



UNIVERSIDADE ESTADUAL DO CEARÁ

RAIMUNDO RODRIGUES DOS SANTOS JUNIOR

**A INFLUÊNCIA DO LAGO ARTIFICIAL DO CASTANHÃO NO SISTEMA
CLIMÁTICO LOCAL DO VALE DO RIO JAGUARIBE - CE**

FORTALEZA – CEARÁ

2013

RAIMUNDO RODRIGUES DOS SANTOS JUNIOR

**A INFLUÊNCIA DO LAGO ARTIFICIAL DO CASTANHÃO NO SISTEMA
CLIMÁTICO LOCAL DO VALE DO RIO JAGUARIBE - CE**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia - CCT/UECE, como requisito parcial para obtenção do Título de Mestre em Geografia. Área de Concentração: Análise Geoambiental e Ordenamento de Territórios de Regiões Semiáridas e Litorâneas.

Orientadora: Prof^ª. Dr^ª. Isorlanda Caracristi

FORTALEZA – CEARÁ

2013

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação

Universidade Estadual do Ceará

Biblioteca Central Prof. Antônio Martins Filho

Bibliotecário responsável – Francisco Welton Silva Rios – CRB-3/919

- S237i Santos Junior, Raimundo Rodrigues dos
A influência do Lago Artificial do Castanhão no Sistema Climático do Vale do Rio Jaguaribe-CE / Raimundo Rodrigues dos Santos Junior. -- 2013.
CD-ROM. 117 f. : il. (algumas color.) ; 4 ¾ pol.
- “CD-ROM contendo o arquivo no formato PDF do trabalho acadêmico, acondicionado em caixa de DVD Slim (19 x 14 cm x 7 mm)”.
- Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual do Ceará, Centro de Ciências e Tecnologia, Pró-Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Curso de Mestrado Acadêmico em Geografia, Fortaleza, 2013.
- Área de Concentração: Análise Geoambiental e Ordenamento de Territórios de Regiões Semiáridas e Litorâneas.
- Orientação: Prof.^a Dr.^a Isorlanda Caracristi.
1. Açude Castanhão. 2. Vale do Rio Jaguaribe. 3. Lago artificial. 4. Clima local – influência. I. Título.

CDD: 910.91



GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ
UNIVERSIDADE ESTADUAL DO CEARÁ
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
CENTRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA - CCT
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA DA UECE-ProPGeo



FOLHA DE APROVAÇÃO

Nome da Dissertação: "A Influência do Lago Artificial do Castanhão no Sistema Climático Local do Vale do Rio Jaguaribe - Ce".

Data da Defesa: 15/03/2013

Nome do Autor: Raimundo Rodrigues dos Santos Júnior

Nome da Orientadora: Prof^a. Dr^a. Isorlanda Caracristi (UVA/UECE)

Trabalho apresentado ao Programa de Pós Graduação em Geografia – CCT/UECE, como requisito parcial para obtenção do Título de Mestre em Geografia, Área de Concentração: Análise Geoambiental e Ordenamento de Territórios de Regiões Semi-Áridas e Litorâneas.

BANCA:

Prof^a. Dr^a. Isorlanda Caracristi
Universidade Vale do Acaraú - UVA
Universidade Estadual do Ceará - UECE

Prof^a. Dr^a. Marta Celina Linhares Sales
Universidade Federal do Ceará – UFC

Prof. Dr. Ernane Cortez Lima
Universidade Estadual do Vale do Acaraú - UVA

*A Deus e aos meus pais,
Graça e Rodrigues.*

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, por mais esta conquista na minha vida, que representa a realização de mais um sonho, pela força para continuar lutando sempre e pelo seu imenso amor.

Agradeço a meus pais, Graça e Rodrigues, por todo o amor, a compreensão, a força e os ensinamentos, amo muito vocês.

A minha princesa linda Keylla, por todo o amor, companheirismo e atenção, te amo.

As minhas queridas irmãs e aos meus amados sobrinhos Liz, Maria Clara e Luiz, pelas alegrias e o carinho.

Agradeço a minha orientadora Prof^ª. Dr^ª. Isorlanda Caracristi, pelos ensinamentos, pela confiança e por todo o apoio. Uma excelente professora e amiga que Deus colocou em minha vida para ajudar-me a concretizar este sonho.

Agradeço a professoras Dr^ª. Marta Celina Linhares Sales, por compor minha banca desde a qualificação, onde deu valiosas contribuições para esta pesquisa.

A Prof^ª. Dr^ª. Simone Ferreira Diniz, por suas grandes contribuições durante o processo de qualificação.

Ao Prof. Dr. Ernane Cortez Lima, por suas grandes contribuições dadas durante a defesa desta pesquisa.

A todos os meus amigos de mestrado, em especial, Abner e Gustavo, pelos momentos de estudo, lazer, apoio e pela ajuda nos trabalhos de campo. Vocês são grandes amigos.

Ao meu grande amigo de graduação e mestrado Joselito, por todo o apoio e por desde a graduação demonstra o valor de uma amizade verdadeira.

Ao meu amigo Davy da UFC, pelo apoio dado nesta pesquisa.

A minha querida casa, Universidade Estadual do Ceará (UECE) e ao Programa de Pós-Graduação em Geografia (PROPGeo), locais onde estudei, pesquisei, obtive grande crescimento profissional e realizei vários sonhos.

Ao Laboratório de Estudos Ambientais (LEA) da Universidade Estadual do Vale do Acaraú (UVA), por disponibilizar os equipamentos para os trabalhos de campo.

Ao Laboratório de Geoprocessamento (LABGeo) e a professora Dr^ª. Lúcia Brito, por todo o apoio desde a graduação.

A todos os meus professores do Programa de Pós-Graduação em Geografia.

Ao professor e amigo Dr. Marcos Nogueira, por todos os ensinamentos sobre o semiárido nordestino.

Aos professores Gomes e Paulo Pessoal pelos ensinamentos e orientações durante minha graduação em Geografia.

A amiga Júlia, funcionária exemplar da secretaria do PROPGeo.

A população da região do Castanhão, pela colaboração com a pesquisa.

Ao Departamento Nacional de Obras Contra as Secas (DNOCS) e a Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCME), pelos dados climáticos cedidos.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão do auxílio financeiro durante o meu mestrado.

RESUMO

As grandes barragens construídas no Brasil propiciam inúmeros impactos socioambientais nas áreas onde são implementadas, sobretudo, no que concerne à formação de extensos lagos artificiais. O clima é um dos elementos dos sistemas naturais que mais recebe influência com a formação desses lagos. Esta pesquisa traz a hipótese de que o lago artificial formado com a construção do açude Castanhão, pelas suas dimensões espaciais, exerce influências (impactos) no sistema climático local do vale do rio Jaguaribe - CE. Para tanto, desenvolve estudos/análises da influência desse lago artificial sobre os parâmetros climáticos locais do referido vale. O açude Castanhão, construído no médio curso do rio Jaguaribe, representa a maior obra da política de açudagem no Estado do Ceará, sendo o maior açude do Brasil em usos múltiplos. Para o alcance dos objetivos, foram realizados levantamentos bibliográficos, cartográficos e de dados climáticos mais antigos, além de trabalhos de campo e em laboratório e gabinete. Haja vista a desativação de quase todos os equipamentos institucionais de obtenção de dados climáticos da área, foram realizados dois trabalhos de campo em períodos climáticos diferentes (seco e chuvoso), para a obtenção de dados diários recentes, mediante a instalação de dois abrigos microclimáticos próximos ao lago artificial do açude, equipados com termômetro de máxima e mínima, termohigrômetro e pluviômetro, além de no local utilizar-se ainda de birutas, bússolas e anemômetro. Após os levantamentos de dados em campo, procedeu-se às análises em laboratório e gabinete, onde os dados e informações foram organizados, tabulados, tratados estatisticamente e comparados com indicadores mais antigos levantados junto à FUNCEME e traduzidos/expostos em gráficos. Realizou-se, ainda, a aplicação de questionários com a população da região, para correlacionar os dados científicos com os indicativos empíricos coletados. Após as análises de todos os dados, os resultados demonstraram a existência de microclimas diferentes no entorno do lago, variando os valores da temperatura do ar e umidade relativa do ar de um local monitorado para o outro. A brisa marítima “vento Aracati” teve seu comportamento observado durante todos os trabalhos de campo. Sua passagem pela região foi identificada, com os dados coletados nos campos para medições e registros e também com informações empíricas cedidas pela população sobre seu comportamento. A maioria da população que respondeu o questionário, afirmou, também, que percebeu alterações no clima da região após o açude. Assim, com suporte nesses resultados, a hipótese deste trabalho foi comprovada. Em razão da falta de dados, contudo, não foi possível mensurar valores para alterações possíveis nos parâmetros climáticos após a construção do Reservatório, o que impossibilitou também a realização de outras análises. Por fim, esta pesquisa assume grande importância, pois, além de ser pioneira no Ceará, produziu dados climáticos primários novos, levantou indicadores empíricos com a população da região e subsidiará futuras pesquisas sobre o lago artificial do Castanhão.

Palavras-chave: Açude Castanhão. Vale do Rio Jaguaribe. Lago Artificial. Influência no Clima local.

ABSTRACT

The large dams constructed in Brazil make possible innumerable social environmental impacts in the areas where they are executed specially in relation to the forming of extensive artificial lakes. The climate is one of the elements of the natural system that receives the most influence with the construction of these lakes. This research brings out the theory that the formation of an artificial lake with the construction of the “Castanhão” dam by its space dimensions, exerts influence (impact) on the local climatic system of the valley of “Jaguaribe” river – Ceará. To get to this conclusion, studies/analysis of the influence of this artificial lake on the local climatic parameters of such valley are developed. The “Castanhão” dam constructed on the headwaters of the Jaguaribe river, represents the greatest work in damming policy in the state of Ceará, being the greatest dam of Brazil in multiple usage. To achieve these goals, bibliographical statistics, mapping and older climatic data were done, besides field work, lab work and office work. Due to most of all inactive institutional equipments of obtaining climatic data in the area, two field tasks in different climatic periods (dry and rainy) were done to obtain up to date daily data through the installation of two microclimatic shelters near the artificial lake of the dam equipped with maximum and minimum thermometer, thermohygrometer and pluviometer besides utilizing in the area weathercocks, compasses and anemometer. After the statistics of field data, analysis in lab and office were done, where all the data and information were organized, tabulated, statistically treated and compared to the older indicators raised by FUNCEME, translated and exposed in graphics. The application of questionnaires with the population of region was also done to correlate the scientific data with the collected empirical indicators. After the analysis of all data, the results showed the existence of different microclimates in the vicinity of the lake, varying the values of air temperature and relative humidity from a monitored place to the other. The sea breeze “Aracati wind” had its behavior observed during all the field work. Its passage through the region was identified by the data collected in the fields for measurement and registry and also by empiric information given by the population about its behavior. The majority of the population that answered the questionnaire also affirmed that they noticed alterations in the climate of the region after the dam. Thus, with the support of these results, the hypothesis of this project was confirmed. Due to the lack of data, nevertheless, it was not possible to measure values for the possible alterations in the climatic parameters after the construction of the reservoir which made also impossible the accomplishment of other analysis. Finally, this research assumes great importance because besides being a pioneer in Ceará, it produced new primary climatic data, raised empiric indicators with the population of the region and will subsidize future research about the artificial lake of “Castanhão”.

Key words: Castanhão dam. Valley of Jaguaribe river. Artificial lake. Influence in the local climate.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

A.M.01 - Abrigo Microclimático 01
A.M.02 - Abrigo Microclimático 02
ASDs - Áreas Susceptíveis à Desertificação
ASAN - Anticiclone Subtropical do Atlântico Norte
ASAS - Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul
CAD - Capacidade de Água Disponível
CAPES - Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CCMs - Complexos Convectivos de Mesoescala
COGERH - Companhia de Gestão de Recursos Hídricos
CPRM - Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais
DNOCS - Departamento Nacional de Obras Contra as Secas
DNOS - Departamento Nacional de Obras de Saneamento
EIA - Estudo de Impacto Ambiental
ENOS - El Niño – Oscilação Sul
ETP - Evapotranspiração Potencial
ETR - Evapotranspiração Real
EW - Ondas de Leste
FUNCEME - Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos
IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IFOCS - Inspetoria Federal de Obras Contra as Secas
INMET - Instituto Nacional de Meteorologia
INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
IOCS - Inspetoria de Obras Contra as Secas
IPECE - Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará
L - Leste
LEA - Laboratório de Estudos Ambientais
LI - Linhas de Instabilidade
MEC - Massa Equatorial Continental
MEAN - Massa Equatorial do Atlântico Norte
MEAS - Massa Equatorial do Atlântico Sul
MTA - Massa Tropical Atlântica
MP - Massa Polar
N - Norte
NE - Nordeste
NEB - Nordeste Brasileiro
NO – Noroeste
NOAA - *National Oceanic Atmospheric Administration*
O - Oeste
P - Precipitação
PCD - Plataforma de Coleta de Dados
PROPGEO - Programa de Pós-Graduação em Geografia
RIMA - Relatório de Impacto Ambiental
S - Sul
SEMACE - Superintendência Estadual do Meio Ambiente
SO - Sudoeste
SRH - Secretaria de Recursos Hídricos
SRTM - *Shutter Radar Topographic Mission*
SSO - Sul-Sudoeste

SST - *Sea Surface Temperature*
TGS - Teoria Geral dos Sistemas
TSM - Temperatura da Superfície do Mar
UECE - Universidade Estadual do Ceará
UVA - Universidade Estadual do Vale do Acaraú
VCAs - Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis
ZCIT - Zona de Convergência Intertropical

LISTA DE FIGURAS

Figura 01: Açude Castanhão. Vista do Município de Nova Jaguaribara.....	42
Figura 02: Açude Castanhão. Vista da barragem localizada no Município de Alto Santo.....	42
Figura 03: Evolução da Formação do lago artificial do Castanhão. A primeira imagem é uma <i>Spot</i> de 2002 e a segunda imagem uma <i>Landsat 5</i> , de 2009.....	43
Figura 04: Modelo digital de elevação do terreno da região do Médio Jaguaribe. Nota-se o açude Castanhão em destaque.....	54
Figura 05: Planície Fluvial do rio Jaguaribe no Município de Jaguaribe.....	56
Figura 06: Planície Fluvial do rio Jaguaribe no Município de Jaguaribe.....	57
Figura 07: Depressão Sertaneja do Município de Jaguaribe, durante o período seco....	58
Figura 08: Depressão Sertaneja do Município de Jaguaribama, durante o período chuvoso.....	58
Figura 09: Depressão Sertaneja do Município de Nova Jaguaribara, durante o período chuvoso.....	59
Figura 10: Tabuleiros Interiores no Município de Morada Nova.....	60
Figura 11: Pluviômetro tipo <i>Ville de Paris</i> – DNOCS.....	63
Figura 12: Bússola.....	67
Figura 13: GPS Garmin - GPSmap 78.....	67
Figura 14: Abrigos microclimáticos instalados durante o período seco próximo ao lago nos Municípios de Alto Santo e Jaguaribama, respectivamente.....	68
Figura 15: Abrigos microclimáticos instalados durante o período chuvoso próximo ao lago nos Municípios de Alto Santo e Jaguaribama, respectivamente.....	68
Figura 16: Termômetro de máxima e mínima.....	69
Figura 17: Termo-higrômetro.....	70

Figura 18: Anemômetro.....	71
Figura 19: Biruta.....	72
Figura 20: Pluviômetro.....	73

LISTA DE CARTA IMAGEM

Carta Imagem do Castanhão.....	39
---------------------------------------	-----------

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 01: Temperaturas médias mensais estimadas para o Castanhão/barragem, Jaguaretama e Jaguaribe.....	45
Gráfico 02: Distribuição da precipitação total anual (1999-2012) para Castanhão/barragem, Jaguaretama e Jaguaribe.....	47
Gráfico 03: Média mensal da precipitação em milímetros para o Castanhão/barragem, Jaguaretama e Jaguaribe (1999-2012).....	48
Gráfico 04: Extrato do balanço hídrico para o Castanhão/barragem (1999-2012).....	49
Gráfico 05: Extrato do balanço hídrico para Jaguaretama (1999-2012).....	50
Gráfico 06: Extrato do balanço hídrico para Jaguaribe (1999-2012).....	50
Gráfico 07: Balanço hídrico normal para o Castanhão/barragem (1999-2012).....	51
Gráfico 08: Balanço hídrico normal para Jaguaretama (1999-2012).....	51
Gráfico 09: Balanço hídrico normal para Jaguaribe (1999-2012).....	52
Gráfico 10: Variação diária da temperatura (do momento) do ar coletada nos abrigos A.M.01 e A.M.02, durante o período seco (19/11/2011).....	77
Gráfico 11: Variação diária da temperatura mínima do ar coletada nos abrigos A.M.01 e A.M.02, durante o período seco (19/11/2011).....	79
Gráfico 12: Variação diária da temperatura máxima do ar coletada nos abrigos A.M.01 e A.M.02, durante o período seco (19/11/2011).....	79
Gráfico 13: Variação diária da umidade relativa do ar coletada nos abrigos A.M.01 e A.M.02, durante o período seco (19/11/2011).....	81
Gráfico 14: Variação diária da temperatura (do momento) do ar coletada nos abrigos A.M.01 e A.M.02, durante o período chuvoso (10/03/2012).....	82
Gráfico 15: Variação diária da temperatura mínima do ar coletada nos abrigos A.M.01 e A.M.02, durante o período chuvoso (10/03/2012).....	84

Gráfico 16: Variação diária temperatura máxima do ar coletada nos abrigos A.M.01 e A.M.02, durante o período chuvoso (10/03/2012).....	84
Gráfico 17: Variação diária da umidade relativa do ar coletada nos abrigos A.M.01 e A.M.02, durante o período chuvoso (10/03/2012).....	85
Gráfico 18: Variação diária da temperatura e umidade relativa do ar em Jaguaribe, no dia 19/11/2011 (período climático seco).....	86
Gráfico 19: Variação diária da temperatura e umidade relativa do ar em Jaguaribe, no dia 10/03/2012 (período climático chuvoso).....	87
Gráfico 20: Variação diária da temperatura do ar em 19/11/2002 no Castanhão e em Jaguaretama.....	90
Gráfico 21: Dados da variação diária da temperatura do ar comparados (T1, T2, T- Castanhão, T- Jaguaretama) – dia 19/11/(2002/2011).....	91
Gráfico 22: Variação diária da umidade relativa do ar em 19/11/2002 em Jaguaretama.....	92
Gráfico 23: Dados da variação diária da umidade relativa do ar comparados (UR – Jaguaretama e UR2) – dia 19/11/(2002/2011).....	92
Gráfico 24: Velocidade diária do vento coletadas, durante o período seco (19/11/2011).....	94
Gráfico 25: Velocidade diária do vento coletadas, durante o período chuvoso (10/03/2012).....	94
Gráfico 26: Porcentagem de respostas para a primeira pergunta do questionário.....	97
Gráfico 27: Porcentagem de respostas para a segunda pergunta do questionário.....	98

LISTA DE MAPAS

Mapa 1: Mapa de localização da área de estudo.....	38
Mapa 2: Mapa das Unidade Geoambientais.....	55
Mapa 3: Mapa de Localização da Estação Meteorológica, Abrigos Microclimáticos e Postos Pluviométricos.....	65

LISTA DE QUADROS

Quadro 01: Características gerais do Açude Castanhão.....	43
--	----

Quadro 02: Altitudes e coordenadas geográficas dos locais de instalação dos abrigos e da Superfície Automática do INMET.....	66
---	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 01: Temperaturas médias mensais (°C) estimadas para o Castanhão/barragem, Jaguaretama e Jaguaribe.....	45
Tabela 02: Valores da precipitação total anual em milímetros para o Castanhão/barragem, Jaguaretama e Jaguaribe de 1999 a 2012.....	46
Tabela 03: Média mensal da precipitação em milímetros para o Castanhão/barragem, Jaguaretama e Jaguaribe de 1999 a 2012.....	48
Tabela 04: Elementos estatísticos – T1 - Período climático seco (19/11/2011).....	77
Tabela 05: Elementos estatísticos - T2 - Período climático seco (19/11/2011).....	77
Tabela 06: Elementos estatísticos – T _{mín1} - Período climático seco (19/11/2011).....	78
Tabela 07: Elementos estatísticos - T _{mín2} - Período climático seco (19/11/2011).....	78
Tabela 08: Elementos estatísticos - T _{máx1} - Período climático seco (19/11/2011).....	78
Tabela 09: Elementos estatísticos - T _{máx2} - Período climático seco (19/11/2011).....	79
Tabela 10: Elementos estatísticos - UR1 - Período climático seco (19/11/2011).....	80
Tabela 11: Elementos estatísticos - UR2 - Período climático seco (19/11/2011).....	80
Tabela 12: Elementos estatísticos - T1 - Período climático chuvoso (10/03/2012).....	82
Tabela 13: Elementos estatísticos - T2 - Período climático chuvoso (10/03/2012).....	82
Tabela 14: Elementos estatísticos - T _{mín1} - Período climático chuvoso (10/03/2012).....	83
Tabela 15: Elementos estatísticos - T _{mín2} - Período climático chuvoso (10/03/2012).....	83
Tabela 16: Elementos estatísticos - T _{máx1} - Período climático chuvoso (10/03/2012).....	83
Tabela 17: Elementos estatísticos - T _{máx2} - Período climático chuvoso (10/03/2012).....	84
Tabela 18: Elementos estatísticos - UR1 - Período climático chuvoso (10/03/2012).....	85
Tabela 19: Elementos estatísticos - UR2 - Período climático chuvoso (10/03/2012).....	85
Tabela 20: Direção diária do vento coletada no local do A.M.01 (Castanhão/barragem), nos períodos seco e chuvoso.....	95
Tabela 21: Direção diária do vento coletada no local do A.M.02 (Jaguaretama), nos períodos seco e chuvoso.....	95

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	16
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	19
2.1 Teoria Geral dos Sistemas e sua pertinência nos estudos geográficos do clima.....	19
2.2 O Sistema Climático.....	21
2.3 As escalas climáticas, o clima local e o microclima.....	24
2.4 Impactos socioambientais de barragens.....	26
2.5 Impactos de barragens no clima: formação de lagos artificiais.....	28
3 CONSIDERAÇÕES SOBRE A DINÂMICA ATMOSFÉRICA DO NORDESTE BRASILEIRO.....	31
3.1 Os sistemas atmosféricos produtores de chuva no NEB.....	32
4 O AÇUDE CASTANHÃO E SUAS CARACTERÍSTICAS GEOAMBIENTAIS.....	38
4.1 Considerações sobre a construção do açude Castanhão.....	38
4.2 Caracterização geoambiental da área de estudo.....	44
5 METODOLOGIA E PROCEDIMENTOS TÉCNICOS OPERACIONAIS.....	61
5.1 Levantamentos bibliográficos e cartográficos.....	62
5.2 Aquisição de dados climáticos.....	62
5.3 Trabalhos de campo.....	63
5.4 Procedimentos técnicos e instrumentais.....	67
5.4.1 Abrigos microclimáticos.....	67
5.4.2 Termômetro de máxima e mínima e termo-higrômetro.....	69
5.4.3 Anemômetro e pluviômetro.....	71
5.5 Trabalhos em gabinete e laboratório.....	73
5.5.1 Estatística aplicada aos dados.....	74
5.5.2 Balanço hídrico da área.....	74
5.5.3 Elaboração dos mapas temáticos.....	75
6 ANÁLISES DA INFLUÊNCIA DO LAGO DO AÇUDE CASTANHÃO NOS PARÂMETROS CLIMÁTICOS LOCAIS DO VALE DO RIO JAGUARIBE.....	76
6.1 Análises dos dados climáticos coletados em campo.....	76
6.1.1 Análise dos dados coletados no período climático seco (19/11/2011).....	76
6.1.2 Análise dos dados coletados no período climático chuvoso (10/03/2012).....	81
6.2 Análises dos dados da estação automática do INMET em Jaguaribe.....	86

6.3 Análises comparativas entre os dados coletados e os dados das estações meteorológicas da FUNCEME.....	89
6.4 Análise do comportamento do vento e da brisa marítima (vento Aracati).....	93
6.5 Análises dos dados dos questionários aplicados à população da região do Castanhão.....	96
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	99
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	102
APÊNDICES.....	109
ANEXOS.....	115

1 INTRODUÇÃO

No Território brasileiro, as construções de grandes barragens são realizadas com o intuito de gerar energia hidroelétrica e para usos múltiplos, como abastecimento, controle de cheias e irrigação. É sabido que estas obras causam impactos socioambientais substanciais nos lugares de instalação e em suas áreas adjacentes. Estes impactos são provenientes, sobretudo, da formação dos lagos artificiais após o barramento dos rios. O clima, sendo um dos principais componentes dos sistemas naturais, é estudado como um dos aspectos impactados por grandes barramentos.

Para Monteiro (2001, p. 200), “Em verdade o homem tem a capacidade de ‘criar’ microclimas e alterar substancialmente os climas locais (como os ‘urbanos’) projetando sua ação direta até os espaços sub-regionais”.

No Nordeste brasileiro (NEB), os grandes barramentos de rios são feitos com o intuito não só de gerar energia por meio das águas, mas também de estocagem desta para o abastecimento e a irrigação durante o período climático seco. Os reservatórios provenientes destes barramentos são chamados de açudes.

O lago artificial formado com a construção do açude público Padre Cícero (nome oficial do açude Castanhão), localizado na Sub-bacia do Médio Jaguaribe no Ceará, constitui o objeto de estudo desta pesquisa. O açude Castanhão representa uma das maiores obras da política de açudagem implantada no Estado. Foi construído sob a parceria entre o Governo do Estado, por meio da Secretaria de Recursos Hídricos (SRH) e o Governo Federal, por intermédio do Departamento Nacional de Obras Contra as Secas (DNOCS) entre os anos de 1995 e 2003. Seus limites geográficos abrangem quatro municípios cearenses: Alto Santo, Nova Jaguaribara, Jaguaretama e Jaguaribe.

Dados do Departamento Nacional de Obras Contra as Secas (2012) informam que o Castanhão possui a capacidade total de 6,7 bilhões de m³ de água. Seu lago artificial apresenta o comprimento máximo de 48 km e uma área de 325 km² na cota normal de operação (100 m) (CEARÁ, 1996). Por suas grandes dimensões e finalidades é considerado o maior açude público com usos múltiplos do Brasil (BRASIL, 2012).

Esta pesquisa se justifica pela inexistência de estudos que abordem a influência do lago artificial do Castanhão no clima local da região e pela importância de estudar e comprovar cientificamente esta influência, proporcionando, desta forma, respostas para a sociedade.

A hipótese geral da pesquisa é que: O lago artificial formado com a construção do açude Castanhão, pelas suas dimensões espaciais, exerce influências (impactos) no sistema climático local do vale do rio Jaguaribe - CE. Desta forma, o objetivo geral da investigação é estudar a influência do lago artificial do Castanhão no sistema climático local do vale do rio Jaguaribe - CE. Para o alcance de tal meta, foram estabelecidos como objetivos específicos:

- realizar a coleta (medições e registros) dos parâmetros climáticos em locais próximos ao lago do açude Castanhão, por meio da instalação de abrigos microclimáticos equipados, para a obtenção de dados atuais (segmento temporal recente), haja vista a desativação de todas as estações meteorológicas automáticas institucionais;
- desenvolver análises comparativas entre os valores dos parâmetros climáticos de temperatura e umidade relativa do ar ao longo dos segmentos temporais predefinidos em seus contextos sazonais;
- compilar os registros climáticos dos parâmetros de temperatura do ar, precipitação e umidade relativa do ar dos segmentos temporais relacionados aos períodos, antecedente e durante a primeira cheia do açude Castanhão;
- analisar os sistemas atmosféricos regionais e características geoambientais que condicionam a dinâmica/tipologia climática da área em estudo;
- estabelecer correlações entre as informações empíricas e os dados científicos, mediante questionários aplicados à população local, relacionados às possíveis alterações climáticas nas sensações térmicas e na brisa marítima (vento Aracati) após a formação do lago artificial do Castanhão.

Os procedimentos metodológicos desta pesquisa foram compostos por dois momentos principais: Estudos iniciais e Desenvolvimento da pesquisa que, por sua vez, foi expresso em três etapas. Na primeira, foram feitos levantamentos bibliográficos e cartográficos que possibilitaram maior aporte teórico para o desenvolvimento do estudo e o conhecimento das características geoambientais da área. Na segunda, realizaram-se sete trabalhos de campo, quatro deles, para reconhecimento geoambiental da área, identificação dos locais de instalação dos abrigos microclimáticos e registros fotográficos, mais dois campos para a coleta de dados no segmento temporal atual, com abrigos microclimáticos equipados, e o último para a aplicação de questionários junto à população da área do Castanhão. A terceira etapa foi formada pelos trabalhos em gabinete e laboratório para a organização dos dados, tratamento estatístico,

análises/interpretação destes, elaboração de gráficos/tabelas/quadros da pesquisa e confecção dos mapas temáticos.

Os pressupostos metodológicos seguem o método sistêmico e foi desde a perspectiva sistêmica que a pesquisa foi desenvolvida, tendo sido estabelecidos seus principais conceitos norteadores, como sistema climático, escalas climáticas, clima local, microclima e impactos de barragens (formação de lagos artificiais). Os resultados alcançados comprovaram a hipótese inicial e demonstraram a importância do experimento, sobretudo no que concerne às contribuições aos estudos geográficos do clima no Estado do Ceará.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Teoria Geral dos Sistemas e sua pertinência nos estudos geográficos do clima

A Teoria Geral dos Sistemas – TGS, elaborada pelo austríaco Ludwig von Bertalanffy, representou um grande avanço na Ciência. Esta teoria possibilitou, com arrimo no pensamento sistêmico, um estudo integrado e indissociável do todo com que se pretende trabalhar.

Para Christofolletti (1979), a aplicação da TGS nos estudos geográficos desenvolveu de maneira significativa nosso campo metodológico e conceitual.

A aplicação da teoria dos sistemas aos estudos geográficos serviu para melhor focalizar as pesquisas e para delinear com maior exatidão o setor de estudo desta ciência, além de propiciar oportunidade para reconsiderações críticas de muito dos seus conceitos. (CHRISTOFOLETTI, 1979, Prefácio).

A pesquisa se processa dentro dos pressupostos sistêmicos, pois é com suporte em uma visão holística que se procura compreender o sistema climático e entender toda a dinâmica que lhe é peculiar.

O ponto de vista sistêmico penetrou e provou ser indispensável numa grande variedade de campos científicos e tecnológicos. Este é o fato ulterior de que ele representa um “paradigma” original no pensamento científico (para usar a expressão de Thomas Kuhn) tem como consequência de que o conceito de sistema pode ser definido e desenvolvido de diferentes formas como requerido pelos objetivos da pesquisa, e como refletindo diferentes aspectos da noção central. (BERTALANFFY, 2010, p. 11).

Com suporte nos novos desafios que emergem constantemente, para serem analisados no âmbito do estudo geográfico do clima, Jesus (2008, p. 170) considera que,

Diante desses novos desafios a serem analisados nos dias de hoje, na abordagem geográfica do clima, a utilização do método sistêmico vem sendo amplamente empregado, uma vez que o mesmo expressa uma visão extremamente interativa, relacionando processos e respostas. O enfoque sistêmico fornece uma nova via de investigação, abrindo novas relações para as interpretações mais complexas a respeito do clima. O estudo das interações em macro e mesoescala oceano-atmosfera e demais interações processuais entre a atmosfera, a biosfera e os solos são peças fundamentais dentro deste enfoque, na área da Climatologia, em seus três níveis escalares.

A necessidade de uma abordagem sistêmica cresceu e mostrou-se eficaz, na medida em que era comprovada a incapacidade da abordagem mecanicista de atender as pesquisas que os estudiosos procuravam desenvolver. Bertalaffy (2010, p. 31) ensina que,

Entretanto, só recentemente se tornou visível a necessidade e a exequibilidade da abordagem dos sistemas. A necessidade resultou do fato do esquema mecanicista das séries causais isoláveis e do tratamento por partes terem se mostrado insuficientes para atender aos problemas teóricos, especialmente nas ciências biossociais, e aos problemas práticos propostos pela moderna tecnologia. A viabilidade resultou de várias novas criações – teóricas, epistemológicas, matemáticas, etc. – que, embora ainda no começo, tornaram progressivamente realizável o enfoque dos sistemas.

Esta abordagem sistêmica é bastante adequada quando se opera com a Geografia Física. Camargo (2005, p. 54) lembra o fato de que, “Dentro da inerente interconectividade que estrutura a natureza, os processos organizam-se em sistemas que buscam constantemente um determinado equilíbrio a partir de sua dinâmica, promovida pelos fluxos internos e externos.”

Cada sistema possui um fluxo constante de matéria e energia. Para Christofolletti (1979, p. 10),

Desde que haja fluxo de matéria e energia, iniciando o funcionamento do sistema, podemos empregar o conceito de *entropia*. No início do funcionamento de qualquer sistema, nota-se a distribuição desigual e desordenada da energia, havendo máximo de energia livre, isto é, existe a capacidade máxima de realizar trabalho.

O sistema climático que será conceituado e trabalhado posteriormente possui todas as características de um sistema, elementos ou unidades, relações, atributos, entrada (*input*) e saída (*output*) (CHRISTOFOLETTI, 1979). Com isso, a entropia está presente neste sistema e são inúmeras as possibilidades de se comprovar estas características. Monteiro (1976, p. 112) assinala que se fez,

[...] pois, de grande importância considerar os sistemas organizados não apenas como simples agregados de partes elementares, refletindo-se, taxonomicamente, através do reticulado mas cumpre encará-los, acima de tudo, quanto ao aspecto organizacional, onde constituem subconjuntos em vários níveis de hierarquia.

É necessário ter-se a compreensão de que o pensamento sistêmico se renova, por si, pois ele adquiriu uma racionalidade mais dialógica e complexa, um suporte teórico com maior capacidade crítica, analítica/sintética e operacional (CARACRISTI, 2007). Na lição desta autora (2007, p. 45),

Essa auto-renovação do pensamento sistêmico projeta-o, mais uma vez, como o melhor instrumento teórico-metodológico para a compreensão científica da natureza macroscópica, principalmente dos sistemas naturais de ordem geográfica e ecológica/ambiental, tais como os sistemas atmosféricos/climáticos.

2.2 O Sistema Climático

A atmosfera terrestre exhibe-se como um sistema dinâmico e complexo, pois sua composição, os elementos, as relações e suas interações proporcionam verdadeira teia de acontecimentos bastante discutidos e estudados. Na intelecção de Mendonça e Danni-Oliveira (2007) conhecer esta é uma das aspirações mais perseguida pela Humanidade desde os tempos mais remotos. Já no entendimento de Ayoade (2007), os processos ocorrentes na atmosfera influenciam os processos nas outras partes do ambiente, sobretudo aqueles que sucedem na biosfera, hidrosfera e litosfera. Para Ayoade (*op. cit.*), os quatro domínios do globo, que representam a atmosfera, a hidrosfera, a litosfera e a biosfera, não se sobrepõem uns aos outros, mais existem trocas constantes de matéria e energia entre eles.

Monteiro (1999, p. 17, 18) disserta sobre as grandes diferenças de heterogeneidade da superfície terrestre e sua influência sobre a atmosfera:

Estas grandes diferenças de heterogeneidade da superfície terrestre, geram assim um conjunto de condições variadas que passam a influir sobre a atmosfera envolvente, que diverge em suas propriedades segundo a caracterização de atributos. Surgem assim os chamados “centro de ação atmosférica” que, num primeiro grau de caracterização, associam-se às variações superficiais da pressão atmosférica: áreas ciclônicas, anticiclônicas, grandes extensões de caracteres térmicos sobre os oceanos ou sobre as extensões continentais planas (planícies, desertos, etc) em contraste com áreas acidentadas pelo relevo (montanhas e planaltos). Toda estas diferenças da superfície, repercutindo no comportamento da atmosfera, vão implicar noutra componente importante na geração do desempenho da atmosfera e conseqüente geração dos climas da Terra.

O clima, por sua vez, influencia o homem e este além de ser influenciado, é também influente no clima. Ayoade (2007, p. 286) expressa que

O clima influencia o homem de diversas maneiras, e o homem influencia o clima através de suas várias atividades, até recentemente a ênfase maior residia no controle que o clima exercia sobre o homem e suas atividades. Com o aumento populacional e o aumento das capacidades tecnológicas/científicas da humanidade, percebeu-se que o homem pode influenciar e de fato tem influenciado o clima, apesar dessa ação ser feita principalmente numa escala local.

O que é de fato o clima, no entanto, e o que entendemos por tempo? Antes de se começar a dissertar sobre o sistema climático, são necessários estes dois conceitos, e a definição que se usará aqui vem da concepção de Maximillien Sorre, pois esta melhor se enquadra na pesquisa sob relatório.

Denominamos clima à série de estados atmosféricos sobre determinado lugar em sua sucessão habitual. Cada um desses estados caracteriza-se pelas suas propriedades dinâmicas estáticas da coluna atmosférica, composição química, pressão, tensão dos gases, temperatura, grau de saturação, comportamento quanto aos raios solares, poeiras ou matérias orgânicas em suspensão, estado do campo elétrico, velocidade de deslocamento das moléculas, etc. É o que a linguagem comum designa sob o nome de *tempo*. (2006, p. 90).

Com supedâneo nesta concepção, começaremos a conceituar o sistema climático, de maneira ampla. Press, Silver, Grotzinger e Jordan (2006, p. 588) ensinam que “o sistema do clima inclui todas as partes do sistema Terra e todas as interações entre esses componentes necessárias para descrever como o clima se comporta no tempo e no espaço”. Para eles, ainda, “Os componentes principais do sistema climático são a atmosfera, a hidrosfera, a litosfera e a biosfera. Cada um deles tem um papel diferenciado no sistema, dependendo de sua capacidade de armazenamento e troca de energia.” (PRESS; SILVER; GROTZINGER; JORDAN, 2006, p. 588).

Dentro do sistema climático, existe um fluxo intenso de matéria e energia. Este é aberto e sua organização gravita ao redor desse processo de *input* e *output*. Caracristi (2007, p. 68) ratifica a noção de que,

Num sistema climático, os componentes mudam continuamente pelo incessante fluxo de matéria e energia, constituindo uma dinâmica de desenvolvimento e evolução do sistema. Nesse processo contínuo, ocorre a incorporação do padrão organizacional do sistema climático, ou seja, o processo é a ligação entre padrão e estrutura climática.

Consoante o ensinamento de Christofolletti (1979), em qualquer sistema complexo, há uma grande quantidade de circuitos de relações entre os elementos que o compõem, Eles podem ser positivos e negativos, de sorte que um mesmo elemento pode ter participação em vários circuitos de retroalimentação, o que dificulta a tarefa de diferenciar as causas interferentes no comportamento do sistema.

Conforme Caracriti (2007, p. 113),

A estrutura climática ou incorporação física da organização de um sistema climático – que se revela através da paisagem – em qualquer ponto do seu desenvolvimento, é um registro de suas mudanças estruturais anteriores (mudanças em seus elementos condutivos), e cada mudança estrutural influencia o comportamento futuro do sistema. Isto implica que o comportamento do sistema climático é determinado pelo seu padrão de organização, pela sua estrutura e pelas suas inte-relações com o meio. O padrão de organização determina a identidade do sistema (suas características essenciais); a estrutura – formada por uma seqüência de mudanças estruturais, associadas ao acoplamento com o meio – determina o comportamento do sistema.

Os elementos e fatores climáticos representam também objetos de estudos a serem analisados e comparados para se entender o comportamento do sistema climático. Estas análises e comparações, contudo, devem ser feitas com origem numa abordagem sistêmica, correlacionando estes com aqueles e compreendendo a função que cada um desempenha no sistema climático. Mendonça e Danni-Oliveira (2007, p. 41) admitem que

Os elementos climáticos são definidos pelos atributos físicos que representam as propriedades da atmosfera geográfica de um dado local. Os mais comumente utilizados para caracterizar a atmosfera geográfica são a *temperatura*, a *umidade* e a *pressão*, que, influenciadas pela diversidade geográfica, manifestam-se por meio de *precipitação*, *vento*, *nebulosidade*, *ondas de calor* e *frio*, entre outros. [...] Os fatores climáticos correspondem àquelas características geográficas estáticas diversificadoras da paisagem, como *latitude*, *altitude*, *relevo*, *vegetação*, *continentalidade/maritimidade* e *atividades humanas*.

Como, porém, delimitar o tamanho do sistema que se pretende trabalhar? Segundo Chrsitofolletti (1979), quando se decide sobre o sistema que se investigará, definindo os elementos e as relações deste, torna-se mais fácil sua delimitação no espaço e distinguir as unidades que o compõem, interligadas pelas relações internas, e

estabelecer os sistemas ambientais que controlam e atuam sobre este sistema mediante relações externas.

Por fim, seguindo esse pensamento, vale salientar que é trabalhado nesta pesquisa o sistema climático local do vale do rio Jaguaribe no seu médio curso, contudo é necessário investigar e privilegiar, também neste estudo, os sistemas superiores (sistemas atmosféricos), atuantes sobre o local em escala regional, compreendendo assim as relações externas e suas implicações na tipologia climática da área.

2.3 As escalas climáticas, o clima local e o microclima

Como ensina Caracristi (2007, p. 1),

Os temas relacionados à atmosfera e aos climas, atualmente, tangenciam ou são focalizados pelos mais variados ramos do conhecimento e sob as mais distintas orientações conceituais e epistemológicas, subsidiando e compondo diversas hipóteses científicas, político-econômicas e educacionais. Tal fato resulta da magnitude crescente das problemáticas da relação atmosfera-clima-ambiente, ou melhor, da relação sociedade-natureza.

Na abordagem geográfica do clima, há de se definir em qual escala climática se trabalhará, Mendonça e Danny-Oliveira (2007, p. 22) acentuam que “A escala climática diz respeito à dimensão, ou ordem de grandeza, espacial (extensão) e temporal (duração), segundo a qual os fenômenos climáticos são estudados.”

Jesus (2008, p. 176) ratifica, ao exprimir a noção de que, “Na realidade, cada estudo deve ser colocado dentro de sua perspectiva correta, isto é, no seu campo de pertinência, no nível de sua dimensão de análise.”

A necessidade de adequar a pesquisa a uma escala climática que atenda os objetivos deste ensaio é indispensável. Ribeiro (1992), em um de seus trabalhos, propõe discussões interessantes sobre as escalas climáticas:

O clima é regido por um conjunto integrado de fenômenos que se fundem no tempo e no espaço, revelando uma unidade ou tipo passíveis de serem medidos em seu tamanho (extensão) e em seu ritmo (duração). O fenômeno climático é constituído por um conjunto de elementos de naturezas diversas e que convivem ao mesmo tempo no mesmo espaço, em regime de trocas energéticas recíprocas e interdependentes. Por isso, a sua abstração racional exige um referencial escalar com possibilidades metodológicas, isto é, uma

escala taxonômica com parte da própria metodologia da pesquisa climatológica. A cada nível escalar deve corresponder uma abordagem específica, no sentido de coerência entre extensão e duração do fenômeno climático com as técnicas analíticas, desde a obtenção de dados, passando pelo tratamento estatístico – matemático, até a sua apresentação gráfica e cartográfica. (P. 1).

Assim, é notável, também, o fato de que “[...] o real significado da escala inclui, necessariamente, uma relação indissociável entre a dimensão espacial e o fenômeno climático analisado.” (JESUS, 2008, p. 176).

Quanto à ordem de grandeza da organização escalar espacial e temporal do clima, Mendonça e Danni-Oliveira (2007, p. 23) oferecem uma tabela de maior aceitação no meio climático-meteorológico, onde há temos macroclima, subdividido em clima zonal e clima regional; mesoclima, subdividido em clima regional, clima local e topoclima; e microclima, que não possui subdivisões. Vale salientar que o clima regional representa uma subunidade de transição entre as ordens superior e intermediária, ou seja, o macroclima e o mesoclima.

No que concerne a Mesoclimatologia, Ayoade (2007, p. 4) assevera que esta se encontra “preocupada com o estudo do clima em áreas relativamente pequenas, entre 10 e 100 quilômetros de largura (por exemplo, o estudo do clima urbano e dos sistemas climáticos locais severos tais como os tornados e os temporais).”

Nesta pesquisa, trabalha-se com o clima local e o microclima do vale do rio Jaguaribe. De acordo com Mendonça e Danni-Oliveira (2007), o clima local é uma subunidade da ordem mesoclima e “[...] é definido por aspectos específicos de determinados locais, como uma grande cidade, um litoral, uma área agrícola, uma floresta etc”. (MENDONÇA; DANNI-OLIVEIRA, 2007, p.23 e 24). Desta forma, “O clima local se insere em climas sub-regionais e sazonais, assim como pode ser subdividido até os microclimas”. (MONTEIRO; MENDONÇA, 2009, p. 20).

Partindo da explicação de Monteiro (1999), percebemos como o clima local pode ser alterado por diversas atividades desenvolvidas pelo homem:

Se o clima local é um ponto dentro do regional onde uma conjunção de fatores “especializa” uma certa definição climática, nos locais ocupados por cidades, a ocorrência destes “fatores” constitui um espectro bem mais amplo pelas grandes “derivações” introduzidas pelo Homem na edificação urbana. Não apenas pelo “edificado” urbanisticamente, mas pela adição de várias alterações no quadro geoecológico, tais como represas, reservatórios, aterros, desmontes de morro, etc, etc. (P. 28).

Quanto ao microclima, Mendonça e Danni-Oliveira (2007, p. 24) o definem como “[...] a menor e a mais imprecisa unidade escalar climática; sua extensão pode ir de alguns centímetros a até algumas dezenas de m², tendo autores que consideram até a centenas de m².” Na perspectiva de Ayoade (2007, p. 4), a Microclimatologia está “[...] preocupada com o estudo do clima próximo à superfície ou de áreas muito pequenas, com menos de 100 metros de extensão.”

Nos impactos das atividades atropogênicas no clima, tanto os climas locais quanto os microclimas são os mais afetados. Monteiro (2001, p. 200) demonstra que

O fundamental à compreensão deve emanar do reconhecimento de que:

- a) O comportamento atmosférico, integrado às demais esferas e processos naturais, “organiza” espaços climáticos a partir das escalas superiores em direção às inferiores;
- b) A ação antrópica em derivar ou “alterar” essa organização ocorre no sentido inverso, ou seja, das escalas inferiores para as superiores.

2.4 Impactos socioambientais de barragens

A construção de barragens, mesmo que planejada para ensejar menores impactos ao meio ambiente, torna inevitável a descaracterização da área de implantação, potencializando uma série de impactos.

A implantação de barragens, mesmo que projetadas dentro das técnicas modernas e buscando provocar poucos impactos ambientais negativos, produz conflitos de objetivos, especialmente relacionados com a proteção e o aproveitamento dos recursos naturais. (Dias *et al.*, 1999, p.281).

Os principais impactos socioambientais causados pela construção de uma barragem de grande porte são: no ecossistema (fauna e flora), socioculturais, causados pela remoção da população das áreas futuramente inundadas, impactos no regime hidrológico, na paisagem, no clima, geológicos por meio da sismicidade induzida, e impactos na geomorfologia da área. (DIAS *et al.*, 1999).

Para Dias *et al.* (1999, p. 282), “A inundação, em alguns casos, de superfícies extensas ocasiona a perda de forma irreversível de áreas agricultáveis,

florestas, sítios históricos-culturais, paisagens de grande valor ecológico e espécies da fauna e da flora”.

Sobre a construção de barragens, Paiva (1982, p. 201) ratifica a ideia de que,

Com a construção de barragens, ocorre o seccionamento do curso dos rios, cujas águas correntes passam a se acumular, formando massas de águas paradas. Os obstáculos à normal vazão dos rios, com a intercalação de ambientes lênticos ao longo dos seus cursos, ocasionam as mais importantes transformações nas correspondentes bacias hidrográficas, com reflexos na hidrologia, qualidade da água, sedimentologia e vida aquática, além daqueles que atingem as terras marginais.

A respeito das alterações hidrológicas causadas pelo processo de represamento, Branco e Rocha (1977, p. 2) entendem que:

As alterações hidrológicas podem estar relacionadas às modificações de temperatura da água e à velocidade de assoreamento. Assim é que a diminuição da corrente facilita a sedimentação, tanto do material autóctone como o alóctone, formando bancos de lodo, onde, além da matéria orgânica, podem ser acumulados sais minerais e nutrientes necessários aos vegetais aquáticos.

O ato de remover a população causa, sobretudo, a perda da identidade sociocultural. Muitos atingidos por barragens ficam apenas com a lembrança e a saudade de sua cidade submersa no lago formado. É necessário levar em conta as tradições, expectativas e aspirações das populações atingidas por grandes projetos, como barragens, com o intuito de não aumentar a miserabilidade de um número considerável de comunidades, ou pior, extermínios de grupos étnicos. (DIAS *et al.*, 1999)

Viana (2003) em um estudo de caso sobre impactos e reparações causados pela barragem de Itá, localizada na divisa de Santa Catarina e Rio Grande do Sul, demonstrou em entrevistas e trabalhos de campo, como os atingidos pela construção da barragem estão vivendo e o que eles acharam deste empreendimento. Constatou que o caso de Itá é considerado um avanço em relação a outras barragens de grande porte do Brasil, mas que esta não deixou de produzir danos ambientais, sociais e culturais. A autora percebeu, também, que muitos erros foram corrigidos, demonstrando um aprendizado comparado com a implantação das barragens anteriores. Alerta para o fato

de que não é garantido que os futuros atingidos por obras deste tipo vão ter melhores reparações.

Sobre os impactos sociais ensejados pela construção de barragens, Viana (2003, p.33) evidencia que “Ao longo das últimas seis décadas, os responsáveis pela construção de barragens expulsaram de suas casas e terras dezenas de milhões de pessoas, sendo quase todas pobres, politicamente marginalizadas e boa parte de tribos indígenas e outras minorias étnicas”.

Fearnside (2001) desenvolveu um trabalho de grande significância sobre os impactos ambientais causados pela barragem de Tucuruí, na Amazônia. Resumidamente, o autor identificou uma série de impactos advindos da implantação da barragem, como perda dos ecossistemas naturais, perda da floresta, deslocamento de povos indígenas e sedimentação, entre outros, que, apesar das medidas mitigadoras da empresa responsável pela hidrelétrica, não foram suficientes para reparar os danos provenientes da obra.

Branco e Rocha (1977, p. 2) asseveram, também, que “O represamento dos rios, atingindo extensas áreas, tem causado por vezes alterações nas formações geológicas”, estas alterações podem gerar abalos sísmicos na região onde se localiza a barragem.

2.5 Impactos de barragens no clima: formação de lagos artificiais

No Brasil, várias pesquisas realizadas em represas demonstraram a influência da formação de reservatórios artificiais provenientes destas. No microclima e no clima local das áreas de instalação, é válido citar os trabalhos de Grimm (1988), Sanches e Fisch (2005), Limberger (2007) e Souza (2010), que contribuíram de forma significativa para os avanços nos estudos relacionados a esta temática.

É notório e se há que levar em conta, a opinião de Monteiro (2001, p. 200), ao expressar que

Mais importante ainda é compreender que a capacidade do homem em alterar o clima (e os sistemas naturais) não se deve a uma ação direta na atmosfera cujo comportamento obedece a comandos bem mais superiores (à escala global), mas a uma ação indireta, ou seja, à atuação na cobertura biótica da crosta terrestre principalmente pela comunidade vegetal.

Grimm (1988) realizou um trabalho na área do lago de Itaipu, tendo desenvolvido uma pesquisa com uma série de dados de três estações meteorológicas, mediante análises estatísticas dos dados do período pré e do período pós-lago. Como resultado, foi constatado aumento na temperatura mínima e diminuição na máxima em agosto, crescimento na evaporação em maio, não havendo variação da precipitação nem resultados significativos para a insolação. Estes resultados restaram da comparação de duas estações meteorológicas, obtendo mais resultados quando cotejadas mais duas estações.

Sanches e Fisch (2005) desenvolveram um trabalho sobre as possíveis alterações microclimáticas causadas pela formação do lago da Usina Hidrelétrica de Tucuruí, no Estado do Pará. Na pesquisa foram utilizados dados diários de precipitação em dois segmentos temporais, um pré-enchimento e outro pós-enchimento do lago, para duas cidades - Tucuruí e Marabá - no Pará. Os dados dos períodos estabelecidos para estudo foram comparados com a utilização de testes estatísticos. Após os testes, foram elaborados gráficos e os autores constataram que não ocorrem alterações no regime da precipitação total mensal, contudo encontraram indícios de um leve aumento de dias com chuvas no mês de outubro, final do período seco da região, possivelmente em virtude da presença da grande evaporação no lago de Tucuruí com o consequente aumento da umidade na área.

Limberger (2007) desenvolveu investigação com o clima do oeste do Paraná e com o lago da hidroelétrica de Itaipu, no intuito de caracterizar o clima da região e relacionar a presença do lago com o clima, trabalhando também com a percepção climática da população no que se refere à influência do lago no clima local. A autora utilizou dados de estações meteorológicas da área, comparou estatisticamente indicadores de estações próximas e distantes do lago e analisou indicativos do satélite NOAA (*National Oceanic Atmospheric Administration*). Por fim, elaborou questionários e aplicou aos moradores em entrevistas abertas nos meios rural e urbano, com pessoas que moravam naquela região por volta de 30 anos. Os seus resultados apontaram que as variações nos padrões climáticos não estão relacionadas à formação do lago de Itaipu. Quanto à percepção climática, foi constatado que a população possui um bom entendimento sobre o clima da região oeste do Paraná.

Sobre os impactos das represas sobre o clima, Branco e Rocha (1977, p. 3) acentuam que

A represa pode exercer efeitos antagônicos sobre o clima ou, mais especificamente, sobre a umidade relativa do ar, dependendo da densidade da cobertura vegetal existente na área inundada. Em áreas desérticas, a grande superfície de água criada pelo represamento permite maior evaporação e aumento da umidade relativa, [...]. Em zonas de densa cobertura vegetal, entretanto, dá-se o contrário. A superfície livre de evaporação do lago é forçosamente menor que a soma das superfícies das folhas através das quais se dá a transpiração vegetal, havendo conseqüentemente, decréscimo da umidade relativa. Esse fato pode trazer conseqüências graves para a ecologia local, principalmente no caso de grandes represas construídas em áreas de mata muito exuberante, como é o caso de Itaipu, por exemplo.

Souza (2010), em sua tese, pesquisou a influência do lago artificial da Usina Hidrelétrica Engenheiro Sérgio Motta, no clima local e urbano do município de Presidente Epitácio no Estado de São Paulo. Ele utilizou sensores da marca *StowAway* para registro da temperatura do ar e da umidade relativa do ar instalados em sete postos presentes na margem do lago, nas áreas urbana e rural. Os dados foram analisados nas quatro estações do ano, estando comprovado na variação da temperatura que, no período diurno, há diminuição nas diferenças das amplitudes, ao passo que, no período noturno, essas diferenças aumentam. Na variação da umidade relativa durante o período noturno, as amplitudes são maiores e no diurno menores. Por fim, o autor conclui que a presença do lago artificial não contribui para o aumento da temperatura do ar, tampouco da umidade relativa do ar. Ele acentua, no entanto, que o lago funciona como um maior equilíbrio térmico e higrométrico.

Na inteligência de Branco e Rocha (1977), um novo ambiente hídrico (lago artificial) pode produzir alterações mesoclimáticas. Em algumas vezes, em áreas anteriormente desérticas, são propiciadas neblinas, ou uma elevação da umidade relativa do ar, nas regiões ribeirinhas.

Como remate, é sabido que, pelas complexidades das relações que os estudos de impactos de lagos artificiais no clima envolvem, é preciso utilizar dados climáticos devidamente agrupados e tratados estatisticamente, para que possam ser alcançados resultados científicos que possibilitem maior abrangência e precisão do que se pretende demonstrar com a pesquisa.

3 CONSIDERAÇÕES SOBRE A DINÂMICA ATMOSFÉRICA DO NORDESTE BRASILEIRO

Zanella e Sales (2011, p. 62) ensinam que, “Para a análise do clima de uma região, faz-se necessário inicialmente compreender os mecanismos atmosféricos produtores dos diferentes tipos de tempo.” Partindo desta afirmação, este capítulo faz considerações sobre a dinâmica atmosférica do Nordeste brasileiro – NEB, desde os principais centros de ação que influenciam o NEB até os sistemas atmosféricos que condicionam a ocorrência da precipitação pluvial na região.

No entendimento de Nimer (1979, p. 9) o clima “[...] não pode ser explicado sem o conhecimento do seu mais importante fator – *as massas de ar*.” O que de fato são, porém, as massas de ar? Para responder a esta pergunta, primeiramente, é necessário o conhecimento dos centros de ação, que

[...] constituem-se em extensas zonas de alta ou de baixa pressão atmosférica que dão origem aos movimentos da atmosfera, portanto, aos fluxos de ventos predominantes e aos diferentes tipos de tempo. O movimento do ar se faz geralmente dos centros de ação positivos, de alta pressão (anticiclônicos), para os negativos, de baixa pressão (ciclônicos ou depressionários) [...]. (MENDONÇA E DANNI-OLIVEIRA, 2007, p. 95 e 96).

É com base nos centros de ação que se formam as massas de ar, conceituadas como:

[...] uma grande porção unitária de ar atmosférico que permaneceu em repouso sobre uma determinada região continental ou marítima, adquirindo características termodinâmicas próprias de temperatura (quente ou fria), umidade (úmida ou seca) e pressão atmosférica. (STEINKE, 2012, p. 122).

Como compreende Ayoade (2007, p. 99), “As massas de ar originam-se em áreas onde existem condições que favoreçam o desenvolvimento de vastos corpos de ar horizontais e uniformes. Tais áreas são geralmente extensas e fisicamente homogêneas.”

Após as devidas conceituações, se vai imprimir ênfase aos centros de ação, massas de ar atuantes e sistemas atmosféricos produtores de chuva no NEB. As peculiaridades do Nordeste brasileiro, - relevo, posição geográfica, sistemas de pressão atuante e a natureza da superfície - estão entre os principais fatores climáticos

determinantes para a distribuição dos elementos climáticos e a variação sazonal desta região (KAYANO E ANDREOLI, 2009).

Sobre os centros de ação atuantes no Nordeste brasileiro, Kayano e Andreoli (2009, p. 214) exprimem que “O NEB está sob a influência dos Anticiclones Subtropicais do Atlântico Sul (ASAS) e do Atlântico Norte (ASAN), e do cavado equatorial, cujas variações sazonais de intensidade e posicionamento determinam o clima da região.” Estes anticiclones originam, respectivamente, a massa equatorial do Atlântico Sul (MEAS), constituída pelos ventos alísios de SE (NIMER, 1979), e a massa equatorial do Atlântico Norte (MEAN).

A massa tropical atlântica (MTA), originada “[...] no centro de altas pressões subtropicais do Atlântico [...]” (MENDONÇA; DANNI-OLIVEIRA, 2007, p. 110), juntamente com estas duas participam da dinâmica atmosférica da América do Sul e também são as principais massas de ar atuantes no NEB. As três demonstram característica térmica e higrométrica quente e úmida.

Além desta, outras duas massas de ar também atuam sobre o NEB - a massa equatorial continental (MEC), originada na célula de divergência dos alísios, que se localiza na porção centro-oriental da planície Amazônica, exibindo característica quente e úmida (MENDONÇA; DANNI-OLIVEIRA, 2007), e a massa polar atlântica (MPA), procedente da divisão da massa polar (MP), com característica fria e úmida, na altura da cordilheira dos Andes, extremo sul da América do Sul (MENDONÇA; DANNI-OLIVEIRA, 2007).

As características das massas de ar presentes no NEB fazem com que estas participem ativamente da dinâmica atmosférica regional e da formação de sistemas produtores chuva.

3.1 Os sistemas atmosféricos produtores de chuva no NEB

O principal sistema atmosférico responsável pela pluviosidade do NEB é a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT). Para Ferreira e Mello (2005, p. 19), “A ZCIT é o fator mais importante na determinação de quão abundante ou deficiente serão as chuvas no setor norte do Nordeste do Brasil.” Ferreira (2006, p. 94) explica e define a ZCIT da seguinte forma:

Nos trópicos, os ventos vindos do hemisfério norte encontram-se com os ventos vindos do hemisfério sul. Com essa convergência, várias nuvens convectivas desenvolvem-se. O resultado é uma banda de nebulosidade sobre toda região tropical, quase contínua, com largura de até 500 km, conhecida como Zona de Convergência Intertropical (ZCIT).

Compreende-se, louvando-se nesta explicação, que a convergência dos alísios de nordeste originados no ASAN e do sudeste originados no ASAS formam a ZCIT, presente no eixo do cavado equatorial (KAYANO; ANDREOLI, 2009). Para esses autores (2009, p. 214 e 215) a ZCIT expressa “[...] movimentos ascendentes, baixas pressões, nebulosidade e chuvas abundantes, e segue as regiões onde a Temperatura da Superfície do Mar (TSM) é mais elevada.”

Xavier (2001, p. 322), por sua vez, aponta os seguintes entendimentos:

As formações cúmulos-nimbus associadas à ZCIT são responsáveis por chuvas intensas sobre muitas regiões tropicais, como no Brasil, na África, Indonésia, etc. Chuvas mais intensas sobre o Sahel africano (no segundo semestre de cada ano) ou sobre o Nordeste brasileiro (durante o primeiro semestre), ocorrem exatamente naqueles anos em que a ZCIT sobre o Atlântico intertropical incursiona até posições extremas mais ao norte ou, respectivamente, mais ao sul do equador.

A ZCIT migra do Hemisfério Norte para o Hemisfério Sul, entre os meses de fevereiro a abril, para latitude, variando entre 2° e 4° Sul (FERREIRA; MELLO, 2005), posicionando-se sobre o NEB. Geralmente, após estes meses, ela retorna a sua posição ao norte e causa o enfraquecimento e o fim do período chuvoso no NEB. É importante esclarecer que esta migração ocorre desta forma quando o ano é considerado normal.

As “frentes frias” também exercem importante papel na precipitação pluviométrica do NEB. Mendonça e Danni-Oliveira (2007, p. 103) informam que “Uma frente fria ocorre quando o ar frio, mais denso e mais pesado, empurra o ar quente para cima e para frente, fazendo-o se retirar da área, tanto por elevação quanto por advecção.” Já para Ferreira (2006, p. 141), “As frentes frias apresentam-se bem definidas, em bandas, com múltiplas camadas de nuvens, tendo largura de 200 a 300 km.”

Estas “frentes frias”, ocasionadas pelo encontro de duas massas de ar - uma fria e outra quente - produzem movimentos convectivos, nebulosidade e, conseqüentemente, precipitação. De acordo com Ferreira e Mello (2005), a penetração

de frentes frias nas latitudes tropicais, entre novembro e janeiro, induzem a precipitações no NEB.

As linhas de instabilidade (LI) responsável por chuvas no NEB são definidas por Ferreira e Mello (2005, p. 21) como

[...] bandas de nuvens causadoras de chuva, normalmente do tipo cumulus, organizadas em forma de linha (...) daí o seu nome. Sua formação se dá basicamente pelo fato de que com a grande quantidade de radiação solar incidente sobre a região tropical ocorre o desenvolvimento das nuvens cumulus, que atingem um número maior à tarde e início da noite, quando a convecção é máxima, com conseqüentes chuvas.

Entrementes, na compreensão de Cohen *et al.* (2009, p. 75) “Linhas de Instabilidades (Lis) desenvolvem-se frequentemente na costa norte-nordeste da América do Sul e podem se propagar para o interior do continente , causando quantidades apreciáveis de precipitação.”

As linhas de instabilidade estão também ligadas à ocorrência de grandes trovoadas, Ferreira (2006, p. 121) entende que, “Dentro de uma linha de instabilidade, certos locais são especialmente favoráveis ao crescimento de trovoadas severas.” Vale ressaltar que as LIs atuantes no NEB são incrementadas pela proximidade da ZCIT, sobretudo, nos meses de fevereiro e março (FERREIRA; MELLO, 2005).

As ondas de leste (EW), de acordo com Nimer (1979), representam outro sistema de correntes perturbadas atuantes no NEB e seu deslocamento acontece de leste para oeste. Nimer (1979, p. 317) evoca a ideia de que

[...] não há dúvidas que tais fenômenos de perturbação ocorrem no seio dos *anticiclones tropicais* sob a forma de *pseudofrentes*, sobre as quais desaparece a inversão térmica superior, o que permite a mistura de ar das duas camadas horizontais dos alísios e, conseqüentemente, chuvas mais ou menos abundantes anunciam sua passagem.

Consoante, ainda, Ferreira e Mello (2005), as ondas de leste se formam no campo de pressão atmosférico, localizado na zona tropical na área influenciada pelos alísios. Estas ondas atuam principalmente na região da Zona da Mata do NEB. Machado *et al.* (2009, p. 62) explicam que “no NEB elas têm uma ação fundamental na modulação da convecção em grande parte dos eventos de escala mesossinótica do oceano.”

Em condições favoráveis, tanto oceânicas como atmosféricas, elas também causam precipitações no Estado do Ceará de junho a agosto, sobretudo em sua porção centro-norte (FERREIRA; MELLO, 2005).

Os vórtices ciclônicos de altos níveis (VCAs) formados no oceano Atlântico com presença no NEB, provocando chuvas, são definidos como “[...] sistemas meteorológicos caracterizados por centros de pressão relativamente baixa que se originam na alta troposfera (...) e se estendem até os níveis médios, dependendo da instabilidade atmosférica.” (FERREIRA; RAMÍREZ; GAN, 2009, p. 43).

Ferreira e Mello (2005, p. 20) também asseveram que “O tempo de vida desses sistemas varia em média, entre 7 a 10 dias.” Os VCAs podem se mover de oeste para leste e também podem ser estacionários durante alguns dias (FERREIRA; RAMÍREZ; GAN, 2009).

Os VCAs expressam movimento de subsidência em seu centro e ascendência em sua periferia, o que proporciona, respectivamente, tempo bom no centro e nebulosidade associada à precipitação pluviométrica na periferia. Gan e Koursky (1986) realizaram estudo climatológico sobre os vórtices ciclônicos da alta troposfera nas latitudes subtropicais do oceano Atlântico. Uma de suas conclusões foi que os VCAs “[...] formam-se com maior frequência nos meses de verão, quando o escoamento da alta troposfera sobre a América do Sul é anticiclônico.” (P. 26).

Os complexos convectivos de mesoescala (CCMs) provocam chuvas isoladas e intensas na região do Nordeste brasileiro. Ferreira e Mello (2005, p. 22) os definem como “[...] aglomerados de nuvens que se formam devido às condições locais favoráveis como temperatura, relevo, pressão, etc., e provocam chuvas fortes e de curta duração, normalmente acompanhadas de fortes rajadas de vento.” Ferreira (2006, p. 123) ratifica a ideia de que “O tempo médio de vida de um CCM é de 20 horas, aproximadamente.”

Souza, Alves e Repelli (1998, p. 2) consideram que,

Durante os meses da estação chuvosa (fevereiro a maio) do setor norte do Nordeste Brasileiro (NEB), localizado inteiramente nos trópicos do HS, observa-se, frequentemente, a formação de sistemas meteorológicos de mesoescala, tais como, Linhas de Instabilidade, CCM ou Cb isolados, os quais estão associados à ocorrência de pancadas de chuvas isoladas.

As chuvas associadas aos CCMs podem produzir impactos severos e grandes perdas para as áreas atingidas, sobretudo, em decorrência da sua duração (várias horas durante um dia) e intensidade. Zanella e Sales (2011) explicam como surge esse sistema.

O sistema geralmente surge durante a noite e pode adquirir grandes proporções no início da manhã. Sua atividade máxima se dá, normalmente, de madrugada e nas primeiras horas do dia. As primeiras células convectivas começam a se formar, geralmente, no início da noite e seu enfraquecimento ocorre por volta do meio dia do dia seguinte. (P. 63).

O sistema de brisas é outro mecanismo de atuação no NEB que deve ser compreendido. Com arrimo na explicação de Varejão-Silva (2006), pode-se entender este sistema.

“Durante os dias ensolarados, a superfície do continente, na orla marítima, se aquece mais rapidamente que a do oceano adjacente. Como consequência, já pela manhã, surge uma faixa de pressão mais baixa sobre o litoral, ensejando o desenvolvimento de correntes convectivas ascendentes sobre o continente (...), as quais geram nuvens convectivas. Acima do oceano a pressão continua elevada, face à menor temperatura da água à superfície. Dessa maneira, se estabelece uma circulação fechada, com movimentos ascendentes na costa e subsidentes sobre o mar. O vento, à superfície, sopra do oceano para o continente, em direção aproximadamente perpendicular à linha de costa e é chamado brisa marítima (ou “viração”). (P. 312).

A brisa terrestre ocorre à noite quando o continente se resfria mais rapidamente do que o mar. Isto favorece que a zona de baixa pressão apareça sobre o mar, de tal maneira que os ventos vão do continente em direção ao mesmo, fazendo com que a convecção ocorra sobre ele.

Ressalta-se, afluindo à opinião de Ferreira (2006, p. 85), que, “Quando o ar frio e o ar quente estão juntos, o ar quente é freqüentemente forçado a subir pela diferença de densidade. Ao longo dessa fronteira, chamada frente de brisa, as nuvens convectivas se formam, causando normalmente precipitação e trovoadas.”

Nesta pesquisa, no Capítulo 6, será imprimido destaque ao estudo de uma importante brisa marítima atuante, não só na área de estudo, mas também em grande parte do Ceará, popularmente conhecida como “vento Aracati”.

Por fim, evidencia-se a influência dos oceanos Atlântico e Pacífico no clima do NEB, onde as anomalias das temperaturas nas suas águas vão definir a quantidade e

a intensidade da chuva no NEB. Os eventos El Niño e La Niña são responsáveis, muitas vezes, pela ocorrência de anos secos e chuvosos, respectivamente, na porção setentrional do Nordeste brasileiro. Sobre estes eventos, Xavier (2001, p. 322) ratifica a ideia de que eles “[...] conjugam anomalias “positivas” ou “negativas” da TSM – “temperatura da superfície do mar” (SST – “sea surface temperature”) no Pacífico equatorial, com alterações nos campos de pressão e de ventos no Pacífico [...]”

A respeito da influência dos oceanos Atlântico e Pacífico nas chuvas da porção norte do Nordeste brasileiro, Ferreira e Mello (2005, p. 25) explicitam:

O fenômeno El Niño (aquecimento acima do normal das águas do oceano Pacífico Equatorial), por exemplo, dependendo da intensidade e período do ano em que ocorre, é um dos responsáveis por anos considerados secos ou muito secos, principalmente quando acontece conjuntamente com o dipolo positivo do Atlântico (Dipolo do Atlântico: diferença entre anomalia da Temperatura da Superfície do Mar – TSM na Bacia do Oceano Atlântico Norte e Oceano Atlântico Sul), que é desfavorável às chuvas. O fenômeno La Niña (resfriamento anômalo das águas do oceano Pacífico) associada ao dipolo negativo do Atlântico (favorável às chuvas), é normalmente responsável por anos considerados normais, chuvosos e muitos chuvosos na região.

Sobre as variações interanuais da precipitação no Nordeste brasileiro, Kayano e Andreoli (2009, p. 218) certificam que

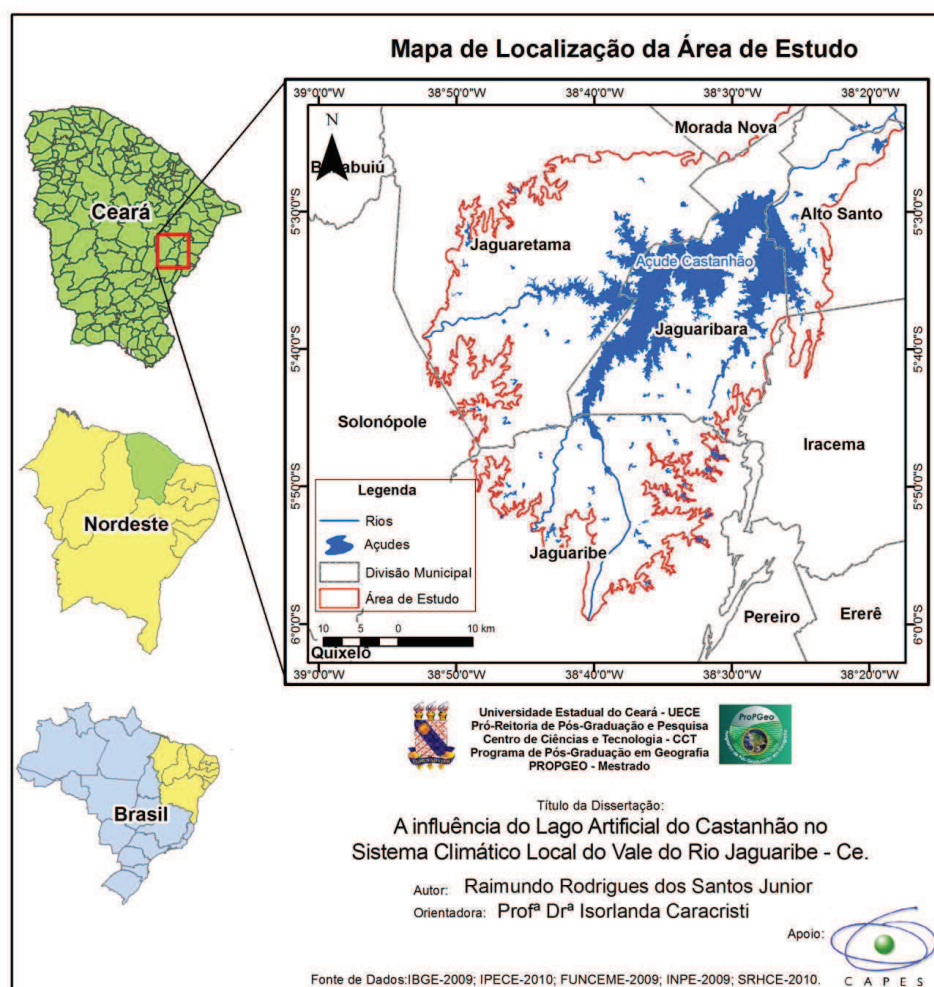
As variações interanuais de precipitação no NEB têm, em associação, anomalias de outros elementos meteorológicos na região e em outras regiões do globo, relacionados a sistemas dinâmicos da circulação atmosférica. Entre estes, o El Niño-Oscilação Sul (ENOS) é apontado como um dos principais fenômenos responsáveis por tais flutuações.

Assim, após estas considerações, é necessário salientar que os eventos El Niño e La Niña podem inibir ou fortalecer - respectivamente, dependendo de sua força e período de ocorrência - a marcha anual da ZCIT, favorecendo o aparecimento de anos secos ou chuvosos no NEB, fato este analisado e comprovado em vários estudos científicos.

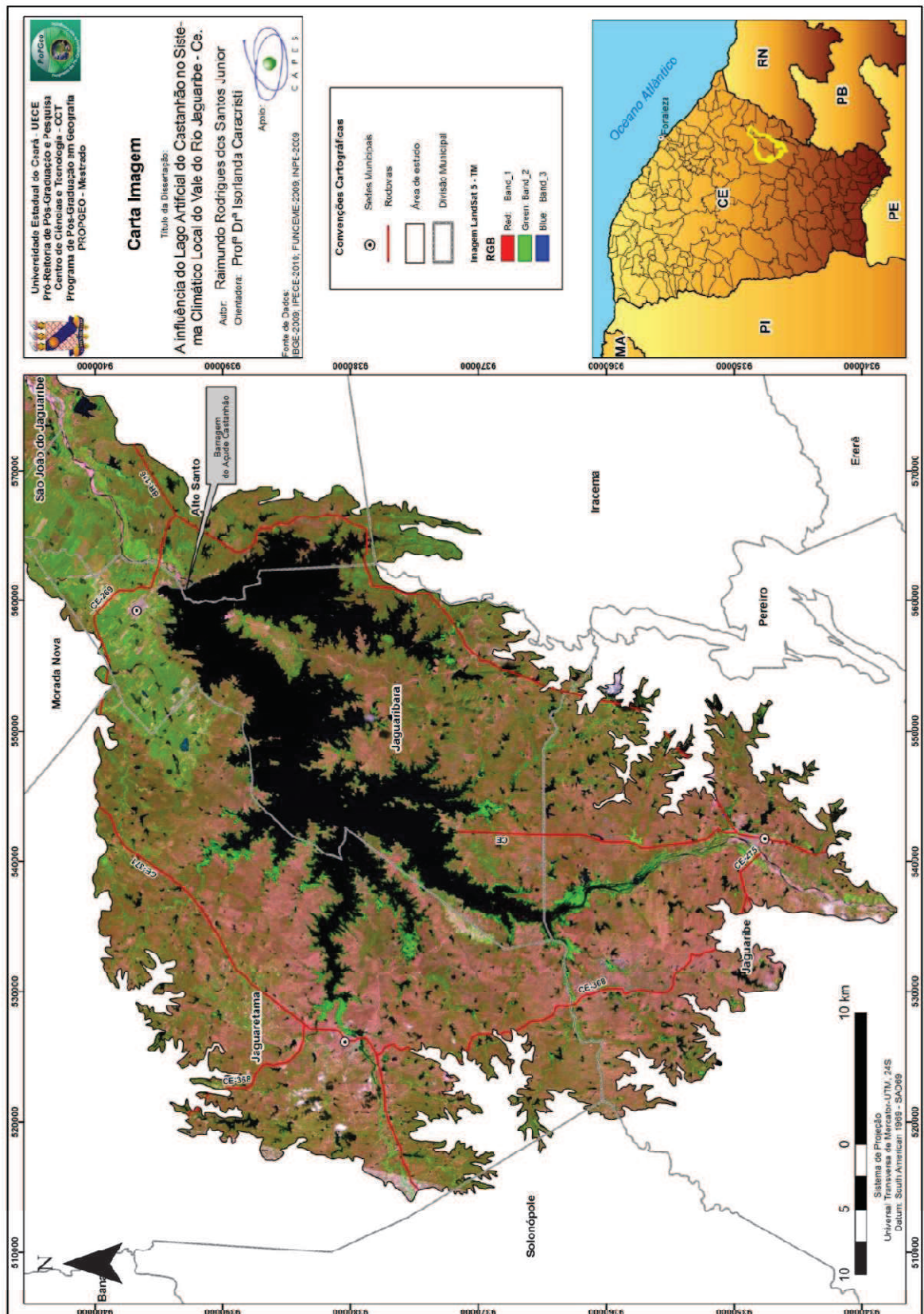
4 O AÇUDE CASTANHÃO E SUAS CARACTERÍSTICAS GEOAMBIENTAIS

4.1 Considerações sobre a construção do açude Castanhão

O açude Castanhão (Mapa 1), localizado entre as coordenadas 5°29'55" latitude sul e 38°26'52" longitude oeste, está inserido na Sub-Bacia do Médio Jaguaribe, no Ceará, representando o maior empreendimento da política de açudagem no Estado. A Carta Imagem do Castanhão contém a área de estudo, as divisões municipais, rodovias e sedes municipais.



Mapa 1: Mapa de localização da área de estudo.



Carta Imagem do Castanhão.

O primeiro estudo que referencia a barragem do Castanhão foi realizado pelo geólogo Roderic Crandall, técnico estadunidense que trabalhou no Brasil entre 1907 e 1914, para a Inspetoria de Obras Contra as Secas – IOCS (LIMA, 2007), primeira denominação do DNOCS. Está no livro lançado por esse geólogo, onde apareceram os primeiros ensaios sobre o Boqueirão do Cunha, local da construção da barragem do Castanhão (LIMA, 2007).

É importante destacar o fato de que, em 1985, o Departamento Nacional de Obras de Saneamento – DNOS contratou os estudos e projetos sobre a obra do Castanhão e só depois de sua extinção, em 1990, estas competências voltaram para o DNOCS, em 1992 (CEARÁ, 1996; LIMA, 2007).

As obras para a construção da barragem, entretanto, só tiveram início em 1995 e foram concluídas em 2003. No projeto inicial de execução da obra, a barragem do Castanhão seria constituída por um maciço de terra homogênea. Após alguns anos, passou a ser mista, com a adição de concreto compactado a rolo – CCR, após uma sugestão do Governo Estadual do Ceará ao DNOCS, que foi aceita, possibilitando, assim, o armazenamento de água ainda durante a construção (LIMA, 2007; 2010).

Lima (2010, p. 87) explica esse processo.

[...] o Governo do Estado do Ceará, através da sua Secretaria dos Recursos Hídricos, sugeriu ao DNOCS, no final do ano de 1998, que o trecho central da barragem fosse construído em Concreto Compactado a Rolo (CCR), que poderia ser galgado pelas águas, funcionando como sangradouro eventual e acumulando água em volumes proporcionais à altura atingida pelo paramento de CCR.

Lima (2007, p.166) ratifica, ainda, a noção de que

A mudança sugerida se apoiou, principalmente, no cronograma de construção, defasado por atrasos na resolução de aspectos técnicos (o surgimento de um páleo-canal) e, em alguns momentos, deficiência de aporte financeiro. Diante dessas dificuldades a obra do Castanhão demandaria ainda mais três anos para ser concluída em solo, representando um adiamento da capacidade de armazenamento do açude.

A barragem do Açude, com um vertedouro com 12 comportas e 60 metros de altura, foi construída no Município de Alto Santo. Além deste, o Açude ainda abrange outros três municípios cearenses - Nova Jaguaribara, Jaguaretama e Jaguaribe. Atualmente o Castanhão (Figuras 01 e 02), por seus limites e finalidades, é considerado

o maior açude público com usos múltiplos do Brasil (BRASIL, 2012). O Quadro 01 mostra as características gerais do conjunto.

O lago artificial formado com a construção do Açude configura-se, como já exposto, o objeto de estudo desta pesquisa. Ele possui 48 km de extensão máxima, com área inundada de 32.500 hectares na cota 100 m (cota de operação normal) e uma área inundada de 60.000 hectares na cota da cheia máxima provável (BRASIL, 2012; CEARÁ, 1996). Na Figura 03, pode-se observar a evolução da formação do espelho d'água do lago artificial por meio de duas imagens de satélite.

A construção do Castanhão foi pauta de várias discussões, sobretudo, em decorrência dos seus impactos socioambientais. Em geral, os principais impactos provocados pela obra foram: a realocação da cidade de Jaguaribara, reassentamento da população rural atingida, desmatamento e inundação de extensas áreas, remoção da infraestrutura das áreas inundadas, tensão social decorrentes das desapropriações e impactos socioculturais para a população removida (CEARÁ, 1996).

A construção do Açude inundou a Sede do Município de Jaguaribara. Este foi considerado como o principal impacto do Açude na esfera sociocultural. Em 2001, foi inaugurada a cidade de Nova Jaguaribara, a primeira totalmente planejada do Ceará. Atualmente, a população atingida pela construção da barragem do Castanhão, tanto urbana como rural, ainda luta por direitos e promessas não cumpridas, levantadas ainda antes da construção da barragem. Como informa Lima (2010), 12.000 pessoas foram desalojadas para a edificação do Açude.

Além da população, a implantação da obra também foi contestada por técnicos e especialistas, que davam versões para as impossibilidades da obra. Com a aprovação do Estudo de Impacto Ambiental - EIA/ Relatório de Impacto Ambiental – RIMA e a expedição da Licença de Implantação da barragem do Castanhão, no entanto, as obras começaram em 1995 e terminaram em 2003, como explicado anteriormente. O EIA/RIMA do Castanhão também foi alvo de críticas severas por especialistas e pela população desalojada e realocada.

Após diversas discussões e incertezas, o Castanhão foi concretizado e atualmente se configura como o maior e um dos mais importantes reservatórios do Ceará, abastecendo, contendo cheias, criando peixes, sendo ponto turístico e viabilizando a irrigação de extensas áreas, entre outras finalidades.



Figura 01: Açude Castanhão. Vista do Município de Nova Jaguaribara.
Fonte: Trabalho de Campo, 2011.



Figura 02: Açude Castanhão. Vista da barragem localizada no Município de Alto Santo.
Fonte: Trabalho de Campo, 2011.

Reservatório	Açude Castanhão
Nome oficial	Açude Público Padre Cícero
Bacia Hidrográfica Estadual	Bacia do Médio Jaguaribe
Finalidades	Irrigação, transposição, abastecimento, usos múltiplos. Transposição: Reservatório Pulmão e canal adutor da Transposição de águas da Bacia do Rio São Francisco
Estado	Ceará
Município	Alto Santo
Ano de início da construção	1995
Ano de conclusão da construção	2003
Capacidade (1.000 m³)	6.700.000
Volume Morto (1.000 m³)	250.000
Cota soleira sangradouro/vertedouro (m)	106.00
Cota do coroamento (m)	111.00
Bacia Hidráulica (m²)	441.000.000,00

Quadro 1: Características gerais do Açude Castanhão. Fonte: Site do DNOCS (2012)

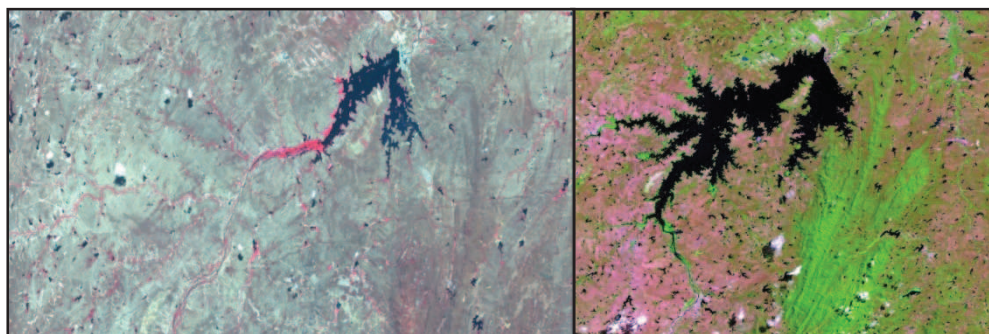


Figura 03: Evolução da Formação do lago artificial do Castanhão. A primeira imagem é uma Spot de 2002 e a segunda imagem uma Landsat 5, de 2009. Fonte: CPRM e INPE.

4.2 Caracterização geoambiental da área de estudo

Sobre os sertões do Nordeste brasileiro, Ab'Sáber (2008, p. 85) acentua que

A originalidade dos sertões no Nordeste brasileiro reside num compacto feixe de atributos: climático, hidrológico e ecológico. Fatos que se estendem por um espaço geográfico de 720 mil quilômetros quadrados, onde vivem 23 milhões de brasileiros. Na realidade, os atributos no Nordeste seco estão centrados no tipo de clima semi-árido regional, muito quente e sazonalmente seco, que projeta derivadas radicais para o mundo das águas, o mundo orgânico das caatingas e o mundo socioeconômico dos viventes dos sertões.

A área de estudo está presente na bacia hidrográfica do rio Jaguaribe, a de maior dimensão do Estado do Ceará, com área total de 74.600 km² (CEARÁ, 2006). Por sua grande dimensão, ocupa 48% do Território cearense. Segundo a classificação climática de Nimer (1979), o tipo climático da região é o semiárido, com um período seco de sete a oito meses, caracterizado por irregularidades pluviométricas espaciotemporais (SOUZA, 2007), com as precipitações médias anuais perto de 600-800 mm (SOUZA, 2000) e período chuvoso de janeiro a maio. No sertão cearense, onde está localizada a área de estudo, o clima semiárido traz temperaturas elevadas, com médias entre 26° e 29°C. “As amplitudes térmicas em geral não ultrapassam 5°C, correspondendo aos meses mais quentes ao final da estação seca em novembro e dezembro.” (SOUZA, 2000, p. 36).

No que concerne às temperaturas e precipitações pluviométricas na área de estudo, foram elaboradas tabelas e gráficos que possibilitam uma melhor compreensão destes elementos. A Tabela 01 e o Gráfico 01 se referem às temperaturas, já as Tabelas 02 e 03 e os Gráficos 02 e 03, correspondem às precipitações pluviométricas.

Tabela 01: Temperaturas médias mensais (°C) estimadas para o Castanhão/barragem, Jaguaretama e Jaguaribe.

MÊS	CASTANHÃO/BARRAGEM	JAGUARETAMA	JAGUARIBE
JAN	28,4	28,5	28,6
FEV	27,6	27,6	27,7
MAR	26,9	26,9	27
ABR	26,6	26,6	26,7
MAI	26,6	26,6	26,6
JUN	26,2	26,3	26,2
JUL	26,1	26,3	26,2
AGO	27,2	27,5	27,4
SET	27,9	28,3	28,3
OUT	28,3	28,6	28,7
NOV	28,5	28,8	28,9
DEZ	28,5	28,8	28,9

Fonte: Programa CELINA 1.0 (COSTA, 2007), dados dos pluviômetros da FUNCEME e do DNOCS.

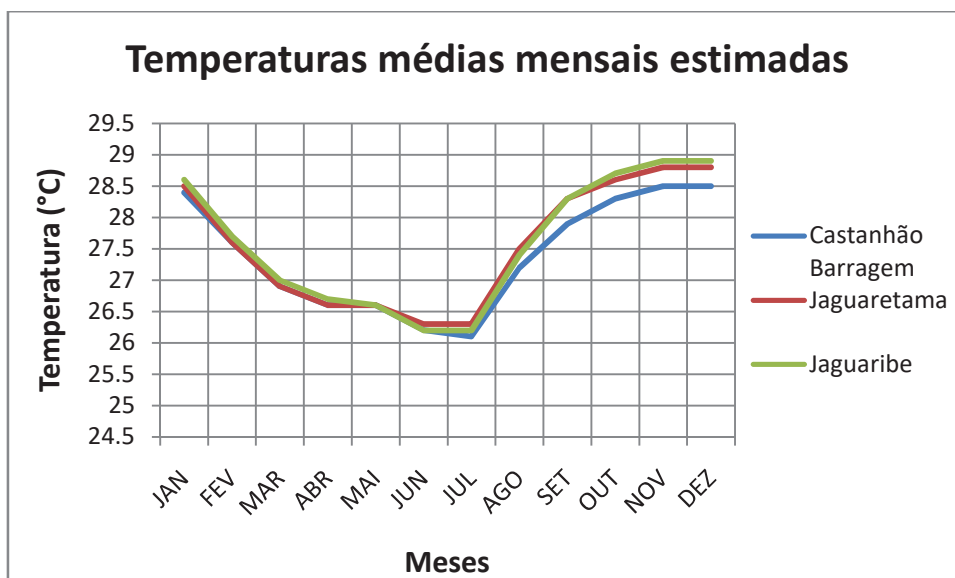


Gráfico 01: Temperaturas médias mensais estimadas para o Castanhão/barragem, Jaguaretama e Jaguaribe. Fonte: Programa CELINA 1.0 (COSTA, 2007), dados dos pluviômetros da FUNCEME e do DNOCS.

Os dados das temperaturas médias mensais estimadas demonstram que as temperaturas médias mais elevadas se encontram nos Municípios de Jaguaribe e Jaguaretama, respectivamente (28,8°C/28,9°C). Na área da barragem do Castanhão, localizada no Município de Alto Santo, as temperaturas médias se igualam aos valores

estimados de Jaguaretama nos meses de fevereiro a maio (período chuvoso no semiárido) / (27,6°C/26,9°C/26,6°C/26,6°C) e de Jaguaribe, nos meses de maio e junho (26,6°C/26,2°C). De julho a dezembro, as temperaturas estimadas na barragem do Castanhão apresentam-se menores do que as estimadas nos dois outros municípios (26,1°C/27,2°C/27,9°C/28,3°C/28,5°C/28,5°C), Vale salientar que o posto Castanhão/barragem é o mais próximo a área onde o espelho d'água do lago artificial é maior.

Durante o período seco, Jaguaretama, nos meses de junho a agosto, denota temperaturas médias um pouco mais elevadas do que as de Jaguaribe (26,3°C/26,3°C/27,5°C). Em setembro, ocorre o mesmo valor para ambos os locais (28,3°C), enquanto de outubro a dezembro as temperaturas médias de Jaguaribe se elevam e ultrapassam as estimadas em Jaguaretama e no Castanhão/barragem (28,7°C/28,9°C/28,9°C). É necessário salientar que os meses das temperaturas mais amenas são junho e julho nos três postos estimados, fato comum já que nesta época do ano o Hemisfério Sul está sob o inverno.

Tabela 02: Valores da precipitação total anual em milímetros para o Castanhão/barragem, Jaguaretama e Jaguaribe de 1999 a 2012.

ANOS	CASTANHÃO/BARRAGEM	JAGUARETAMA	JAGUARIBE
1999	597,1	947,8	752
2000	881,6	827,5	870,5
2001	487,5	512,4	542,8
2002	996	1031,2	819,5
2003	751	990,8	784,8
2004	1006,1	1400,5	1032,2
2005	547,6	518,4	426,6
2006	815,1	1001,4	686,7
2007	528,3	691,4	469,1
2008	1114,9	997,4	1073,5
2009	1239	1020,2	1025
2010	319,3	620,7	436,1
2011	812,2	922,4	998,8
2012	256	222,5	275,1
TOTAL	10351,7	11632,6	10192,7

Fonte: Dados da FUNCEME e do DNOCS.

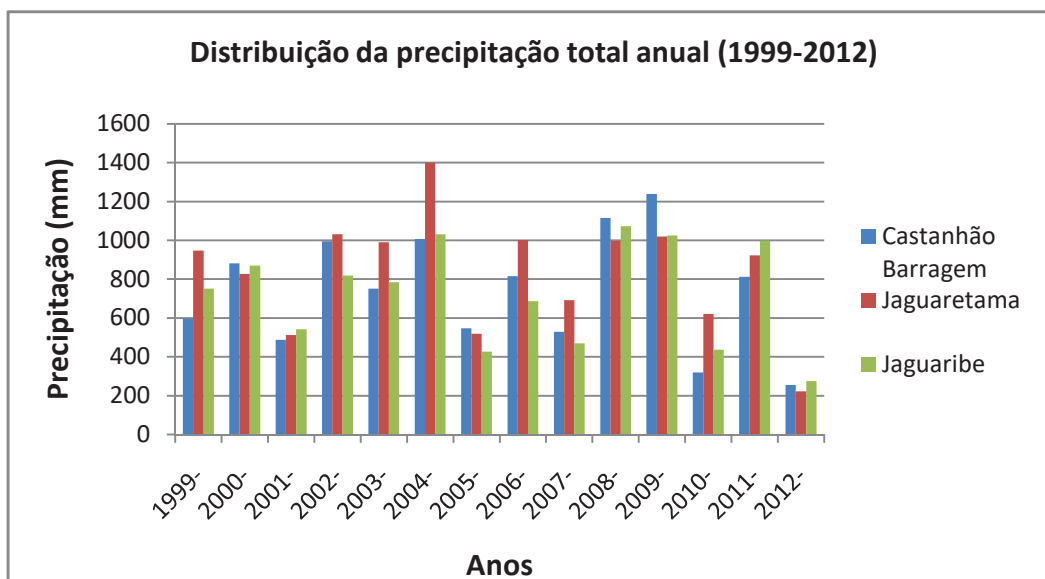


Gráfico 02: Distribuição da precipitação total anual (1999-2012) para Castanhão/barragem, Jaguaretama e Jaguaribe. Fonte: Dados da FUNCEME e do DNOCS.

Os valores expostos na Tabela 02 e no Gráfico 02 demonstram o ano de 2004 (Castanhão/barragem - 1006,1 mm / Jaguaretama - 1400,5 mm / Jaguaribe - 1032,2 mm) como o mais chuvoso em todos. Foi o ano da primeira cheia do Açude e da consolidação dos limites atuais do lago artificial. Nota-se a ocorrência de anos secos (2001, 2005 e 2010), com índices pluviométricos abaixo da média em alguns postos (2001 - Castanhão/barragem - 487,5 mm / Jaguaretama - 512,4 mm / Jaguaribe - 542,8 mm) (2005 - Castanhão/barragem - 547,6 mm / Jaguaretama - 518,4 mm / Jaguaribe - 426,6 mm) (2010 - Castanhão/barragem - 319,3 mm / Jaguaretama - 620,7 mm / Jaguaribe - 436,1 mm). Em anos como estes, o lago tende a perder bastante volume por conta da falta de recarga e da evaporação. Verifica-se também o ano de 2012 (Castanhão/barragem - 256 mm / Jaguaretama - 222,5 mm / Jaguaribe - 275,1 mm) quando se registrou, de acordo com a Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos, a pior seca dos últimos 50 anos no Ceará, prejudicando a recarga dos reservatórios, favorecendo a evaporação e a seca de vários reservatórios. A seca traz, além disto, a morte de rebanhos, prejuízos severos à agricultura e a migração do sertanejo para a cidade.

Nos valores demonstrados na Tabela 03 e no Gráfico 03, sobre a média mensal da precipitação em milímetros para o Castanhão/barragem, Jaguaretama e Jaguaribe (1999-2012), verificam-se os maiores totais pluviométricos para os primeiros meses do ano de janeiro a maio (período chuvoso), sobretudo com o deslocamento da ZCIT entre os meses de fevereiro a abril, sendo março o mais chuvoso. Os meses menos

chuvosos de junho a dezembro representam o período seco do semiárido, sendo setembro e novembro, os que apresentam menores índices pluviométricos.

Tabela 03: Média mensal da precipitação em milímetros para o Castanhão/barragem, Jaguaretama e Jaguaribe de 1999 a 2012.

MÊS	CASTANHÃO/BARRAGEM	JAGUARETAMA	JAGUARIBE
JAN	103,65	121,96	126,12
FEV	99,24	113,98	103,01
MAR	185,61	176,50	187,11
ABR	143,82	172,33	135,97
MAI	103,53	125,18	104,82
JUN	44,42	57,18	22,65
JUL	16,50	21	13,03
AGO	13,35	7,65	7,58
SET	0,42	2,61	0,85
OUT	7,04	15,46	8,51
NOV	1,50	1,53	1,86
DEZ	20,22	27,55	16,08
TOTAL	739,3	842,93	727,59

Fonte: Dados da FUNCEME e do DNOCS.

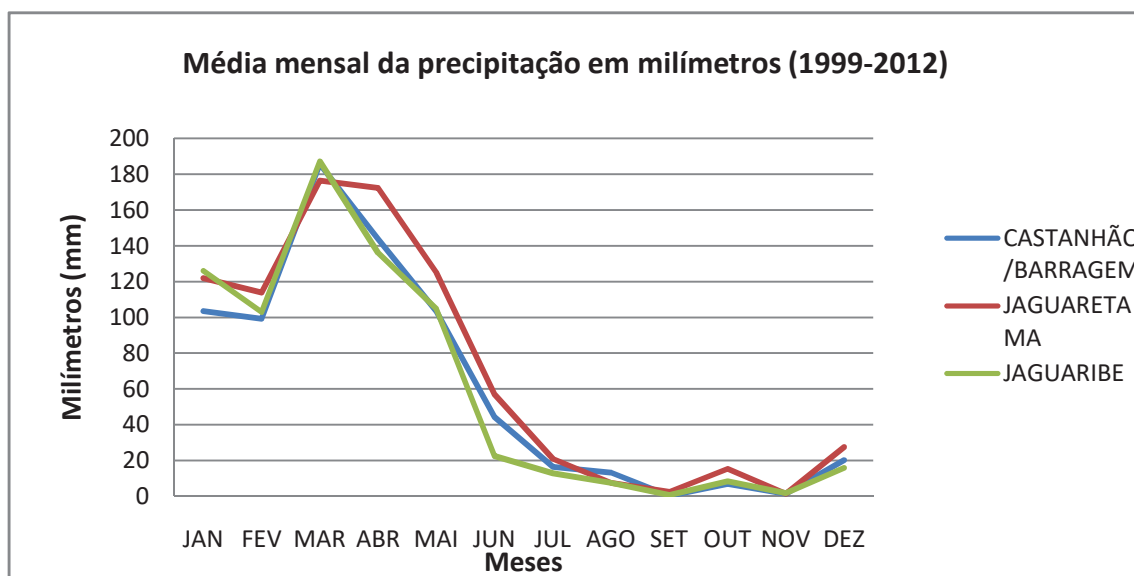


Gráfico 03: Média mensal da precipitação em milímetros para o Castanhão/barragem, Jaguaretama e Jaguaribe (1999-2012). Fonte: Dados da FUNCEME e do DNOCS.

No estudo do balanço hídrico normal da área, foram desenvolvidos gráficos para os três locais trabalhados, oriundos do cálculo realizado com o auxílio da planilha da DCE-ESALQ/USP, desenvolvida no ambiente EXCEL TM para o cálculo do balanço hídrico normal por Thornthwaite e Mather (1955), elaborada por G. S. Rolim, Sentelhas e Barbieri (1998). O estudo do balanço hídrico normal tem como objetivo a análise do regime hídrico e do clima da área de estudo. A capacidade de água disponível (CAD) da área foi estipulada em 50 mm.

Os Gráficos 04, 05 e 06 representam o extrato do balanço hídrico para o Castanhão/barragem, Jaguaretama e Jaguaribe, respectivamente, em que se verificam o déficit e o excedente hídrico nos locais trabalhados. Já os Gráficos 07, 08 e 09 representam o balanço hídrico normal para o Castanhão/barragem, Jaguaretama e Jaguaribe, respectivamente, em que se verificam a precipitação, a evapotranspiração potencial e a evapotranspiração real nos locais trabalhados. Os dados do balanço hídrico para os três postos da área estão no Anexo A, p. 115.

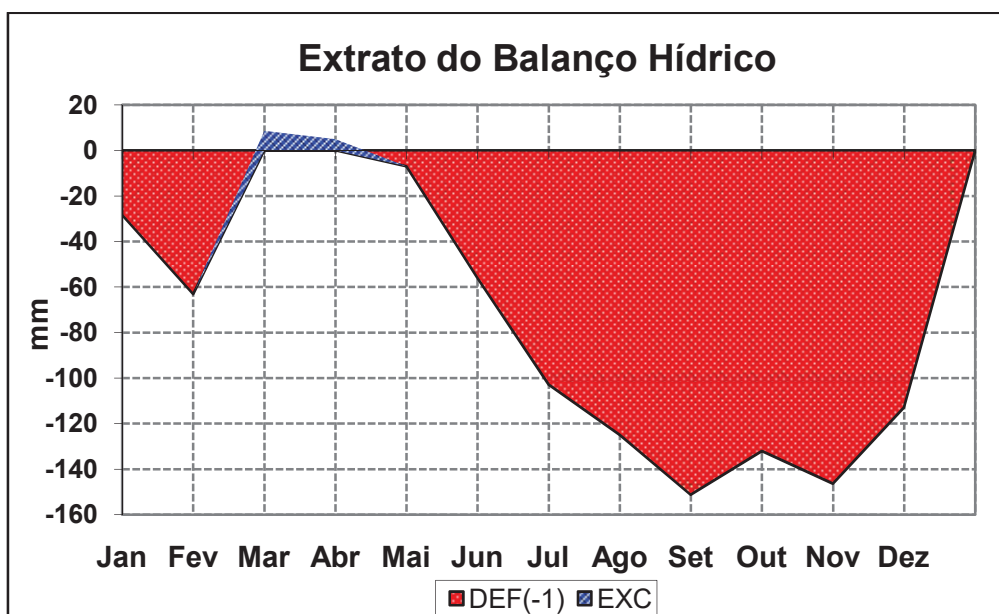


Gráfico 04: Extrato do balanço hídrico para o Castanhão/barragem (1999-2012).

Fonte: Planilha para o cálculo do balanço hídrico normal por Thornthwaite e Mather (1955) DCE-ESALQ/USP desenvolvida por G. S. Rolim, Sentelhas e Barbieri (1998), dados da FUNCEME e do DNOCS.

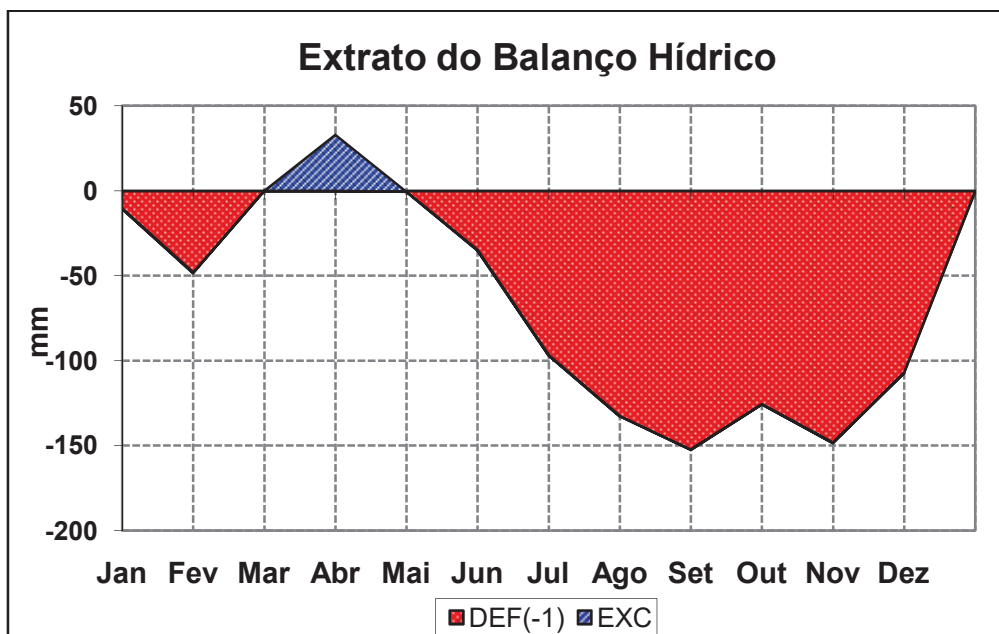


Gráfico 05: Extrato do balanço hídrico para Jaguaretama (1999-2012).

Fonte: Planilha para o cálculo do balanço hídrico normal por Thornthwaite e Mather (1955) DCE-ESALQ/USP desenvolvida por G. S. Rolim, Sentelhas e Barbieri (1998), dados da FUNCEME e do DNOCS.

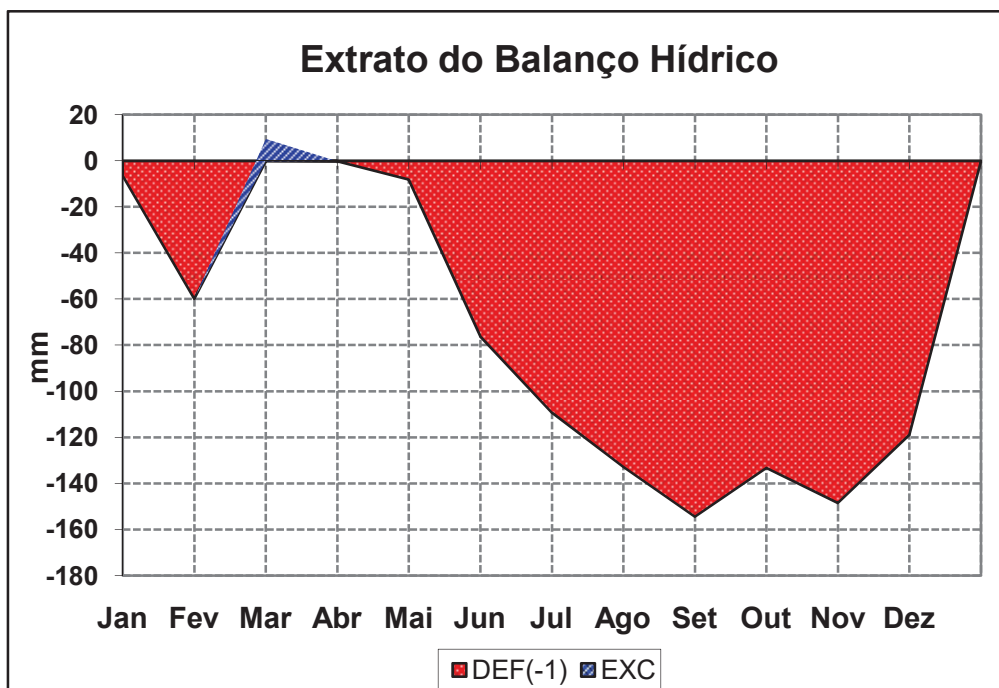


Gráfico 06: Extrato do balanço hídrico para Jaguaribe (1999-2012).

Fonte: Planilha para o cálculo do balanço hídrico normal por Thornthwaite e Mather (1955) DCE-ESALQ/USP desenvolvida por G. S. Rolim, Sentelhas e Barbieri (1998), dados da FUNCEME e do DNOCS.

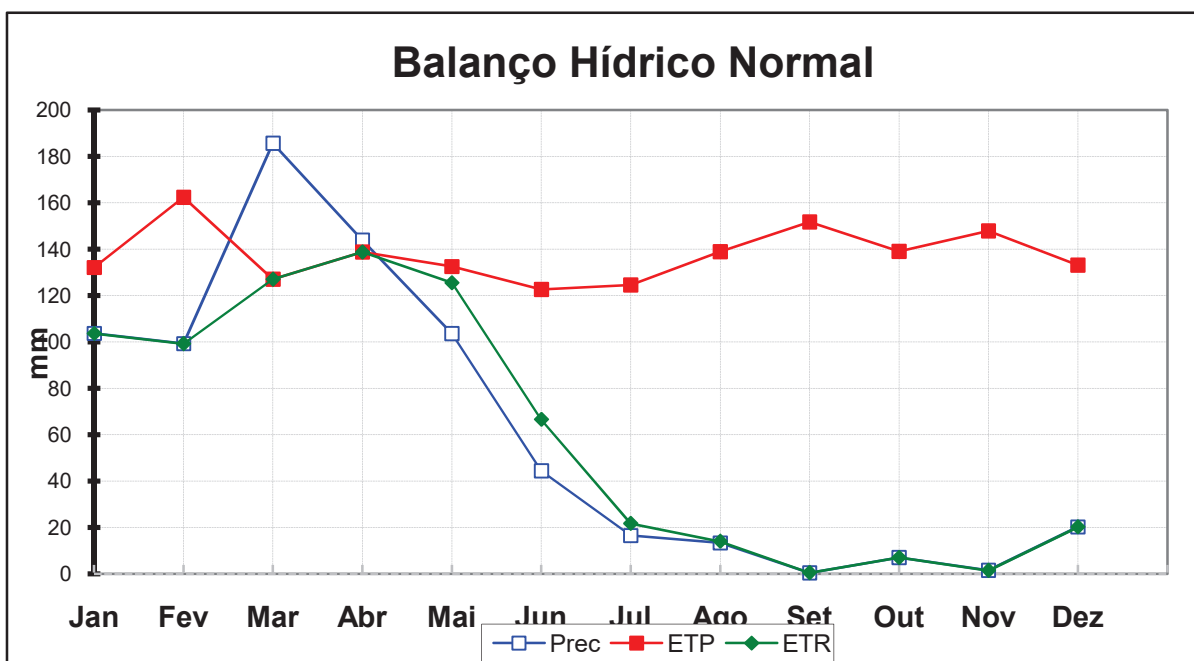


Gráfico 07: Balanço hídrico normal para o Castanhão/barragem (1999-2012).

Fonte: Planilha para o cálculo do balanço hídrico normal por Thornthwaite e Mather (1955) DCE-ESALQ/USP desenvolvida por G. S. Rolim, Sentelhas e Barbieri (1998), dados da FUNCEME e do DNOCS.

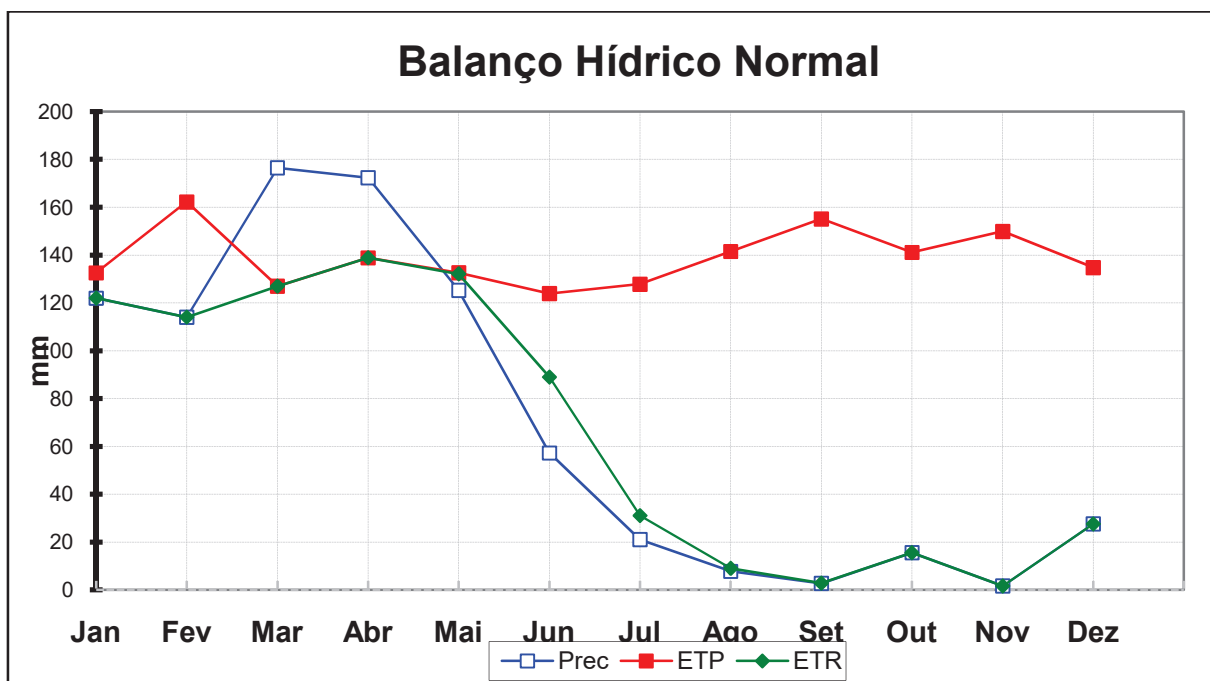


Gráfico 08: Balanço hídrico normal para Jaguaretama (1999-2012).

Fonte: Planilha para o cálculo do balanço hídrico normal por Thornthwaite e Mather (1955) DCE-ESALQ/USP desenvolvida por G. S. Rolim, Sentelhas e Barbieri (1998), dados da FUNCEME e do DNOCS.

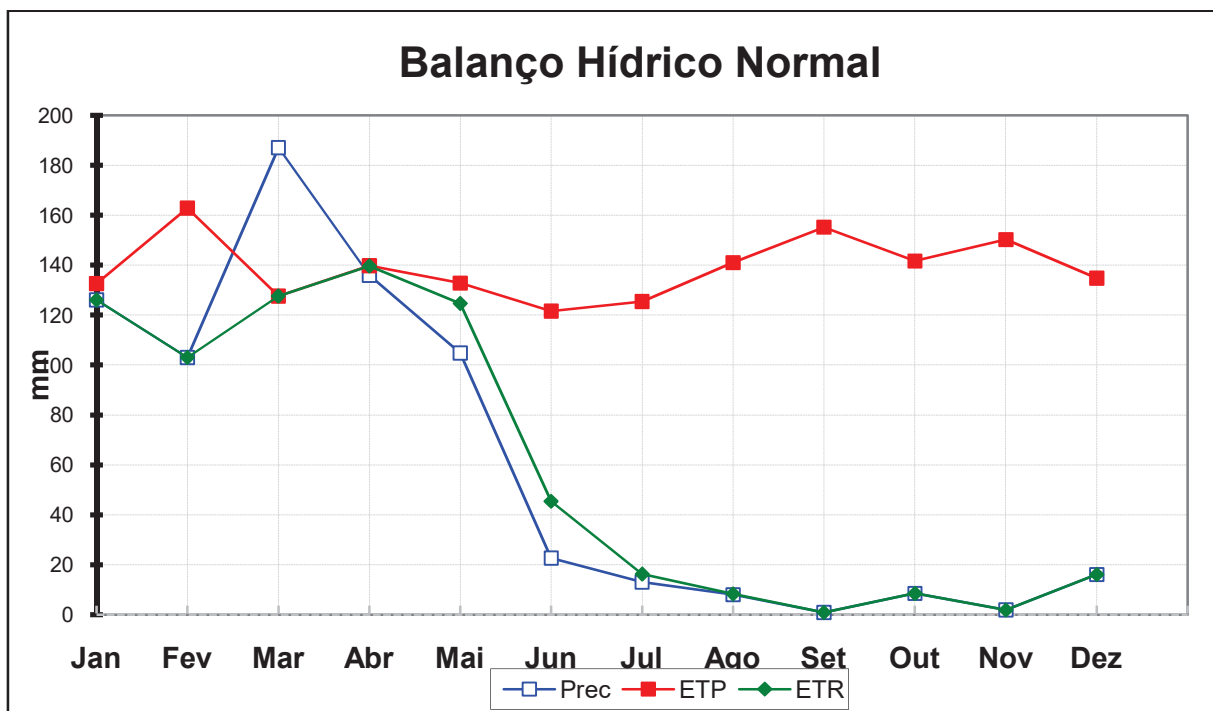


Gráfico 09: Balanço hídrico normal para Jaguaribe (1999-2012).

Fonte: Planilha para o cálculo do balanço hídrico normal por Thornthwaite e Mather (1955) DCE-ESALQ/USP desenvolvida por G. S. Rolim, Sentelhas e Barbieri (1998), dados da FUNCEME e do DNOCS.

No estudo dos Gráficos 04, 05 e 06, no Castanhão/barragem, verifica-se que o excedente hídrico ocorre apenas nos meses de março e abril, enquanto os demais meses são de déficit hídrico. Em Jaguaribetama, verifica-se que o excedente hídrico ocorre no mês de abril. Em março, não se tem deficiência hídrica, mas também não ocorre excedente, enquanto o déficit aparece nos demais meses. Já em Jaguaribe, verifica-se que o excedente hídrico ocorre apenas no mês de março, enquanto o déficit aparece nos demais meses. Apesar da ocorrência de precipitações em alguns meses que apresentam deficiência hídrica para os postos, conclui-se que estas são insuficientes para a ocorrência do excedente hídrico.

Correlacionando estes gráficos com os de números 07, 08 e 09, nota-se que em ambos os postos o excedente hídrico acompanha a curva da precipitação no ponto mais acentuado desta, justificando o excedente por conta das maiores precipitações registradas.

Segundo os dados do balanço hídrico, Castanhão/barragem apresenta, para o período trabalhado, um déficit total de 924,7 mm e excedente total de apenas 13,6 mm. Para Jaguaribetama os dados demonstram déficit total de 857,1 mm e excedente total de

33,1 mm, enquanto para Jaguaribe estes valores são déficit 947,4 mm e excedente 9,5 mm.

Analisando os gráficos 07, 08 e 09, verifica-se que a precipitação (P) expressa comportamento característico do clima semiárido, com valores mais elevados de janeiro a maio (período chuvoso), decrescendo após maio, configurando o início do período climático seco nas referidas áreas.

De acordo com os dados do balanço e os gráficos, a evapotranspiração potencial (ETP) se mostra com elevados valores mensais para ambos os postos, fato típico de áreas que demonstram clima semiárido com elevados níveis de insolação. Os valores totais são 1650,4 mm para o Castanhão/barragem, 1667 mm para Jaguaretama e 1665,9 mm para Jaguaribe. Os valores da precipitação (P) menos a evapotranspiração potencial (ETP) - (P-ETP) são negativos, durante quase todo o ano, para todos os postos, justificando a ocorrência da elevada deficiência hídrica anual - totais de -911,1 mm para o Castanhão/barragem, -824,1 mm para Jaguaretama e -937,9 mm para Jaguaribe.

A evapotranspiração real (ETR) no Castanhão/barragem varia de 103,7 mm em janeiro, para 20,2 mm em dezembro, indicando os maiores valores em março (127 mm), abril (138,8 mm) e maio (125,5 mm). Para Jaguaretama, varia de 122 mm em janeiro, para 27,6 mm em dezembro, com os valores maiores em março (127 mm), abril (138,8 mm) e maio (132,1 mm). Em Jaguaribe, a ETR varia de 126,1 mm em janeiro, para 16,1 mm em dezembro, com os maiores valores em janeiro, março (127,6 mm) e abril (139,7 mm) - totais de 725,7 mm para o Castanhão/barragem, 809,9 mm para Jaguaretama e 718,5 mm para Jaguaribe. De maneira geral, as características do balanço hídrico normal da área evidenciam a tipologia e as particularidades do clima da região do Castanhão.

A rede hidrográfica é adensada, mostrando um “[...] escoamento superficial com padrões subdendríticos e com eventuais controles estruturais [...]” (SOUZA 2007, p. 139). Os vales são abertos e exibem fundo chato (SOUZA, 2007). O regime é intermitente sazonal, condicionado principalmente pela precipitação. Na geologia, existe a primazia dos terrenos cristalinos datados do Pré-Cambriano e coberturas sedimentares cenozoicas tercióquaternárias, representadas pela Formação Faceira (CEARÁ, 2006). Estas estruturas condicionam um relevo formado pelas seguintes unidades geoambientais: Planície Fluvial, Depressão Sertaneja (sertões) e Tabuleiros Interiores. A Figura 04 traz um modelo digital de elevação do terreno gerado no *software* de geoprocessamento QGIS. O Mapa 2 representa o mapa das unidades geoambientais presentes na área de estudo.

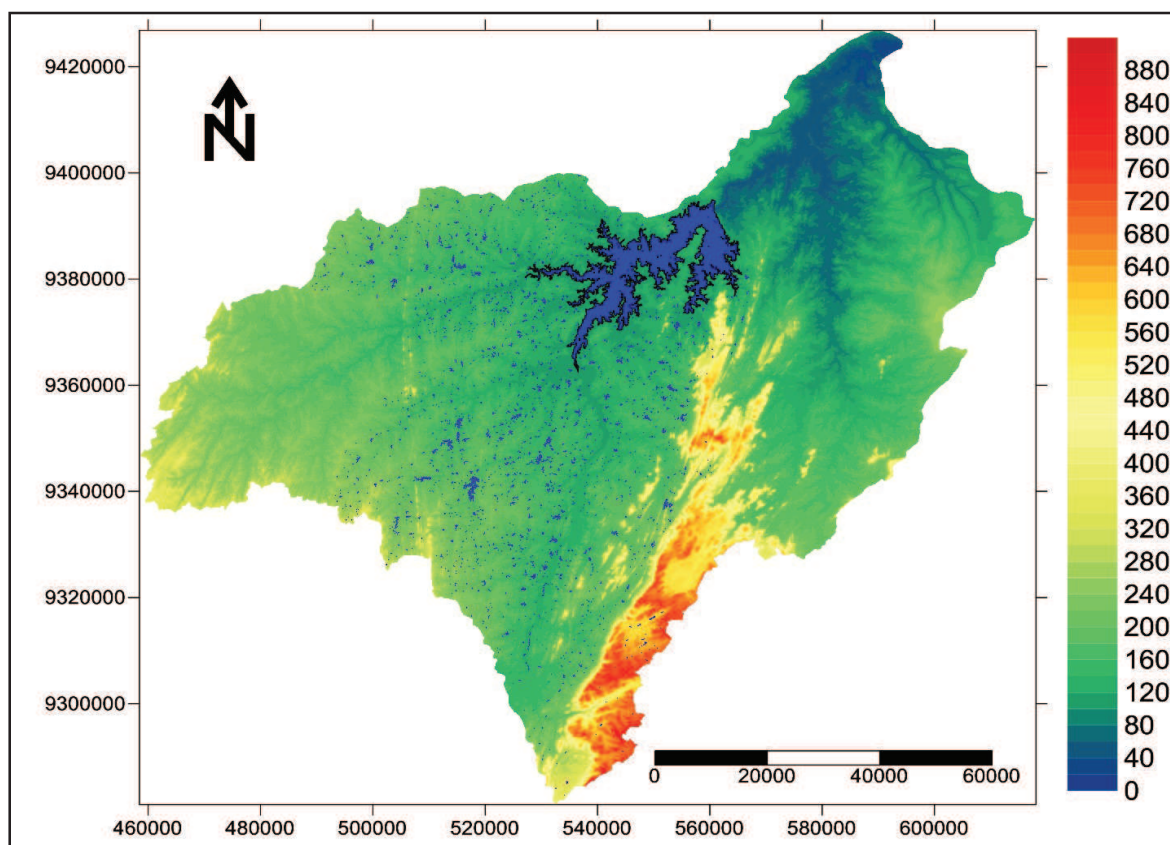
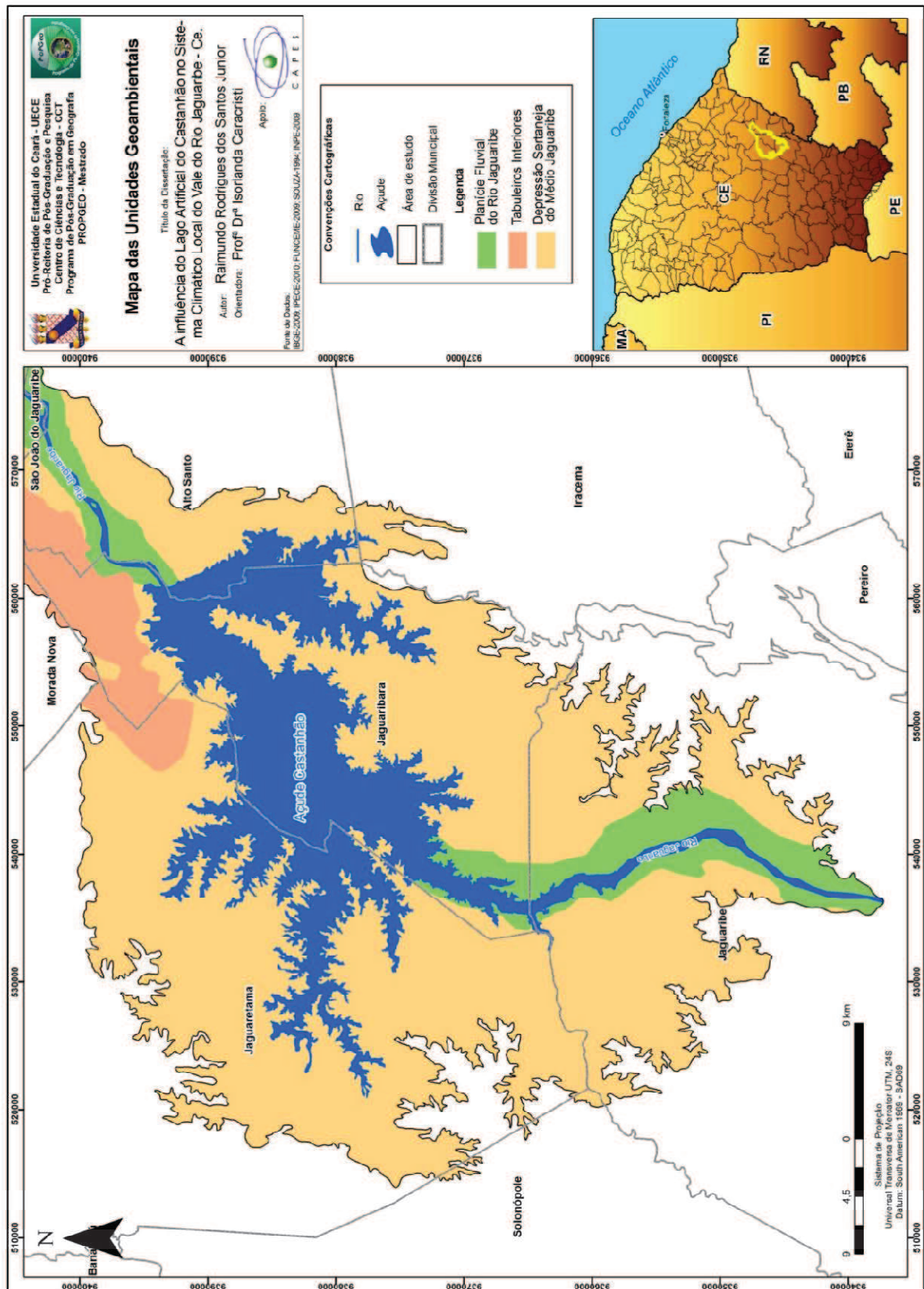


Figura 04: Modelo digital de elevação do terreno da região do Médio Jaguaribe. Nota-se o açude Castanhão em destaque.



Mapa 2: Mapa das Unidade Geoambientais.

As Planícies Fluviais (Figuras 05 e 06) são superfícies baixas, formadas pela acumulação fluvial, bordejam as calhas dos rios e são sujeitas a inundações periódicas (SOUZA, 2007), onde existem largas faixas de acumulação formadas por sedimentos aluviais com solos profundo, Vertissolos, Neossolos Flúvicos e Planossolos (CEARÁ, 2006; CEARÁ, 2010). Estes ambientes aluviais apresentam areias argilosas, argilas, areias quartzosas e quartzofeldspáticas, argilas orgânicas, além de cascalhos (BRASIL, 2003). Estas áreas são revestidas por matas ciliares.



Figura 05: Planície Fluvial do rio Jaguaribe no Município de Jaguaribe.
Fonte: Trabalho de campo, 2011.



Figura 06: Planície Fluvial do rio Jaguaribe no Município de Jaguaribe.
Fonte: Trabalho de campo, 2012.

A Depressão Sertaneja (sertões) (Figuras 07 e 08) contém as seguintes características ambientais dominantes: superfícies planas e parcialmente dissecadas ou aplainadas em rochas do embasamento cristalino, “[...] com altitudes abaixo de 400 m e com acentuada diversificação litológica [...]” (SOUZA, 2000, p.84). Na área em estudo, encontram-se rochas do tipo ortognaisses migmatizados, paragnaisses e quartzitos e rochas calcilissilicáticas, pertencentes ao Complexo Jaguaretama (BRASIL, 2003), entre outras. De acordo com Souza (2000), estas depressões sertanejas exibem um mosaico de solo variado, com a ocorrência comum de solos rasos, chãos pedregosos e afloramentos rochosos, onde existem Neossolos Litólicos, Luvisolos, Planossolos, Argilossolos (CEARÁ, 2006; CEARÁ, 2010). O tipo de vegetação é a caatinga, com padrões florísticos e fisionômicos variados (SOUZA, 2006). Esta vegetação está bastante degradada, atingindo níveis preocupantes.



Figura 07: Depressão Sertaneja do Município de Jaguaribe, durante o período seco.
Fonte: Trabalho de campo, 2011.



Figura 08: Depressão Sertaneja do Município de Jaguaratama, durante o período chuvoso.
Fonte: Trabalho de campo, 2012.



Figura 09: Depressão Sertaneja do Município de Nova Jaguaribara, durante o período chuvoso. Fonte: Trabalho de campo, 2012.

Os Tabuleiros Interiores (Figura 10) apresentam-se como superfícies tabulares presentes no interior, formados por sedimentos variados da Formação Faceira (CEARÁ, 2006; CEARÁ, 2010). A Formação Faceira é um ambiente sedimentar formado por conglomerados basais de tonalidade avermelhada, com seixos e calhaus de rochas cristalinas variadas e ainda arenitos avermelhados, siltitos vermelhos com níveis de argilas e cascalhos fluviais (BRASIL, 2003). Esta unidade geoambiental possui associação de solos que engloba os Neossolos Quartizarênicos e Argissolos, cobertos por vegetação de tabuleiro, onde se observa a presença marcante do *Anacardium occidentale* L. (Cajueiro).



Figura 10: Tabuleiros Interiores no Município de Morada Nova.
Fonte: Trabalho de campo, 2012.

Vale salientar que, segundo Ceará (2010, p. 26), “A desertificação deve ser entendida como a degradação da terra nas zonas áridas, semiáridas e subúmidas secas, resultante de vários fatores, incluindo as variações climáticas e as atividades humanas”. A área de estudo está localizada em zona semiárida e com um processo de degradação ambiental contínuo e já evidenciado. Por este motivo, o recorte espacial deste estudo, que engloba parte dos Municípios de Alto Santo, Nova Jaguaribara, Jaguaretama e Jaguaribe, faz parte das áreas susceptíveis à desertificação (ASDs) estando contido, segundo Ceará (2010), nas ASDs dos Sertões do Médio Jaguaribe.

5 METODOLOGIA E PROCEDIMENTOS TÉCNICOS OPERACIONAIS

Os procedimentos metodológicos e técnicos operacionais desta pesquisa foram divididos em dois momentos principais: o primeiro constituiu-se dos Estudos Iniciais - estudos preliminares definidores dos segmentos temporais e espaciais, assim como dos limites e potencialidades da pesquisa. E, o segundo, o próprio desenvolvimento da pesquisa, composto por três etapas.

Na primeira etapa, foram feitos levantamentos bibliográficos e cartográficos, bem como visitas aos órgãos institucionais para aquisição de informações geoambientais e dados climáticos. Na segunda, foram realizados sete trabalhos de campos, primeiramente para reconhecimento da área, registros fotográficos e identificação dos locais para instalação dos abrigos microclimáticos; posteriormente, medições e registro de dados climáticos no segmento temporal recente e entrevistas sobre a percepção ambiental da população local em relação ao clima após a construção do Açude (consolidação do lago artificial). Por fim, a terceira e última etapa é composta pelos trabalhos realizados em gabinete e laboratório, que incluem tabulação e tratamento estatístico, análise e comparações dos dados, confecção dos mapas temáticos da pesquisa e elaboração dos gráficos, quadros e tabelas.

Na definição dos segmentos temporais, foram considerados os dados disponíveis da região do Castanhão adquiridos junto à FUNCEME. Haja vista a carência de dados climáticos de antes da construção do Açude, as análises comparativas foram desenvolvidas com os dados de 2002, que representam os indicativos de antes da formação dos limites atuais do lago artificial e ainda com a obtenção própria de dados no segmento temporal recente, haja vista a desativação de todas as estações meteorológicas automáticas institucionais, além das séries pluviométricas dos postos de Jaguaretama e Jaguaribe da FUNCEME e do posto pluviométrico do DNOCS no, Castanhão, onde foram trabalhadas as séries dos anos de 1999 a 2012 nos três postos. É necessário informar que foram compilados também dados de 2003 e 2004, mas as análises comparativas só foram possíveis de realização com os dados de 2002.

A delimitação da área de estudo foi estabelecida até a cota altimétrica de 150m, partindo do lago, pois esta foi considerada como área parte da região de influência direta do lago artificial, abrangendo, tanto os postos pluviométricos e estações meteorológicas automáticas da FUNCEME (atualmente desativadas), quanto

os abrigos microclimáticos instalados para a pesquisa e o posto pluviométrico do DNOCS. A seguir as etapas da pesquisa serão descritas detalhadamente.

5.1 Levantamentos bibliográficos e cartográficos

As consultas bibliográficas possibilitaram elaborar o referencial teórico, de igual forma contribuíram significativamente para a abertura de um conjunto riquíssimo de conhecimento sobre o método escolhido, a área estudada e a temática trabalhada.

A análise do material cartográfico, existente da região do Castanhão, permitiu identificações espaciais/ambientais importantes para este estudo, além de auxiliar os trabalhos de campo e a caracterização da área trabalhada.

Estes levantamentos foram realizados em visita aos seguintes órgãos institucionais: Departamento Nacional de Obras Contra as Secas (DNOCS), Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME), Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Superintendência Estadual do Meio Ambiente (SEMACE) e Serviço Geológico do Brasil (CPRM).

5.2 Aquisição de dados climáticos

Os registros dos dados climáticos da região nos segmentos temporais predefinidos em seus contextos sazonais de antes (formação do lago) e durante a primeira cheia, com a consequente consolidação dos limites atuais do lago artificial, foram adquiridos junto à FUNCEME, como explicado anteriormente. Estes dados são oriundos de três estações meteorológicas automáticas instaladas no Castanhão, próximo à barragem (5°36'S 38°26'O), em Jaguaretama (5°36'S 38°46'O) e em Jaguaribe (5°50'S 38°39'O), durante o Projeto de Monitoramento Climático na Região do Castanhão, no entanto apenas algumas séries diárias de 2002 deram suporte às comparações e análises. Vale salientar que as três estações já se encontram desativadas e em sua maioria, os dados estão incompletos. Desta forma, foram escolhidas as séries mais completas de 2002 (ano passível a comparação).

A análise da precipitação da área foi elaborada com os dados das séries pluviométricas adquiridas junto à FUNCEME e ao DNOCS. Os dados pluviométricos da FUNCEME foram adquiridos via *online* no *site* do órgão. Os postos utilizados foram: posto Jaguaretama (código 72) e posto Jaguaribe (código 74). Os dados do

DNOCS são fruto do monitoramento pluviométrico da área, realizado pelo órgão com o uso de um pluviômetro do tipo *Ville de Paris* (Figura 11), instalado na barragem do Açude, perto das residências dos administradores do Complexo Castanhão, no Município de Alto Santo (as coordenadas e altitudes dos postos pluviométricos - FUNCEME e DNOCS - se encontram no Anexo B, p. 116). Estes dados possibilitaram a elaboração das tabelas e gráficos, relacionados às temperaturas estimadas e precipitações pluviométricas, além do cálculo do balanço hídrico normal da área.



Figura 11: Pluviômetro tipo *Ville de Paris* – DNOCS.
Fonte: Trabalho de Campo, 2012.

5.3 Trabalhos de campo

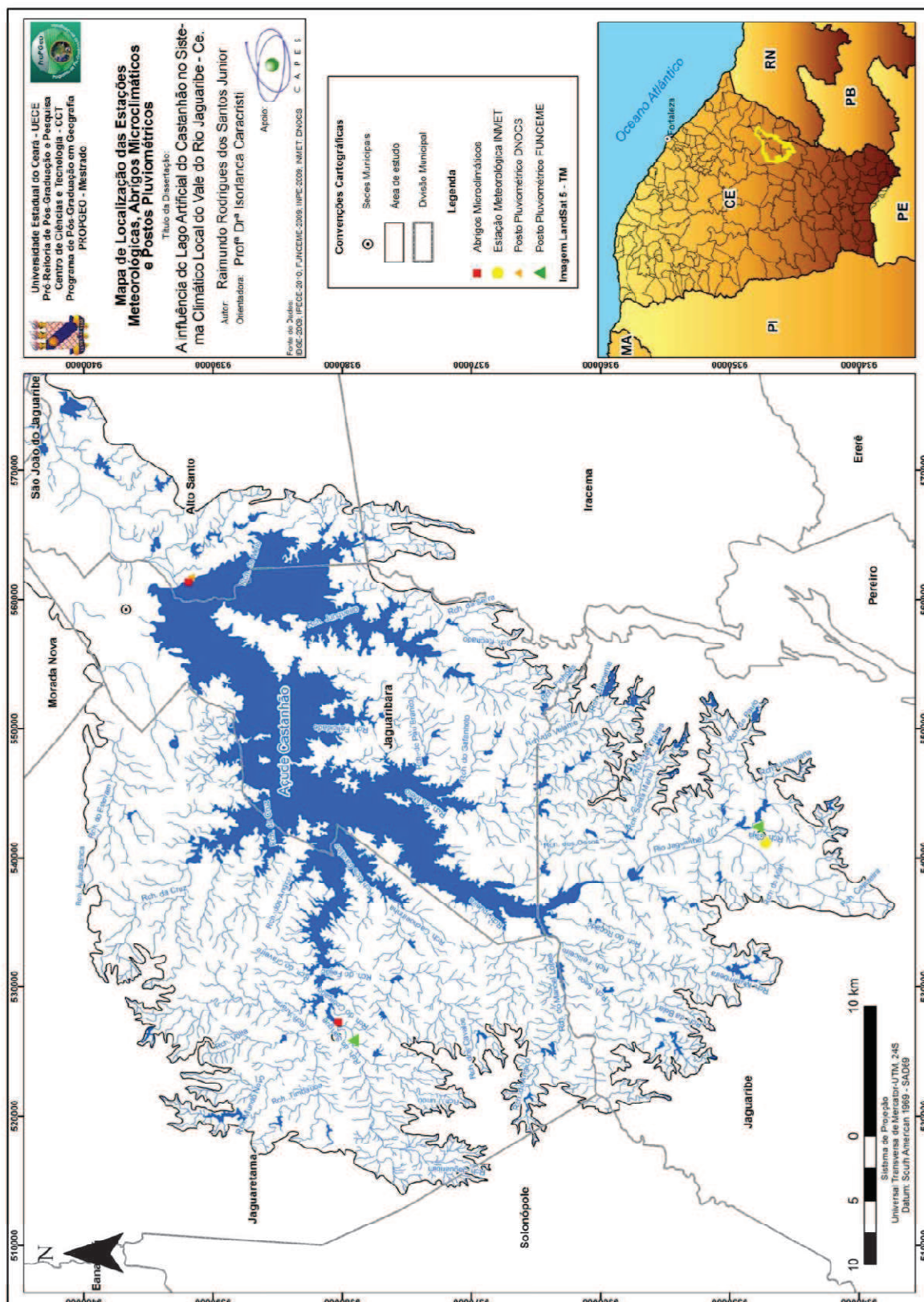
Os quatro primeiros trabalhos de campo tiveram como objetivo subsidiar o conhecimento sobre as características ambientais da região, confirmar as informações levantadas em consultas bibliográficas, identificar os locais onde foram instalados os abrigos microclimáticos e delimitar a área de estudo. Todos os trabalhos realizados foram registrados mediante fotografias e anotações em cadernetas e fichas.

Os trabalhos para a obtenção dos dados atuais (segmento temporal recente) foram divididos em dois campos para medições e registros (coleta de dados climáticos), um no período seco (novembro - 19/11/2011) e outro no período chuvoso (março - 10/03/2012). Foram coletados os seguintes parâmetros climáticos: temperatura do ar, medindo-se os valores do momento, máxima e mínima, umidade relativa do ar,

precipitação e velocidade e direção do vento, em um espaço de tempo de 12 horas (9h às 21h), sendo os valores registrados em fichas, elaboradas pelo autor, (Apêndice A, p.109) de hora em hora, simultaneamente, nos dois locais, privilegiando, assim, os três períodos diários, manhã, tarde e noite. Estes dados foram analisados e comparados entre si, para depois serem cotejados com os indicadores de antes da formação dos limites atuais do lago artificial. Os dados obtidos estão expostos nos Apêndices B e C, p. 110-113.

Nestes trabalhos, foram utilizados dois abrigos microclimáticos equipados com instrumentos de medição instalados em locais previamente estabelecidos nos trabalhos de campo anteriores. O primeiro abrigo, denominado A.M.01, foi instalado na margem do lago do Açude, perto da barragem, no Município de Alto Santo. O segundo abrigo, chamado de A.M.02, foi instalado na zona rural do Município de Jaguaretama, ao lado do lago do Açude, mais precisamente, na Fazenda Repouso. Para cobrir a área de estudo com um monitoramento mais completo, também foram utilizados, nas análises, dados diários de temperatura e umidade relativa do ar (mesmos dia/mês/ano dos trabalhos de campo para a obtenção de dados), de coletas realizadas pela estação meteorológica de superfície automática do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), instalada no Município de Jaguaribe. Estes dados são disponibilizados via *online* no *site* do INMET. O Mapa 3 indica a localização dos abrigos microclimáticos, da estação do INMET e dos postos pluviométricos. O Quadro 02 demonstra a altitude e as coordenadas geográficas dos locais onde foram instalados os abrigos e a localização e altitude da estação automática do INMET.

Após as medições e registros, realizou-se um trabalho de campo, em outubro de 2012, para a aplicação de questionários com a população local, na faixa etária de 30 a 80 anos, em três municípios pertencentes à região do Açude. Ali foram coletadas informações com 100 habitantes, sendo 37 em Jaguaretama, 27 em Nova Jaguaribara e 36 em Jaguaribe. Com suporte nesses questionários, foram levantados dados sobre a opinião dos moradores em relação às possíveis alterações climáticas posteriores à formação do lago artificial do Castanhão, envolvendo tanto a sensação térmica como a brisa marítima (vento Aracati), com o objetivo de correlacionar estes dados empíricos com os dados científicos do trabalho.



Mapa 3: Mapa de Localização da Estação Meteorológica, Abrigos Microclimáticos e Postos Pluviométricos.

Locais de instalação dos abrigos e localização da Estação meteorológica de superfície automática - INMET	Altitude	Coordenadas Geográficas
Abrigo Microclimático 01 (A.M.01) – Barragem do Castanhão – Alto Santo	106m	Latitude: 5°30'5"S Longitude: 38°26'47"O
Abrigo Microclimático 02 (A.M.02) – Fazenda Repouso – Zona rural de Jaguaretama	106m	Latitude: 5°36'22"S Longitude: 38°45'17"O
Estação meteorológica de observação de superfície automática – INMET – Jaguaribe	149m	Latitude: 5°54'19"S Longitude: 38°37'40"O

Quadro 02: Altitudes e coordenadas geográficas dos locais de instalação dos abrigos e da Superfície Automática do INMET. Fonte: Obtenção própria e INMET.

5.4 Procedimentos técnicos e instrumentais

Para a coleta (medições e registros) dos parâmetros climáticos inventariados, foram utilizados quatros instrumentos: termômetro de máxima e mínima, termo-higrômetro, anemômetro e pluviômetro, além do uso de bússolas (Figura 12) e birutas para a verificação da variável direção do vento e de um GPS da marca Garmim, modelo GPSmap 78s (Figura 13), para a marcação das coordenadas geográficas e os registros das altitudes dos locais visitados durante os campos e dos pontos de instalação dos abrigos. Os equipamentos foram disponibilizados pelo Laboratório de Estudos Ambientais (LEA) da Universidade Estadual do Vale do Acaraú (UVA).



Figura 12: Bússola.
Fonte: Santos Junior, 2012.



Figura 13: GPS Garmin - GPSmap 78
Fonte: Santos Junior, 2012.

5.4.1 Abrigos microclimáticos

Os abrigos microclimáticos (Figuras 14 e 15), assim como os demais instrumentos e equipamentos, também foram disponibilizados pelo LEA da Universidade Estadual do Vale do Acaraú. Estes foram construídos com madeira e possuem quatro persianas, sendo uma acoplada na porta, oferecendo as condições convencionais de obtenção de dados. Foram pintados de branco, padrão dos abrigos meteorológicos, para que não ocorra a interferência (absorção de calor pela estrutura do abrigo) nos instrumentos instalados e, conseqüentemente, nos parâmetros medidos.

Os abrigos têm 40 cm de altura e 40 cm de largura. Após a instalação, quando acoplados à base de madeira e fixados ao solo, ficam com altura total de 1,5 m. Ambos foram posicionados na direção norte, com o intuito de proteger os instrumentos abrigados da incidência direta dos raios solares, na hora da abertura da porta para os registros.



Figura 14: Abrigos microclimáticos instalados durante o período seco próximo ao lago nos Municípios de Alto Santo e Jaguaretama, respectivamente. Fonte: Trabalho de campo, 2011.



Figura 15: Abrigos microclimáticos instalados durante o período chuvoso próximo ao lago nos Municípios de Alto Santo e Jaguaretama, respectivamente. Fonte: Trabalho de campo, 2012.

5.4.2 Termômetro de máxima e mínima e termo-higrômetro

Para Mendonça e Danni-Oliveira (2007, p. 49), “A temperatura do ar é a medida do calor sensível nele armazenado, sendo comumente dada em graus Celsius ou Fahrenheit e medida por termômetros.” Ayoade (2007, p. 50) ratifica a noção de que “A temperatura pode ser definida em termos do movimento de moléculas, de modo que quanto mais rápido o deslocamento mais elevado será a temperatura.”

Para a medição deste parâmetro climático, utilizou-se o termômetro de máxima e mínima (Figura 16), equipamento que possibilita a obtenção dos valores da temperatura do momento, temperatura máxima e temperatura mínima.

A fabricante é a Inconterm Indústria de Termômetros, do tipo capela, tem matéria de composição o plástico e seu mecanismo de funcionamento é uma coluna de mercúrio, contando com uma escala em °C, que vai de -38°C até + 50°C, dividida de 1°C em 1°C e apresenta limite de erro $\pm 1^\circ\text{C}$.

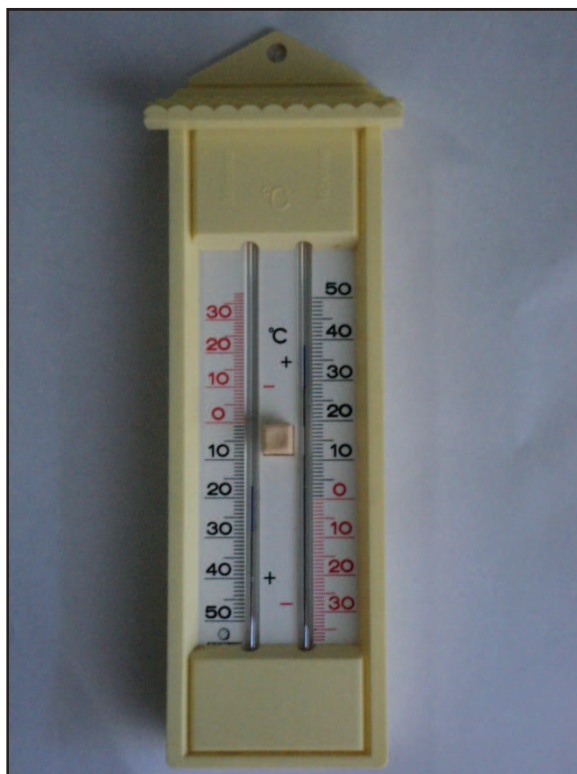


Figura 16: Termômetro de máxima e mínima.
Fonte: Santos Junior, 2012.

Mendonça e Danni-Oliveira (2007, p. 61) expressam que “A presença do vapor de água na atmosfera é tratada como *umidade*”. Utilizou-se neste trabalho os valores da umidade relativa do ar. Segundo Mendonça e Danni-Oliveira (2007) a umidade relativa é uma das variações de se abordar a presença do vapor.

Essa umidade relativa “[...] mostra em porcentagem o quanto de vapor está presente no ar em relação à quantidade máxima possível de vapor que nele poderia haver, sob a temperatura em que se encontra.” (MENDONÇA; DANNI-OLIVEIRA, 2007, p. 62).

Para a medição deste parâmetro, utilizou-se o termo-higrômetro (Figura 17), que, além dos valores da umidade relativa, proporciona também os valores da temperatura ambiente. Seu material de composição é o plástico, possui dimensões 132 x 32mm e peso 160g.

Este equipamento é importado pela Inconterm Indústria de Termômetros. As características do Higrômetro são: escala representada em porcentagem (%), que vai de 0 até 100%, divisão da escala 2% e limite de erro $\pm 5\%$. O termômetro apresenta escala em $^{\circ}\text{C}$ indo de -25°C até $+55^{\circ}\text{C}$, dividida de 1°C em 1°C e limite de erro $\pm 3^{\circ}\text{C}$.



Figura 17: Termo-higrômetro.
Fonte: Santos Junior, 2012.

5.4.3 Anemômetro e pluviômetro

A importância de medir a velocidade e a direção do deslocamento do ar, por diferença de pressão e temperatura para esta pesquisa, é dada pelo fato de que estes dados subsidiam a noção de para onde está indo a umidade presente no ar e também para a compreensão do mecanismo de brisa marítima que ocorre na região, trazendo conforto térmico para a população de vários municípios, não só do baixo e médio, mas também do alto Jaguaribe, pois a calha fluvial do rio Jaguaribe funciona como um corredor para o caminho e dissipação do chamado “vento Aracati” por grande parte do Estado.

Os instrumentos utilizados nestas medições foram o anemômetro (Figura 18), para a medida da velocidade do vento, bússola e fita de cetim (Figura 19) (fixada a uma haste de madeira funcionando como biruta) para a determinação da direção do vento.

O anemômetro utilizado é um produto da ThiesClima. Seu material de composição é plástico sintético, apresentando quatro escalas de medição: m/s de 0 a 35 m/s, km/h de 0 a 120 km/h, beauford de 0 a 12 beauford e knots de 0 a 70 knots, divididas respectivamente em 1 m/s, 5 km/h, 1 bft e 2 kts; suas dimensões são 100 x 205 mm e peso 320g. Vale salientar que nesta pesquisa a escala de medição utilizada foi m/s.



Figura 18: Anemômetro
Fonte: Santos Junior, 2012.



Figura 19: Biruta.

Fonte : Santos Junior, 2011

A precipitação pluvial é um dos parâmetros mais importante para definir a tipologia e o comportamento climático de uma determinada área. Nesta pesquisa, já foi explicado anteriormente como se trabalhou esta variável.

A utilização do pluviômetro (Figura 20) instalado junto aos abrigos microclimáticos, entretanto, proporciona a obtenção de dados diários durante os trabalhos de campo nos períodos previamente definidos (seco e chuvoso), fazendo com que se possa comparar os registros nos dias de medição com os dos postos pluviométricos institucionais utilizados na pesquisa.

O pluviômetro utilizado é produzido pela Inconterm Indústria de Termômetros. Seu material de composição é plástico cristal e PS, apresentando escala em milímetros (mm) que vai de 0 a 150 mm, dividida de 2 mm em 2 mm e limite de erro ± 2 mm. Seu diâmetro de abertura é 2,7 cm e seu diâmetro de base 2,1 cm, com um comprimento de 29.1cm.



Figura 20: Pluviômetro.
Fonte: Santos Junior, 2012.

Todos os equipamentos utilizados mostraram-se eficazes durante as medições, não exibindo qualquer tipo de problema, pois foram testados e calibrados antes dos trabalhos de campo, visando realizar medições com o máximo de precisão, evitando-se, inclusive, diferenças artificiais/induzidas nas medições entre os locais de observação.

5.5 Trabalhos em gabinete e laboratório

Após a coleta dos dados, iniciou-se a preparação para as análises e confecção do material cartográfico em gabinete e laboratório, onde os dados foram organizados, tabulados e tratados estatisticamente, na intenção de tornar o trabalho mais elaborado e possibilitar a melhor compreensão dos resultados da pesquisa mediante a elaboração dos gráficos e tabelas e de suas respectivas análises e interpretações. Utilizaram-se os programas *Microsoft Office Excel 2007* e *Microsoft Office Word 2007*.

5.5.1 Estatística aplicada aos dados

Spiegel (1993, p. 1) acentua que “A estatística está interessada nos métodos científicos para coleta, organização, resumo, apresentação e análise de dados, bem como na obtenção de conclusões válidas e na tomada de decisões razoáveis baseadas em tais análises.”

No trabalho *Sistematização de Dados Quantitativos*, de Galvani (2009), o autor fornece princípios básicos da Estatística Descritiva para uma melhor análise dos dados obtidos em campo.

Com suporte nesse trabalho, foram reunidos alguns elementos de Estatística aplicados no tratamento dos dados climáticos: a Média aritmética ($\bar{X}$), o Valor Máximo ($V_{\max}$) e o Valor Mínimo ($V_{\min}$) e a Amplitude (Δ).

Conceituando estes elementos, Galvani (2009, p. 175) acentua que “A média aritmética é o procedimento mais simples a ser aplicado a um conjunto de dados. Esta medida de tendência central expressa o somatório de todos os elementos da série dividido pelo número total de elementos.” Para Galvani (2009, p.176), “O valor máximo da série é aquele de maior magnitude, ou seja, o maior valor encontrado na série. O valor mínimo, por sua vez, é o menor valor encontrado na série.” Já a amplitude é dada pela diferença entre o valor máximo e o valor mínimo de um conjunto de dados (GALVANI, 2009).

5.5.2 Balanço hídrico da área

Para a análise climática de determinada área é, por demais, importante o conhecimento do balanço hídrico normal deste local. Nesta pesquisa, para o cálculo do balanço hídrico normal da área estudada, foram usados dados pluviométricos dos postos para estimar as temperaturas médias mensais de três municípios presentes na área de estudo com o programa CELINA 1.0 (COSTA, 2007). Com base nesses dados, foi realizado o cálculo do balanço com o auxílio da planilha da DCE-ESALQ/USP desenvolvida no ambiente EXCEL TM, para o cálculo do balanço hídrico normal, por Thornthwaite e Mather (1955), elaborada por G. S. Rolim, Sentelhas e Barbieri (1998). Para a área, foi estipulada uma capacidade de água disponível (CAD) de 50 mm.

5.5.3 Elaboração dos mapas temáticos

Os mapas temáticos foram produzidos com origem na utilização de *softwares* de geoprocessamento. Segue o material utilizado para a dita elaboração.

- Imagens do Satélite *Landsat 5* sensor TM (2009) resolução espacial de 30 m do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE).
- Utilização das *Shutter Radar Topographic Mission* (SRTM).
- Bases da rede hidrográfica do Estado, da Companhia de Gestão de Recursos Hídricos (COGERH) e da Secretaria de Recursos Hídricos do Ceará (SRH).
- Utilização as bases de dados dos limites municipal e estaduais do Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará (IPECE) e do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).
- Bases cartográficas do Mapa da Compartimentação Geoambiental do Ceará – (FUNCEME e SOUZA, 1994).
- Coordenadas dos postos pluviométricos 72/74 da FUNCEME, dos abrigos microclimáticos coletadas da pesquisa, do posto pluviométrico do DNOCS e da estação meteorológica automática do INMET.

A maior dificuldade encontrada durante o desenvolvimento desta pesquisa foi a falta de dados climáticos para as análises. O levantamento dos dados climáticos primários em campo mostrou-se eficaz e importante, na medida em que eles supriram as deficiências dos sistemas de informações meteorológicas oficiais, demonstrando que a metodologia adotada, onde se realizaram coletas diárias no entorno do lago artificial e em períodos climáticos diferentes, é pertinente para a realização do estudo. Não obstante a aplicação dos questionários para a aquisição de dados empíricos com a população da região, subsidiou correlações notáveis para chegar-se a resultados bem mais fundamentados.

6 ANÁLISES DA INFLUÊNCIA DO LAGO DO AÇUDE CASTANHÃO NOS PARÂMETROS CLIMÁTICOS LOCAIS DO VALE DO RIO JAGUARIBE

6.1 Análises dos dados climáticos coletados em campo

Após os trabalhos de campo, os dados climáticos foram agrupados, tabulados no programa *Microsoft Office Excel 2007*, expostos em gráficos e tratados estatisticamente, possibilitando a realização das análises, interpretações e resultados.

Vale salientar que todas as variáveis, que na legenda dos gráficos forem acompanhadas no numeral 1, dizem respeito aos dados coletados no A.M.01, conseqüentemente, as variáveis que na legenda dos gráficos aparecem acompanhadas do numeral 2, foram dados coletados no A.M.02. Utilizou-se a aplicação dos elementos estatísticos nos valores obtidos em campo.

6.1.1 Análise dos dados coletados no período climático seco (19/11/2011)

Os Gráficos 10, 11, 12 e 13 representam os dados da variação diária da temperatura do ar (do momento, máxima e mínima) e variação diária da umidade relativa do ar, da coleta realizada durante o período climático seco (novembro - 19/11/2011).

O Gráfico 10 demonstra a variação diária da temperatura do ar dos dados coletados nos abrigos microclimáticos A.M.01 (Castanhão/barragem) e A.M.02 (Jaguaretama). No Castanhão/barragem (T1), verificou-se a ocorrência de temperaturas elevadas das 9h às 18h, variando entre 30°C e 35°C, ocorrendo um decréscimo a partir das 19h até 21h (29°C/ 29°C/28°C), coincidindo com a chegada do “vento Aracati”, registrada às 19h.

Já em Jaguaretama (T2), verificou-se a ocorrência de temperaturas elevadas, das 09h às 19h, variando entre 30°C e 37°C, ocorrendo um decréscimo a partir das 20h até 21h (29°C/28°C), coincidindo com a chegada do “vento Aracati”, registrada às 19h45min.

Durante as medições das 10h e 11h, as temperaturas mensuradas T2 (31°C/34°C) foram mais amenas do que as T1 (32°C/35°C); as temperaturas foram equivalentes às 9h (30°C) e ao meio-dia (35°C), a partir daí, os valores de T2

ultrapassaram os valores registrados de T1, só voltando a se equivalerem às 20h e 21h (29°C, 28°C).

De acordo com os elementos estatísticos, no A.M.01 (Tabela 04), a média e a amplitude de T1 foram menores do que as mensuradas para T2 - A.M.02 (Tabela 05), diferença de 0,7°C em relação à média e 2°C para a amplitude.

Tabela 04: Elementos estatísticos – T1 - Período climático seco (19/11/2011).

Média aritmética (X)	32,3°C
Vmax	35°C
Vmin	28°C
Amplitude (Δ)	7°C

Tabela 05: Elementos estatísticos - T2 - Período climático seco (19/11/2011).

Média aritmética (X)	33°C
Vmax	37°C
Vmin	28°C
Amplitude (Δ)	9°C

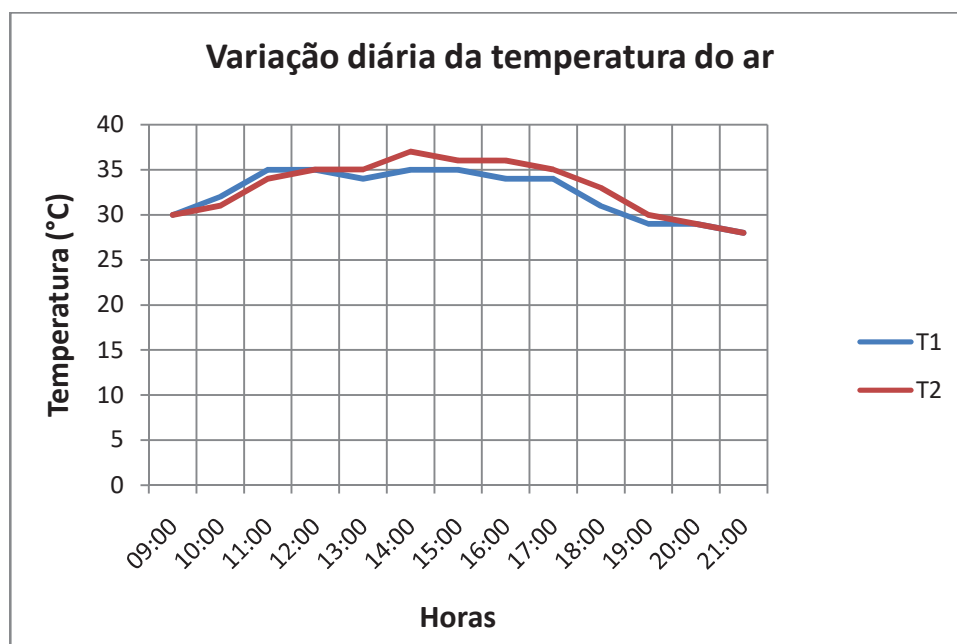


Gráfico 10: Variação diária da temperatura (do momento) do ar coletada nos abrigos A.M.01 e A.M.02, durante o período seco (19/11/2011).

De acordo com o Gráfico 11, os valores da temperatura mínima registrados $T_{\text{mín1}}$ às 11h (33°C) e às 12h (34°C) foram maiores do que os registrados $T_{\text{mín2}}$. Eles só se igualaram às 13h (34°C) e 20h (29°C). Nas outras coletas, os valores mensurados $T_{\text{mín2}}$ foram maiores do que os mensurados $T_{\text{mín1}}$.

No Gráfico 12, a curva dos valores da variação da temperatura máxima do ar demonstra que os valores mensurados $T_{\text{máx1}}$ às 9h, 10h, 12h e 21h (31°C/33°C/36°C/31°C) foram maiores do que os mensurados em Jaguaretama ($T_{\text{máx2}}$); os valores de $T_{\text{máx1}}$ e $T_{\text{máx2}}$ se equivaleram às 11h, 13h e 20h (34°C/35°C/31°C). Nos outros horários de coleta, os valores mensurados $T_{\text{máx2}}$ foram maiores do que os mensurados $T_{\text{máx1}}$.

Verificou-se que tanto a média quanto a amplitude destes parâmetros ($T_{\text{mín1}}$ / $T_{\text{mín2}}$ / $T_{\text{máx1}}$ / $T_{\text{máx2}}$) - Tabelas 06, 07, 08 e 09, expressam valores maiores nos dados obtidos no A.M.02 (Jaguaretama), quando comparados com os valores dos dados obtidos no A.M.01 (Castanhão/barragem).

Tabela 06: Elementos estatísticos – $T_{\text{mín1}}$ - Período climático seco (19/11/2011).

Média aritmética (X)	31,3°C
Vmax	34°C
Vmin	27°C
Amplitude (Δ)	7°C

Tabela 07: Elementos estatísticos - $T_{\text{mín2}}$ - Período climático seco (19/11/2011).

Média aritmética (X)	32,3°C
Vmax	36°C
Vmin	28°C
Amplitude (Δ)	8°C

Tabela 08: Elementos estatísticos - $T_{\text{máx1}}$ - Período climático seco (19/11/2011).

Média aritmética (X)	33,3°C
Vmax	36°C
Vmin	30°C
Amplitude (Δ)	6°C

Tabela 09: Elementos estatísticos - T_{máx2} - Período climático seco (19/11/2011).

Média aritmética (X)	33,6°C
V _{max}	37°C
V _{min}	29°C
Amplitude (Δ)	8°C

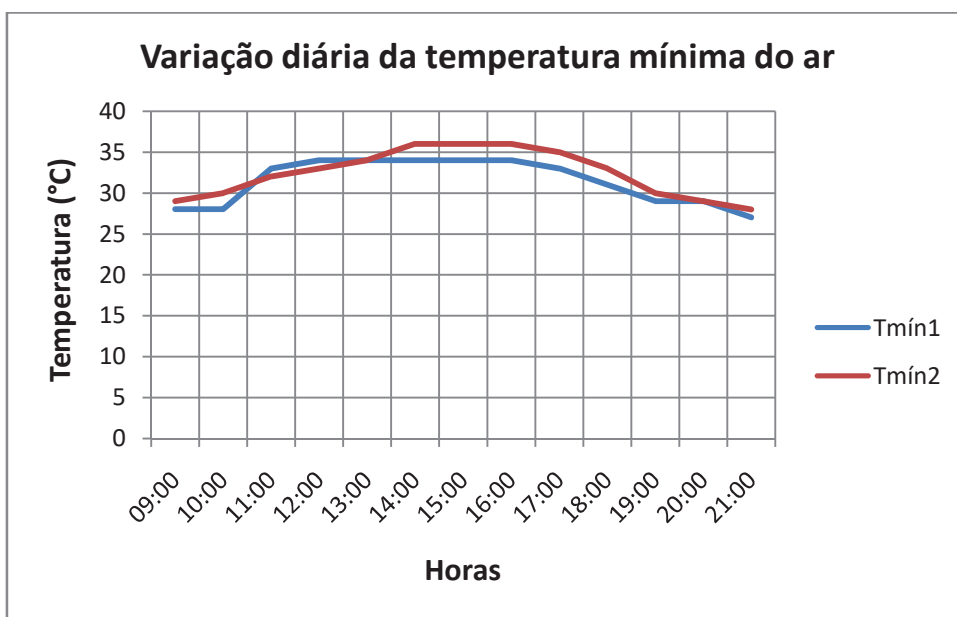
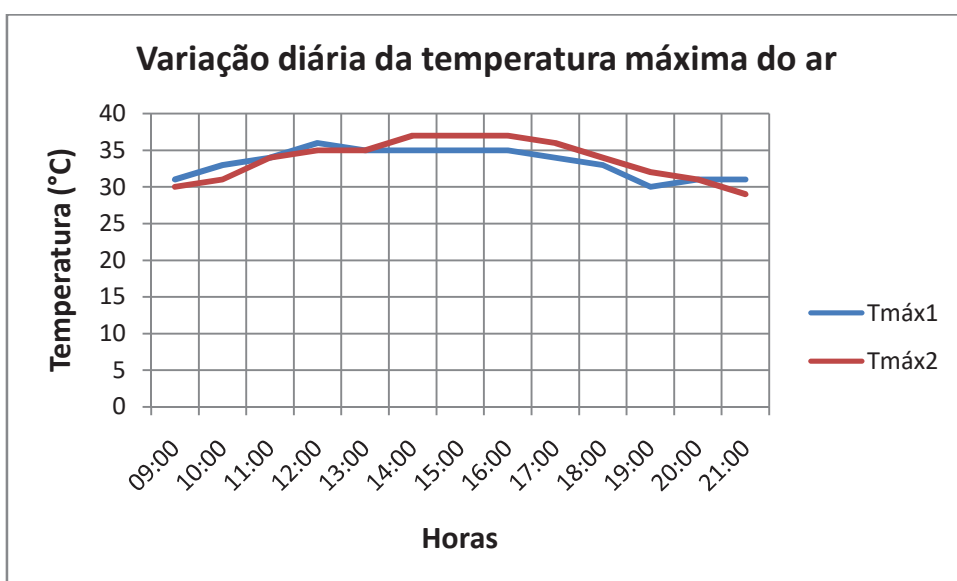
**Gráfico 11:** Variação diária da temperatura mínima do ar coletada nos abrigos A.M.01 e A.M.02, durante o período seco (19/11/2011).

Gráfico 12: Variação diária da temperatura máxima do ar coletada nos abrigos A.M.01 e A.M.02, durante o período seco (19/11/2011).

A variação da umidade relativa do ar (Gráfico 13) nos locais de instalação dos abrigos foi distinta. O valor mensurado na primeira medição UR1 mostrou-se bem próximo do valor mensurado UR2. Logo em seguida, os valores, se igualaram na segunda coleta (UR1-60%, 54%) (UR2-61%, 54%); a partir da terceira medição (11h), registrou-se uma queda nos valores mensurados UR1 (51%) e UR2 (49%); no entanto, a partir desta, o abrigo localizado no Castanhão apresentou um aumento nos valores das 12h às 15h (56%, 58%, 60%, 60%), enquanto nas coletas das 16h às 18h, registrou-se uma nova queda (57%, 56%, 56%); posteriormente, os maiores valores UR1 foram registrados às 19h, 20h e 21h (62%, 62% e 66%).

Os dados de umidade relativa do ar mensurada UR2 apresentaram decréscimos das 9h às 15h (61%, 54%, 49%, 44%, 40%, 37%, 35%) e, só na coleta das 16h, se percebeu um aumento que gerou uma curva ascendente para estes dados, das 16h às 19h (36%, 36%, 40%, 56%); às 20h, o valor da umidade relativa (63%) ultrapassou o mensurado no Castanhão/barragem (UR1), valendo ressaltar que os valores nos dois locais voltaram a se igualar às 21h (66%), quando ambos apresentaram seu mais alto valor de umidade relativa do ar. Os elementos estatísticos, aplicados a estes dados (Tabelas 10 e 11), demonstraram média maior para UR1 e amplitude maior para UR2.

Tabela 10: Elementos estatísticos - UR1 - Período climático seco (19/11/2011).

Média aritmética (X)	58,3%
Vmax	66%
Vmin	51%
Amplitude (Δ)	15%

Tabela 11: Elementos estatísticos - UR2 - Período climático seco (19/11/2011).

Média aritmética (X)	47,46%
Vmax	66%
Vmin	35%
Amplitude (Δ)	31%

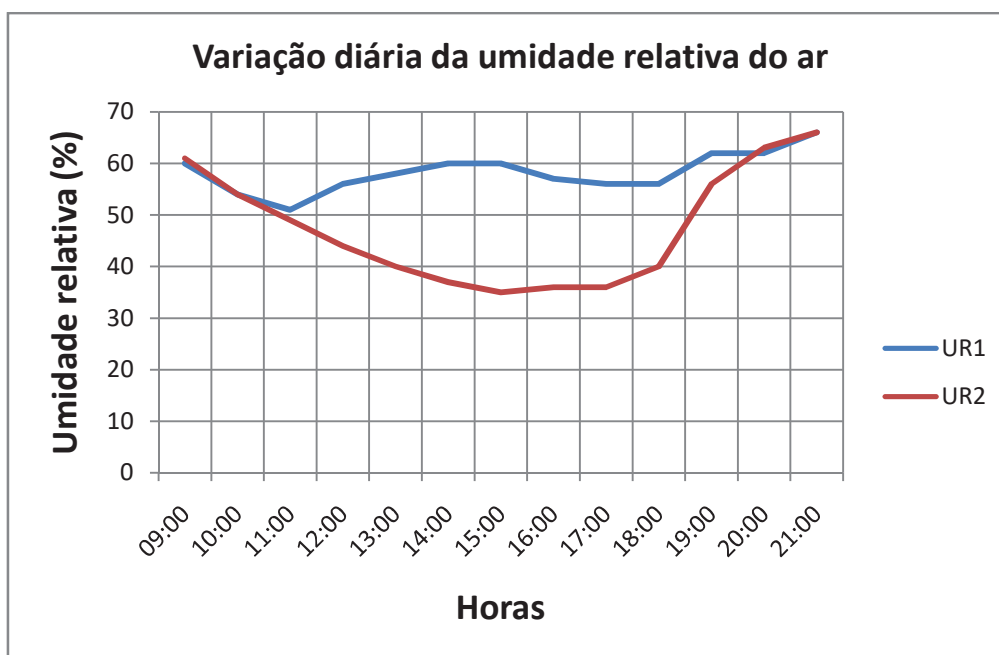


Gráfico 13: Variação diária da umidade relativa do ar coletada nos abrigos A.M.01 e A.M.02, durante o período seco (19/11/2011).

6.1.2 Análise dos dados coletados no período climático chuvoso (10/03/2012)

Os Gráficos 14, 15, 16 e 17 representam os dados da variação diária da temperatura do ar (do momento, máxima e mínima) e variação diária da umidade relativa do ar, da coleta realizada durante o período climático chuvoso (março - 10/03/2012).

O Gráfico 14 demonstra a variação diária da temperatura do ar dos dados coletados nos abrigos microclimáticos A.M.01 (Castanhão/barragem) e A.M.02 (Jaguaretama). Verificou-se, que no local onde estava instalado o A.M.01, os valores da temperatura do ar (T1) foram menores do que os registrados em Jaguaretama (T2), das 10h às 11h (29°C/29°C) e das 16h até 19h (29°C/28°C/26°C/25°C). Durante as medições, ocorreram dois momentos em que as temperaturas se equivaleram para ambos os locais de coleta, o primeiro logo às 9h (30°C) e o segundo das 12h às 15h (33°C/34°C/35°C/35°C); das 20h até a última coleta 21h, foi mensurado o mesmo valor para T1 (27°C/27°C).

Os dados T2 se comportaram em uma crescente das 9h até 15h, variando entre 30°C e 35°C; já nas medições das 16h, registrou-se uma queda nas temperaturas

até 21h (34°C/33°C/28°C/27°C/26°C/26°C). Os elementos estatísticos, aplicados a estes dados (Tabelas 12 e 13), demonstram média maior para os valores coletados T2 e amplitude maior para os valores coletados T1.

Tabela 12: Elementos estatísticos - T1 - Período climático chuvoso (10/03/2012).

Média aritmética (X)	29,7°C
Vmax	35°C
Vmin	25°C
Amplitude (Δ)	10°C

Tabela 13: Elementos estatísticos - T2 - Período climático chuvoso (10/03/2012).

Média aritmética (X)	31,1°C
Vmax	35°C
Vmin	26°C
Amplitude (Δ)	9°C

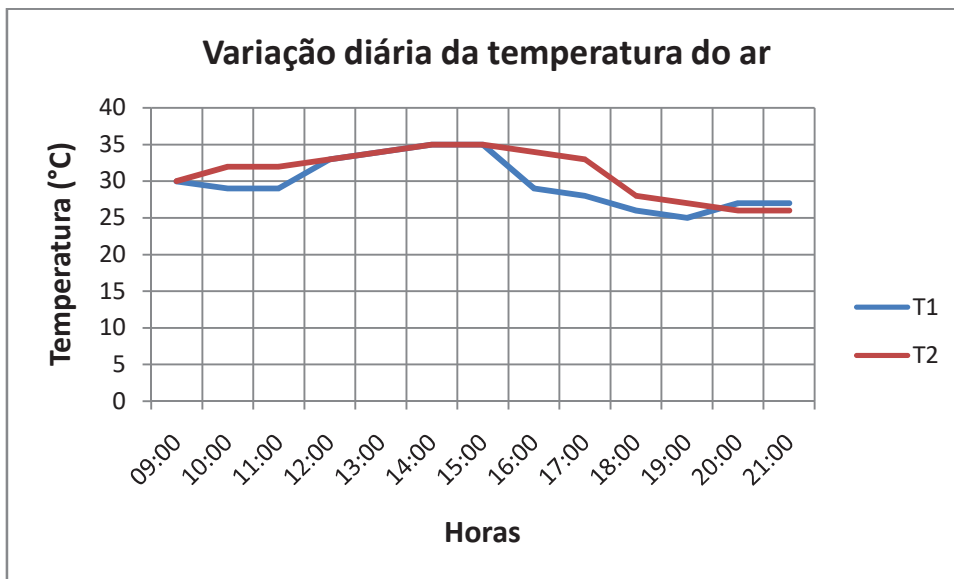


Gráfico 14: Variação diária da temperatura (do momento) do ar coletada nos abrigos A.M.01 e A.M.02, durante o período chuvoso (10/03/2012).

De acordo com o Gráfico 15, os valores da temperatura mínima do ar registrados $T_{mín1}$ das 9h às 19h variaram entre 23°C e 28°C e foram menores do que os registrados $T_{mín2}$ que variaram entre 27°C e 34°C, equivalendo-se os valores apenas as

20h (26°C). Na última coleta (21h), registraram-se 25°C para T_{mín1} e 26°C para T_{mín2}.

No Gráfico 16, a curva dos valores da variação da temperatura máxima demonstra que, ao meio-dia (34°C) e às 20h (28°C), os valores mensurados T_{máx1} foram superiores aos mensurados T_{máx2}, ocorrendo uma igualdade entre os valores mensurados às 11h, 13h, 14h e 15h (32°C/34°C/35°C/35°C); nas outras coletas, os valores mensurados T_{máx2} foram maiores do que os mensurados T_{máx1}. Os elementos estatísticos aplicados a T_{mín1} (Tabela 14) demonstram média e amplitude menores do que as dos valores mensurados para T_{mín2} (Tabela 15). Já nos valores para T_{máx1} (Tabela 16) e T_{máx2} (Tabela 17), a média é menor em T_{máx1} e a amplitude é menor em T_{máx2}.

Tabela 14: Elementos estatísticos – T_{mín1} - Período climático chuvoso (10/03/2012).

Média aritmética (X)	26,6°C
V _{max}	28°C
V _{min}	23°C
Amplitude (Δ)	5°C

Tabela 15: Elementos estatísticos - T_{mín2} - Período climático chuvoso (10/03/2012).

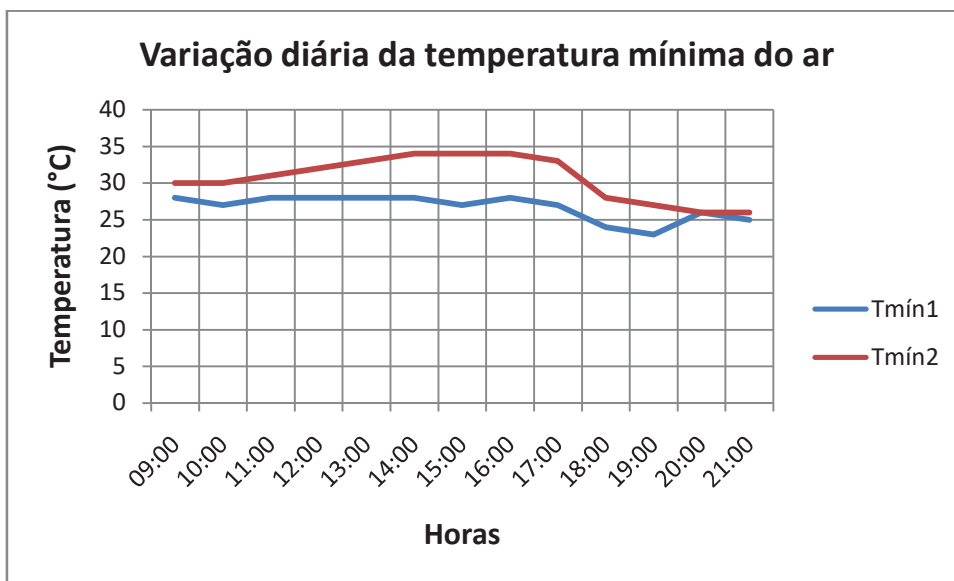
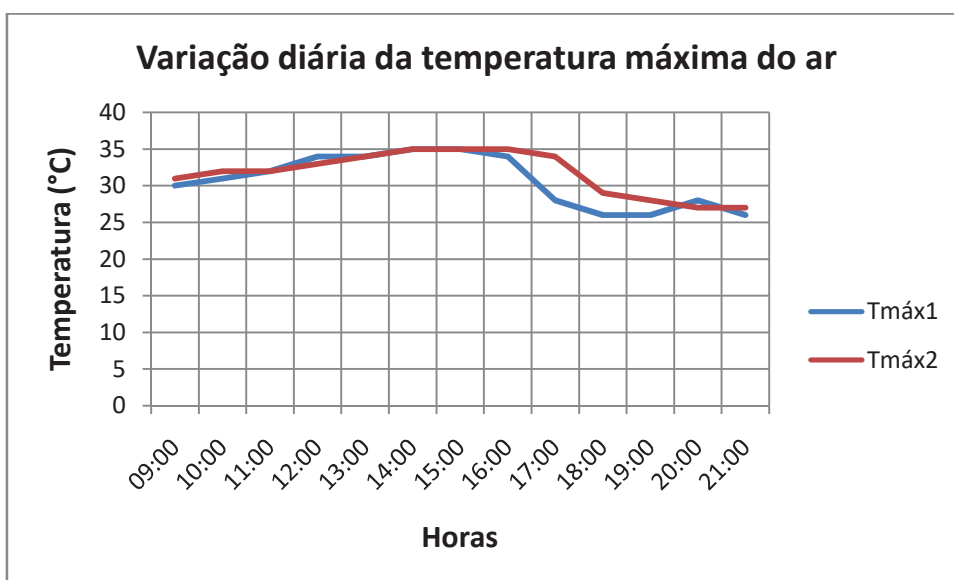
Média aritmética (X)	30,6°C
V _{max}	34°C
V _{min}	26°C
Amplitude (Δ)	8°C

Tabela 16: Elementos estatísticos - T_{máx1} - Período climático chuvoso (10/03/2012).

Média aritmética (X)	30,6°C
V _{max}	35°C
V _{min}	26°C
Amplitude (Δ)	9°C

Tabela 17: Elementos estatísticos - Tmáx2 - Período climático chuvoso (10/03/2012).

Média aritmética (X)	31,6°C
Vmax	35°C
Vmin	27°C
Amplitude (Δ)	8°C

**Gráfico 15:** Variação diária da temperatura mínima do ar coletada nos abrigos A.M.01 e A.M.02, durante o período chuvoso (10/03/2012).**Gráfico 16:** Variação diária temperatura máxima do ar coletada nos abrigos A.M.01 e A.M.02, durante o período chuvoso (10/03/2012).

No Gráfico 17, sobre a variação da umidade relativa diária do ar, durante a coleta no período chuvoso, verificou-se que somente às 12h os valores mensurados UR1 e UR2 se equivaleram (54%); nas medições realizadas das 9h às 11h (65%, 60%, 58%) e das 16h às 19h (62%, 74%, 78%, 80%), os dados mensurados UR1 apresentaram-se superiores aos mensurados UR2. Já nas coletas dos dados UR2, realizadas das 13h às 15h (54%, 52%, 52%) e das 20h às 21h (79%, 80%), os dados obtidos foram maiores do que os obtidos UR1. Os elementos estatísticos, aplicados a estes dados (Tabelas 18 e 19), demonstraram média e amplitude maiores para UR1.

Tabela 18: Elementos estatísticos - UR1 - Período climático chuvoso (10/03/2012).

Média aritmética (X)	64,3%
Vmax	80%
Vmin	49%
Amplitude (Δ)	31%

Tabela 19: Elementos estatísticos - UR2 - Período climático chuvoso (10/03/2012).

Média aritmética (X)	61,7%
Vmax	80%
Vmin	52%
Amplitude (Δ)	28%

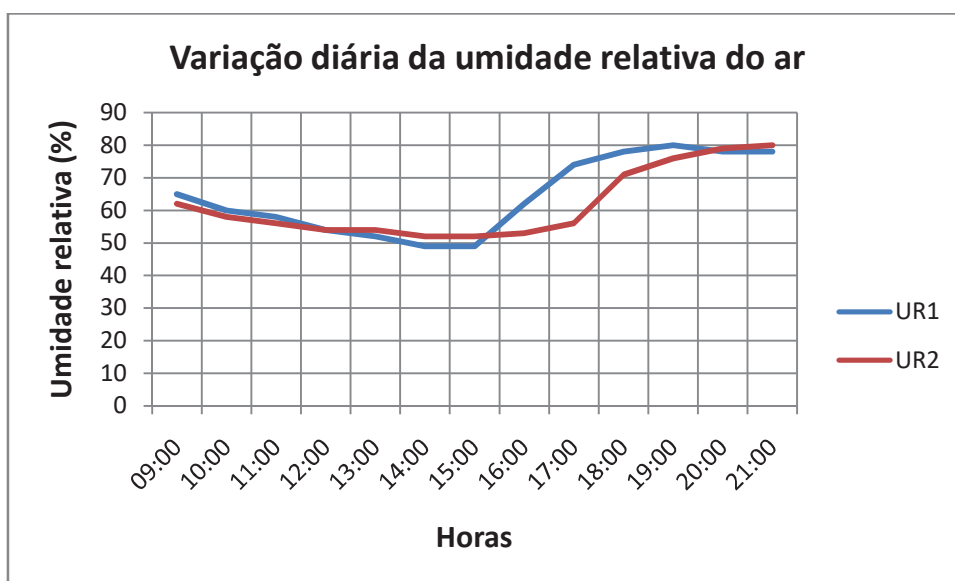


Gráfico 17: Variação diária da umidade relativa do ar coletada nos abrigos A.M.01 e A.M.02, durante o período chuvoso (10/03/2012).

6.2 Análises dos dados da estação automática do INMET em Jaguaribe

Para contemplar a área de estudo com um monitoramento mais completo, foram analisados dados diários de temperatura e umidade relativa do ar (mesmo dia/mês/ano das coletas de dados climáticos da pesquisa), das coletas realizadas pela estação meteorológica automática do (INMET), instalada no Município de Jaguaribe (Dados expostos no Anexo C, p. 117).

O Gráfico 18 representa a variação diária da temperatura e umidade relativa do ar no Município de Jaguaribe; no dia 19/11/2011, verificou-se que a umidade relativa apresentou valores elevados às 9h e 10h da manhã (81%, 66%), indicando queda nos valores no período compreendido entre o final da manhã e início da tarde. A partir das 12h, a curva apresentou-se mais constante, com quedas sutis entre os valores até às 18h (28%), com leve aumento, chegando a 35% às 21h; o menor valor da umidade relativa foi às 20h (31%).

Já a curva dos dados da temperatura do ar mostrou-se como uma crescente até às 20h (foi de 24,1°C às 9h até 33,6°C às 20h); e às 21h caiu para 31,9°C. O maior valor da temperatura do ar ocorreu às 17h (36°C); o menor valor foi pela manhã, às 9h (24,1°C). As curvas expressaram-se coerentes, pois, na medida em que a temperatura aumentava, a umidade relativa diminuía e, quando a temperatura voltou a diminuir, a umidade relativa voltou a aumentar.

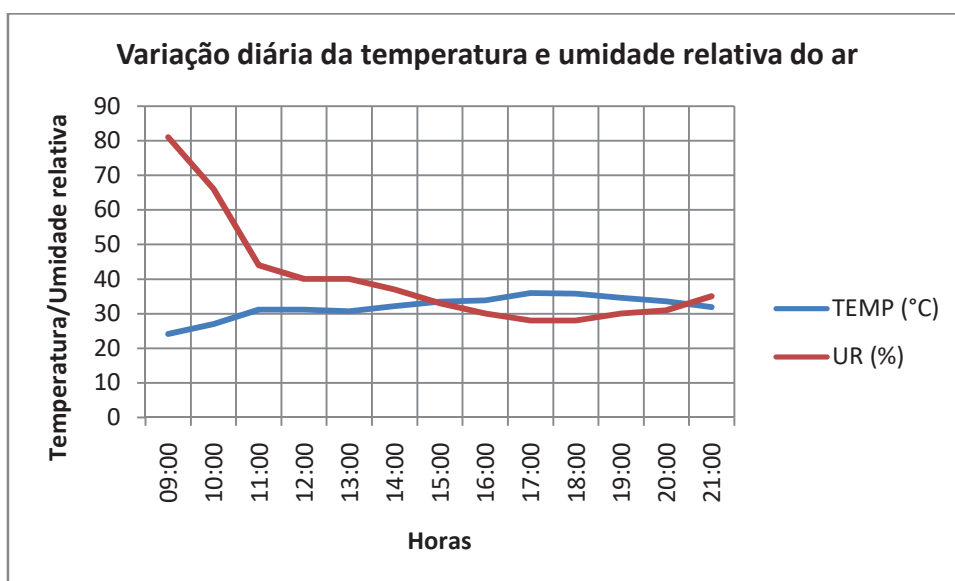


Gráfico 18: Variação diária da temperatura e umidade relativa do ar em Jaguaribe, no dia 19/11/2011 (período climático seco). Fonte: Dados do INMET.

O Gráfico 19 representa a variação diária da temperatura e umidade relativa do ar no Município de Jaguaribe; no dia 10/03/2012, verificou-se que a umidade relativa apresentou valores elevados às 9h e 10h da manhã (89%, 82%), apontando queda nos valores das 11h às 14h (63%, 56%, 49%, 44%); a partir das 15h até às 17h, a curva exibiu-se mais constante, com valores iguais (46%, 46%, 46%); às 18h, caiu para (45%) e, das 19h às 21h, com a diminuição da temperatura do ar, a umidade voltou a aumentar. O maior valor da umidade relativa foi logo às 9h (89%) e o menor às 14h (44%).

Já a curva dos dados da temperatura do ar demonstrou aumento deste parâmetro das 9h até às 18h (de 23,5°C a 33,9°C); das 19h às 21h, a temperatura voltou a diminuir (32,5°C/31,5°C/30,4°C); o maior valor da temperatura do ar do dia ocorreu às 17h e 18h (33,9°C/33,9°C), e o menor valor foi pela manhã, às 9h (23,5°C). Assim como no período seco, as curvas se mostraram coerentes, pois, na medida em que os valores da temperatura aumentavam, os da umidade relativa diminuía, e quando os valores da temperatura voltaram a diminuir, os de umidade relativa voltaram a aumentar.

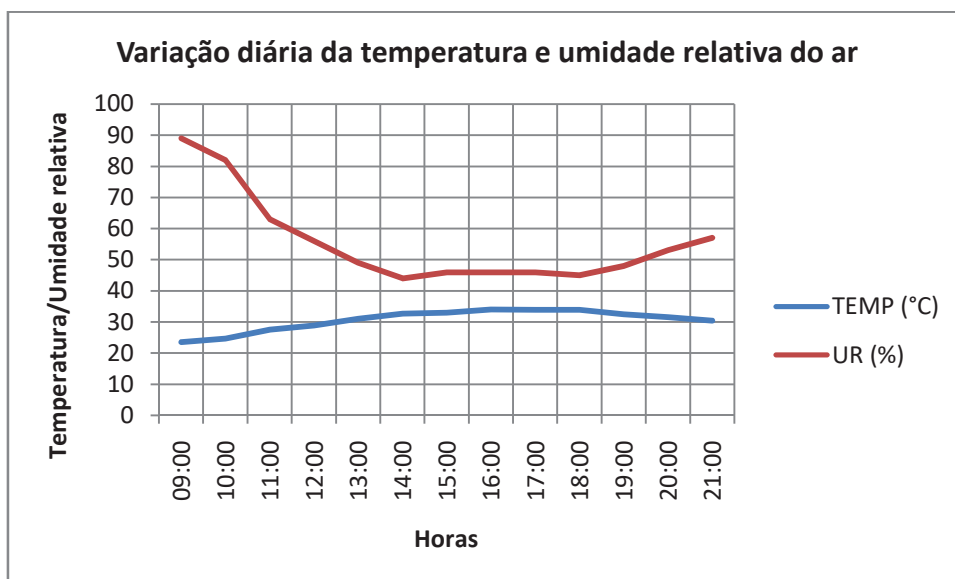


Gráfico 19: Variação diária da temperatura e umidade relativa do ar em Jaguaribe, no dia 10/03/2012 (período climático chuvoso). Fonte: Dados do INMET.

Durante a coleta de dados climáticos no período seco, não choveu, de tal forma que não houve registro de precipitação na região. Entrementes, no período chuvoso no local das medições do A.M.01, nas coletas das 19h, 20h e 21h, foram precipitados, respectivamente, 2 mm/ 2 mm/ 2,5 mm, enquanto no A.M.02 não houve registro, pois não choveu durante as medições.

As análises dos dados revelam a ocorrência de microclimas diferentes no entorno do lago artificial. No A.M.01 (Castanhão/barragem), instalado onde o lago artificial registra maior espelho d'água e vegetação mais preservada, os dados coletados demonstraram temperatura mais amena e maior umidade relativa do ar, quando comparados com os do A.M.02, instalado no braço do açude que adentra o Município de Jaguaratama, tanto nas coletas realizadas no período climático chuvoso, quanto nas efetivadas no período climático seco. As curvas geradas nos gráficos, com os valores dos parâmetros coletados de temperatura e umidade relativa do ar no A.M.01 e no A.M.02, tanto no período seco, quanto no chuvoso, se exibiram coerentes, porquanto, à proporção que os valores da temperatura do ar aumentavam, os valores da umidade relativa do ar reduziam e, quando os valores da temperatura do ar voltaram a diminuir, os de umidade relativa do ar voltaram a aumentar.

No geral, notou-se que, apesar de 2012 se mostrar como um ano muito seco, os registros das medições realizadas em março desse ano (coletas do período chuvoso), apontaram valores menores para a temperatura do ar e maiores para a umidade relativa do ar, quando comparados com os valores registrados nas medições realizadas em novembro de 2011 (coletas do período seco). É válido informar que, apesar dos registros de precipitação durante as coletas dos dados de 2012 serem muito poucos, o período diário da coleta indicou grande nebulosidade, para ambos os locais.

Os dados analisados do Município de Jaguaribe expressaram coerência entre si e demonstraram a ocorrência do terceiro microclima, diferente dos constatados nos locais de coleta dos abrigos microclimáticos. Este município é o mais distante do lago artificial - cerca de 20 km.

6.3 Análises comparativas entre os dados coletados e os dados das estações meteorológicas automáticas da FUNCEME

Para a realização das análises comparativas, foram inventariadas séries diárias de dados das estações meteorológicas automáticas (Castanhão/Jaguaretama), já desativadas da FUNCEME. Apesar das coletas terem sido realizadas com a utilização de equipamentos diferentes (as estações utilizam sensores digitais), os dados obtidos a 2 m de altura podem ser comparados com os indicadores recolhidos nos trabalhos de campo. Utilizaram-se as séries diárias de 2002, dados expostos no Anexo D, p.118, (indicadores de antes da formação dos limites atuais do lago – período de enchimento) para realizar as análises comparativas, porquanto que representa um ano com os totais pluviométricos parecidos com os totais do ano de 2011.

Foi possível ainda levantar dados dos anos de 2003 e 2004 (incompletos), contudo, estes anos, que representam o período de enchimento do lago artificial, assim como em 2002, não podem ser comparados com os dados coletados em campo por alguns motivos: o ano de 2004 foi muito chuvoso (ano de enchimento total do lago e primeira cheia) e as coletas para a obtenção de dados no segmento temporal recente aconteceram em 2011 (novembro) e 2012 (março), considerados chuvoso e muito seco, respectivamente; os dados de 2004 até poderiam ser comparados com os de 2011, no entanto estes se mostram incompletos no segundo semestre do ano. O ano de 2003 apresentou totais pluviométricos diferentes de 2011 e 2012, impossibilitando comparações.

Foram inventariadas as séries diárias da variação da temperatura média do ar a 2m no Castanhão e em Jaguaretama do dia 19/11/2002, mesmo dia e mês em que foi realizado o trabalho de campo para as medições (coletas) realizadas em 2011, durante o período climático seco. O Gráfico 20 foi produzido com base nos dados da FUNCEME tabulados.

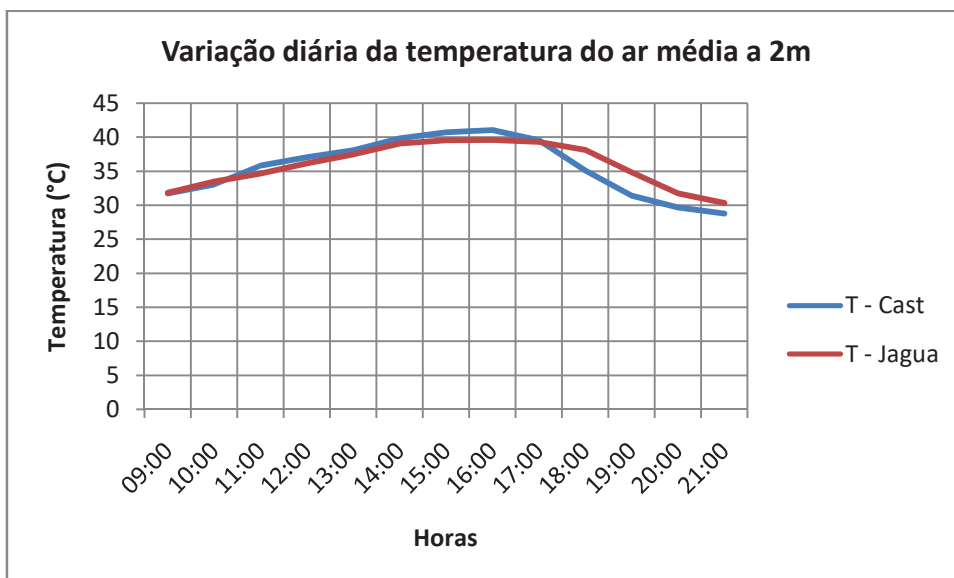


Gráfico 20: Variação diária da temperatura do ar em 19/11/2002 no Castanhão e em Jaguaretama. Fonte: Dados das estações meteorológicas automáticas (Castanhão/Jaguaretama) da FUNCEME.

O Gráfico 20 demonstra a variação da temperatura diária do ar no Castanhão e em Jaguaretama, onde se verificam valores médios mais elevados para o Castanhão, das 9h até 17h, atingindo o maior valor médio 41,02°C às 16h. A partir das 17h, os valores dos dados de temperatura média em Jaguaretama ultrapassam os valores do Castanhão, até às 21h, com (30,3°C); o maior valor registrado ocorreu às 16h (39,59°C).

Comparando este gráfico com o Gráfico 10, que representa dados da mesma variável em 2011, verificam-se maiores temperaturas médias registradas em 2002 para ambos os locais de medição. Vale ressaltar que os instrumentos de medição destes parâmetros são diferentes, mas as comparações são válidas, pois os termômetros de máxima e mínima e o termo-higrômetro se mostraram eficazes, durante a calibração, quando comparados com dados de sensores digitais de temperatura, apesar de os sensores digitais serem mais precisos. O comportamento das curvas geradas demonstra a semelhança entre as séries, apesar das diferenças entre os valores. O Gráfico 21 mostra estes valores (T1, T2, T- Castanhão, T- Jaguaretama) comparados.

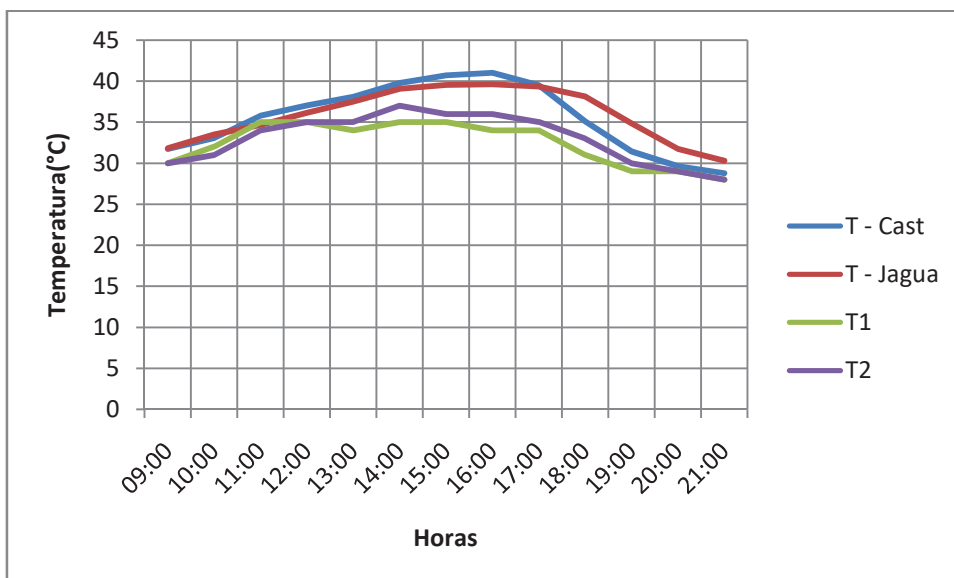


Gráfico 21: Dados da variação diária da temperatura do ar comparados (T1, T2, T-Castanhão, T- Jaguaretama) – dia 19/11/(2002/2011). Fonte: Dados das estações meteorológicas automáticas (Castanhão/Jaguaretama) da FUNCEME e dados coletados pelo autor.

Para o parâmetro da umidade relativa do ar, em 2002, só existem séries de dados a 2 m para Jaguaretama (a estação meteorológica automática instalada no Castanhão só apresenta série de umidade relativa média a 10 m, o que torna inviáveis comparações em razão da altura das coletas serem diferentes). Desta forma, foi elencada uma série diária (mesmo dia e mês) para a comparação com a série diária (UR2) coletada no trabalho de campo de 2011.

O Gráfico 22 contém os dados da série referentes à variação da umidade relativa do ar média a 2m em Jaguaretama; nota-se a queda dos valores médios durante o período da tarde e início da noite (14h às 18h); a partir das 18h, os valores voltaram a subir; pela manhã os valores variaram entre 64,61% e 53,87%. A menor umidade média registrada foi às 17h (37,49%) e a maior, durante a noite, às 21h (70%).

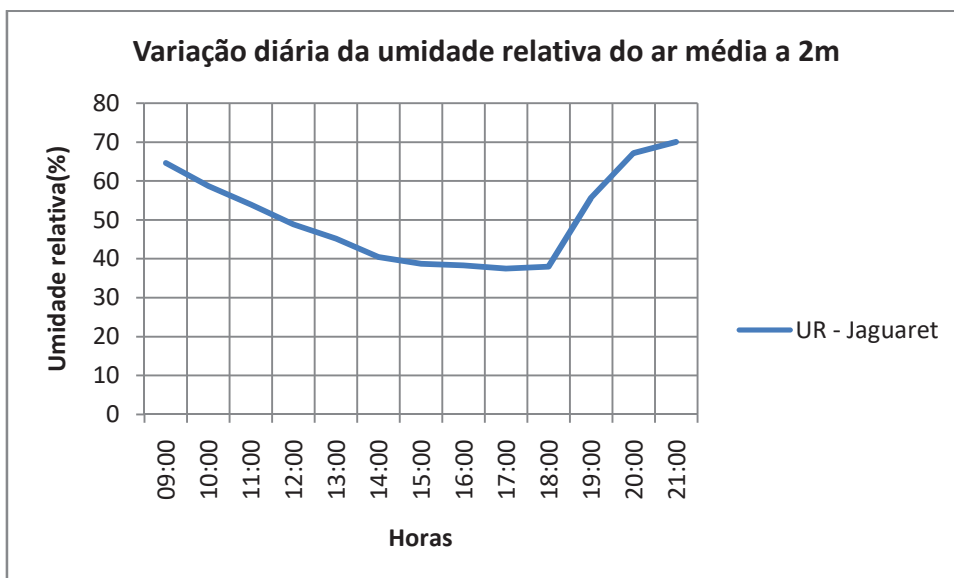


Gráfico 22: Variação diária da umidade relativa do ar em 19/11/2002 em Jaguaré. Fonte: Dados da estação meteorológica automática (Jaguaré) da FUNCME.

A série diária exposta no gráfico 22 foi comparada com a série coletada durante o trabalho de campo em Jaguaré no período seco de 2011. O Gráfico 23, produzido com suporte na comparação destas séries, demonstra que os valores do parâmetro da umidade relativa do ar apresentaram-se maiores em 2002 (UR – Jaguaré) do que em 2011 (UR2). Só nas coletas realizadas às 18h e 19h (40%, 56%) ocorreram valores maiores em 2011. O comportamento das curvas traz semelhança entre as séries, apesar das diferenças entre os valores.

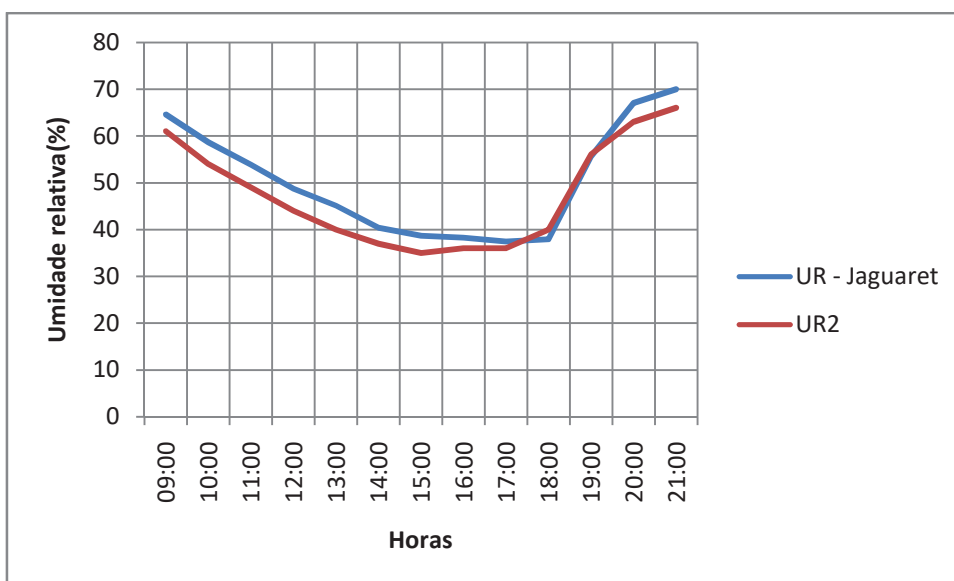


Gráfico 23: Dados da variação diária da umidade relativa do ar comparados (UR – Jaguaré e UR2) – dia 19/11/(2002/2011). Fonte: Dados da estação meteorológica automática (Jaguaré) da FUNCME e dados coletados pessoalmente.

Não foi possível desenvolver análises comparativas para os indicativos recolhidos durante o período climático chuvoso (março/2012 - ano muito seco), pois os dados compilados da FUNCEME não indicam nenhum ano com os totais pluviométricos registrados que sejam semelhantes aos totais deste ano, pois houve apenas 256 mm de chuva - Castanhão/barragem, 222,5 mm - Jaguaretama e 275,1 mm - Jaguaribe, segundo dados da FUNCEME e do DNOCS.

6.4 Análise do comportamento do vento e da brisa marítima “vento Aracati”

Na metodologia desta pesquisa, foi informada a importância de coletar dados referentes ao comportamento do vento (velocidade e direção) no Castanhão/barragem e em Jaguaretama. O parâmetro vento é bastante dinâmico de modo que, seu comportamento diário deve ser cuidadosamente analisado.

A brisa marítima “vento Aracati” adentra o litoral ao sertão cearense pela calha do rio Jaguaribe. Esta brisa é conhecida há muito tempo, vem do mar carregada de umidade e os fortes ventos amenizam as elevadas temperaturas no sertão cearense. Percorre um trajeto de aproximadamente 300 km (CAMELO, 2007) que passa do baixo até o alto Jaguaribe, proporcionando conforto térmico à população de várias cidades cearenses.

No romance *Iracema* de José de Alencar (1992, p.24), o autor cita o Vento Aracati: “Era o tempo em que o doce aracati chega do mar, e derrama a deliciosa frescura pelo árido sertão. A planta respira; um suave arrepio erriça a verde coma da floresta”. Na nota de rodapé da mesma página, ele explica o que chama de Aracati em seu romance:

Aracati: Significa este nome bom tempo – de ara e catu. Os selvagens do sertão assim chamavam as brisas do mar que sopram regularmente ao cair da tarde e, correndo pelo vale do Jaguaribe, se derramam pelo interior e refrigeram da calma abrasadora do verão. Daí resultou chamar-se Aracati o lugar de onde vinha a monção. Ainda hoje no Icó o nome é conservado à brisa da tarde, que sopra do mar. (JOSÉ DE ALENCAR, 1992, p. 24).

Na busca da compreensão desta brisa e da verificação da direção que os ventos seguem levando umidade relativa, foram coletados dados nos dois trabalhos de campo que apresentam os valores da velocidade e direção do vento. Os Gráficos 24 e 25 representam os dados da velocidade diária do vento coletados nos locais onde os abrigos

A.M.01 e A.M.02 estavam instalados, nos períodos climáticos seco e chuvoso, respectivamente.

Os valores coletados nos dois períodos climáticos, no geral, se mostram maiores para Jaguaretama (V.vent2) em relação ao Castanhão/barragem (V.vent1). No gráfico 24, verifica-se que a velocidade variou entre 1 m/s e 4 m/s para ambos os locais, já no gráfico 25 verifica-se que a velocidade variou entre 1 m/s e 4,5 m/s para ambos os locais. A chegada do “vento Aracati” faz com que os parâmetros umidade relativa do ar e velocidade do vento aumentem e que o parâmetro temperatura do ar diminua, fato comprovado quando se analisam os gráficos nos quais os dados destes parâmetros estão expostos.

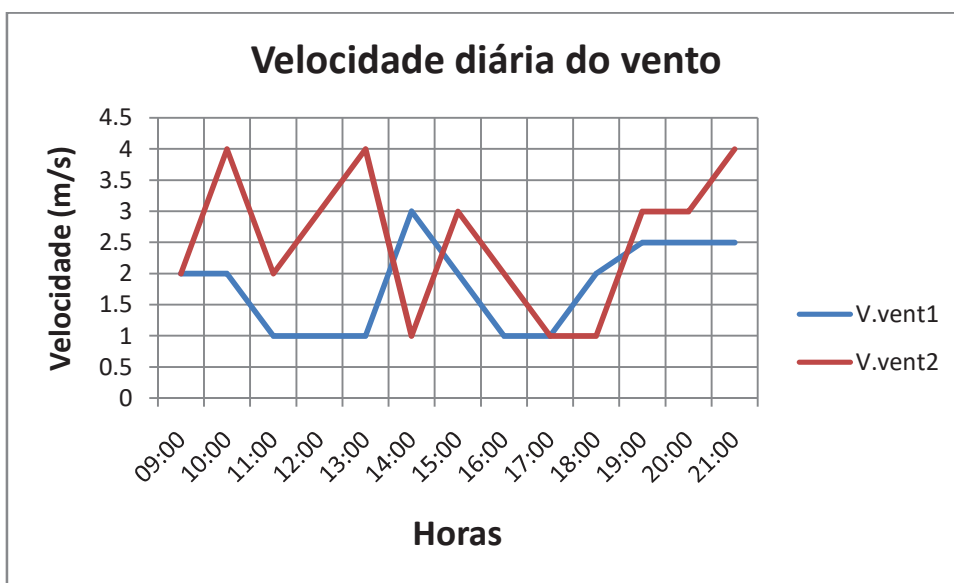


Gráfico 24: Velocidade diária do vento coletadas, durante o período seco (19/11/2011).

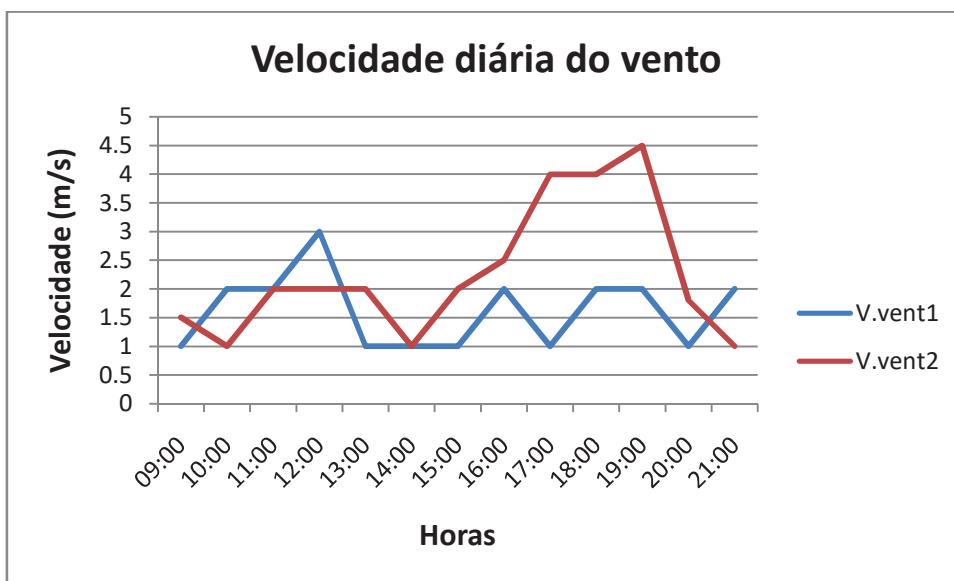


Gráfico 25: Velocidade diária do vento coletadas, durante o período chuvoso (10/03/2012).

As Tabelas 20 e 21 trazem a direção do vento coletada nos locais onde os abrigos estavam instalados, tanto para o período chuvoso, como para o período seco. Nestes dados percebem-se as direções predominantes dos ventos na região do Castanhão/barragem e de Jaguaretama.

Tabela 20: Direção diária do vento coletada no local do A.M.01 (Castanhão/barragem), nos períodos seco e chuvoso.

Horas	Direção diária do vento A.M.01 – Período Seco	Direção diária do vento A.M.01 – Período Chuvoso
09:00	SE	NE
10:00	SE	SE
11:00	E	NE
12:00	NE	NE
13:00	NE	NE
14:00	NE	NE
15:00	E	SE
16:00	E	SE
17:00	SE	SE
18:00	NE	NE
19:00	SE	NE
20:00	SE	NE
21:00	SE	NE

Fonte: Dados coletados durante os trabalhos de campo (períodos seco e chuvoso).

Tabela 21: Direção diária do vento coletada no local do A.M.02 (Jaguaretama), nos períodos seco e chuvoso.

Horas	Direção diária do vento A.M.02 – Período Seco	Direção diária do vento A.M.02 – Período Chuvoso
09:00	NE	SE
10:00	NE	SE
11:00	NE	NE
12:00	NE	NE
13:00	NE	NE
14:00	NE	NE
15:00	NE	NE
16:00	E	NE
17:00	E	NE
18:00	NE	NE
19:00	NE	NE
20:00	NE	NE
21:00	NE	NE

Fonte: Dados coletados durante os trabalhos de campo (períodos seco e chuvoso).

6.5 Análises dos dados dos questionários aplicados à população da região do Castanhão

A coleta de dados empíricos com a população que vivenciou períodos de antes e depois da construção do açude Castanhão (formação do lago artificial) possibilita correlacionar estes dados com os indicadores científicos da pesquisa, pois estes enriquecem ainda mais o estudo, tornando a pesquisa mais completa e coerente. O questionário aplicado (Apêndice D, p.114) foi composto pelas seguintes perguntas:

1. O (A) senhor (a) percebeu alguma mudança no clima da região após a construção do Castanhão? Com os itens Sim ou Não.

2. O “Vento Aracati” tem horário certo para passar? Ela atrasa?

Com os itens Sim – sempre atrasou / Não / Sim – passou a atrasar depois do Castanhão.

Estas perguntas foram aplicadas a 100 habitantes da região do Castanhão em três municípios - Nova Jaguaribara – 27, Jaguaretama – 37 e Jaguaribe – 36. A faixa etária foi de 30 a 80 anos, ou seja, pessoas que vivenciaram os períodos de antes e depois da construção do Açude.

O Gráfico 26 demonstra a porcentagem de respostas para a primeira pergunta do questionário. Os valores do gráfico especificam que 60% das pessoas entrevistadas perceberam mudanças no clima após a construção do Castanhão, muitos relataram mudanças na precipitação, na umidade do ar e na temperatura do ar, afirmando que a noite o tempo ficava mais frio. Já 40% das pessoas afirmaram apenas que não perceberam mudanças e que o clima continua como antes do Açude. De fato, na literatura, é sabido que a formação de grandes lagos artificiais em área com níveis de insolação elevados enseja aumento na umidade relativa do ar (por exemplo, no trabalho de Branco e Rocha, 1977, quando os autores falam na formação de lagos artificiais em áreas anteriormente desérticas).

Para o lago artificial do Castanhão, no entanto, só será possível mensurar se houve alteração na temperatura do ar e na umidade relativa do ar após a reunião de uma quantidade considerável de séries anuais destas variáveis, pois o Açude é muito recente e o monitoramento de antes da formação do lago expressa grandes lacunas temporais e descontinuidades entre os poucos dados coletados.

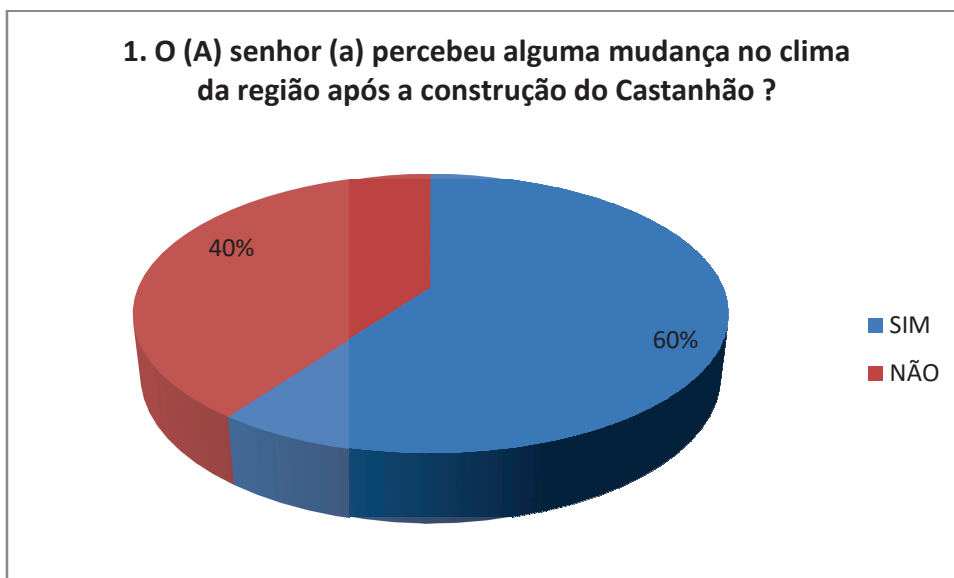


Gráfico 26: Porcentagem de respostas para a primeira pergunta do questionário.

O Gráfico 27 expressa a porcentagem das respostas para a segunda pergunta do questionário. Os valores do gráfico demonstram que existe um consenso maior (63%) da população, ao acentuar que a brisa marítima “vento Aracati” tem hora para chegar, mas sempre atrasou, chegando entre horários. Já uma parcela de 21% diz que o “vento Aracati” não tem hora certa para chegar e apenas 16% relata que o vento passou a atrasar depois da construção do Açude.

Os populares da Nova Jaguaribara que afirmaram que o “vento Aracati” tem horário, mas sempre atrasou, relataram que ele passa entre 18h e 19h; os de Jaguaretama relataram que passa na cidade entre 19h e 21h, e os de Jaguaribe relataram que a passagem do “vento Aracati” ocorre entre 19h e 22h. De fato, nos trabalhos de campo, não apenas os de coleta, mas em todos os trabalhos de campo, o comportamento da brisa marítima foi analisado e realmente se verificou que o horário da passagem da brisa para estas cidades acontece entre o início da noite e vai até a madrugada; estas observações ocorreram em todas as cidades onde os questionários foram aplicados.

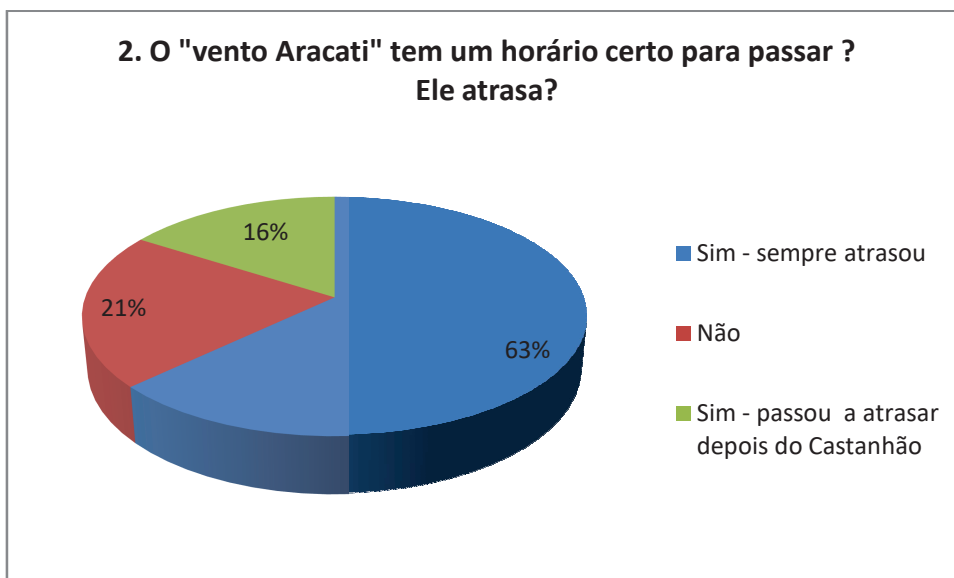


Gráfico 27: Porcentagem de respostas para a segunda pergunta do questionário.

Os resultados alcançados: presença de microclimas distintos no entorno do lago, identificação do comportamento da brisa marítima “vento Aracati”, análises comparativas, aumento da umidade e diminuição da temperatura do ar quanto mais próximo ao lago onde seu espelho d’água é maior, correlação entre os dados científicos e empíricos coletados dos questionários aplicados junto à população do Castanhão, obtendo respostas satisfatórias diante dos dados científicos analisados, entre outros, contemplam um estudo pioneiro no Estado do Ceará, que, apesar das dificuldades encontradas, em razão da falta de dados climáticos referentes à região do Açude, que impossibilitam a realização de outras análises, como já exposto, mostra-se deveras importante para os estudos geográficos do clima no Ceará, pois as respostas e conclusões obtidas ratificam a importância de se conhecer a influência do lago artificial formado com a construção do açude Castanhão, sobre o clima local do vale do rio Jaguaribe.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os estudos relacionados às influências de lagos artificiais em clima locais, geralmente, expressam um problema em comum: a falta de dados climáticos para as análises, cabendo ao pesquisador realizar a coleta de dados em campo, que subsidiem o desenvolvimento da sua pesquisa. Nesta investigação, não foi diferente, razão por que se propõe a instalação ou reativação, em caráter de urgência, das estações meteorológicas automáticas no Castanhão e em Jaguaretama, pois o maior açude do Brasil para usos múltiplos está amplamente descoberto por um monitoramento climático, existindo apenas postos pluviométricos.

Destaca-se o fato de que até a estação meteorológica do INMET, em Jaguaribe, foi ativada somente em 2008, cinco anos após a inauguração do Açude, e a de Morada Nova, também do INMET, em 2007, contudo a estação de Morada Nova está distante do lago artificial, localizada a mais de 40 km. Já a PCD (Plataforma de coleta de dados) mais próximo da FUNCEME encontra-se no açude Banabuiú e este registra os parâmetros do Açude.

Apesar das séries pluviométricas da FUNCEME apresentarem registros, para alguns municípios da área pesquisada, a partir do ano de 1974, e os registros do pluviômetro do DNOCS que indicam totais mensais e anuais com coletas desde 1999, o estudo para verificar a ocorrência da alteração na média da precipitação não pôde ser realizado em razão de o Açude ser recente; seriam necessários dados coletados em quantidade significativa de anos, antes e depois do Açude, para este cálculo; contudo, as análises realizadas neste trabalho com os dados disponíveis da região possibilitaram a compreensão do tipo climático com origem no comportamento das chuvas e subsidiaram o cálculo do balanço hídrico normal da área de estudo.

A hipótese da pesquisa - *O lago artificial formado a partir da construção do Açude Castanhão, pelas suas dimensões espaciais, exerce influências (impactos) no sistema climático local do Vale do Rio Jaguaribe – CE* - é comprovada, na medida em que as análises dos dados coletados nos trabalhos de campo revelam a ocorrência de microclimas diferentes no entorno do lago e que, no local de monitoramento mais próximo do maior espelho d'água do lago artificial, no geral, tem-se valores mais elevados para a umidade relativa do ar e mais baixos para as temperaturas. Não é possível, contudo, mensurar valores para possíveis alterações nos parâmetros após a

construção do reservatório, sobretudo, pela falta de dados climáticos referentes à temperatura do ar e à umidade relativa do ar.

As análises comparativas tiveram respostas positivas, pois as curvas resultantes dos dados mensurados em campo e os dados de antes da formação do lago artificial obtidos com a FUNCEME, mostraram comportamentos similares, apesar de valores diferentes. Os questionários aplicados para a coleta dos dados empíricos junto à população mostraram que 60% das pessoas afirmam que, após a construção do Açude, perceberam alteração no clima da região, como um pequeno aumento nos dias de chuva durante o período chuvoso, temperaturas mais amenas e umidade maior, acentuaram, ainda, que as noites ficaram mais frias, o que fundamenta ainda mais a hipótese levantada.

A chegada da brisa marítima “vento Aracati” foi facilmente identificada quando no momento de sua passagem os valores de umidade relativa e velocidade do vento aumentam e os da temperatura diminuem. Os questionários aplicados à população sobre a opinião desta em relação à hora da passagem e se o “vento Aracati” atrasava, revelaram o que foi observado, durante todos os trabalhos de campo, que a brisa chega em determinados intervalos entre horas, contudo pode registrar atrasos. Os habitantes da Nova Jaguaribara relataram que o “vento Aracati” passa entre 18h e 19h; os de Jaguaretama disseram que passa na cidade entre 19h e 21h; e os de Jaguaribe informaram que a passagem do vento ocorre entre 19h e 22h. Para os locais indicados, a brisa chega nestes intervalos entre as horas, ocorrendo atrasos costumeiramente. Vale ressaltar que a falta de dados barométricos de antes e de depois da formação do lago impossibilita relacionar a ocorrência de maiores atrasos ao desenvolvimento de um campo de alta pressão, dispersor de ventos, no lago, já que, na literatura, é informada esta possibilidade. Mendonça e Danni-Oliveira falam sobre o que foi exposto quando abordam o assunto sobre brisa oceânica.

Nas costas oceânicas e de grandes lagos, a eficiência do aquecimento do solo em relação à superfície líquida adjacente faz com que à tarde o ar esteja mais aquecido em terra, propiciando a formação de uma célula convectiva (...). Com o surgimento do gradiente barométrico, criado pela presença de uma alta pressão sobre a água e de uma baixa pressão sobre a terra, ao entardecer, o ar escoar em direção ao continente, gerando a brisa oceânica (MENDONÇA E DANNI-OLIVEIRA, 2007, p. 80).

É sabido que os estudos sobre o lago artificial do Castanhão não se encerram por aqui. Esta pesquisa geográfica do clima subsidiará pesquisas futuras, no entanto, a problemática maior causada pela descontinuidade dos dados climáticos e as grandes lacunas temporais apontadas por eles, devem ser resolvidas. Como dados antigos de antes da obra são inexistentes, ora incompletos, é preciso, no mínimo, recomeçar o monitoramento dos parâmetros climáticos da área.

Novos estudos poderão ser desenvolvidos no que concerne ao monitoramento do microclima e do clima local no entorno do lago. Sugere-se, por exemplo, se traçar um transecto para a realização de um monitoramento contínuo, que possibilite a coleta de grande quantidade de dados climáticos, em períodos climáticos distintos, realizada em áreas previamente identificados em campo, no entorno do lago do Castanhão.

Por fim, esta pesquisa assume grande importância, pois, além de representar o primeiro estudo no Ceará que trabalha com a influência do lago artificial do Castanhão no clima local, produziu dados climáticos primários recentes, levantou dados empíricos com a população da região do Castanhão e subsidiará pesquisas futuras sobre a relação do lago do Castanhão com o clima local. Assim, conclui-se que ela contribui, significativamente, com o estudo geográfico do clima no Ceará.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AB’SABER, A. N. **Os Domínios de Natureza do Brasil: potencialidades paisagísticas**. 5. ed. São Paulo: Ateliê Editorial, 2008.

ALENCAR, J. **Iracema**. 26^a ed. São Paulo: Editora Ática S. A., 1992.

AYOADE, J. O. **Introdução à Climatologia para os Trópicos**. 12^a ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2007. 332p.

BRASIL, Serviço Geológico do Brasil – CPRM; Secretária de Minas e Metalurgia; Ministério de Minas e Energia, Secretaria de Recursos Hídricos do Ceará. **Mapa Geológico do Estado do Ceará**. 2003.

BRASIL, Departamento Nacional de Obras Contra as Secas – DNOCS, **Açude Castanhão**. Disponível em: <<http://www.dnocs.gov.br/>>. Acesso em: 10/01/2012.

BERTALANFFY, Ludwig von. **Teoria geral dos sistemas: fundamentos, desenvolvimentos e aplicações**: Tradução de Francisco M. Guimarães. – 5. ed. – Petrópolis, RJ: Vozes, 2010.

BRANCO, S. M, ROCHA, A. A. **Poluição, proteção e usos múltiplos de represas**. São Paulo, Edgard Blücher, CETESB, 1977.

CAMARGO, L. H. R. **A RUPTURA DO MEIO AMBIENTE Conhecendo as Mudanças Ambientais do planeta através de uma nova percepção da ciência: A Geografia da Complexidade**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2007. 240p.

CAMELO, H. N. **Estudo Numérico do Vento Aracati para Caracterização de seu Potencial Eólico** / Dissertação (Mestrado em Ciências Físicas Aplicadas) - Universidade Estadual do Ceará, Centro de Ciências e Tecnologia. Fortaleza, 2007. 94 f.; il.

CARACRISTI, I. **A Natureza Complexa da Poiésis Climática: Contribuições Teóricas ao Estudo Geográfico do Clima.** Tese de Doutorado. USP. São Paulo, 2007.

CARACRISTI, I. **“Processo de Desertificação no Nordeste Brasileiro”.** *Revista da Casa de Geografia*, Sobral, v. 8/9, n. 1, p. 31-43, 2006/2007. www.uvanet.br/rcg

CAVALCANTI, I. F. A. [et al.] organizadores. **Tempo e Clima no Brasil.** São Paulo: Oficina de Textos, 2009.

CEARÁ, Centro de Treinamento e Desenvolvimento. **Zoneamento Ecológico-econômico das Áreas de Influência do Reservatório da Barragem Castanhão Ceará.** / Fortaleza: CETREDE, 2006. 223p:il

CEARÁ, Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos – FUNCEME. **Monitoramento Climático na Região do Castanhão: Relatório Técnico Final.** Fortaleza: FUNCEME, 2001. 41 p.

CEARÁ, Secretaria dos Recursos Hídricos, **Programa de Ação Estadual de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca, PAE-CE,** Fortaleza: Ministério do Meio Ambiente / Secretaria dos Recursos Hídricas, 2010. 372p

CEARÁ, Secretaria dos Recursos Hídricos do Estado do Ceará, Grupo Multiparticipativo de Acompanhamento das Obras da Barragem do Castanhão. **Contribuições da Barragem do Castanhão para o Desenvolvimento Sustentável do Ceará,** Fortaleza : 1996. 28p.

CEARÁ, Universidade Estadual do Ceará/Pró-Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa. **Trabalhos científicos:** organização, redação e apresentação, Fortaleza: EdUECE, 2010. 138p.: il.

CHRISTOFFOLETTI, A. **Análise de Sistemas em Geografia.** São Paulo – HUCITEC: Ed. da Universidade de São Paulo, 1979.

COHEN, J. [et al.]. Linhas de Instabilidade na Costa N-NE da América do Sul. In: **Tempo e Clima no Brasil**. CAVALCANTI, I. F. A. [et al.]. São Paulo: Oficina de Textos, 2009, p. 75-93.

CONTI, J. B. **Clima e Meio Ambiente**. São Paulo: Atual, 1998. – (Série meio ambiente)

COSTA, F. G. **Software CELINA 1.0 – Estimativas de Temperaturas Médias Mensais para o Estado do Ceará**. Fortaleza, UFC, 2007.

DIAS, Marilza do Carmo Oliveira [*et al.*]. **Manual de impactos ambientais: orientações básicas sobre aspectos ambientais de atividades produtivas**, Fortaleza: Banco do Nordeste, 1999.

FEARNSIDE, P. M. Environmental impacts of Brazil's Tucuruí Dam: Unlearned lessons for hydroelectric development in Amazonia”. **Environmental Management** 27(3): 377-396, 2001 Doi: 10.1007/s002670010156, Disponível em: <<http://philip.inpa.gov.br>>. Acesso em: 15/01/2012.

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

FERREIRA, N. J; RAMIREZ, M. V; GAN, M. A. Vórtices ciclônicos de altos níveis que atuam na vizinhança do Nordeste do Brasil. In: **Tempo e Clima no Brasil**. CAVALCANTI, I. F. A. [et al.]. São Paulo: Oficina de Textos, 2009, p. 43-60.

FERREIRA, A. G.; MELLO, N. G. S. “Principais sistemas atmosféricos atuantes sobre a Região Nordeste do Brasil e a influência dos oceanos Pacífico e Atlântico no clima da região”. **Revista Brasileira de Climatologia**, V. 1, Nº. 1, p. 15-28, Dez. 2005.

GALVANI, E. Sistematização de Dados Quantitativos. In: VENTURI, L. A. B. Organizador. **Praticando Geografia: técnicas de campo e laboratório**. São Paulo: Oficina de Textos, 2009. Cap. 11, p. 175-186.

GALVANI, E; LIMA, N. G. B. (Organizadores). **Climatologia aplicada: resgate aos estudos de caso**. 1. Curitiba, PR: CRV, 2012.

GAN, M. A; KOUSKY, V. E. “Vórtices Ciclônicos da Alta Troposfera no Atlântico Sul”. **Revista Brasileira de Meteorologia**, Vol. 1, n. 1, p. 19-28, Jun. 1986.

GEIGER, R. **Manual de Microclimatologia: o clima da camada de ar junto ao solo**. Tradução de Ivone Gouveia, Francisco Caldeira Cabral e A. Lobo de Azevedo. 2. ed. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1990.

GRIMM, A. M. Verificação de variações climáticas na área do lago de Itaipu. Congresso Brasileiro de Meteorologia, Edição V, Rio de Janeiro. **Anais**, 1988.

JESUS, E. F. R. de. Algumas reflexões teórico-conceituais na climatologia geográfica em mesoescala: uma proposta de investigação. **GeoTextos**, vol. 4, n. 1 e 2 , 2008, p.165-187.

KAYANO, M. T; ANDREOLI, R. V. Clima da Região Nordeste do Brasil. In: **Tempo e Clima no Brasil**. CAVALCANTI, I. F. A. [et al.]. São Paulo: Oficina de Textos, 2009, p. 213-233.

LIMA, F. P. F. **Castanhão: Historinhas que poderão virar histórias**. – Fortaleza: Expressão Gráfica Editora, 2010. 160p.

LIMA, F. P. F. **Castanhão: do sonho a realidade**. - Fortaleza: Expressão Gráfica e Editora Ltda., 2007. 273p. il.

LIMBERGER, L. **O clima do oeste do Paraná: análise da presença do lago de Itaipu**. 2007. 136f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2007.

MAIA JÚNIOR, L. P. **Estudo dos Impactos do Desmatamento Sobre os Microclimas da Microbacia do Riacho do Boqueirão (Sobral – CE)** / Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Estadual do Ceará, Centro de Ciências e Tecnologia. Fortaleza, 2011. 126 f.; il.

MACHADO, L. A. T. [et al.] Distúrbios Ondulatórios de Leste. **Tempo e Clima no Brasil**. CAVALCANTI, I. F. A. [et al.]. São Paulo: Oficina de Textos, 2009, p. 61-74.

MENDONÇA, F. A., DANNI-OLIVEIRA, I. M. **Climatologia**: noções básicas e climas do Brasil. São Paulo: Oficina de Texto, 2007.

MONTEIRO, C. A. de F; MENDONÇA F. A., (Organizadores). **Clima Urbano**. São Paulo: Contexto, 2009.

MONTEIRO, C. A. de F. “Derivações Antropogênicas dos Geossistemas Terrestres no Brasil e Alterações Climáticas. Perspectivas urbanas e agrárias ao problema da elaboração de modelos de avaliação”. **RA’E GA O Espaço Geográfico em Análise**, V. 5 n. 5, Resgate de Textos Geográficos, Curitiba: Editora UFPR, 2001.

MONTEIRO, C. A. de F. “O Estudo Geográfico do Clima”. **Cadernos Geográficos**, Florianópolis, n.1 (maio 1999) – Imprensa Universitária, 1999.

MONTEIRO, C. A. de F. **Teoria e clima urbano**. 1976. 181f. Tese (Docência Livre) – Instituto de Geografia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1976.

NIMER, E. **Climatologia do Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE, 1979. 422 p.: il. – (Recursos naturais e meio ambiente; n.4)

PAIVA, M.P. **Grandes represas do Brasil**. Brasília, DF, EDITERRA, 1982. 304 p. ilustr.

PRESS, F; SIEVER, R; GROTZINGER, J; JORDAN, T. H. **Para entender a Terra**. Tradução MENEGAT, R. [et al.], - 4. ed.- Porto Alegre: Bookman, 2006.

RIBEIRO, A. G. “As Escalas do Clima”. **Boletim Geografia Teorética**, Rio Claro, v. 23, p. 45-49, 1992.

ROLIM, G. S; SENTELHAS, P. C; BARBIERI, V. “Planilhas no ambiente EXCEL TM para os cálculos de balanço hídrico: normal, sequencial, de cultura e de produtividade real e potencial”. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 6, n. 1, p 133-137, 1998.

SANCHES, F; FISCH, G. As possíveis alterações microclimáticas devido a formação do lago artificial da hidroelétrica de Tucuruí – PA. **Acta Amazônica**, Manaus, v. 35, n.1, p. 41-50, 2005.

SORRE, M. “Objeto e Método da Climatologia”. **RDG Revista do Departamento de Geografia** / Departamento de Geografia. Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas. Universidade de São Paulo. n. 18 (2006), p. 89-94. São Paulo: FFLCH-USP, 2006.

SOUZA, M. J. N. Bases naturais e esboço do zoneamento geoambiental do Estado do Ceará. In: **Compartimentação territorial e gestão regional do Ceará**. Fortaleza: Ed. FUNECE, 2000.

SOUZA, M. J. N. Compartimentação Geoambiental do Ceará. In: **Ceará Novo Olhar Geográfico**. Org.: SILVA, J.B.;CAVALCANTE, T.C;DANTAS, E.W.C. 2ª ed. Fortaleza: Edições Demócrito Rocha, 2007.

SOUZA, Marcos Barros de. **Influência de lagos artificiais no clima local e no clima urbano: estudo de caso em Presidente Epitácio (SP)**. 2010. 203f. Tese (Doutorado em Geografia) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

SOUZA, E. B; ALVES, J. M. B; RAPELLI, C. A. “Um Complexo Convectivo de Mesoescala Associado à Precipitação Intensa Sobre Fortaleza – CE”. **Revista Brasileira de Meteorologia**, Vol. 13, n. 2, p. 01-14, Dez. 1998.

SPIEGEL, M. R. **Estatística**: Tradução e revisão técnica Pedro Consetino. – 3. ed. - São Paulo: Makron *Books*, 1993. – (Coleção Schaum).

STEINKE, E. T. **Climatologia fácil**. São Paulo: Oficina de Textos, 2012.

VAREJÃO-SILVA, M. A. **Meteorologia e Climatologia**. Versão digital 2, Recife - Pernambuco, 2006.

VENTURI, L. A. B. Organizador. **Praticando Geografia**: técnicas de campo e laboratório. São Paulo: Oficina de Textos, 2009.

VIANA, R. M. **Grandes Barragens, Impactos e Reparações**: Um estudo de caso sobre a barragem de Itá. Dissertação de Mestrado. Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano e Regional - UFRJ. Rio de Janeiro, 2003.

XAVIER, T. Ma. B. S. **Tempo de Chuva** – Estudos Climáticos e de Previsão para o Ceará e Nordeste Setentrional. Fortaleza: ABC Editora, 2001. 478 p.

ZANELLA, M. E; SALES, M. C. L. Considerações sobre o Clima e a Hidrografia do Maciço de Baturité. In: BASTO, H. B. (Organizador). **Serra de Baturité**: uma visão integrada das questões ambientais. Fortaleza: Expressão Gráfica e Editora, 2011, Cap. 3, p. 61-75.

APÊNDICE A

FICHA DE REGISTRO DOS DADOS							
ABRIGO MICROCLIMÁTICO _____		PERÍODO _____		DATA ____/____/____			
MUNICÍPIO: _____				LOCALIDADE: _____			
LOCALIZAÇÃO: Latitude: _____ Longitude: _____ Altitude: _____							
Horário	Temp. Ambiente (C°)	Temp. Máxima (C°)	Temp. Mínima (C°)	Umidade Relativa (%)	Precipitação (mm)	Velocidade Vento (m/s)	Direção Vento (Rosa dos Ventos)
09h							
10h							
11h							
12h							
13h							
14h							
15h							
16h							
17h							
18h							
19h							
20h							
21h							

OBSERVAÇÕES:

APÊNDICE B

Dados de temperatura do momento, máxima e mínima do ar, coletados em campo durante o período climático seco (19/11/2011) nos abrigos microclimáticos A.M.01 e A.M.02.

Temperatura do momento (°C)

Horas	T1	T2
09:00	30	30
10:00	32	31
11:00	35	34
12:00	35	35
13:00	34	35
14:00	35	37
15:00	35	36
16:00	34	36
17:00	34	35
18:00	31	33
19:00	29	30
20:00	29	29
21:00	28	28

Temperatura mínima (°C)

Horas	Tmín1	Tmín2
09:00	28	29
10:00	28	30
11:00	33	32
12:00	34	33
13:00	34	34
14:00	34	36
15:00	34	36
16:00	34	36
17:00	33	35
18:00	31	33
19:00	29	30
20:00	29	29
21:00	27	28

Temperatura máxima (°C)

Horas	Tmáx1	Tmáx2
09:00	31	30
10:00	33	31
11:00	34	34
12:00	36	35
13:00	35	35
14:00	35	37
15:00	35	37
16:00	35	37
17:00	34	36
18:00	33	34
19:00	30	32
20:00	31	31
21:00	31	29

Dados de umidade relativa do ar, coletados em campo durante o período climático seco (19/11/2011) nos abrigos microclimáticos A.M.01 e A.M.02.

Umidade relativa do ar (%)

Horas	UR1	UR2
09:00	60	61
10:00	54	54
11:00	51	49
12:00	56	44
13:00	58	40
14:00	60	37
15:00	60	35
16:00	57	36
17:00	56	36
18:00	56	40
19:00	62	56
20:00	62	63
21:00	66	66

Dados de temperatura do momento, máxima e mínima do ar, coletados em campo durante o período climático chuvoso (10/03/2012) nos abrigos microclimáticos A.M.01 e A.M.02.

Temperatura do momento (°C) Temperatura mínima (°C)

Horas	T1	T2	Horas	Tmín1	Tmín2
09:00	30	30	09:00	28	30
10:00	29	32	10:00	27	30
11:00	29	32	11:00	28	31
12:00	33	33	12:00	28	32
13:00	34	34	13:00	28	33
14:00	35	35	14:00	28	34
15:00	35	35	15:00	27	34
16:00	29	34	16:00	28	34
17:00	28	33	17:00	27	33
18:00	26	28	18:00	24	28
19:00	25	27	19:00	23	27
20:00	27	26	20:00	26	26
21:00	27	26	21:00	25	26

Temperatura máxima (°C)

Horas	Tmáx1	Tmáx2
09:00	30	31
10:00	31	32
11:00	32	32
12:00	34	33
13:00	34	34
14:00	35	35
15:00	35	35
16:00	34	35
17:00	28	34
18:00	26	29
19:00	26	28
20:00	28	27
21:00	26	27

Dados de umidade relativa do ar, coletados em campo durante o período climático chuvoso (10/03/2012) nos abrigos microclimáticos A.M.01 e A.M.02.

Umidade relativa do ar (%)

Horas	UR1	UR2
09:00	65	62
10:00	60	58
11:00	58	56
12:00	54	54
13:00	52	54
14:00	49	52
15:00	49	52
16:00	62	53
17:00	74	56
18:00	78	71
19:00	80	76
20:00	78	79
21:00	78	80

APÊNDICE C

Dados de velocidade do vento, coletados em campo durante o período climático seco (19/11/2011) nos abrigos microclimáticos A.M.01 e A.M.02.

Velocidade do vento (m/s)

Horas	V.vent1	V.vent2
09:00	2	2
10:00	2	4
11:00	1	2
12:00	1	3
13:00	1	4
14:00	3	1
15:00	2	3
16:00	1	2
17:00	1	1
18:00	2	1
19:00	2,5	3
20:00	2,5	3
21:00	2,5	4

Dados de velocidade do vento, coletados em campo durante o período climático chuvoso (10/03/2012) nos abrigos microclimáticos A.M.01 e A.M.02.

Velocidade do vento (m/s)

Horas	V.vent1	V.vent2
09:00	1	1,5
10:00	2	1
11:00	2	2
12:00	3	2
13:00	1	2
14:00	1	1
15:00	1	2
16:00	2	2,5
17:00	1	4
18:00	2	4
19:00	2	4,5
20:00	1	1,8
21:00	2	1

APÊNDICE D**QUESTIONÁRIO APLICADO JUNTO À POPULAÇÃO DA REGIÃO DO
CASTANHÃO – PARA A COLETA DE DADOS EMPÍRICOS**

1. O (A) senhor (a) percebeu alguma mudança no clima da região após a construção do Castanhão.

SIM

NÃO

2. O “vento Aracati” tem um horário certo para passar? Ele atrasa?

SIM – Sempre atrasou

NÃO

SIM – Passou a atrasar após o Castanhão

ANEXO A

Dados do balanço hídrico normal – Castanhão/barragem

Tempo	Num de	NDA	T	P	N	I		ETP	P-ETP	NEG-AC	ARM	ALT	ETR	DEF	EXC
MESES	Dias		°C	mm	horas			Thornthwaite1948	mm		mm	mm	mm	mm	mm
Jan	31	1	28,40	103,65	12,31	13,87		132,1	-28,4	-911,6	0,0	0,0	103,7	28,4	0,0
Fev	28	32	27,60	99,24	12,23	13,28	I =	162,3	-63,1	-974,7	0,0	0,0	99,2	63,1	0,0
Mar	31	60	26,90	185,81	12,11	12,78	a =	127,0	58,6	0,0	50,0	50,0	127,0	0,0	8,6
Abr	30	91	26,60	143,82	11,95	12,56		138,8	5,0	0,0	50,0	0,0	138,8	0,0	5,0
Mai	31	121	26,60	103,53	11,80	12,56		132,5	-28,9	-28,9	28,0	-22,0	125,5	7,0	0,0
Jun	30	152	26,20	44,42	11,70	12,28		122,6	-78,2	-107,1	5,9	-22,2	66,6	56,0	0,0
Jul	31	182	26,10	16,50	11,69	12,21		124,6	-108,1	-215,2	0,7	-5,2	21,7	102,9	0,0
Ago	31	213	27,20	13,35	11,76	12,99		138,9	-125,5	-340,7	0,1	-0,6	14,0	124,9	0,0
Set	30	244	27,90	0,42	11,90	13,50		151,7	-151,3	-492,0	0,0	-0,1	0,5	151,2	0,0
Out	31	274	28,30	7,04	12,05	13,80		139,1	-132,0	-624,0	0,0	0,0	7,0	132,0	0,0
Nov	30	305	28,50	1,50	12,20	13,94		147,8	-146,3	-770,4	0,0	0,0	1,5	146,3	0,0
Dez	31	335	28,50	20,22	12,30	13,94		133,1	-112,9	-883,2	0,0	0,0	20,2	112,9	0,0
TOTAIS			328,8	739,3				1650,4	-911,1			0,0	725,7	924,7	13,6
MEDIAS			27	62				138				± 50	60	77	1

Fonte: Planilha para o cálculo do balanço hídrico normal por Thornthwaite e Mather (1955) DCE-ESALQ/USP desenvolvida por Rolim, Sentelhas e Barbieri (1998), dados FUNCEME e DNOCS.

Dados do balanço hídrico normal – Jaguaratama

Tempo	Num de	NDA	T	P	N	I		ETP	P-ETP	NEG-AC	ARM	ALT	ETR	DEF	EXC
MESES	Dias		°C	mm	horas			Thornthwaite1948	mm		mm	mm	mm	mm	mm
Jan	31	1	26,50	121,96	12,32	13,94		132,5	-10,5	-858,9	0,0	0,0	122,0	10,5	0,0
Fev	28	32	27,60	113,98	12,24	13,28	I =	162,2	-48,2	-907,1	0,0	0,0	114,0	48,2	0,0
Mar	31	60	26,90	176,50	12,11	12,78	a =	127,0	49,5	-0,5	49,5	49,5	127,0	0,0	0,0
Abr	30	91	26,60	172,33	11,95	12,56		138,8	33,5	0,0	50,0	0,5	138,8	0,0	33,1
Mai	31	121	26,60	125,18	11,80	12,56		132,6	-7,4	-7,4	43,1	-6,9	132,1	0,5	0,0
Jun	30	152	26,30	57,18	11,70	12,35		123,8	-66,7	-74,1	11,4	-31,8	68,9	34,9	0,0
Jul	31	182	26,30	21,00	11,68	12,35		127,8	-106,8	-180,9	1,3	-10,0	31,0	96,8	0,0
Ago	31	213	27,50	7,65	11,76	13,21		141,5	-133,9	-314,7	0,1	-1,3	8,9	132,6	0,0
Set	30	244	28,30	2,61	11,90	13,80		155,1	-152,5	-467,2	0,0	-0,1	2,7	152,4	0,0
Out	31	274	28,60	15,46	12,06	14,02		141,1	-125,6	-592,8	0,0	0,0	15,5	125,6	0,0
Nov	30	305	28,80	1,53	12,21	14,17		149,9	-148,3	-741,2	0,0	0,0	1,5	148,3	0,0
Dez	31	335	28,80	27,55	12,30	14,17		134,7	-107,2	-848,4	0,0	0,0	27,6	107,2	0,0
TOTAIS			330,8	842,9				1667,0	-824,1			0,0	809,9	857,1	33,1
MEDIAS			28	70				139				± 50	67	71	3

Fonte: Planilha para o cálculo do balanço hídrico normal por Thornthwaite e Mather (1955) DCE-ESALQ/USP desenvolvida por Rolim, Sentelhas e Barbieri (1998), dados FUNCEME e DNOCS.

Dados do balanço hídrico normal – Jaguaribe

Tempo	Num de	NDA	T	P	N	I		ETP	P-ETP	NEG-AC	ARM	ALT	ETR	DEF	EXC
MESES	Dias		°C	mm	horas			Thornthwaite1948	mm		mm	mm	mm	mm	mm
Jan	31	1	28,60	126,12	12,34	14,02		132,6	-6,5	-937,6	0,0	0,0	126,1	6,5	0,0
Fev	28	32	27,70	103,01	12,25	13,36	I =	162,9	-59,9	-997,4	0,0	0,0	103,0	59,9	0,0
Mar	31	60	27,00	187,11	12,12	12,85	a =	127,6	59,5	0,0	50,0	50,0	127,6	0,0	9,5
Abr	30	91	26,70	135,97	11,94	12,63		139,8	-3,9	-3,9	46,3	-3,7	139,7	0,1	0,0
Mai	31	121	26,60	104,82	11,79	12,56		132,8	-28,0	-31,9	26,4	-19,9	124,7	8,2	0,0
Jun	30	152	26,20	22,65	11,68	12,28		121,6	-99,0	-130,9	3,7	-22,8	45,4	76,2	0,0
Jul	31	182	26,20	13,03	11,66	12,28		125,5	-112,5	-243,3	0,4	-3,3	16,3	109,2	0,0
Ago	31	213	27,40	7,98	11,74	13,14		141,0	-133,1	-376,4	0,0	-0,4	8,3	132,7	0,0
Set	30	244	28,30	0,85	11,89	13,80		155,2	-154,4	-530,7	0,0	0,0	0,9	154,4	0,0
Out	31	274	28,70	8,51	12,06	14,09		141,7	-133,2	-663,9	0,0	0,0	8,5	133,2	0,0
Nov	30	305	28,90	1,86	12,22	14,24		150,3	-148,4	-812,3	0,0	0,0	1,9	148,4	0,0
Dez	31	335	28,90	16,08	12,32	14,24		134,9	-118,8	-931,1	0,0	0,0	16,1	118,8	0,0
TOTAIS			331,2	728,0				1665,9	-937,9			0,0	718,5	947,4	9,5
MEDIAS			28	61				139				± 50	60	79	1

Fonte: Planilha para o cálculo do balanço hídrico normal por Thornthwaite e Mather (1955) DCE-ESALQ/USP desenvolvida por Rolim, Sentelhas e Barbieri (1998), dados FUNCEME e DNOCS.

ANEXO B**Coordenadas e altitudes Postos Pluviométricos (FUNCEME e DNOCS)****Posto Pluviométrico – DNOCS**

Latitude: 5°30'S

Longitude: 38°26'O

Altitude: 115m

Posto Pluviométrico Jaguaretama (código 72) – FUNCEME

Latitude: 5°37'S

Longitude: 38°46'O

Altitude: 118m

Posto Pluviométrico Jaguaribe (código 74) – FUNCEME

Latitude: 5°54'S

Longitude: 38°37'O

Altitude: 122m

ANEXO C

Dados de temperatura do ar e umidade relativa do ar, da estação automática do INMET em Jaguaribe do dia 19/11/2011.

Temperatura do ar (°C) e Umidade relativa do ar (%)

Horas	TEMP(°C)	UR (%)
09:00	24,1	81
10:00	27	66
11:00	31,2	44
12:00	31,2	40
13:00	30,7	40
14:00	32,2	37
15:00	33,5	33
16:00	33,9	30
17:00	36	28
18:00	35,8	28
19:00	34,6	30
20:00	33,6	31
21:00	31,9	35

Dados de temperatura do ar e umidade relativa do ar, da estação automática do INMET em Jaguaribe do dia 10/03/2012.

Temperatura do ar (°C) e Umidade relativa do ar (%)

Horas	TEMP(°C)	UR (%)
09:00	23,5	89
10:00	24,6	82
11:00	27,5	63
12:00	28,9	56
13:00	31	49
14:00	32,7	44
15:00	33	46
16:00	34	46
17:00	33,9	46
18:00	33,9	45
19:00	32,5	48
20:00	31,5	53
21:00	30,4	57

ANEXO D

Dados de temperatura do ar média a 2m das estações meteorológicas automáticas (Castanhão e Jaguaratama) da FUNCEME em 19/11/2002.

Temperatura do ar (°C) média a 2m

Horas	T - Cast	T -Jagua
09:00	31,74	31,83
10:00	33,07	33,48
11:00	35,81	34,66
12:00	37,05	36,14
13:00	38,08	37,48
14:00	39,78	39,06
15:00	40,69	39,53
16:00	41,02	39,59
17:00	39,5	39,31
18:00	35,08	38,11
19:00	31,42	34,84
20:00	29,65	31,73
21:00	28,78	30,3

Dados de umidade relativa do ar média a 2m da estação meteorológica automática (Jaguaratama) da FUNCEME em 19/11/2002.

Umidade relativa do ar (%) média a 2m

Horas	UR - Jaguarat
09:00	64,61
10:00	58,67
11:00	53,87
12:00	48,78
13:00	45,16
14:00	40,46
15:00	38,73
16:00	38,31
17:00	37,49
18:00	38
19:00	55,66
20:00	67,09
21:00	70