do Francisco (Arapiraca e São Sebastião) com ~22°C e as mais baixas na divisa com Pernambuco em Quebrângulo e Palmeira dos Índios sob influência da altitude.

No Sertão as maiores temperaturas do ar mínimas mensais, diferente das outras regiões, ocorreram em fevereiro (19 – 22 °C). As maiores mínimas foram observadas na divisa com a região fisiografica do Sertão, em Batalha (~ 22°C), e as menores em agosto entre Canapi, Inhapi e Mata Grande com (~19°). Na Zona da Mata as maiores temperaturas do ar mínima mensais variam em março entre 19 a 23°C. As maiores se encontram na divisão com a região fisiográfica no Litoral com (~22°C), sendo influenciadas pela continentalidade, e as menores na divisa com Pernambuco, Campestre com ~ 20°C.

Em relação a Figura 11 nas mesoregiões no mês de agosto as temperaturas menores mínimas mensais encontraram-se no baixo São Francisco (18-29°C), Litoral (19-20°C), Sertão do São Francisco (18-20°C), Agreste (17-20°C), Sertão (17-19°C) e Zona da Mata (16-19°).

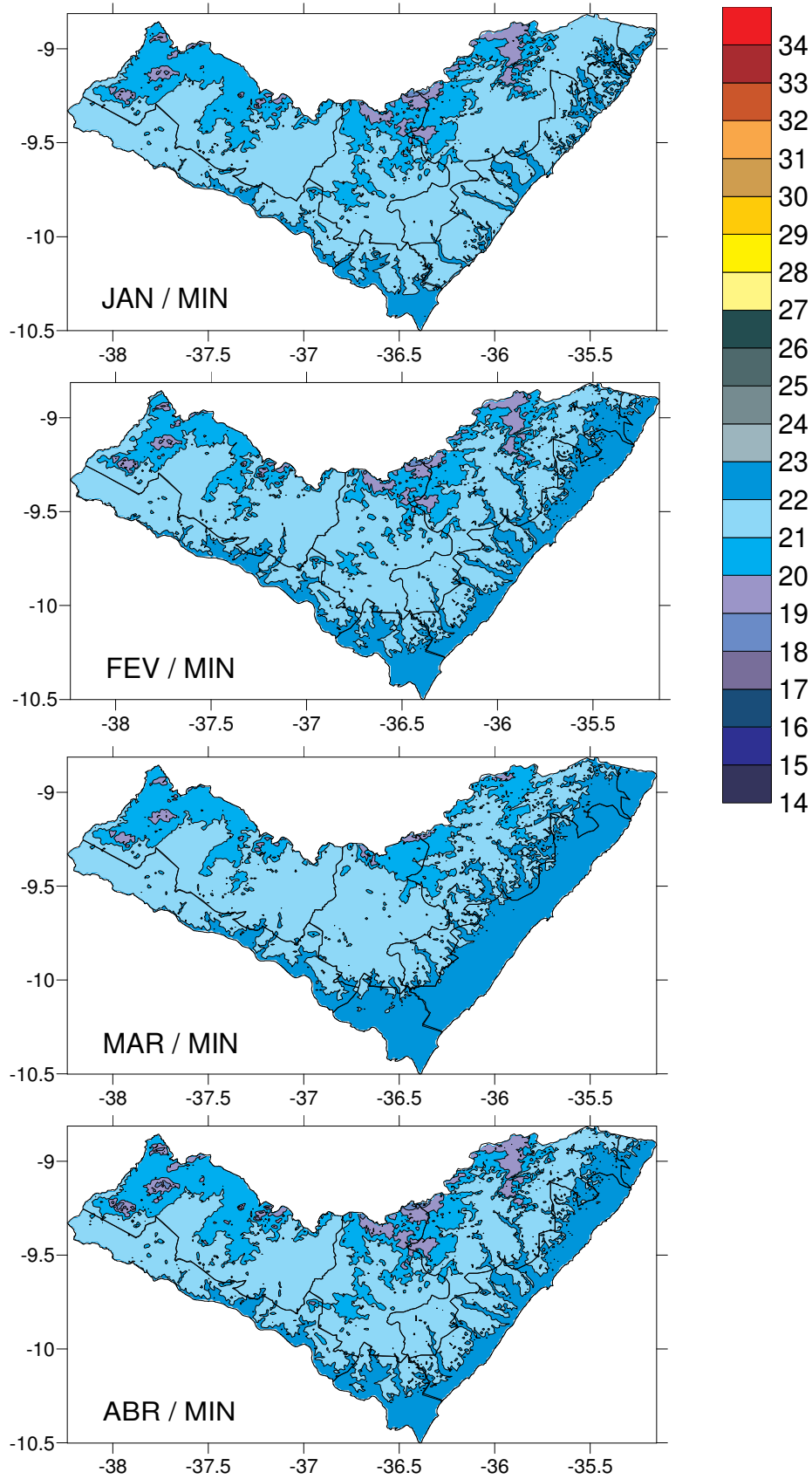


Figura 18 – Mapa de temperatura mínima mensal do ar (°C) para os meses de janeiro a abril no estado de Alagoas.

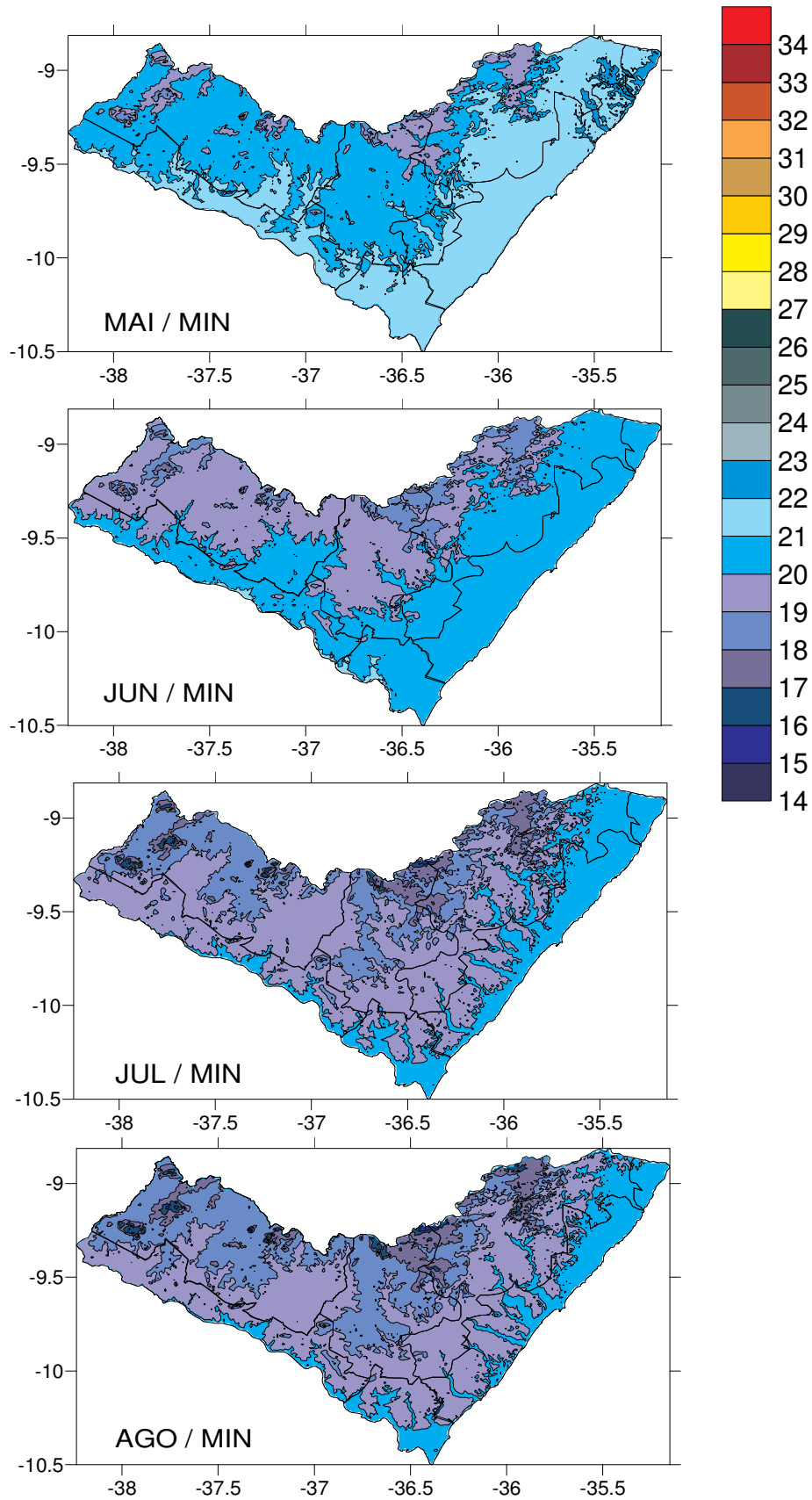


Figura 19 – Mapa de temperatura mínima mensal do ar (°C) para os meses de maio a agosto no estado de Alagoas.

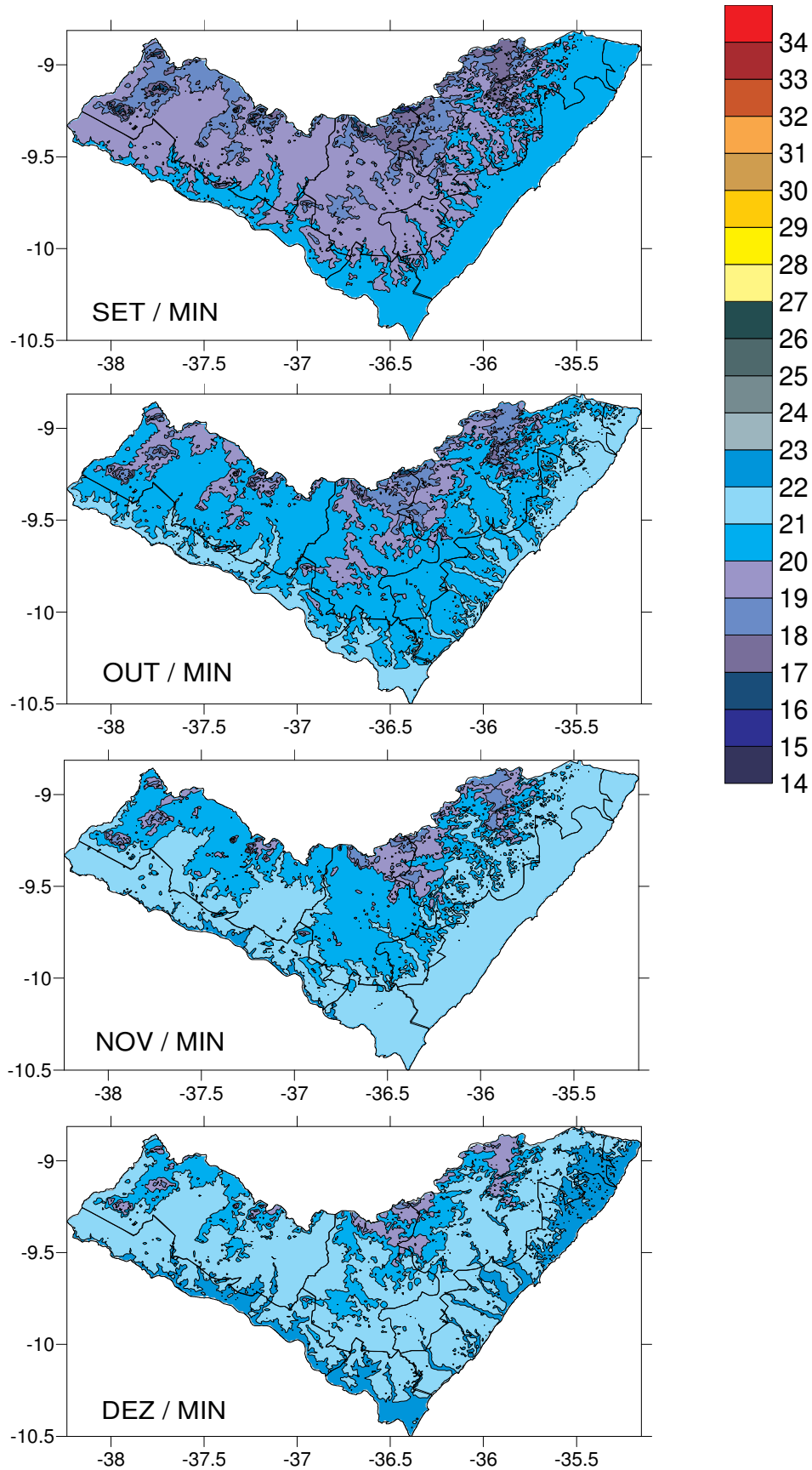


Figura 20 – Mapa de temperatura mínima mensal do ar (°C) para os meses de setembro a dezembro no estado de Alagoas.

5.0 – CONCLUSÃO

Com o pequeno número de estações meteorológicas e a carência de dados, o uso de modelos matemáticos e equações de regressão permitiram estimar a temperatura no estado de Alagoas satisfatoriamente.

A geoestatística mostrou ser uma ferramenta eficaz na análise temporal e espacial na medida da estimativa da temperatura do ar.

A aplicação da estimativa de temperatura do ar, através do MDE ajuda e facilita no zoneamento climático e agroclimático para o estado onde existem carências de dados.

As estimativas de temperatura encontradas mostram que menores temperaturas médias, máximas e mínimas foram observadas no mês de julho em toda região de estudo e a máxima ocorreu no mês de janeiro.

O fator altitude foi incluído na estimativa o que contribui para melhores resultado em regiões mais altas do estado.

6.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA

ACOSTA, V.H. Classificação ecológica do território brasileiro situado ao sul do paralelo 24° S – uma abordagem climática. Viçosa: UFV, 1997. 86p. Tese (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, 1997.

ALFONSI, R.R.; PINTO, H.S.; PEDRO JÚNIOR, M.J. Estimativas das normais de temperaturas média mensal e anual do Estado de Goiás (BR) em função de altitude e latitude. Caderno de Ciências da Terra, v.45, p.1-6, 1974.

ARAÚJO, E. P. Aplicação de dados SRTM à modelagem da erosão em microbacias por geoprocessamento. 2006. 88p. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto). INPE: São José dos Campos, 2006.

AMORIM, R. C. F.; RIBEIRO, A.; LEITE, C. C.; LEAL, B. G.; SILVA J. B. G. Avaliação do desempenho de dois métodos de espacialização da precipitação pluvial para o Estado de Alagoas. Maringá, v. 30, n. 1, p. 87-91, 2008.

ASTOLPHO, F.; CAMARGO, M.B.P.; PEDRO JUNIOR, M.J.; PALLONE FILHO, W.J.; BARDIN, L. Regionalização de riscos de ocorrência de temperaturas mínimas absolutas anuais para o Estado de São Paulo com base em modelos probabilísticos e digitais de elevação. **Bragantia**, v.64, n.1, p.139-148, 2005.

ASSIS, J. S.; ALVES, A. L.; NASCIMENTO, M. C. Atlas Alagoano: Espaço Geo-Histórico e Cultural. Ed. Grafset, 201p, 2007.

BURROUGH, P.A. Principles of Geographical Information Systems for Land Resources Assessment. Monographs on Soil and Resources Survey N° 12, New York: Oxford University Press, 1986, 193 p.

CÂMARA G., E MONTEIRO A M. V. Conceitos básicos da ciência da geoinformação. Cap 2. Em: Introdução à ciência da geoinformação. Editores: CÂMARA, G.; DAVIS. C.;

CARGNELUTTI FILHO et. al. Coordenadas geográficas na estimativa das temperaturas máxima e média decendiais do ar no Estado do Rio Grande do Sul. *Ciência Rural*, Santa Maria, v.38, n.9, p.2448-2456, 2008.

- CHEREM, L. F. S. Análise Morfométrica da Bacia do Alto Rio das Velhas – MG, Belo Horizonte, (Instituto de Geociências da UFMG, 96p, 2008, Dissertação de Mestrado)
- CRESSIE, N. Statistics for spatial data. New York: Wiley, 900p, 1993.
- CUNHA, A. R.; MARTINS, DINIVAL. Classificação Climática para os Municípios de Botucatu e São Manuel, SP. Irriga, Botucatu, v. 14, nº 1, p. 1-11, 2009.
- DIEDRICH, V. L., FERREIRA, E. R, ECKHARD, R.R. Espacialização das estimativas das temperaturas mínimas, médias e máximas anuais para o Vale do Taquari-RS-Brasil, pelo método de regressão linear. Anais. XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Florianópolis, Brasil, 21 - 26, INPE, p. 153 - 159. 2007.
- DIGGLE, P. J.; RIBEIRO JÚNIOR, P. J. Model Based Geostatistics. In: SINAPE, 14., 2000, Caxambu. Anais... São Paulo: Associação Brasileira de Estatística, 2000.
- DURY, G. H. High temperature extremes in Austrália. Annals of the Association of American Geographers, p. 388-400. 1972.
- FIGUEIREDO, J. G. R. Distribuição Espacial da Pluviometria em Alagoas com ênfase à Variabilidade causada pelos padrões de temperatura da superfície do mar. Dissertação de Mestrado. ICAT/UFAL, 150p, 2002.
- FILHO, A. C.; MALUF, J. R. T. MATZENAUER, R.; Á.P. STOLZ. Altitude e coordenadas geográficas na estimativa da temperatura mínima média decenal do ar no Estado do Rio Grande do Sul. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.41, n.6, p.893-901, 2006.
- FRITZSONS, E.; MANTOVANI, L. E., V.; AGUIAR, A. V. Relação entre altitude e temperatura: uma contribuição ao zoneamento climático no Estado do Paraná. Revista de Estudos Ambientais, v. 10, p. 40-48, 2008.
- GOIS, G., SOUZA, J. L., SILVA, P. R. T., JÚNIOR, J. F. O. L. Caracterização da Desertificação no Estado de Alagoas Utilizando Variáveis Climáticas, Publicado: Revista Brasileira de Meteorologia, v.20, n.3, 301-314, 2005.
- IMBUZEIRO, H. M. A.; SILVA, D. F. DA. ; LEMES, M. A. M. ; MOLION, L. C. B. Caracterização do regime interanual de chuvas para Alagoas usando um método de correlação

de anomalias. in: Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, 12. , 2001, Fortaleza, CE. Anais... Fortaleza: IMPERIAL OTHON PALACE HOTEL, v.1, p. 345, 2001.

JARVIS, A.; RUBIANO, J.; NELSON, A.; FARROW, A.; MULLIGAN, M. Practical use of SRTM data in the tropics: Comparisons with digital elevation models generated from cartographic data. Cali: Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), 2004. 33p.

JUNIOR, N. C. R.; SANTIAGO, A. M.; GOMES, R. J. Fotoquímica na Atmosfera. Universidade Federal do Espírito Santo - Programa de Pós-Graduação Engenharia Ambiental, p. 19, 2005.

KUUSKIV, L. W.; LOCK,.; LI, X.; DOWDING, S., MERCER, B.; Void fill of SRTM elevation data: Performance evaluations, “Geospatial Goes Global: From Your Neighborhood to the Whole Planet”, ASPRS 2005 Annual Conference, 2005.

KOUSKY, V. E.,: Frontal influences on Northeast Brazil. Monthly Weather Review, v.107, p.1140-1153, 1979.

LYRA, G. B.; OLIVEIRA JÚNIOR, J. F. O.; SOUZA, J. L.; LYRA, G. B.; SANTOS, M. J., SANTOS,P. J. Variação Espacial e Temporal da Temperatura mensal do ar no estado de Alagoas. XVI Congresso Brasileiro de Agrometeorologia – 22 a 25 de setembro de 2009 - GranDarrell Minas Hotel, Eventos e Convenções, Belo Horizonte, MG.

LIMA, M.G. DE; RIBEIRO, V.Q. Equações de estimativa da temperatura do ar para o Estado do Piauí, Brasil. Revista Brasileira de Agrometeorologia, Santa Maria, v.6, n.2, p.221-227, 1998.

MAACK, V. Geografia física do Estado do Paraná. Rio de Janeiro, Livraria José Olympio Ed., 442p, 1981.

MATHERON,G. La théorie des variables regionalisées, et ses applications. Les Cahiers du Centre de Morphologie Mathématique de Fontainebleau. École Nationale Supérieure des Minas de Paris, 1970. Fascicule 5. 212p.

MATHERON, G.. The theory of regionalized variables and its applications. Paris, Les Cahiers du Centre de Morphologie Mathématique de Fontainebleau, 211p., 1971.

MEDEIROS, S.S.; CECILIO, R.A.; JUNIOR, J.C.F.M.; JUNIOR, J.L.C.S. Estimativa e espacialização das temperaturas do ar mínimas e máximas na região nordeste do Brasil. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 9, p. 247-255. 2005.

MENEZES, P. M. L.; COELHO NETO, A. L. Escala: estudo de conceitos e aplicações Rio de Janeiro: GEOCart-UFRJ, 6p, 2003. Disponível em http://www.geocart.igeo.ufrj.br/pdf/trabalhos/Escala_Conceitos_Aplic.pdf. Acessado em 12/01/2010.

MELGAÇO L. M. et al; Comparação entre modelos digitais de elevação gerados por sensores ópticos e por radar, Anais XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Goiânia, Brasil, 16-21 abril 2005, INPE, p.1215-1220.

MOLION, L. C. B. E BERNARDO, S. O. Revisão da Dinâmica das Chuvas no Nordeste Brasileiro. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v17, n.1, p1-10, 2002.

MONTEIRO, A. M.; D'ALGE, J. C.. São José dos Campos, INPE, 2001 (2ª edição, revista ampliada, disponível em www.dpi.inpe.br/gilberto/livro).

MORAES, M. C. S. Distribuição de Gotas de Chuvas e a Relação Z-R para Radar na Costa Leste do Nordeste do Brasil. Dissertação de Mestrado DMET/UFAL, 120 p, 2003.

MIRANDA, J. I. Fundamentos de Sistemas de Informação Geográficas. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2005. 425p.

NETO. S. N. O.; Reis, G. G.; Reis, M. G. F.; Leite, H. G.; Costa, J. M. N. Estimativa de Temperaturas Mínima, Média e Máxima do Território Brasileiro Situado Entre 16 e 24° Latitude Sul e 48 e 60° Longitude Oeste. *Engenharia na Agricultura*, v.10, n.1-4, Jan./Dez., 2002.

OLEA, R. A.; JIAN, X.; YU, Y. Semivariogram modeling by weighted least squares. *Computers & Geosciences*, v. n.4, p.387-397, 1996.

OOKOUCHI, Y. Evaluation of soil moisture effects on the generation and modification of mesoscale circulations. *Monthly Weather Review*, v. 112, p. 2281-2292, 1984.

OMETTO. J. C. Bioclimatologia vegetal. São Paulo: Ed. Agronômica Ceres. 1981.129-132 p.

PEIXOTO, R. C.; JÚNIOR, T. V. L. Impactos da Evolução Dívida Pública no Estado de Alagoas. Trabalho de conclusão de Curso de Pós Graduação em Gestão Pública – CESMAC. Maceió-AL, p. 77 2006.

PEZZOPANE, J. E. M.; SANTOS, E.; ELEUTÉRIO, M. M.; A.; REIS, E. F.; SANTOS, A. R. Espacialização da temperatura do ar no Espírito Santo. Revista Brasileira de Agrometeorologia, v.12, n.1,p.151-158, 2004

PIKE, R. J. Geomorphometry – diversity in quantitative surface analysis. Progress in Physical Geography, v. 24, n. 1, p. 01 – 20, 2000.

RAMOS, C. M. C.; NARDINI R. C.; ZIMBACK C. R. L.; Seraphin S. Análise temporal da variação da temperatura utilizando-se a geoestatística. Anais XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Natal, Brasil, 25-30 abril 2009, INPE, p. 347-353.

SACCO, F. G., ASSIS, S. V., Correlação entre radiações solar global medida e estimada. In: XIII Congresso Brasileiro de Meteorologia, Fortaleza-CE. Ed. nº41, 2004.

SANTOS, M. J. Simulação de Chuva Intensa para o Estado de Alagoas utilizando o modelo BRAMS. Trabalho de conclusão de Curso, ICAT/UFAL-2009.

SANTOS, M. J. ; LYRA, G.B. ; SOUZA, J.L ; BASTOS LYRA, G. B. ; SANTOS, M.A. ; PORFIRIO, A.C.S. . Espacialização da Temperatura Mínima do Ar para o estado de Alagoas Utilizando dois Modelos Digitais do Terreno. In: Xv Congresso Brasileiro de Meteorologia, 2008, São Paulo. Anais... XV Congresso Brasileiro De Meteorologia, 2008.

SOUZA, L. et al , 2006; Metodologias de Processamento de dados SRTM para a produção de Modelos Digitais de Direcções de Escoamento. Publicado na Associação Portuguesa dos RecursosHídricos,
http://www.igeo.pt/instituto/cegig/got/3_Docs/Files/Sousa_Nery_Matos_2006_Metodologias.pdf.

SILVA, F. M., PAZ, D. A. PAZ R. S. Vórtice Ciclônico da Alta Troposfera: um caso no Nordeste do Brasil: Fase II. IN: Anais... VI Congresso Brasileiro de Meteorologia, Salvador, v.2, p.554-556, 1990.

SILVA, P. R. T. Radiação Solar Global Mensal para o Estado de Alagoas – Mapeamento.Dissertação de Mestrado. Maceió-AL. Fevereiro de 2007.

TUBELIS, A., NASCIMENTO, T. Meteorologia Descritiva: Fundamentos e Aplicações Brasileiras. São Paulo: Nobel, 1987.221p.

VALERIANO, M.M.; PICINI, A.G. Uso de sistemas de informação geográfica para a geração de mapas de médias mensais de temperatura do Estado de São Paulo. Revista Brasileira de Agrometeorologia, Santa Maria, v.8, n.2, p.255-262, 2000.

VIEIRA. E., A. L. ALVES; J. M. F. SANTOS; J. S. ASSIS. Mapeamento dos estágios Fisionômicos da vegetação, na Serra da Saudinha, em Alagoas, com o auxílio de imagens Orbitais. Anais... I Simpósio Regional de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto, 2002.

WANDERLEY, H. S. Aplicação de Redes Neurais para a Interpolação da Precipitação no estado de Alagoas. Dissertação de Mestrado – ICAT/UFAL, p. 78, 2010.

WEXLER, R. Theory and observations of land and sea breezes. Bulletin American Meteorology Society, v.27, p.272-287, 1946.