

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE FILOSOFIA E CIÊNCIAS HUMANAS
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS GEOGRÁFICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA

**CLIMATOLOGIA COMO FERRAMENTA DE PLANEJAMENTO AGRÁRIO NA
BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO TAPEROÁ**

LUCAS SUASSUNA DE ALBUQUERQUE WANDERLEY

RECIFE, 2016

LUCAS SUASSUNA DE ALBUQUERQUE WANDERLEY

CLIMATOLOGIA COMO FERRAMENTA DE PLANEJAMENTO AGRÁRIO NA BACIA
HIDROGRÁFICA DO RIO TAPEROÁ

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito à obtenção do grau de Mestre em Geografia.

Linha de pesquisa: Dinâmica superficial e climática das paisagens tropicais úmidas e semiáridas.

Orientador: Prof. Dr. Ranyére Silva Nóbrega

RECIFE, 2016

Catálogo na fonte
Bibliotecário Rodrigo Fernando Galvão de Siqueira, CRB-4 1689

W245c Wanderley, Lucas Suassuna de Albuquerque.
Climatologia como ferramenta de planejamento agrário na bacia hidrográfica do Rio Taperoá / Lucas Suassuna de Albuquerque Wanderley. – 2015.
195 f. : il. ; 30 cm.

Orientador: Prof. Dr. Ranyére Silva Nóbrega.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Pernambuco, CFCH.
Programa de Pós-Graduação em Geografia, Recife, 2015.
Inclui referências.

1. Geografia. 2. Climatologia. 3. Bacias hidrográficas - Brasil. 4. Planejamento agrícola. I. Nóbrega, Ranyére Silva (Orientador). II. Título.

910 CDD (22.ed.) UFPE (BCFCH2016-21)



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO - UFPE
CENTRO DE FILOSOFIA E CIÊNCIAS HUMANAS - CFCH
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS GEOGRÁFICAS - DCG
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA - PP GEO**



LUCAS SUASSUNA DE ALBUQUERQUE WANDERLEY

**CLIMATOLOGIA COMO FERRAMENTA DE PLANEJAMENTO AGRÁRIO NA
BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO TAPEROÁ**

Dissertação aprovada, em 15/02/2016, pela comissão examinadora:

Prof. Dr. Ranyére Silva Nóbrega
(1º examinador – orientador – PP GEO/DCG/UFPE)

Prof. Dr. Rômulo Simões Cezar Menezes
(2º examinador – Departamento de Energia Nuclear/UFPE)

Profa. Dra. Vanice Santiago Fragoso Selva
(3ª examinadora – DCG/UFPE)

**RECIFE – PE
2016**

“ É uma paisagem impressionadora. As condições estruturais da terra lá se vinculam à violência máxima dos agentes exteriores para o desenho de relevos estupendos. (...)

Dissociam-se nos verões queimosos; degradam-na nos invernos torrenciais. Vão do desequilíbrio molecular, agindo surdamente, à dinâmica portentosa das tormentas. Ligam-se e completam-se. E consoante o preponderar de uma e de outra, ou o entrelaçamento de ambas, modificam-se os aspectos naturais”

(Euclides da Cunha – Os Sertões)

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais, Ana Rita e Roberto, pelo apoio e pelos ensinamentos da vida. Às minhas irmãs, Júlia e Inês, pelo carinho de sempre.

Ao meu orientador, Ranyére Nóbrega, pela orientação; contribuições e esclarecimentos durante o desenvolvimento da pesquisa.

Aos meus avós, Antônio Carlos, Salete, Ariano e Zélia, que com sabedoria e amor muito influenciaram na minha formação pessoal e intelectual.

Aos meus três mestres sertanejos, Manuel Dantas Vilar Filho, Ariano Suassuna e Germana Suassuna, que com suas visões de mundo souberam representar e apresentar um Sertão Possível, Simbólico e Sagrado.

Aos meus tios, primos-irmãos e amigos os quais sempre foram fundamentais em todos os momentos.

Agradeço à minha namorada, Eduarda, por toda a ajuda, todo amor e empenho na edição do trabalho.

Aos meus amigos do Tropoclima por todo apoio e contribuições.

E por fim, agradeço a todos aqueles que de alguma maneira me ajudaram nessa caminhada.

RESUMO

O clima semiárido do Nordeste Brasileiro representa um desafio para o adequamento das atividades agropecuárias, pois a irregularidade das chuvas associada a um planejamento ineficiente gera vulnerabilidades socioambientais crônicas. Por esta razão, o presente estudo procurou investigar a relação entre a dinâmica climática e os manejos agrários no ambiente semiárido da Bacia Hidrográfica do Rio Taperoá, localizada no centro do estado da Paraíba. Objetivou-se, a partir das relações investigadas, fornecer ferramentas para o planejamento de políticas territoriais de convivência com clima semiárido. Em um primeiro momento, foi realizada uma análise dos centros de ação atmosféricos responsáveis pela escala primária de circulação e produtores dos tipos de tempo sobre a área de estudo. Também foram estudadas as interações da grande escala de circulação atmosférica com as características geográficas locais, responsáveis pelas diferenciações climáticas em escala secundária. Em uma segunda etapa do trabalho procurou-se relacionar dados de produção agropecuária aos de chuva. As correlações lineares de Pearson demonstraram fracas relações da precipitação com o número anual de cabeças de gado e relações mais fortes com dados anuais de produção das lavouras temporárias (milho e feijão), especialmente no setor oriental da bacia. Diante desse fato, foi investigado o suprimento de água das culturas agrícolas de milho e feijão através da relação entre os dados de evapotranspiração mensal dessas plantas e de precipitação. Como complemento a essa abordagem metodológica, a partir de balanços hídricos climáticos e dos cultivos, foi estimada a disponibilidade de água no solo e para cultivo de milho, feijão, Capim Buffel e palma. O milho e o feijão se mostram bastantes vulneráveis à variabilidade pluviométrica na bacia hidrográfica estudada, enquanto o Capim Buffel e palma se mostraram mais eficientes no aproveitamento da água disponível. Na terceira etapa do trabalho procurou-se investigar as adaptações técnicas de duas fazendas, localizadas no alto curso Rio Taperoá, à sazonalidade da chuva durante os anos de 2013 e 2014. Apesar das dificuldades observadas, essas fazendas mantiveram-se produzindo em um período de seca intensa por utilizarem elementos biológicos adaptados, e por desenvolverem tecnologias de planejamento que possibilitaram melhor convívio com a variabilidade da chuva. Os resultados encontrados corroboram a necessidade de um planejamento agrário que considere o ritmo e dinâmica climática, sendo capaz de conservar e promover manejos da terra que valorizem os recursos socioambientais locais.

Palavras chave: Dinâmica Climática, Semiárido, Bacia Hidrográfica, Rio Taperoá, Planejamento Agrário.

ABSTRACT

The Brazilian northeastern semi-arid climate poses a challenge to the adaptation of agricultural activities, as the irregularity of rainfall associated with an inefficient planning generates chronic social and environmental vulnerabilities. For this reason, the present study aimed to investigate the relationship between climate dynamics and agricultural managements in the semiarid environment of the river basin Taperoá, located in the center of the state of Paraíba. The objective was to provide tools for planning territorial policies of coexistence with semiarid climate based on the relations investigated. At first, was performed an analysis of the atmospheric action centers responsible for the primary scale circulation and producers of the types of weather over the area of study. The interactions between the large scale atmospheric circulation and local geographical features, responsible for climate differences at secondary level were also studied. In a second stage of the study, it was sought to relate agricultural production data to those of the rain. The Pearson's linear correlations showed weak links between rainfall and the annual number of cattle and stronger relations with annual production data of temporary crops (corn and beans), especially in the eastern sector of the basin. Given this fact, the water supply of crops of maize and beans were investigated by relating the monthly data from these plants evapotranspiration and precipitation. As a complement to this methodological approach, the water availability in the soil and for the cultivation of maize, beans, Buffel grass and palm was estimated from climatic and crops water balance. Maize and beans were shown to be quite vulnerable to rainfall variability in the studied basin, while Buffel grass and palm were more efficient in the use of available water. In the third stage of the study, it was sought to investigate the technical adjustments of two farms located in the upper reaches of Rio Taperoá, to the rain seasonality during the years 2013 and 2014. Despite the difficulties encountered, these farms remained in producing during a period of intense drought because of using adapted biological elements and developing planning technologies that allowed better contact with the variability of the rain. The results corroborate the need for an agrarian planning that consider the pace and climate dynamics, being able to keep promoting land managements that the use of local environmental resources.

Keywords: Climate Dynamics, Semi-Arid, Basin, Rio Taperoá, Agricultural Management.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Localização da Bacia Hidrográfica do Rio Taperoá e dos postos pluviométricos nela inseridos	45
Figura 2 - Drenagem principal da bacia hidrográfica do Rio Taperoá	46
Figura 3 - (a) Pastagem de Capim Buffel em setembro de 2013 no município de Tpaeroá (b) plantio de milho em março de 2013 no município de Livramento (c) plantio de palma em abril de 2014 no município de Desterro (d) pastagem consorciada a espécies arbóreas da Caatinga em agosto de 2014 no município de Cacimbas	52
Figura 4 - Mapa de uso do solo na Bacia Hidrográfica do Rio Taperoá	53
Figura 5 - Diferentes fisiomas da Caatinga na bacia hidrográfica do Rio Taperoá	56
Figura 6 - Solos da Bacia Hidrográfica do Rio Taperoá	57
Figura 7 - Relevo da Bacia Hidrográfica do Rio Taperoá	59
Figura 8 - Recorte da imagem de satélite (GOES +MSG) que ilustra a atuação da ZCIT no dia 15/03/2009, às 21h GMT	61
Figura 9 - Circulação dos ventos em superfície	62
Figura 10 - Gráfico de temperaturas médias mensais máximas, médias e mínimas (1998-2014) para a Bacia Hidrográfica do Rio Taperoá	68
Figura 11 - Precipitação mensal média (1998-2014) para a Bacia Hidrográfica do Rio Taperoá	69
Figura 12 - Precipitação média anual (1998-2014) da Bacia Hidrográfica do Rio Taperoá	69
Figura 13 - Desvios da precipitação média anual (1998-2014) na Bacia Hidrográfica do Rio Taperoá	70
Figura 14 - Precipitação média (1998-2014) da Bacia Hidrográfica do Rio Taperoá	71
Figura 15 - Regiões pluviométricas da Bacia Hidrográfica do Rio Taperoá	72
Figura 16 - Precipitação mensal média (1998-2014) do posto pluviométrico de Pocinhos	73
Figura 17 - Precipitação média mensal (1998-2014) do posto	74

pluviométrico de Olivedos	
Figura 18 - Precipitação média mensal (1998-2014) do posto pluviométrico de Gurjão	75
Figura 19 - Precipitação média mensal (1998-2014) do posto pluviométrico de São João do Cariri	75
Figura 20 - Precipitação média mensal (1998-2014) do posto pluviométrico de Juazeirinho	76
Figura 21 - Precipitação média mensal (1998-2014) do posto pluviométrico de Junco do Seridó	76
Figura 22 - Precipitação mensal média (1998-2014) do posto pluviométrico de Teixeira	77
Figura 23 - Precipitação mensal média (1998-2014) do posto pluviométrico de Desterro	78
Figura 24 - Evapotranspiração média anual (1998-2014) da Bacia Hidrográfica do Rio Taperoá	79
Figura 25 - Índice de aridez na Bacia Hidrográfica do Rio Taperoá	80
Figura 26 - Coeficientes de variação dos desvios padrão na Bacia Hidrográfica do Rio Taperoá	81
Figura 27 - Índice de anomalia de chuva para o quantil muito seco de 2012 na Bacia Hidrográfica do Rio Taperoá	83
Figura 28 - Índice de aridez para o quantil muito seco de 2012 na Bacia Hidrográfica do Rio Taperoá	83
Figura 29 - Índice de anomalia de chuva para o quantil seco de 2013 na Bacia Hidrográfica do Rio Taperoá	84
Figura 30 - Índice de aridez para o quantil seco de 2013 na Bacia Hidrográfica do Rio Taperoá	85
Figura 31 - Índice de anomalia de chuva para o quantil normal de 2005 na Bacia Hidrográfica do Rio Taperoá	86
Figura 32 - Índice de aridez para o quantil normal de 2005 na bacia Hidrográfica do Rio Taperoá	86
Figura 33 - Índice de anomalia de chuva para o quantil chuvoso de 2000 na Bacia Hidrográfica do Rio Taperoá	87
Figura 34 - Índice de aridez para o quantil chuvoso de 2000 na Bacia	88

Hidrográfica do Rio Taperoá	
Figura 35 - Índice de anomalia de chuva para o quantil muito chuvoso de 2011 na Bacia Hidrográfica do Rio Taperoá	89
Figura 36 - Índice de aridez para o quantil muito chuvoso de 2011 na Bacia Hidrográfica do Rio Taperoá	89
Figura 37 - Índice de correlação linear entre a anomalia de TSM no Oceano Pacífico (região do EL Niño 3) e os dados de precipitação na Bacia Hidrográfica do Rio Taperoá	93
Figura 38 - Índice de correlação linear entre a anomalia de TSM no Oceano Pacífico (região do EL Niño 3.4) e os dados de precipitação na Bacia Hidrográfica do Rio Taperoá	93
Figura 39 - Índice de anomalia de chuva (IAC) para a Bacia Hidrográfica do Rio Taperoá (1998-2014)	94
Figura 40 - Anomalia de TSM no Oceano Pacífico Tropical na região do El Niño 3	95
Figura 41 - Número de cabeças de gado bovino (A), caprino (B) e ovino (C) na Bacia do Rio Taperoá (1998-2014)	97
Figura 42 - Índices de correlação linear de Pearson (r) entre a precipitação dos meses de janeiro a maio, e a produção anual de milho na Bacia Hidrográfica do Rio Taperoá	98
Figura 43 - Índices de correlação linear de Pearson (r) entre a precipitação dos meses de janeiro a maio, e a produção anual de feijão na Bacia Hidrográfica do Rio Taperoá	99
Figuras 44 - Diferença entre a precipitação e a necessidade hídrica para a cultura do feijão (mm) nos meses de fevereiro (A), março (B) e abril (C) no quantil muito seco de 2012	102
Figuras 45 - Diferença entre a precipitação e a necessidade hídrica para a cultura do feijão (mm) nos meses de fevereiro (A), março (B) e abril (C) no quantil seco de 2013	104
Figuras 46 - Diferença entre a precipitação e a necessidade hídrica para a cultura do feijão (mm) nos meses de fevereiro (A), março (B) e abril (C) no quantil normal de 2005	106
Figuras 47 - Diferença entre a precipitação e a necessidade hídrica para a	108

cultura do feijão (mm) nos meses de fevereiro (A), março (B) e abril (C) no quantil chuvoso de 2000	
Figuras 48 - Diferença entre a precipitação e a necessidade hídrica para a cultura do feijão (mm) nos meses de fevereiro (A), março (B) e abril (C) no quantil muito chuvoso de 2011	110
Figuras 49 - Diferença entre a precipitação e a necessidade hídrica para a cultura do milho (mm) nos meses de janeiro (A), fevereiro (B), março (C), abril (D) e maio (E) no quantil muito seco de 2012	113
Figuras 50 - Diferença entre a precipitação e a necessidade hídrica para a cultura do milho (mm) nos meses de janeiro (A), fevereiro (B), março (C), abril (D) e maio (E) no quantil seco de 2013	116
Figuras 51 - Diferença entre a precipitação e a necessidade hídrica para a cultura do milho (mm) nos meses de janeiro (A), fevereiro (B), março (C), abril (D) e maio (E) no quantil normal de 2005	119
Figuras 52 - Diferença entre a precipitação e a necessidade hídrica para a cultura do milho (mm) nos meses de janeiro (A), fevereiro (B), março (C), abril (D) e maio (E) no quantil chuvoso de 2000	122
Figuras 53 - Diferença entre a precipitação e a necessidade hídrica para a cultura do milho (mm) nos meses de janeiro (A), fevereiro (B), março (C), abril (D) e maio (E) no quantil muito chuvoso de 2011	125
Figura 54 - Balanço hídrico normal; deficiência, excedente, retirada e reposição médios (1998 – 2014) para o posto de Olivados	129
Figura 55 - Gráficos do balanço hídrico de Thorntwaite do posto de Olivados, contendo os valores de deficiência, excedente, retirada e excedente hídrico dos quantis de precipitação muito seco (A), seco (B), normal (C), chuvoso (D) e muito chuvoso (E)	132
Figura 56 - Gráfico do balanço hídrico; deficiência, excedente, retirada e reposição hídrica para o posto de Teixeira no período de 1998 a 2014	134
Figuras 57 - Gráficos do balanço hídrico de Thorntwaite do posto de Teixeira, contendo os valores de deficiência, retirada e excedente hídrico dos quantis de precipitação muito seco (A), seco (B), normal (C), chuvoso (D) e muito chuvoso (E)	137
Figura 58 - Evapotranspiração média mensal dos cultivos (mm) e	140

precipitação média mensal (mm) para a Bacia Hidrográfica do Rio Taperoá no período de 1998 a 2014	
Figura 59 - Deficiência hídrica média mensal (mm) para os cultivos de milho, feijão, Capim Buffel e palma na Bacia Hidrográfica do Rio Taperoá no período de 1998 a 2014	142
Figura 60 - Armazenamento hídrico no solo (mm) para os cultivos de milho, feijão, Capim Buffel e palma na Bacia Hidrográfica do Rio Taperoá no período de 1998 a 2014	143
Figura 61 - Precipitação pluviométrica anual da Fazenda Barra Juá (1995 - 2014)	149
Figura 62 - Precipitação média mensal (mm) da série climatológica e precipitação mensal do ano de 2013 na Fazenda Barra do Juá, Cacimbas-PB	154
Figura 63 - Carta de superfície (A) e imagem no canal infravermelho do satélite GOES-12 (B)	155
Figuras 64 - Enchente repentina do rio Desterro às 7 h 00 min do dia 21 de Janeiro (A) e o leito do rio já seco às 16 h 00 min do dia 22 de janeiro (B) na Fazenda Barro do Juá, Cacimbas-PB	156
Figura 65 - Anomalia mensal de TSM em fevereiro de 2013	156
Figuras 66 - Carta de superfícies (A) e imagem no canal infra vermelho do satélite GOES-12 (B)	157
Figuras 67 - Aspecto da vegetação de Caatinga durante o mês de outubro (A) e o gado se alimentando de bagaço de cana-de-açúcar (B) na Fazenda Barra do Juá, Cacimbas-PB	158
Figuras 68 - Carta de superfícies (A) e imagem no canal infra vermelho do satélite GOES-12 (B)	159
Figuras 69 - Processo de voçorocamento resultante das chuvas de dezembro (A) e Drenagem de riacho efêmero com grande quantidade de sedimentos em suspensão (B) na Fazenda Barro do Juá, Cacimbas-PB	160
Figuras 70 - Parte do açude no mês de novembro (A) e mesma parte do açude após as chuvas de dezembro (B) na Fazenda Barra do Juá, Cacimbas-PB	160
Figura 71 - Chuva mensal (2014) e média mensal (1995-2014) na Fazenda	163

Barra do Juá, Cacimbas-PB	
Figuras 72 - Imagem de satélite GOES no canal infravermelho (A) e carta sinótica de superfície (B) e carta de altitude a 250 hPa (C)	164
Figuras 73 - Imagem de satélite GOES no canal infravermelho (A) e carta sinótica de superfície (B) e carta de altitude a 250 hPa (C)	165
Figura 74 - Pastagem de Capim Buffel em fevereiro de 2014 na Fazenda Barra do Juá, Cacimbas-PB	166
Figuras 75 - Imagem de satélite GOES no canal infravermelho (A) e imagem de satélite GOES no canal realçado (B) no dia dezanove de fevereiro de 2014	167
Figuras 76 - Posição média da ZCIT durante os meses de fevereiro (A) e março (B) de 2014	167
Figuras 77 - Imagem de satélite GOES no canal realçado (A) e carta sinótica de superfície (B) e temperatura de brilho mínima das nuvens GOES (C)	168
Figura 78 - Gado se alimentando de forragens produzidas a partir da irrigação com a água acumulada no açude na Fazenda Barra do Juá, Cacimbas-PB	170
Figuras 79 - Imagem realçada GOES para a América do Sul (A) e imagem realçada GOES para a Região Nordeste (B)	171
Figura 80 - Imagem GOES no canal realçado para a Região Nordeste (A) e imagem GOES infravermelho para a América do Sul (B)	172
Figuras 81 - Imagem GOES no canal infravermelho (A) e carta sinótica de superfície (B)	172
Figuras 82 - Pastagem durante o período chuvoso (abril de 2014) e no período seco (novembro de 2014) na Fazenda Barra do Juá, Cacimbas-PB	173
Figura 83 - Precipitação pluviométrica anual da fazenda Carnaúba (1978-2014)	176
Figura 84 - Chuva mensal (2014) e média mensal (1978-2014) na Fazenda Carnaúba, Taperoá-PB	178
Figuras 85 - Bagaço de cana hidrolisado (A), palma (B), bezerro se alimentando de pastagem seca de Capim Buffel (C) e vacas se alimentando de bagaço de cana (D) na Fazenda Carnaúba, Taperoá-PB	179

Figura 86 - Estágios iniciais do plantio de palma em novembro de 2013 na Fazenda Carnaúba, Taperoá-PB	181
Figura 87 - Chuva mensal (2014) e média mensal (1995-2014) na Fazenda Carnaúba, Taperoá-PB	182
Figura 88 - Crescimento progressivo do palmal adensado em fevereiro (A), abril (B), setembro (C) e novembro (D) na Fazenda Carnaúba, Taperoá-PB	183
Figura 89 - Armazenamento mensal (ARM) e deficiência hídrica (DEF) mensal de água no solo durante o ano de 2014 para os cultivos de palma na Fazenda Carnaúba, Taperoá –PB	184
Figura 90 - Colheita do feno de Capim Buffel (A e B) e pastagem (C) no final de maio de 2014 na Fazenda Carnaúba, Taperoá-PB	184
Figura 91 - Armazenamento mensal e deficiência hídrica no solo para os cultivos de Capim Buffel na fazenda Carnaúba no ano de 2014, Taperoá-PB	186

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Postos pluviométricos da Bacia Hidrográfica do Rio Taperoá	34
Tabela 2 - Classes quantílicas para a Bacia Hidrográfica do Rio Taperoá	36
Tabela 3 - Classes de intensidade do Índice de Anomalia de Chuva	37
Tabela 4 - Classificação Climática de acordo com o índice de aridez	38
Tabela 5 - Estágios de desenvolvimento do milho e seus respectivos valores de Kc	40
Tabela 6 - Estágios de desenvolvimento do feijão e seus respectivos valores de Kc	41
Tabela 7 - Índices socioeconômicos dos municípios da bacia hidrográfica do Rio Taperoá: Índice de Desenvolvimento Humano (IDH), Densidade demográfica (Habitantes/Km ²), População Urbana (%), População rural (%), participação relativa da agropecuária, indústria e serviços no PIB	47
Tabela 8 - Área ocupada pelos diferentes tipos de uso do solo na Bacia Hidrográfica do Rio Taperoá	53
Tabela 9 - Quantis para os valores médios anuais de precipitação na Bacia Hidrográfica do Taperoá	82
Tabela 10 - Índice de correlação linear de Pearson (r) entre as anomalias de TSM, no Oceano Pacífico (níveis 3, 3.4 e 4), Atlântico (GRADT) e os dados pluviométricos da Bacia Hidrográfica do Rio Taperoá, e índices de significância estatística (p)	91
Tabela 11 - Temperatura média (T), precipitação média (P), evapotranspiração potencial média (ETP), armazenamento hídrico médio no solo (ARM) para CAD=100 mm, alteração do armazenamento (ALT), evapotranspiração real média (ETR), deficiência hídrica média (DEF) e excedente hídrico médio (EXC) para o posto de Olivedos no período de 1998 a 2014	130
Tabela 12 - Temperatura média (T), precipitação média (P), evapotranspiração potencial média (ETP), armazenamento hídrico no solo médio (ARM) para CAD=100 mm, alteração do armazenamento média (ALT), evapotranspiração real média (ETR), deficiência hídrica média (DEF) e excedente hídrico média (EXC) para o posto de Teixeira no	135

período de 1998 a 2014

Tabela 13 - Número de espécies e indivíduos, densidade, fisionomia da 150
vegetação e relevo das áreas de onde foram coletadas as amostras vegetais
da Fazenda Barra do Juá

Tabela 14 - espécies e número de indivíduos identificados nas áreas 151
amostrais da Fazenda Barra do Juá

Tabela 15 - síntese dos mecanismos produtores de chuvas: sistemas 161
meteorológicos, ocorrências diárias, volume de chuva, volume de chuva
percentual e média diária na Fazenda Barra do Juá, Cacimbas-PB

Tabela 16 - síntese sobre os mecanismos produtores de chuvas: sistemas 174
meteorológicos, ocorrências diárias, volume de chuva, volume de chuva
percentual e média diária na Fazenda Barra do Juá, Cacimbas-PB

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

OMM	Organização Meteorológica Mundial
FAO	Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação
IAC	Índice de Anomalia de Chuva
IA	Índice de Aridez
AESA	Agência Executiva de Gestão de Águas da Paraíba
GOES	Geostationary Satellite Server
TSM	Temperatura da Superfície do Mar
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IDW	Inverse Distance Weighting
CPTEC	Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
SRTM	Shuttle Radar Topography Mission
IDH	Índice de Desenvolvimento Humano
GRADT	Gradiente de Temperatura do Atlântico
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
ZCIT	Zona de Convergência Intertropical
DOL	Distúrbio Ondulatório de Leste
VCAN	Vórtice Ciclônico de Ar Superior
ASAS	Anticiclone Semifixo do Atlântico Sul
ASAN	Anticiclone Semifixo do Atlântico Norte
ZCOU	Zona de Convergência de Umidade
ZCAS	Zona de Convergência do Atlântico Sul
LI	Linha de Instabilidade
MEC	Massa Equatorial Continental
MEA	Massa Equatorial Atlântica

MTA	Massa Tropical Atlântica
ODP	Oscilação Decadal Pacífico
ETC	Evapotranspiração das Culturas
ETP	Evapotranspiração Potencial
ETR	Evapotranspiração Real
EXC	Excedente Hídrico
DEF	Deficiência Hídrica
ARM	Armazenamento Hídrico
CAD	Capacidade de Armazenamento de Água no Solo

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	21
2	OBJETIVOS	24
2.1	OBJETIVO GERAL	24
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	24
3	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	25
3.1	O ESTUDO DO CLIMA NA GEOGRAFIA	25
3.2	CLIMA E AGROPECUÁRIA NOS TRÓPICOS SEMIÁRIDOS	29
3.3	AS SECAS	31
4	MATERIAIS E MÉTODOS	34
4.1	RECONHECIMENTO DA ÁREA DE ESTUDO	34
4.2	DINÂMICA CLIMÁTICA NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO TAPEROÁ	34
4.2.1	Quantis	36
4.2.2	Índice de Anomalia de Chuva (IAC)	36
4.2.3	Índice de aridez (Ia)	37
4.2.4	Coefficiente de correlação linear de Pearson (r)	38
4.3	ESPACIALIZAÇÃO DOS ÍNDICES	39
4.4	MANEJOS AGRÁRIOS E RELAÇÃO COM A VARIABILIDADE CLIMÁTICA	39
4.4.1	Necessidade hídrica das culturas	40
4.4.2	Balanco Hídrico	41
4.5	DISCUSSÃO SOBRE OS MANEJOS AGRÁRIOS	43
4.5.1	Ritmo pluviométrico e os manejos agrários	43
4.5.2	Trabalhos de campo	44
5	CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	45
5.1	ASPECTOS SOCIOECONÔMICOS	46
5.2	HISTÓRICO DE OCUPAÇÃO	48
5.3	USO DA TERRA E COBERTURA VEGETAL	50
5.4	SOLOS	56
5.5	GEOMORFOLOGIA	58
6	DINÂMICA CLIMÁTICA DA REGIÃO NORDESTE	60

6.1	VARIABILIDADE CLIMÁTICA INTERANUAL E AS INTERAÇÕES OCEANO-ATMOSFERA	64
7	CLIMATOLOGIA DA BACIA DO RIO TAPEROÁ	67
7.1	AS REGIÕES PLUVIOMÉTRICAS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO TAPEROÁ	72
7.1.1	Evapotranspiração e índice de aridez	78
7.2	VARIABILIDADE INTERANUAL DA PRECIPITAÇÃO NA BACIA DO TAPEROÁ	81
7.3	INTERAÇÕES OCEANO-ATMOSFERA E A VARIABILIDADE DA PRECIPITAÇÃO NA BACIA DO TAPEROÁ	90
8	DESAFIOS DA PRODUÇÃO AGROPECUÁRIA NO AMBIENTE SEMIÁRIDO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO TAPEROÁ	96
8.1	PECUÁRIA E VARIABILIDADE PLUVIOMÉTRICA	96
8.2	AGRICULTURA E A VARIABILIDADE PLUVIOMÉTRICA	97
8.2.1	Necessidade hídrica das culturas agrícolas	100
8.2.1.1	Necessidade hídrica do feijão	100
8.2.1.2	Necessidade hídrica do milho	111
8.2.2	Balanco hídrico climático	128
8.2.2.1	Olivedos	129
8.2.2.2	Teixeira	134
8.2.3	Balanco hídrico das culturas agrícolas	139
8.3	POSSIBILIDADES PARA O MANEJO AGRÁRIO EM AMBIENTES SEMIÁRIDOS	143
9	O RITMO PLUVIOMÉTRICO E O MANEJO AGRÁRIO	148
9.1	FAZENDA BARRA DO JUÁ	148
9.1.1	Uso da terra e vegetação	149
9.1.2	O ritmo pluviométrico e o manejo agrário no ano de 2013	153
9.1.2.1	Síntese dos principais mecanismos produtores de chuva	161
9.1.3	Ritmo pluviométrico e manejos agrários no ano de 2014	162
9.1.3.1	Síntese dos principais mecanismos produtores de chuva	174
9.2	FAZENDA CARNAÚBA	175
9.2.1	Uso da Terra e Vegetação	176

9.2.2	O ritmo pluviométrico e os manejos agrários no ano de 2013	178
9.2.3	O ritmo pluviométrico e os manejos agrários no ano de 2014	181
10	CONSIDERAÇÕES FINAIS	187
	REFERÊNCIAS	189

1 INTRODUÇÃO

Nos ambientes rurais, sobretudo no semiárido, o clima é o aspecto mais relevante para planejar o desenvolvimento das atividades socioeconômicas. A variabilidade climática é capaz de produzir danos socioambientais em regiões onde não há eficiência técnica adequada para conviver com as flutuações do clima. Por esta razão, o estudo dos parâmetros atmosféricos é fundamental para garantir o emprego de manejos agrários coerentes com as características sociais e ecológicas das diversas unidades de paisagem, de maneira a minimizar os efeitos negativos da variabilidade climática.

Nos países de clima tropical, como o Brasil, a agropecuária assume destaque entre as atividades econômicas e sua produtividade está relacionada aos elementos climáticos. Entre esses elementos, aquele que mais influencia a produção agropecuária das regiões tropicais do planeta é a chuva. A variabilidade e sazonalidade da precipitação nessas regiões requer planejamento para o desenvolvimento adequado do setor agropecuário, com objetivo de garantir maior eficiência no convívio com o clima. Tal planejamento deve envolver estudos climatológicos e previsão do tempo, bem como técnicas de manejo da terra.

Nas regiões tropicais áridas e semiáridas do planeta a irregularidade pluviométrica se manifesta de maneira mais intensa. Por esta razão, esses locais representam desafios ainda maiores na tentativa de desenvolver políticas agrárias e manejos da terra adequados. Países como Brasil, Índia, Austrália, Senegal e Etiópia têm apresentado dificuldades no convívio com a variabilidade pluviométrica. O desenvolvimento de manejos sustentáveis que possibilitem a sobrevivência digna das populações ainda é um grande desafio nas áreas tropicais secas do planeta.

Entre as áreas secas do planeta, destaca-se o Semiárido da região Nordeste do Brasil, pela sua grande peculiaridade climática e problemas crônicos de caráter socioeconômico. É banhado ao norte pelo Oceano Atlântico, a leste faz fronteira com a Zona da Mata (caracterizada por um clima quente e úmido do Nordeste oriental) e a oeste com áreas de clima tropical semiúmido e equatorial. Apesar de sua localização, essa região não apresenta um regime pluviométrico característico das áreas de mesma latitude do planeta; possui uma distribuição pluviométrica bastante irregular no espaço e no tempo, com uma curta estação chuvosa e intensa variabilidade interanual.

No semiárido brasileiro, as políticas públicas não foram capazes de garantir melhores condições de convivência com o clima para os produtores rurais. As secas cíclicas dessa

região causam grandes prejuízos socioeconômicos; o manejo predominante de agricultura sazonal, “de sequeiro” e a pecuária extensiva de baixa produtividade são bastante vulneráveis aos episódios de escassez de chuva, ou à ocorrência de veranicos durante o período chuvoso.

A Bacia Hidrográfica do Rio Taperoá, localizada no centro do estado da Paraíba, está inserida nesse contexto do semiárido brasileiro, em que a intensa variabilidade pluviométrica e a conjuntura socioeconômica representam grandes desafios ao desenvolvimento territorial. O recorte espacial da bacia é marcado por uma diferenciação paisagística resultante da associação entre o arranjo do relevo, a distribuição pluviométrica, diferentes fisionomias da Caatinga e os distintos usos da terra. Apesar das grandes potencialidades de uso da terra, existe uma intensa vulnerabilidade socioambiental em toda extensão da bacia, desde as regiões de clima semiárido severo no setor oriental até as áreas subúmidas secas da Serra do Teixeira.

Os modelos de uso da terra predominantes na bacia do Taperoá não conseguem se adequar aos ciclos biofísicos do ambiente e, por isso, não são capazes de garantir condições propícias ao convívio das comunidades agrárias com o ambiente semiárido. Nesse sentido, a vulnerabilidade das comunidades agrárias está associada ao modelo tradicional de uso da terra na Bacia do Taperoá (agricultura de sequeiro e uma pecuária extensiva de baixa produtividade) e, assim como em grande parte do semiárido brasileiro, reflete a falta de um planejamento coerente com o ritmo pluviométrico local.

No entanto, existem tentativas de desenvolver manejos agrários que buscam conviver com os ciclos físicos ambientais do semiárido brasileiro. Nesse sentido, destacam-se iniciativas de uso da terra como a proposta da Fazenda Carnaúba, localizada no município de Taperoá, no centro da bacia hidrográfica de mesmo nome, pelo trabalho de desenvolver um manejo agrário baseado na valorização de elementos biológicos adaptados ao clima semiárido, apresentando-se como um modelo de referência.

Diante das questões introduzidas, fica evidente a importância de desenvolver estudos que possam compreender e contribuir com os manejos agrários que buscam se adequar aos ciclos biofísicos e características socioeconômicas das diferentes unidades de paisagem do semiárido brasileiro. Eventos naturais extremos, como as grandes secas no semiárido nordestino, resultam em desastres humanos por conjunturas sociais e evitar esses desastres requer prevenção e planejamento. Para alcançar tais objetivos, é necessário desenvolver estudos que determinem a intensidade, periodicidade, duração e distribuição geográfica dos fenômenos climáticos, e que auxiliem no desenvolvimento de tecnologias e práticas de convivência com a variabilidade climática.

Nesse sentido, o presente trabalho está estruturado em três capítulos que objetivam compreender aspectos da relação entre as atividades agropecuárias e os manejos agrários na Bacia Hidrográfica do Rio Taperoá. Com isso, espera-se fornecer conhecimentos úteis ao planejamento das atividades agrárias.

A primeira parte do trabalho consiste de uma revisão de literatura dos principais temas abordados, dos materiais e métodos utilizados no trabalho, dos objetivos geral e específicos e, por fim, de uma caracterização da área de estudo, na qual procurou-se conhecer as principais características da bacia hidrográfica do Rio Taperoá, tais como: localização, aspectos socioeconômicos, uso do solo, vegetação, solos e geomorfologia.

Com ênfase em uma abordagem dinâmica do clima, a segunda parte objetivou fazer uma caracterização climatológica da bacia hidrográfica, bem como investigar as principais causas da variabilidade pluviométrica em distintas escalas espaço-temporais.

Na terceira parte, procurou-se relacionar os dados de produtividade agropecuária aos dados climáticos, na tentativa de entender como a variabilidade do clima afeta as atividades agrárias na área de estudo. Além disso, discutiu-se algumas possibilidades de uso da terra diante dos desafios apresentados.

E, por fim, a quarta parte foi constituída de uma análise rítmica da precipitação em escala local, no intuito de investigar as adaptações técnicas e os manejos da terra em duas fazendas como resposta às mudanças sazonais nos padrões de chuva.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Compreender a relação entre a dinâmica pluviométrica e os manejos agrários no ambiente semiárido da Bacia do Rio Taperoá, no estado da Paraíba, na tentativa de fornecer informações que auxiliem o desenvolvimento de políticas territoriais de convivência com o clima.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a) Analisar a dinâmica climática na Bacia do Rio Taperoá;
- b) Diagnosticar o efeito da variabilidade pluviométrica sobre a produção agropecuária;
- c) Analisar o ritmo pluviométrico local em duas fazendas que buscam desenvolver técnicas de convivência com o clima;
- d) Compreender manejos da terra empregados no convívio com o clima semiárido;
- e) Identificar os principais êxitos e desafios dos manejos estudados.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 O ESTUDO DO CLIMA NA GEOGRAFIA

O interesse pelos estudos sobre o clima no Brasil cresce bastante, pois se trata de um elemento natural dinâmico com grande influência sobre as atividades humanas. Por esta razão, é tema central em muitos trabalhos nos ambientes rurais ou urbanos que buscam abordar questões ambientais, econômicas e até políticas (SANT'ANNA NETO, 2003).

A incorporação de metodologias geográficas ao estudo dos fenômenos atmosféricos por cientistas como Carlos Augusto de Figueiredo Monteiro, João Lima Sant'Anna Neto e Francisco Mendonça abre espaço para estudos cada vez mais integrados na compreensão da complexa relação entre homem e natureza. Por esta razão, a geografia é uma ciência com grandes possibilidades no desenvolvimento do tema.

Sant'Anna Neto (1998) comenta que o clima sempre foi um componente natural importante na vida do homem. Segundo esse autor, tal fato se justifica pela influência que os fenômenos atmosféricos exercem nas atividades diárias do ser humano, por isso existe uma vasta produção científica que se encarrega de compreender os fenômenos climáticos, suas causas, suas variações no tempo e no espaço. Nesse sentido, o autor ainda afirma que na geografia o clima assume um papel na organização do espaço, por suas características dinâmicas, sendo capaz de influenciar todo o planeta e, conseqüentemente, as ações humanas.

Segundo Sant'Anna Neto (2003), os estudos climatológicos no Brasil tiveram seu nascimento fortemente ligado às ciências naturais, por sua vez influenciadas pelas concepções humboldtianas de sua Teoria Geral da Terra. Para este autor, três obras publicadas no final do século XIX e início do século XX foram pioneiras em climatologia no Brasil. Tratam-se dos trabalhos de Henrique Morize (1889), Draenert (1896) e Delgado de Carvalho (1917), pois esses estavam preocupados com uma proposta de classificação e buscavam uma síntese, o que contribuiu com os trabalhos de Koppen.

No entanto, os trabalhos mais expressivos da geografia no Brasil tiveram destaque a partir da década de 1930. Esses estudos eram produzidos pelos principais centros de pesquisa geográfica do país, as universidades e o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), os quais contribuíram bastante para a disseminação de abordagens metodológicas dessa ciência. Nesse período, a geografia possuía um caráter político expressivo, pois para a sua afirmação procurava determinar as divisões territoriais nacionais, no intuito de estabelecer as

regiões geográficas administrativas através de um levantamento extenso das características do território nacional.

Nesse contexto, destacaram-se pesquisadores brasileiros como Fábio de Macedo Soares Guimarães, Lysia Maia Cavalcanti Bernardes e Edmond Nimer, que contribuíram no conhecimento dos tipos climáticos para o estudo de uma climatologia regional, calcada nos pressupostos positivistas da escola francesa lablacheana. No período, havia no país muitos pesquisadores estrangeiros e outros brasileiros que estudaram em países da Europa. Entre eles, Ary França, geógrafo que inovou os estudos de climatologia com a introdução de ideias de cientistas franceses como Max Sorre e Jean Tricart, as quais resultaram em metodologias diferenciadas na análise climática por considerarem a ocorrência de tipos de tempo na sua sucessão habitual.

Nesse sentido, alguns autores como Pédelabore (1970 apud BARROS; ZAVATTINNI, 2009) e Monteiro (1969, 1971, 1976, 2001) se preocuparam em levar adiante o paradigma legado por Sorre (1951). Essa preocupação de incorporar na análise geográfica do clima conceitos de sucessão habitual dos tipos de tempo foi fundamental para desenvolver estudos em climatologia dinâmica.

A partir da década 1950, os estudos elaborados pelo IBGE foram direcionados para o planejamento urbano e regional, vinculados à política desenvolvimentista do governo brasileiro. Nesse momento, os trabalhos geográficos foram bastante influenciados pela filosofia neopositivista, que trazia grande preocupação com a elaboração e aplicação de conceitos matemáticos para compreender as condições climáticas.

Durante o período do pós-guerra, as ciências de uma maneira geral foram bastante influenciadas pelo grande avanço técnico-científico, e a ciência geográfica procurava uma afirmação, buscando uma aplicabilidade através de conceitos matemáticos. Durante a década de 1960, a geografia brasileira passa a ser pautada nos fundamentos matemáticos e estatísticos, analisando a realidade com forte vínculo tecnicista, fase conhecida como Geografia Quantitativa.

Esse período trouxe importantes contribuições para a climatologia geográfica com a obtenção de imagens de satélite, desenvolvimento da física (especialmente a termodinâmica) e com a inserção de importantes pressupostos teórico-metodológicos, como a teoria geral dos sistemas, trabalhada na geografia física por autores como Christofolletti e Monteiro. Para Christofolletti (1980) 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 desses conceitos.

Sant'Anna Neto (2003) destaca que, a partir das mudanças metodológicas na climatologia geográfica, alguns pesquisadores (como Serra, Ratisbonna e França) já procuravam trabalhar a gênese dos processos atmosféricos. Mas foi Carlos Augusto Figueiredo Monteiro que, através dessas contribuições sobre a influência da perspectiva teórica e metodológica da análise sistêmica, elaborou estudos sobre a organização climática no Brasil. Para isso, incorporou os pressupostos teóricos de Emmanuel de Martone, que associava grandes grupos climáticos pelo comportamento qualitativo, como também considerou em seus estudos a classificação genética de Strahler, a qual se baseava na dinâmica das massas de ar.

Portanto,

Desde a mudança de paradigma, a partir da aceitação dos pressupostos teóricos de SORRE e do legado de MONTEIRO, a climatologia geográfica no Brasil tem sido eficiente na compreensão e explicação dos mecanismos da circulação atmosférica regional e dos sistemas produtores dos tipos de tempo (SANT' ANNA NETO, 1998, p. 121).

No Brasil, Monteiro foi o grande disseminador dos estudos climatológicos com caráter dinâmico, os quais foram desenvolvidos a partir das teorias de circulação atmosférica e das ideias de Sorre, o que resultou numa explicação da gênese do ritmo dos estados de tempo. A partir de então, Monteiro lançou bases metodológicas que muito influenciam os estudos na climatologia geográfica. Em 1971, desenvolveu o método dos anos padrão, através do qual procurou verificar a duração e a sequência das condições chuvosas e secas e a frequência dos principais sistemas atmosféricos responsáveis pela gênese das chuvas sobre determinado recorte territorial. Além disso, utilizou a análise estatística descritiva que abrangia técnicas de medidas centrais (média, mediana e moda) e medidas de variabilidade ou dispersão (como o desvio padrão, variância e quartis).

Diante dos pressupostos metodológicos aprimorados por Monteiro, os trabalhos mais recentes na climatologia geográfica, como observou Ely (2006), têm mostrado uma preocupação em fazer a análise qualitativa dos dados climatológicos associados a uma análise estatística, procurando superar o conceito tradicional de clima que valoriza a média dos elementos atmosféricos. Essa análise qualitativa representa o estudo da gênese regional e local do clima, a qual foi possibilitada a partir da incorporação das teorias físicas da termodinâmica dos fluidos para compreensão da atmosfera, resultante do grande avanço científico do século XX.

Portanto, o desenvolvimento da física e da química e as novas tecnologias como sensoriamento remoto, incorporados à análise climática, trouxeram abordagens teóricas e metodológicas que possibilitaram uma investigação da gênese dos fenômenos climáticos. Sobre o estudo da gênese climática, Monteiro (1971) destaca que o conhecimento do clima em escala local requer uma investigação prévia a respeito da circulação atmosférica regional, pois a influência dos fatores geográficos dentro de uma região vai diferenciar os climas locais.

Além da análise da dinâmica atmosférica e do ritmo climático, o estudo do clima na geografia se preocupa em inserir as questões socioeconômicas. Mendonça (1991) argumenta que a geografia é a única ciência humana a ter em conta o quadro natural do planeta, e daí surge a grande problemática epistemológica e metodológica dessa ciência.

Alguns estudiosos do clima na geografia, como Francisco Mendonça e João Lima Sant'Anna Neto, têm se dedicado a uma análise social em climatologia. Para isso, partem do princípio de que a geografia deve buscar entender a organização da sociedade na relação com o espaço, sendo o arranjo desse espaço resultado da relação entre homem e natureza. Portanto, a climatologia geográfica, segundo esses autores, deve ter o compromisso de estudar os efeitos do clima sobre o ordenamento da sociedade no espaço.

A ciência geográfica apresenta ferramentas metodológicas importantes para o desenvolvimento de estudos integrados, os quais possam contemplar o ritmo e a gênese climática, bem como as questões socioeconômicas: clima urbano, clima e saúde, clima e agricultura.

Nessa perspectiva de análise, Sant'Anna Neto (2008) propõe um estudo da geografia do clima, pretendendo atingir questões teórico-metodológicas de cunho neopositivista e neokantiano para a construção de uma abordagem que incorpore a dimensão social à interpretação do clima na perspectiva da análise geográfica. Com isso o autor pretende atingir também dimensões socioeconômicas e ambientais afetadas pelo clima, para compreender a influência dos fenômenos atmosféricos e dos padrões climáticos na estruturação do território e no cotidiano da sociedade.

Sant'Anna Neto parte dos pressupostos metodológicos da Climatologia Rítmica de Carlos Augusto de Figueiredo Monteiro, que por sua vez está baseada nos conceitos de clima de Marx Sorre. As inovações metodológicas propostas por Monteiro trouxeram importantes maneiras de abordagem do clima na geografia, principalmente no que se refere à escala de abordagem dos fenômenos, o que deu a origem a uma climatologia geográfica. Sant'Anna Neto (2008) destaca dois importantes aspectos para o avanço do estudo de uma Geografia do Clima: o primeiro se refere ao instrumental tecnológico, sem o qual não se conseguiria

imprimir novas possibilidades de análise; o segundo aspecto trata da necessidade de se incorporar a dimensão social na interpretação do clima na geografia.

A abordagem do clima pela geografia apresenta quatro temas principais: clima urbano, clima e agricultura, clima e saúde e mudanças climáticas. O tema agroclimatológico em geografia propõe que os trabalhos analisem o clima como um recurso econômico no processo de produção agrícola, através da territorialização de tecnologia e das políticas públicas (SANT'ANNA NETO, 2008).

Apesar da crescente incorporação do tema climático pela geografia nos últimos anos, ainda são relativamente escassos os estudos que incorporam tais aparatos teórico-metodológicos referentes à climatologia geográfica aplicada ao mundo rural e em especial ao semiárido brasileiro. Diante dos pressupostos de uma climatologia geográfica, um estudo que busque compreender as relações do uso da terra e a dinâmica climática, como maneira de contribuir com o planejamento territorial, deve considerar as práticas de manejo da terra, a estrutura social e o ritmo climático, na tentativa de fornecer informações para o desenvolvimento de políticas territoriais.

3.2 CLIMA E AGROPECUÁRIA NOS TRÓPICOS SEMIÁRIDOS

Sant'Anna Neto (1998) afirma que a grande irregularidade das chuvas nas áreas tropicais muitas vezes diminui a eficiência da produção agrícola em função de um planejamento equivocado, baseado em tecnologias inadequadas ou em zoneamentos que desconsideram o ritmo climático na composição dos agrossistemas.

Singh et al (2013), ao investigarem as abordagens na avaliação da vulnerabilidade à seca nas regiões tropicais semiáridas da Índia, enfatizaram que a maior parte da população do semiárido indiano é mal equipada para lidar com as adversidades climáticas. E que esse fato se deve à baixa capacidade técnica e atuação ineficientes de mecanismos institucionais. De maneira semelhante, Shiferaw et al (2014) identificaram condições socioeconômicas bastante sensíveis à variabilidade climática na África Subsaariana. Esses autores afirmam que por conta de uma dependência econômica e alimentar de uma agricultura de sequeiro (sazonal) cerca de 60% dessa região, às margens do Saara, é vulnerável às frequentes secas.

Experiências na Austrália têm demonstrado progresso no desenvolvimento de políticas de convivência com as secas. Com a implementação da Política Nacional da Seca, em 1992, a seca passa a ser entendida como parte do ambiente australiano e tratada como risco produtivo

do setor agrícola. Nessa perspectiva, esse fenômeno passa a ser compreendido como uma interação de fatores climáticos, biológicos, hidrológicos, econômicos e sociais. Os êxitos da política nacional da Austrália estiveram relacionados a uma maior aproximação entre a ciência e os produtores rurais, o que possibilitou maior capacidade de previsão do tempo, conhecimento do clima e planejamento, melhores condições técnicas para os fazendeiros e um ajuste adequado das linhas de crédito rural (HOWDEN et al, 2014).

Marengo (2005) e Ab´Saber (2003), ao estudarem a região semiárida do Nordeste Brasileiro, destacam que as chuvas apresentam grande irregularidade espacial e temporal, e que mesmo durante a estação chuvosa é comum a ocorrência de períodos secos, os quais podem provocar fortes danos à agricultura de subsistência. Estudos como os de Ab´Saber (1999) e Silva (2006) têm mostrado que a fragilidade política e social diante das flutuações climáticas no semiárido brasileiro gera situações de vulnerabilidade das comunidades agrárias, uma vez que os períodos cíclicos de secas extensas causam impactos relevantes na base produtiva do semiárido.

Gutiérrez et al (2013), ao estudarem o planejamento para as secas no Brasil, observaram que as políticas públicas empregadas não foram capazes de suprir as necessidades de abastecimento hídrico nem de solucionar os problemas sociais. Esses autores destacam que as últimas secas, assim como as anteriores, agravam problemas sociais através do endividamento dos agricultores, migração, doenças e desnutrição.

Andriucci et al (2002) destacam que o campo brasileiro tem sofrido grandes transformações socioeconômicas nos últimos 50 anos. Esses novos arranjos espaciais tem impactado a produção agrícola e as comunidades nas diversas regiões do país, principalmente a partir da chamada “Revolução Verde”, com grande desenvolvimento tecnológico aplicado à produção. No entanto, algumas áreas do território brasileiro encontram-se à margem desse desenvolvimento tecnológico, como grande parte do semiárido nordestino.

A convivência com o clima semiárido no Brasil ainda representa um grande desafio socioeconômico, especialmente para homem do campo. A ineficiência das políticas públicas, muitas vezes descompassadas da realidade socioambiental do semiárido, e a falta de apoio técnico-institucional voltado para a convivência com o clima agravam a condição de vulnerabilidade dos sertanejos às variabilidades climáticas, mais notadamente à variabilidade pluviométrica. Portanto, a grande irregularidade das chuvas, principalmente durante as grandes secas, agrava problemas sociais e políticos (AB´SABER, 2003).

Apesar dos grandes desafios existentes, Suassuna (2007) destaca que manejos do uso da terra têm obtido sucesso no Cariri paraibano, especificamente no município de Taperoá.

Nesse contexto, a fazenda Carnaúba tem mostrado que o cultivo da palma e a fenação de forragens como o capim búffel e do *Urocloa* são alternativas viáveis. Ao mesmo tempo, a criação de um gado resistente e de dupla aptidão (carne e laticínios) oriundo dos desertos da Índia e de pequenos ruminantes (caprinos e ovinos), tem possibilitado a sobrevivência digna do homem na região.

Martins et al. (2013), em experimento realizado no município de Taperoá, demonstraram a importância dos agroecossistemas no manejo agrário para o semiárido. Para este autor, os coeficientes de variabilidade pluviométrica acima de 30%, como ocorrem no semiárido, indicam ambientes pouco estáveis para a prática agrícola, e por isso é importante manter as espécies arbóreas como maneira de conservar os recursos e possibilitar maior estabilidade na produção de Biomassa. A introdução de árvores no sistema, segundo o autor, confere maior resiliência aos cultivos associados diminuindo os efeitos da variabilidade ambiental.

Sampaio et al. (2009) destacam que os modelos de cultivo tradicionais de grãos (milho, feijão e mandioca) são, em sua maioria, insustentáveis, pois o modelo tradicional está associado a práticas predatórias e a utilização de espécies vegetais dependentes de regularidade hídrica. Por esta razão, a intensa variabilidade no clima e os impactos a ela relacionados geram flutuações ambientais (perda de água no solo, erosão) que afetam negativamente a produção dessas culturas. Para este autor, nos sistemas biológicos com alta variabilidade de água é importante diversificar a produção e as fontes de renda para amenizar o efeito das flutuações ambientais ocasionadas pelo clima.

Apesar das crescentes preocupações e do desenvolvimento de estudos em relação aos manejos da terra no semiárido, ainda há necessidade de ampliar as perspectivas metodológicas e epistemológicas de abordagem do tema. Na Bacia do Rio Taperoá, os distintos modelos de produção e convívio com a variabilidade pluviométrica demonstram as desigualdades espaciais no preparo técnico e acúmulo de conhecimento diante das secas severas. O modelo de produção predominante e as políticas ineficientes e descontínuas formam um ciclo trágico de perdas socioeconômicas a cada ano seco, que merece ser repensado a partir de uma análise socioambiental capaz de estabelecer políticas territoriais contínuas de convivência com o ambiente semiárido.

3.3 AS SECAS

A seca pode ser compreendida como um complexo perigo natural, caracterizado por múltiplos parâmetros climáticos, hidrológicos e socioeconômicos. O perigo é a ameaça de um

evento que ocorre naturalmente e possui efeito negativo sobre as pessoas e o ambiente (MISHRA e SINGH, 2010). Segundo Maradola Jr. e Hogan (2004), para que um fenômeno natural venha a ser considerado um perigo, além de desequilibrar fisicamente o sistema deve ocasionar danos à população, estando esse conceito relacionado à relação homem – natureza. Por esta razão, é preciso entender que as secas resultam da associação entre fatores atmosféricos, oceânicos e locais, tais como: a demanda por água e características socioambientais.

Esse estudo integrado possibilita compreender as vulnerabilidades através de uma abordagem de gestão de risco. Anéas de Castro (2000) afirma que o conceito de risco inclui a probabilidade de ocorrência de um evento natural ou antrópico e a vulnerabilidade, já o perigo é a ocorrência ou ameaça de ocorrência de um evento e se refere a um fenômeno concreto ou em potencial.

As definições de seca podem variar de acordo com o parâmetro utilizado para descrever o fenômeno. A Organização Meteorológica Mundial (OMM, 1986) define a seca como uma intensa e prolongada deficiência na precipitação. A Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO, 1983) define a seca como um perigo – e pode ser caracterizado como a porcentagem de anos onde as culturas agrícolas não produzem como consequência da diminuição da umidade. Em virtude das diversificadas perspectivas de análise e abordagem, a seca pode ser classificada de diversas maneiras.

A seca meteorológica é definida como uma diminuição da precipitação sobre uma região por um período de tempo. Nessa forma de abordagem, a precipitação é comumente utilizada para caracterizar o fenômeno (PINKEYE, 1966 e CHANG, 1991).

A seca hidrológica está relacionada a um período de escassez de água superficial e subterrânea, para o uso do recurso em um determinado sistema de gestão. Para o estudo desse tipo de seca, os dados de vazão são amplamente utilizados; nesse caso, a geologia é um dos principais fatores de influência (CLAUSEN e PEARSON, 1995).

A seca agrícola é referente a um período com declínio na umidade do solo e consequentemente quebra de safra. A diminuição da umidade no solo está relacionada a diversos fatores, relacionados às secas meteorológica e hidrológica que afetam a evapotranspiração real e potencial. É importante destacar que a demanda de água pelas plantas depende das condições do tempo, características biológicas e do tipo de solo. As cactáceas, por exemplo, são plantas bastante resistentes ao estresse hídrico.

Além dessas classificações, existe a seca socioeconômica relacionada à insuficiência de sistemas hídricos para atender a demanda pelo líquido. Por isso, ocorre quando a demanda

por um bem econômico excede a oferta no abastecimento de água, resultando em um déficit de abastecimento relacionado ao clima (MISHRA e SINGH, 2010).

As secas têm ocasionado um número crescente de impactos nas últimas décadas em todo o planeta, Kogan (1997) estimou que metade da superfície da Terra fosse susceptível à ocorrência de secas. Bryant (1991) considerou a seca como o fenômeno natural mais impactante ao classificar tais fenômenos quanto ao grau de perigo que representavam. Para isso, utilizou critérios como duração do evento, extensão da área afetada, perda de vidas, perdas econômicas, impacto a longo prazo e ocorrência de perigos relacionados.

Wilhite (2000) destacou que as secas diferem de outros perigos naturais de diversas maneiras, pois é difícil determinar o início e fim de um episódio de seca, já que muitos dos impactos ocorrem de maneira lenta e progressiva, podendo alguns se estender por anos após o término do ciclo seco. Além disso, os impactos das secas não são, em sua maioria, estruturais e podem estar distribuídos por uma área bastante extensa. Por isso, a quantificação do impacto e a provisão para o socorro das vítimas é mais difícil quando comparada a outros perigos naturais.

Como agravante, muitas atividades humanas podem intensificar o efeito das secas, como por exemplo: atividade agrícola excessiva, desmatamento predatório, exploração intensa da água, aumento da erosão e perda de fertilidade dos solos. Todos esses manejos inadequados da terra e dos recursos disponíveis podem afetar negativamente a capacidade da terra de capturar e armazenar umidade.

Para avaliar o efeito das secas, foram criados diversos índices que comumente são as variáveis mais utilizadas para definir parâmetros como intensidade, duração, gravidade e extensão espacial. Os índices devem ser selecionados de acordo com o direcionamento do estudo, considerando que todos possuem vantagens e deficiências. Entre os índices se destacam o de Palmer (Palmer, 1965), o Índice de Anomalia de Chuva (IAC; Rooy, 1965), o Índice de Umidade na Cultura (IUC –Palmer, 1968), o Índice de Penmam, 1948, o Índice de Thornthwaite, 1948, entre outros.

Diante de tais pressupostos teóricos, a incorporação do estudo das secas pela geografia deve ocorrer através de um viés de gestão de risco, que considere o ritmo climático e as vulnerabilidades socioambientais, resultantes da relação entre o homem e a natureza. Portanto, torna-se essencial a procura por um estudo que associe as abordagens físicas e socioambientais.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 RECONHECIMENTO DA ÁREA DE ESTUDO

A primeira etapa do trabalho consistiu em um mapeamento da área de estudo e levantamento do referencial teórico com o intuito de identificar as características naturais e socioeconômicas da Bacia Hidrográfica do Rio Taperoá. A partir de então, puderam ser compreendidas as relações existentes entre os fenômenos geográficos e estabelecidos os critérios de análise.

É importante ressaltar que a identificação das características geográficas da bacia hidrográfica estudada permitiu uma visão integrada entre os elementos formadores da paisagem. A relação entre clima, geomorfologia, vegetação, hidrografia e os usos da terra forma peculiaridades socioambientais em escalas distintas.

4.2 DINÂMICA CLIMÁTICA NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO TAPEROÁ

O estudo da dinâmica climática foi essencial para conhecer os principais mecanismos produtores dos tipos de tempo na área estudada. Esta maneira de abordar o clima permite ao pesquisador uma capacidade analítica integradora entre os fenômenos climáticos no espaço, bem como gera discussões importantes para o planejamento das atividades socioeconômicas.

Para execução desta etapa do trabalho, foram coletados dados mensais de precipitação da Agência Executiva de Gestão de Águas do Estado da Paraíba (AESAs) referentes ao período de 1998-2014. Os dados de temperatura foram estimados com a utilização do software Estima-T, fornecido pelo Departamento de Ciências Atmosféricas da Universidade Federal de Campina Grande (DCA – UFCG). Na tabela 1 é possível observar os dados referentes aos vinte e dois postos utilizados no estudo.

Tabela 1 - Postos pluviométricos da Bacia Hidrográfica do Rio Taperoá

Postos	Latitude	Longitude	Altitude (m)	Precipitação média (mm)	Temperatura média (°C)
Assunção	-7,0764	-36,732	574	544,6	23,4
Boa Vista	-7,2575	-36,238	485	417,4	23,2
Cabaceiras	-7,4922	-36,287	401	437,7	24,1
Cacimbas	-7,2114	-37,058	635	821,9	22,9
Desterro	-7,2903	-37,088	600	667,0	23,2

Postos	Latitude	Longitude	Altitude (m)	Precipitação média (mm)	Temperatura média (°C)
Gurjão	-7,2478	-36,489	492	488,5	23,5
Juazeirinho	-7,0683	-36,58	555	520,2	23,1
Junco do Seridó	-6,995	-36,713	594	585,8	22,8
Livramento	-7,3761	-36,949	587	599,4	23,2
Olivedos	-6,9886	-36,244	557	407,8	22,6
Parari	-7,3178	-36,653	476	545,5	23,7
Pocinhos	-7,0778	-36,059	652	401,0	22
Santo André	-7,2214	-36,631	500	563,2	23,6
São João do Cariri	-7,3825	-36,529	460	545,5	23,8
São José dos Cordeiros	-7,3908	-36,806	529	560,2	23,6
Serra Branca	-7,4819	-36,66	488	495,8	23,7
Soledade	-7,0608	-36,362	525	428,3	23,2
Soledade 2	-7,1769	-36,486	509	454,8	23,3
Taperoá	-7,2164	-36,828	545	624,2	23,5
Taperoá 2	-7,2186	-36,726	511	494,0	23,6
Teixeira	-7,2217	-37,25	769	828,2	22
Tenório	-6,9408	-36,629	605	505,8	22,8

Fonte: AESA e Estima-T (DCA/UFCG).

O Estima-T é um software que foi desenvolvido para estimar as temperaturas do ar na Região Nordeste do Brasil. Para isso, a região foi dividida em setores distintos e para cada um deles foram estabelecidos os coeficientes da função quadrática para as temperaturas média, máxima e mínima mensal em função das coordenadas locais (Cavalcanti & Silva, 2000).

O estudo da dinâmica pluviométrica da bacia envolveu uma discussão teórica sobre os principais centros de ação e massas de ar que determinam os tipos de tempo na bacia do rio Taperoá, e análises de imagens do Geostationary Operational Environmental Satellite (GOES-13) no canal infravermelho, a fim de identificar tais sistemas atmosféricos.

Em seguida, foram estudadas as diferenciações climáticas existentes no interior da bacia hidrográfica: através da identificação dos distintos regimes pluviométricos e térmicos existentes, resultantes da associação entre os elementos da escala primária de circulação atmosférica e aqueles da escala secundária, ou fatores geográficos do clima como altitude e disposição do relevo.

Para estudar a variabilidade interanual, foram calculados alguns índices na bacia hidrográfica: médias anuais de precipitação da bacia, Quantis, Índice de Anomalia de Chuva, Índice de Aridez.

Por fim, foi investigada a relação entre a variabilidade da precipitação na Microrregião do Cariri e a Anomalia de Temperatura da Superfície do Mar (ATSM) nos oceanos Atlântico

e Pacífico Tropicais, para o período de dados disponíveis (1998-2014). Para isso, foram calculados índices de correlação linear para os diferentes setores da área de estudo e foi feita a espacialização desses índices de correlação para identificar as áreas que sofreram maior ou menor influência dessas ATSMs sobre a precipitação na escala temporal estudada. No entanto, trata-se de uma abordagem preliminar, que exige investigação posterior mais aprofundada.

4.2.1 Quantis

Os quantis foram calculados para as médias anuais de precipitação da bacia com base na metodologia proposta por Pinkayan (1966) e Xavier (2007). O objetivo dessa abordagem metodológica foi determinar uma distribuição de frequência representativa do comportamento pluviométrico na área de estudo, evitando o apego excessivo às análises das médias.

Para a análise técnica dos quantis foram utilizadas cinco classes (muito seco, seco, normal, chuvoso e muito chuvoso) em escala anual (tabela 2), utilizadas para a sistematização dos dados e para a obtenção de valores normais ou habituais de chuva, representados pelos quantis Q (0,15), Q (0,35), Q (0,50), Q (0,65), Q (0,85).

Tabela 2 - Classes quantílicas para a Bacia Hidrográfica do Rio Taperoá

15%	35%	50%	65%	85%
←	←	↔	→	→
Muito seco	Seco	Normal	chuvoso	Muito chuvoso
267,2	410,3	558,0	635,6	827,2

4.2.2 Índice de Anomalia de Chuva (IAC)

O Índice de Anomalia de Chuva (IAC) identifica a variabilidade das chuvas em relação à condição normal de precipitação da região estudada. A utilização desse índice permitiu avaliar as classes de variação da precipitação, bem como representou uma possibilidade de quantificação normalizada dos desvios pluviométricos. Nessa perspectiva, o

IAC foi calculado por meio das equações 1, para anomalias positivas que são valores acima da média e equação 2, para anomalias negativas que são valores abaixo da média, com base na metodologia proposta por Rooy (1965) e adaptada por Freitas (2004 e 2005).

$$\text{IAC} = 3 \times \left[\frac{(N - \bar{N})}{(\bar{M} - \bar{N})} \right] \text{ equação 1,}$$

$$\text{IAC} = -3 \times \left[\frac{(N - \bar{N})}{(\bar{X} - \bar{N})} \right] \text{ equação 2,}$$

Em que,

N = precipitação anual (mm),

\bar{N} = precipitação média anual da série (mm),

\bar{M} = média das 10 maiores precipitações anuais da série (mm), e

\bar{X} = média das 10 menores precipitações anuais da série (mm).

A partir do cálculo do Índice de Anomalia de Chuva, foi estabelecida uma classificação para anos úmidos e anos secos utilizada por Araújo et al. (2009), com base em Freitas (2004 e 2005), conforme a tabela 3:

Tabela 3 - Classes de intensidade do Índice de Anomalia de Chuva

	Faixa do IAC	Classe de Intensidade
Índice de Anomalia de Chuva (IAC)	De 4 acima	Extremamente úmido
	2 a 4	Muito Úmido
	0 a 2	Úmido
	0 a -2	Seco
	-2 a -4	Muito Seco
	De -4 abaixo	Extremamente Seco

4.2.3 Índice de aridez (Ia)

O cálculo do índice de aridez foi proposto por Thornthwaite, e determina a relação entre as taxas de evapotranspiração e de precipitação. Portanto, funciona como um índice complementar ao IAC no monitoramento das secas ou eventos chuvosos, já que avalia o grau de aridez para uma determinada escala temporal. A partir deste índice é possível estabelecer classes climáticas de acordo com o grau de aridez (tabela 4).

Tabela 4 - Classificação Climática de acordo com o índice de aridez

Classes Climáticas	Índice de Aridez
Hiperárido	<0,05
Árido	0,05 < 0,20
Semiárido	0,21 < 0,50
Subúmido Seco	0,51 < 0,65
Subúmido Úmido	>0,65

Fonte: MATALLO JUNIOR, 2003.

O índice de aridez pode ser calculado pela seguinte fórmula:

$$Ia = Pr/ETP$$

em que, Ia – representa o índice de aridez, Pr – corresponde à precipitação anual e ETP – evapotranspiração potencial.

4.2.4 Coeficiente de correlação linear de Pearson (r)

A correlação linear foi utilizada no trabalho em etapas distintas. A primeira objetivou avaliar a relação entre as anomalias de TSM (Pacífico e Atlântico tropicais) e dados de precipitação, e a segunda procurou relacionar dados de produção agropecuária aos de precipitação. Em ambos os casos, foram utilizadas as somas dos dados de precipitação do período chuvoso, entre janeiro e maio, para a série de dados disponíveis (1998-2014).

No caso dos índices de anomalia de TSM, foram utilizados dois períodos, o primeiro, assim como para os dados de precipitação, considerou valores médios referentes ao período chuvoso sobre a bacia hidrográfica. O segundo considerou as médias dos índices de anomalia de TSM dos seis meses antecedentes da estação chuvosa (para o El Niño/ La Niña) e três meses antecedentes (para o Gradiente do Atlântico). Essa distinção nas escalas temporais estudadas foi sugerida por outros autores como Aragão (1998), como consequência do tempo de resposta da circulação atmosférica às anomalias de TSM, bem como pela escala de influência dos fenômenos investigados: global (El Niño/ La Niña) ou regional (Gradiente do Atlântico).

O 'r' é um índice que varia entre -1,0 e 1,0, indica o grau de dependência linear entre dois conjuntos de dados e foi calculado com auxílio do software Excel 2010. Quanto mais forte é a relação entre as variáveis, mais próximo estará o índice dos limites de variação.

Índices positivos indicam uma correlação positiva, diretamente proporcional; enquanto índices negativos indicam correlação negativa, inversamente proporcional. O coeficiente de correlação do momento de produto Pearson (r) pode ser calculado através da seguinte fórmula:

$$r = \frac{\sum (x - x_1)(y - y_1)}{\sqrt{\sum (x - x_1)^2 \sum (y - y_1)^2}}$$

Onde X_1 e Y_1 são as médias de amostra das matrizes correlacionadas.

Para a amostra utilizada no presente estudo, a significância estatística de 95% é alcançada com valores de 'r' iguais ou superiores a 0,48, ou menores ou iguais a -0,48.

4.3 ESPACIALIZAÇÃO DOS ÍNDICES

Com objetivo de analisar os dados coletados e sua distribuição no espaço, foram elaborados mapas do IAC e Ia para todos os anos da série (1998-2014) utilizando o software Arcgis 10.2. A técnica estatística espacial empregada foi a Interpolação através do Inverso Ponderado da Distância (*Inverse Distance Weighting – IDW*), que estima valores para pontos desconhecidos a partir da soma ponderada dos valores de N pontos conhecidos. Tendo sido selecionado por não estimar dados maiores ou menores que os dados originais (LANDIM, 2000), o IDW é definido na equação seguinte:

$$Z = \frac{\sum_{i=1}^n h_{ij} \frac{z_i}{\beta}}{\sum_{i=1}^n h_{ij} \frac{1}{\beta}}$$

Onde Z é o valor interpolado para o nó da grade, Z_i é o valor do ponto amostrado vizinho ao nó, h_{ij} é a distância entre o nó da grade, β é o expoente de ponderação e n o número de pontos amostrados utilizados.

4.4 MANEJOS AGRÁRIOS E RELAÇÃO COM A VARIABILIDADE CLIMÁTICA

Os dados de produção agropecuária foram obtidos do banco de dados do IBGE e consistiram em quantidade produzida anualmente para o período de 1998-2014, na agricultura (lavouras de feijão e milho) e pecuária (número de cabeças de gado anual). Esses dados foram espacializados e, em seguida, foram calculados os índices de correlação linear de Pearson com objetivo de avaliar a intensidade da relação existente entre os dados climáticos e a produção agropecuária.

4.4.1 Necessidade hídrica das culturas

Com intuito de calcular a necessidade hídrica das culturas, foi utilizado o método proposto pela Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO, 1979) e BROUWER & HEIBLOEN (1986). Nessa perspectiva metodológica, a necessidade hídrica das culturas agrícolas é definida como a quantidade de água necessária para suprir a perda por evapotranspiração. Sendo assim, é preciso conhecer o valor da evapotranspiração de uma determinada cultura agrícola (ETc), que pode ser obtida através da seguinte fórmula:

$$ETP \times Kc = ETc$$

Onde

ETP corresponde a evapotranspiração de referência (mm/dia, mês, ano) e Kc é o fator de cultura, o qual depende do tipo de cultura, estágio de crescimento e clima. Para determinar o Kc é necessário conhecer a duração do período total de desenvolvimento de uma determinada cultura agrícola, bem como seus estágios de desenvolvimento.

O cálculo da ETc para o milho, cujo ciclo de desenvolvimento possui duração de cinco meses, foi calculado a partir dos dados apresentados na tabela 5.

Tabela 5 - Estágios de desenvolvimento do milho e seus respectivos valores de Kc

Milho	Estágio 1	Estágio 2	Estágio 3	Estágio 4
Duração (dias)	20	30	60	40
Kc	0,35	0,75	1,10	0,65

Fonte: FAO, 1979.

O cálculo da ETc para o feijão, que possui ciclo de desenvolvimento de três meses, foi feito a partir dos dados apresentados na tabela 6.

Tabela 6 - Estágios de desenvolvimento do feijão e seus respectivos valores de Kc

Feijão	Estágio 1	Estágio 2	Estágio 3	Estágio 4
Duração (dias)	15	25	25	10
Kc	0,35	0,70	1,10	0,30

Fonte: FAO, 1979.

A partir da evapotranspiração das culturas, foi feito um mapeamento através da interpolação dos dados referentes à disponibilidade hídrica para as culturas agrícolas de milho e feijão (lavouras temporárias mais comuns na região), relacionando esses dados aos volumes de precipitação mensal nos anos correspondentes aos Quantis muito secos, secos, normais, úmidos e muito úmidos. Como o período de maiores valores médios de precipitação mensal está compreendido entre janeiro e maio, considerou-se, para o milho, o início do plantio no mês de janeiro (ciclo de desenvolvimento de cinco meses), e para o feijão, no mês de fevereiro (ciclo de desenvolvimento de três meses). Esse mapeamento serviu como avaliação prévia para aptidão dessas culturas diante do suprimento ou não da perda de água por evapotranspiração pelo volume de chuva mensal.

4.4.2 Balanço Hídrico

Com a finalidade de complementar as análises feitas a respeito dos valores de água requisitados pelas culturas agrícolas, foi calculado o Balanço Hídrico pelo método de Thornthwait e Mather (1955). O objetivo desse procedimento é monitorar o armazenamento de água depositado e retirado do solo, avaliando a disponibilidade hídrica no mesmo em variadas escalas de tempo sendo, portanto, uma ferramenta importante no planejamento agrário.

Como o objetivo deste procedimento é determinar o armazenamento de água no solo (ARM), é necessário saber qual é o volume máximo de água que o solo estudado pode reter, denominado Capacidade Máxima de Água Disponível (CAD). No presente estudo, considerou-se a capacidade de armazenamento no solo (CAD) igual a 100 mm, como maneira de facilitar o estudo comparativo entre distintas áreas no interior da bacia hidrográfica do Taperoá.

Resolver o balanço hídrico de um solo significa resolver uma equação de continuidade hídrica no mesmo, assumindo a condição de que nesse sistema há apenas o movimento vertical da água, a variação do armazenamento é a entrada menos a saída de água do sistema:

$$\Delta A = E - S$$

Diante disso, toda água que entre no sistema provém de Precipitação (P), enquanto a que sai é atribuída à evapotranspiração, e a água que percola abaixo do sistema radicular das plantas é denominada de excedente (EXC). Assim pode relacionar as variáveis da seguinte forma:

$$P - (ETR - EXC) = \Delta A$$

A partir dos dados de entrada de precipitação e temperatura, puderam ser obtidos os valores de evapotranspiração potencial (ETP), para se chegar aos valores de água disponível no solo (ARM), alteração do armazenamento de água no solo (ΔA), evapotranspiração real (ETR) e excedente hídrico (EXC). Além da ΔA e do EXC, a determinação da ETP e ETR permite estimar a deficiência hídrica (DEF), definida como:

$$DEF = ETP - ETR$$

ETP – representa a evapotranspiração potencial estimada em uma superfície de referência;

ETR – é a evaporação real, aquela que realmente ocorre em função da disponibilidade de água no solo;

ARM – é a quantidade de água disponível, armazenada, no solo;

DEF – é a deficiência hídrica no solo, a falta de água;

EXC- quantidade de água que excede a capacidade de armazenamento do solo, e é perdida por percolação (drenagem profunda ou escoamento na superfície).

Para compreensão do Balanço Hídrico é importante compreender que a água no solo está sujeita à ação de diversas forças. A tensão superficial é a força responsável pela atração das partículas de solo e as moléculas da água, a força gravitacional percola a água no solo, e a força de sucção das raízes é aquela exercida para retirada de água do solo pelas plantas. Em um solo saturado, predomina a atuação da força gravitacional, no entanto à medida que o mesmo perde água há tendência de aumentar a força de resistência à retirada de água pelas plantas, que é definida pelo balanço entre as forças de tensão superficial e a de sucção das raízes.

4.5 DISCUSSÃO SOBRE OS MANEJOS AGRÁRIOS

Diante das abordagens técnicas apresentadas até então na Bacia Hidrográfica do Rio Taperoá, esse item procurou trazer discussões a respeito das possibilidades de uso da terra no ambiente semiárido, como alternativas ao modelo tradicional. Nesse sentido, foram investigadas propostas que consideram as características socioambientais em suas práticas de manejo, ou seja, aquelas que adotam usos racionais dos recursos disponíveis de maneira a respeitar as limitações técnicas e sociais, bem como os ciclos físico-químicos ambientais.

4.5.1 Ritmo pluviométrico e os manejos agrários

Nessa etapa do trabalho procurou-se estudar o ritmo pluviométrico, com base na metodologia desenvolvida por Monteiro (1971) e os manejos agrários desenvolvidos em duas fazendas, durante os anos de 2013 e 2014. Essas fazendas (localizadas nos municípios de Taperoá e Cacimbas, ambos no alto curso da Bacia Hidrográfica do Rio Taperoá) foram selecionadas pela proposta de utilizar elementos biológicos adaptados ao ambiente semiárido.

Optou-se por estudar o ritmo da chuva, pois este é o elemento climático que apresenta maior variabilidade ao longo do tempo e, pela escassez ou inexistência de dados diários referentes à pressão atmosférica, umidade relativa do ar, temperatura, direção e velocidade dos ventos.

A análise rítmica da precipitação implica uma análise diária, incluindo o caráter dinâmico da atmosfera (estudo dos centros de ação e massas de ar). Por isso, foi preciso instalar pluviômetros nas localidades e, analisar imagens de satélite GOES-13 no canal infravermelho e as cartas sinóticas de superfície e altitude (CPTEC/INPE), a fim de identificar os principais sistemas atmosféricos condicionantes dos tipos de tempo.

As informações a respeito dos manejos agrários foram adquiridas através dos trabalhos de campo realizados. Portanto, esses trabalhos ocorreram em períodos distintos (a cada três meses) dos anos com objetivo de acompanhar a mudança no emprego das técnicas no convívio com a variação sazonal do clima.

4.5.2 Trabalhos de campo

Na fazenda Barra do Juá, os trabalhos de campo consistiram em um acompanhamento sistemático das atividades desenvolvidas na fazenda, bem como do ritmo pluviométrico nos anos de 2013 e 2014. Para isso, foi preciso planejar as visitas em épocas distintas ao longo desses anos, a fim de verificar as estratégias de manejo diante da mudança sazonal nos padrões de chuva, e instalar um pluviômetro (Oregon Scientific) para acompanhar a ocorrência das chuvas. Por estas razões, foram feitas quatro visitas por ano com duração de uma semana cada.

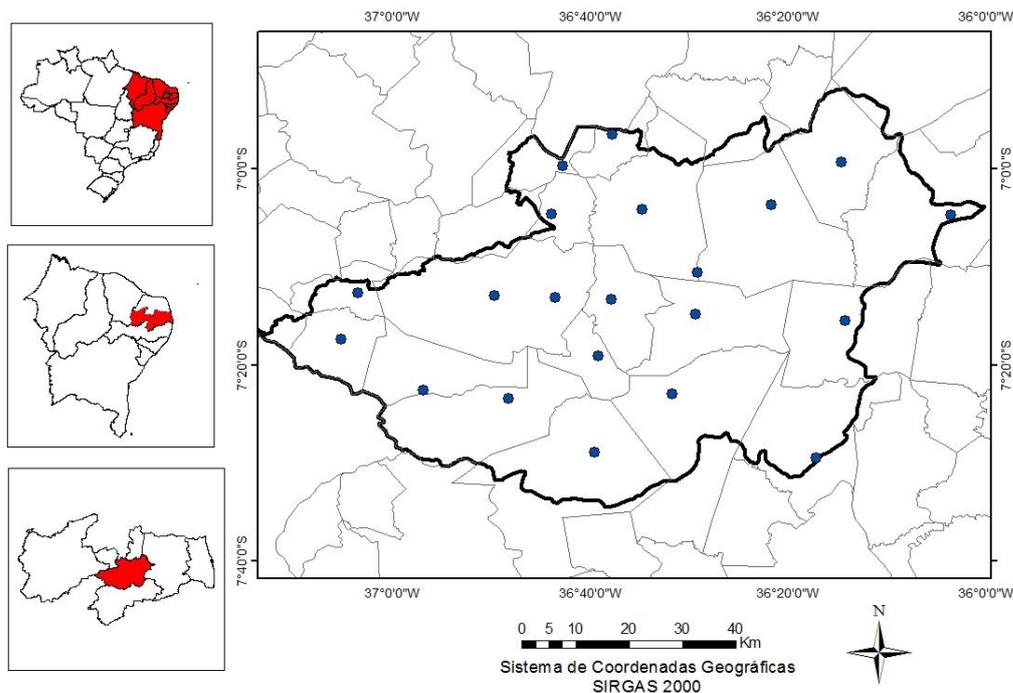
Optou-se por fazer um reconhecimento das potencialidades de uso da terra na fazenda, principalmente no que se refere à variedade de espécies nativas da Caatinga. Foram escolhidas quatro áreas da fazenda onde se percebeu diferenciações paisagísticas e de fisionomia da vegetação para se realizar uma contagem de espécies, para isso delimitou-se um quadrante de 20 m x 20 m em cada uma dessas áreas com objetivo de contabilizar as espécies lenhosas com altura superior ou igual a 1,5 m. Esse trabalho ocorreu durante o período chuvoso (março/abril de 2013), pois a presença das folhas tornou mais fácil a identificação das espécies.

Na Fazenda Carnaúba, foi feito o mesmo número de trabalhos de campo, no entanto, pela proximidade entre as duas fazendas (cerca de 18 km) e pequena diferenciação climática, foi preferível dar maior ênfase ao trabalho desenvolvido na seleção de animais adaptados ao clima semiárido (caprinos, bovinos e ovinos). Além disso, foram acompanhadas, assim como na área anterior, as técnicas utilizadas para atravessar os dois anos secos estudados.

5 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A Bacia do Rio Taperoá está localizada na parte central do estado da Paraíba (figura 1) e possui uma área de aproximadamente 5700 km², estando completamente inserida no Semiárido Brasileiro. Sua área inclui vinte e um municípios, sete microrregiões do estado (Campina Grande, Curimataú, Seridó Oriental Paraibano, Seridó Ocidental Paraibano, Cariri Oriental, Cariri Ocidental e Serra do Teixeira) e três mesorregiões (Agreste, Borborema e Sertão).

Figura 1 - Localização da Bacia Hidrográfica do Rio Taperoá e dos postos pluviométricos nela inseridos

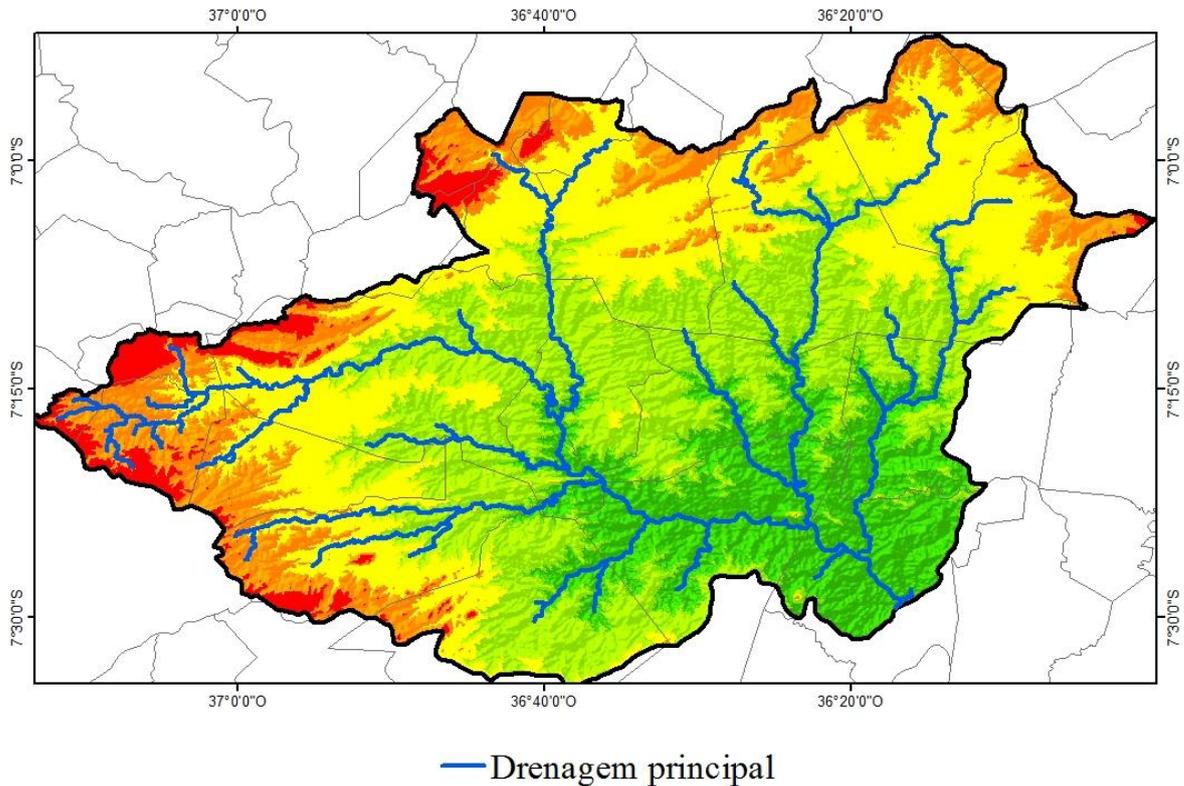


Fonte: adaptado AESA/IBGE. Organizado pelo autor

O Rio Taperoá nasce na Serra do Teixeira, se desloca de noroeste para sudeste (figura 2) e possui sua foz no rio Paraíba. Exatamente em sua confluência com o rio Paraíba, foi construído o açude Epitácio Pessoa ou Boqueirão, responsável por abastecer a região metropolitana de Campina Grande, importante área urbana do interior nordestino. Por estar localizada numa região semiárida, todos os cursos fluviais da bacia hidrográfica do Taperoá são intermitentes e apresentam vazões bastante irregulares.

As subbacias que compõem a Bacia Hidrográfica do Rio Taperoá são as dos riachos: Serra Branca, Desterro, Farias, Livramento, Silva, dos Cordeiros, do Mucutu, Boa Vista e Soledade.

Figura 2 - Drenagem principal da bacia hidrográfica do Rio Taperoá



Fonte: adaptado de SRTM; AESA (2011); IBGE (2010). Organizado pelo autor

5.1 ASPECTOS SOCIOECONÔMICOS

O conhecimento dos aspectos socioeconômicos é fundamental para planejar e gerir políticas territoriais. Tais informações precisam ser consideradas, pois as políticas e ações desenvolvidas devem estar correntes com a realidade social da área estudada. No caso das atividades agrárias, os manejos da terra empregados devem considerar essas questões no desenvolvimento de tecnologias e práticas acessíveis à maior parte da população.

A tabela 7 apresenta os dados relativos às características socioeconômicas dos municípios que estão parcialmente ou totalmente inseridos na Bacia Hidrográfica do Rio Taperoá.

Tabela 7 - Índices socioeconômicos dos municípios da bacia hidrográfica do Rio Taperoá: Índice de Desenvolvimento Humano (IDH), Densidade demográfica (Habitantes/Km²), População Urbana (%), População rural (%), participação relativa da agropecuária, indústria e serviços no PIB

Municípios	IDH	Hab/Km ²	Populaçã o urbana (%)	Populaçã o rural (%)	Agropecuári a (%) do PIB	Indústri a (%) do PIB	Serviço s (%) do PIB
Assunção	0,609	27,86	80%	20%	5,84	12,26	81,89
Boa Vista	0,649	13,07	51%	49%	4,97	57,09	37,93
Cabaceiras	0,611	11,2	44%	56%	11,46	18,64	69,88
Cacimbas	0,523	53,85	24%	76%	3,43	11,78	84,78
Desterro	0,58	44,5	61%	39%	4,40	13,44	82,15
Gurjão	0,625	9,2	67%	33%	8,20	15,45	76,33
Juazeirinho	0,567	35,88	54%	46%	2,96	15,41	81,61
Junco do Seridó	0,617	38,98	65%	35%	2,87	12,97	84,15
Livramento	0,566	27,53	52%	48%	7,12	11,64	81,22
Olivedos	0,603	11,41	52%	48%	7,13	11,29	81,57
Parari	0,584	9,78	55%	45%	12,09	9,11	78,78
Pocinhos	0,591	27,12	55%	45%	14,57	11,95	73,47
Santo André	0,6	11,72	32%	68%	7,62	10,15	82,21
São João do Cariri	0,622	6,65	54%	46%	10,10	13,28	76,60
São José dos Cordeiros	0,556	56,07	41%	59%	5,67	13,43	80,88
Serra Branca	0,628	18,89	59%	41%	7,26	13,21	79,52
Soledade	0,616	24,53	74%	26%	4,55	17,91	77,52
Taperoá	0,578	22,53	59%	41%	4,96	13,82	81,20
Teixeira	0,605	87,96	68%	32%	2,23	14,29	83,46
Tenório	0,581	26,72	59%	41%	4,65	11,79	83,54
Médias	0,595	28,27	55%	45%	6,60%	15,45%	77,94%

Fonte: adaptado IBGE, 2010.

A população total da bacia é de 206.476 habitantes; os municípios com maior população são Pocinhos (17.032), Boqueirão (16.888), Juazeirinho (16.776) e Taperoá (14.936). Aqueles menos populosos são Tenório (2.813), Santo André (2.638) e Parari (1.256).

A densidade demográfica da Bacia Hidrográfica do Taperoá é de 28,2 hab/km², com grandes variações entre os valores atribuídos aos municípios. Aqueles que apresentam maior densidade populacional são Teixeira (87,6 hab/Km²) e São José dos Cordeiros (56 hab/Km²).

A população urbana (sede municipal) representa 55% na área da bacia hidrográfica, com maior número de pessoas vivendo nas sedes municipais em Assunção (80%) e Soledade

(74%). Os municípios com maior número de pessoas vivendo em áreas rurais são Cacimbas (76%) e Santo André (68%).

O índice de Desenvolvimento Humano (IDH), o qual se utiliza de indicadores educacionais, de longevidade e renda para avaliar o nível de desenvolvimento humano, possui valor médio de 0,595 na área de estudo. O município que apresenta melhor nível de desenvolvimento de acordo com o índice é Boa Vista, na região metropolitana de Campina Grande, com valor de 0,649, e aquele com pior índice é Cacimbas, localizado na Serra do Teixeira, com valor de 0,523.

O setor de serviços representa 77,9% do PIB na bacia hidrográfica, o valor relativo à indústria é de 15,4% e à agropecuária 6,6%. O município com maior representação no setor de serviços é Junco do Seridó (84,1%). Na indústria, Boa Vista aparece como maior destaque (57% do PIB) com atividades vinculadas à mineração da bentonita. Na agropecuária a maior representação relativa do PIB é para o município de Pocinhos (14,5%).

Apesar de baixa representação no PIB, as atividades agropecuárias são bastante expressivas do ponto de vista ocupacional. Esse fato indica baixa produtividade no setor, que pode estar condicionada a técnicas inadequadas de manejo da terra, e a condições socioeconômicas de vulnerabilidade, as quais impossibilitam o acesso aos recursos técnicos apropriados.

De maneira geral, pode-se afirmar que os municípios que compõem a área de estudo são pequenos, do ponto de vista econômico e populacional, com baixos índices de urbanização e de desenvolvimento humano quando comparados à média nacional. Essas informações implicam, portanto, maior vulnerabilidade dessa população em relação aos desequilíbrios ambientais associados à variabilidade climática.

5.2 HISTÓRICO DE OCUPAÇÃO

A ocupação histórica da Bacia do Taperoá esteve, como na maior parte do semiárido brasileiro, associada à expansão das atividades agropastoris no interior do Nordeste. Souza (2008) enfatiza que a pecuária é a atividade econômica responsável por intensificar o processo de ocupação do interior paraibano, pois as primeiras fazendas de gado funcionaram como fortificações dos colonos na ocupação das terras interiores disputadas com os índios.

De acordo com Almeida (1979), foi a partir de 1663 que a região do alto curso do Rio Paraíba começou a ser colonizada. Os registros de concessão das primeiras sesmarias

demonstram o pioneirismo de colonos como Antônio de Oliveira Lêdo que requereu a primeira grande fazenda da região, a qual deu origem a cidade de Boqueirão. De maneira semelhante, grande parte das sedes municipais tiveram sua origem com a instalação das primeiras fazendas.

Nesse processo, a disputa pela posse da terra entre os colonos portugueses e os indígenas foi intensa e, como resultado, as nações indígenas foram dizimadas e perderam seus territórios. A instalação de grandes sesmarias para criação de gado e a implantação do modelo de uso da terra pelos colonos modificou as relações entre o homem e a natureza.

Em grande parte do Sertão paraibano as tribos indígenas não se submeteram ao domínio do colonizador, por esta razão organizaram-se em um movimento conhecido como “Confederação dos Cariris”. Os índios buscavam proteger suas terras e tradições, num movimento de reação ao domínio português. Esse conflito teve seu fim no século XVIII, resultando no extermínio e na expulsão dos nativos de suas terras, o que possibilitou a ampliação da área ocupada pelas atividades agropastoris (SOUZA, 2008).

Além da expulsão e do extermínio indígena, a Carta Régia, documento que determinava a prática da criação de gado a uma distância mínima de dez léguas ou sessenta quilômetros da costa, foi outro importante fator para expansão da pecuária no interior do Nordeste. É importante destacar que, além do gado bovino, os colonizadores europeus introduziram caprinos e ovinos. O manejo desses tipos de criação era distinto; os bovinos sempre foram privilegiados pelos fazendeiros, enquanto que os caprinos eram criados em relativo abandono no ambiente das Caatingas.

Inicialmente, a ocupação das fazendas concentrava-se nas várzeas dos rios principais como estratégia de garantir acesso a água, bem como de conquistar as melhores áreas de cultivo e pastagem. Aos poucos, as áreas mais férteis passaram a ser ocupadas pelos “roçados” durante a curta quadra chuvosa, enquanto o gado era levado para pastar em áreas mais altas. Com o fim das chuvas, os rebanhos eram trazidos para se alimentar das sobras das lavouras temporárias nas várzeas. Nesses locais, a tradicional pecuária extensiva dividia espaço com as lavouras de ciclo vegetativo curto (especialmente milho e feijão) aproveitando a curta estação das chuvas, como forma de garantir os suprimentos alimentares.

Nesse contexto, a agricultura sempre teve um papel importante na economia do semiárido, pois funcionava como uma importante fonte alimentar, embora do ponto de vista econômico representasse uma atividade complementar à pecuária.

A expansão das atividades agropastoris no interior do Nordeste causou grandes transformações na paisagem. A prática da agricultura esteve associada à devastação das matas

ciliares e às queimadas, o que ocasionou mudanças ambientais consideráveis, diante da perda de vegetação e do aumento do potencial erosivo dos solos. Portanto, esse manejo agrário predatório que constituiu a base da organização espacial na Bacia do Taperoá, foi e ainda é um aspecto relevante da vulnerabilidade das comunidades agrárias à variabilidade climática.

As secas cíclicas características do clima regional possuem, desde o período inicial da ocupação da bacia hidrográfica, forte impacto sobre a produção agropecuária. Por esta razão, os rebanhos cresceram e foram dizimados seguindo o ritmo dos períodos de fartura, em que as chuvas são abundantes, e das grandes estiagens. De maneira semelhante, os anos de chuvas irregulares ocasionam quebra na safra das lavouras temporárias, atingindo a base alimentar de grande parcela da população (AB´SABER, 2003).

A introdução da cultura do algodão durante o século XVIII não modificou o modelo de uso da terra; na verdade, intensificou o processo em curso de devastação da Caatinga. Por outro lado, representou uma nova fonte de renda a partir do trinômio gado-algodão-policultura, organização produtiva dominante até a primeira metade do século XX no interior da Paraíba. A cotonicultura era uma atividade complementar à pecuária, na medida em que as sobras do algodão eram fornecidas como alimento para os rebanhos (MOREIRA E TARGINO, 1995).

Após a decadência do ciclo do algodão em decorrência da concorrência internacional e de uma política interna ineficiente de crédito agrícola, as áreas de Bacia Hidrográfica do Rio Taperoá permaneceram com suas bases agrícolas voltadas para a pecuária extensiva de baixa produtividade em associação a uma agricultura sazonal.

Portanto, o processo de ocupação da área de estudo esteve baseado em conflitos pela posse da terra e no estabelecimento de manejos agrários ambientalmente predatórios. Por esta razão, pode-se afirmar que as relações entre homem e natureza na Bacia Hidrográfica do Rio Taperoá resultaram na formação de arranjos espaciais vulneráveis à variabilidade climática; diante dos processos de degradação intensa dos recursos naturais, ineficiência de políticas territoriais e desprezo das potencialidades paisagísticas locais.

5.3 USO DA TERRA E COBERTURA VEGETAL

Desde o início da colonização, a ocupação do espaço agrário da Bacia Hidrográfica do Rio Taperoá esteve vinculada à expansão das atividades agropastoris. A pecuária extensiva é a atividade predominante na área estudada desde a instalação das primeiras sesmarias no

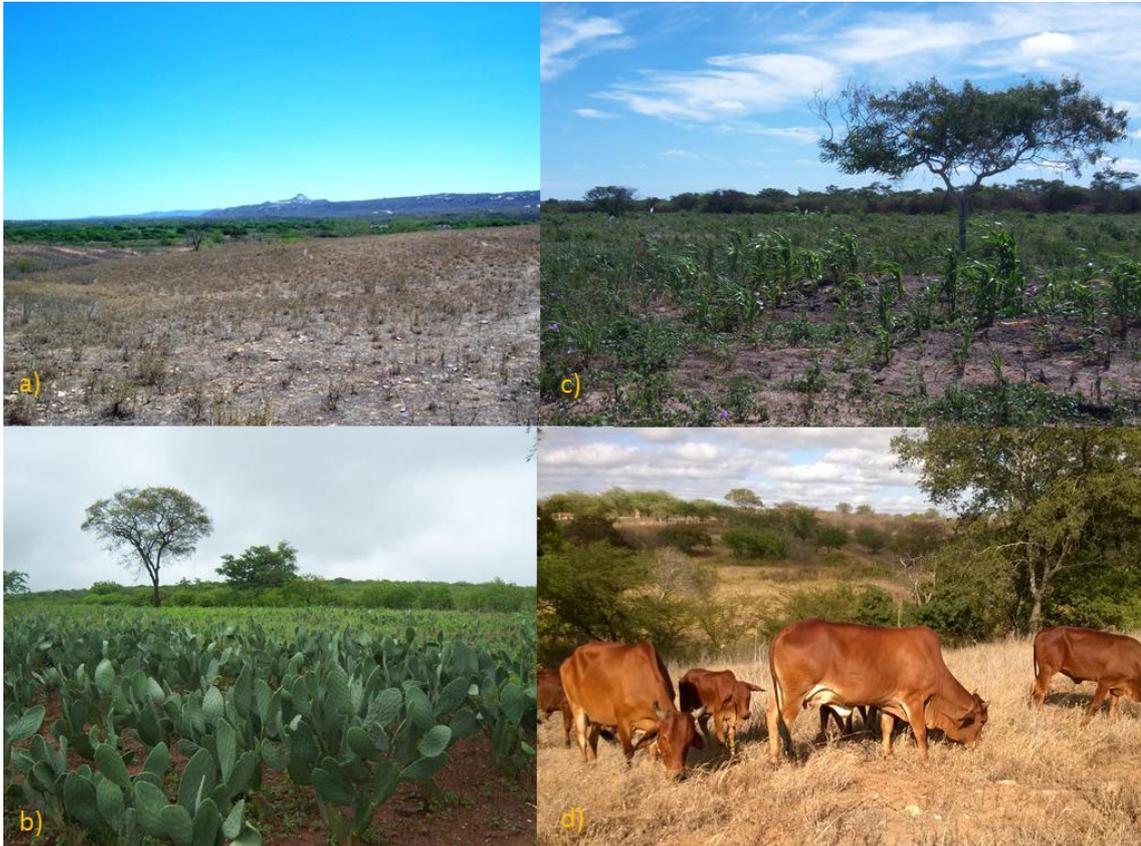
século XVII, e juntamente com a agricultura compõe a base produtiva. Corroborando esse fato, Souza et al. (2009) afirmam que toda a área de estudo é tradicionalmente pastoril predominando a criação de caprinos.

No entanto, os manejos empregados muitas vezes não procuraram se adequar às características ambientais das diferentes unidades de paisagem existentes. Nesse sentido, ocasionaram danos ambientais capazes de gerar respostas negativas diante dos eventos climáticos extremos. O modelo tradicional de uso da terra, o qual está vinculado a um desmatamento desordenado da Caatinga e à prática de queimadas, ocasionou ao longo do tempo um empobrecimento dos solos e o aumento da susceptibilidade dos mesmos ao processo de erosão.

Nesse contexto, Sampaio et al. (2003) e Sarmiento (2001) afirmam que o sistema produtivo no Cariri paraibano, sustentado por muito tempo na pecuária e no cultivo do algodão, associado a introdução da algaroba e pastagens de Capim Buffel nos anos de 1960, contribuíram para o desmatamento da Caatinga em diferentes níveis de degradação de acordo com o tipo de manejo agrário utilizado.

A Figura 2 mostra diferentes manejos da terra em unidades de paisagem distintas, no interior da bacia hidrográfica, em função das características físicas em associação às atividades agropecuárias. É possível verificar nas figuras 3b) e 3c) o cultivo de milho e palma forrageira em áreas desmatadas de Caatinga, já nas figuras 3a) e 3d), observam-se pastagens de Capim Buffel com composições distintas; em terreno plano com desmate total da vegetação nativa e com a presença de espécies arbóreas preservadas em terreno suave ondulado.

Figura 3 - (a) Pastagem de Capim Buffel em setembro de 2013 no município de Tpaeroá (b) plantio de milho em março de 2013 no município de Livramento (c) plantio de palma em abril de 2014 no município de Desterro (d) pastagem consorciada a espécies arbóreas da Caatinga em agosto de 2014 no município de Cacimbas



Fonte: acervo do autor.

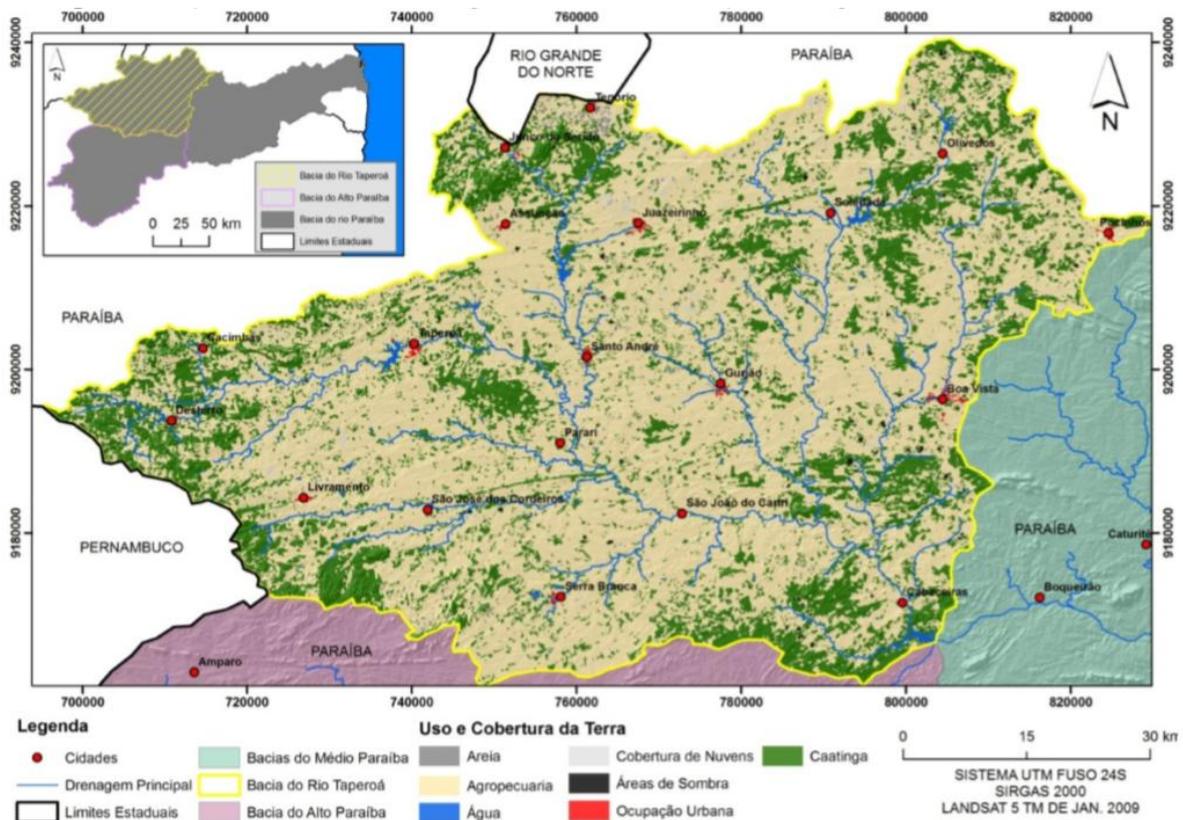
Seabra et al. (2014), ao estudarem a organização espacial dos usos e coberturas da terra no alto curso do rio Paraíba, a partir do mapeamento (1:100.000) gerado por classificação supervisionada e utilizando uma imagem de satélite Landsat 5 TM (01/2009), identificaram baixo percentual de Caatinga e predomínio de agropecuária na Bacia do Rio Taperoá. Para elaboração do estudo, esses autores classificaram a bacia, de acordo com os diferentes usos da terra, em sete categorias (agropecuária, água, solo exposto, Caatinga, nuvens, sombra e urbano).

Os resultados obtidos por Seabra et al. (2014) (tabela 8 e figura 4) demonstram que a agropecuária ocupa 71,2% da área da bacia, enquanto que a Caatinga corresponde a apenas 26,4%. Esses autores propuseram que a baixa densidade de vegetação pode estar associada ao clima mais seco, de algumas localidades da bacia, em consonância com as atividades

antrópicas. Nesse sentido, apontaram a existência de correlação negativa significativa entre a densidade de cabeças de gado e a porcentagem de áreas de Caatinga dos municípios.

Quanto ao manejo agrário característico, deve-se considerar que envolve o consórcio entre pecuária e agricultura. As áreas mais férteis localizadas nas várzeas dos rios são utilizadas para o plantio das lavouras temporárias ou de sequeiro, durante o período chuvoso, e o gado ocupa as terras mais altas para se alimentar da vegetação nativa. Enquanto que no período seco, quando o pasto nativo é escasso, o gado é levado às várzeas para se alimentar do que restou das lavouras de sequeiro.

Figura 4 - Mapa de uso do solo na Bacia Hidrográfica do Rio Taperoá



Fonte: Seabra et al (2014)

Tabela 8 - Área ocupada pelos diferentes tipos de uso do solo na Bacia Hidrográfica do Rio Taperoá

Usos e Coberturas	Área (Km ²)	%
Agropecuária	4.195,54	71,9
Água	33,58	0,57

Usos e Coberturas	Área (Km²)	%
Solo exposto	30,33	0,52
Caatinga	1559,12	26,49
Nuvens	30,19	0,51
Sombra	20,17	0,34
Urbano	15,99	0,27

Fonte: Seabra et al (2014).

Em um modelo de mapeamento detalhado da bacia hidrográfica do Taperoá, com objetivo estimar padrões de vegetação de Caatinga e uso da terra, Francisco (2013) demonstrou que 26,9% da área da referida bacia apresenta níveis muito altos de degradação, 46,4% apresenta níveis médios e 22% níveis baixos e muito baixos. Esse autor identificou relação entre os níveis de degradação da vegetação e as formas de relevo no interior da bacia; as áreas planas, correspondentes às várzeas dos rios são aquelas que apresentam maiores níveis de degradação, enquanto que as áreas escarpadas apresentam melhor conservação da Caatinga.

Além das atividades agropecuárias, é importante destacar que o uso da madeira da vegetação da Caatinga como fonte energética é outro fator bastante representativo dos níveis de degradação na área de estudo. A lenha da Caatinga vem sendo utilizada para esse fim nos centros urbanos, incluindo a atividade industrial, em residências da zona rural e para a produção de carvão.

O termo Caatinga é utilizado de maneira genérica para caracterizar a vegetação presente em toda extensão do semiárido nordestino. No entanto, o Bioma Caatinga apresenta grande variedade de paisagens consorciadas a características de densidade, porte e ocorrência de espécies (CARVALHO E FREITAS, 2005). Esses diferentes fisiomas de vegetação apresentam como característica comum adaptações ao déficit hídrico imposto pela irregularidade pluviométrica do ambiente semiárido sendo, portanto, comunidades vegetais xerófilas em níveis diferenciados. Para o ambiente semiárido nordestino a vegetação é comumente classificada de acordo com o maior ou menor grau de aridez em floresta subcaducifólia, floresta caducifólia, Caatinga hipoxerófila e Caatinga hiperxerófila.

Na bacia hidrográfica do Taperoá, os diferentes fisiomas da vegetação estão associados aos tipos de solo, pluviosidade, altitude, relevo e aos manejos impostos pelas atividades humanas. Francisco (2013) identificou predominância de categorias de vegetação

arbustivas subarbóreas abertas em 59,8% da área de estudo, e arbustiva e subarbórea densa em 35% da área da bacia hidrográfica.

Francisco (2013), Paes-Silva et al. (2009) e Guimarães (2009), ao estudarem a distribuição da vegetação na bacia hidrográfica do Taperoá, identificaram padrões de distribuição semelhantes. Esses autores constataram que o terço sudoeste da bacia hidrográfica possui a maior densidade de vegetação arbórea, apontando uma correlação entre as áreas mais elevadas (500-700 m) e solos litólicos com essas unidades de vegetação de maior porte. Identificaram a presença de vegetação mais densa e de maior porte associadas a solos litólicos e Cambissolos eutróficos em áreas mais escarpadas e de difícil acesso nos municípios de Taperoá e Cacimbas.

Por outro lado, esses autores identificaram áreas de vegetação menos densa em áreas de menor altitude em uma grande extensão ao longo do setor central e inferior do Rio Taperoá.

Esse padrão de distribuição da vegetação deve ser compreendido a partir da interação das atividades antrópicas com os aspectos físicos locais. As áreas mais utilizadas para atividades agrícolas e no interior da bacia hidrográfica estão localizadas nas margens dos principais cursos hídricos. Esses locais apresentam os melhores solos para plantio e pastagem, bem como as melhores reservas hídricas. No entanto, os setores central e oriental da bacia (áreas de menor altitude e relevo mais plano) apresentam os menores volumes médios de precipitação, afetando a produção agropecuária e aumentando a degradação ambiental. Esses aspectos contribuem para que haja uma predominância de vegetação raleada e de menor porte nos terrenos do médio e baixo curso do Rio Taperoá.

As áreas mais elevadas e escarpadas, por outro lado, apesar de possuírem condições pedológicas menos propícias ao desenvolvimento da vegetação, são pouco utilizadas para atividades agrícolas. Além disso, apresentam maiores volumes médios de chuvas quando comparadas às áreas de relevo mais rebaixado e plano. Por esta razão, tais áreas apresentam uma vegetação mais densa de maior porte.

A distribuição da vegetação está, portanto, condicionada pela interação de fatores climáticos, geomorfológicos, pedológicos e antrópicos. Por esta razão, o porte da vegetação e a ocorrência de espécies possuem uma variação expressiva no interior da bacia hidrográfica. Na figura 5 (a, b, c, d) é possível observar distintos aspectos da Caatinga na área de estudo, aparecem formações arbustivas densas, arbustivas abertas, arbóreas em mata ciliar e arbóreas-arbustiva em substrato litólico.

Figura 5 - Diferentes fisiomas da Caatinga na Bacia Hidrográfica do Rio Taperoá



Fonte: acervo do autor

5.4 SOLOS

A diversidade dos tipos de solos está associada às distinções geológicas, geomorfológicas, climáticas e de vegetação no interior da bacia hidrográfica. Os tipos de solos que ocorrem com maior frequência são os Neossolos Litólicos, Luvisolo Crômico, Planossolo Nátrico e Neossolo Regolítico (PARAÍBA, 2006) (figura 6).

Os Neossolos litólicos são os tipos mais comuns de solos na extensão oeste e sudoeste da bacia hidrográfica do Rio Taperoá. São solos rasos e pouco desenvolvidos, e por isso apresentam o horizonte A ou C (de pequena espessura) sobre a rocha mãe. Normalmente são pedregosos, bem drenados e podem ocorrer com textura arenosa, siltosa ou argilosa em áreas de relevo suave e ondulado a escarpado. Esse tipo de solo possui alta suscetibilidade à erosão

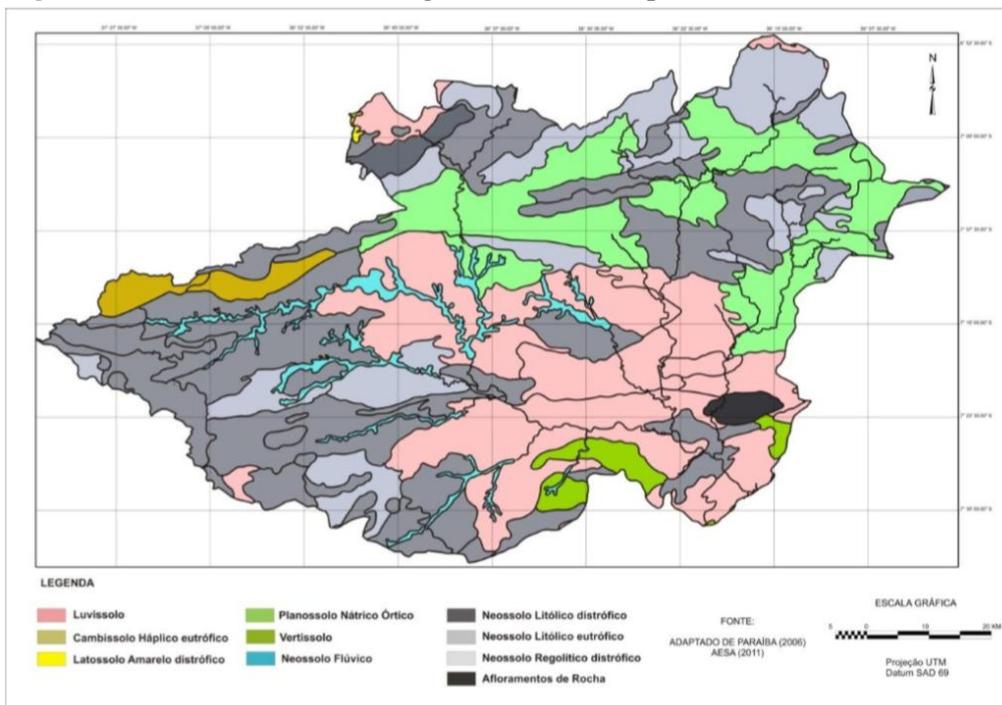
e, portanto, exige um manejo que respeite essas limitações. A categoria eutrófica é caracterizada por apresentar altos valores de bases, como o cálcio, favorecendo o desenvolvimento radicular; já a categoria distrófica inibe o crescimento radicular em função da concentração de alumínio (EMBRAPA, 2006).

Os Luvisolos ocorrem em áreas com grande restrição hídrica e geralmente estão associados a relevos suaves ondulados, sendo comuns nos setores central e sudeste da bacia hidrográfica. São solos rasos que raramente ultrapassam um metro de profundidade e são caracterizados por apresentar uma mudança textural abrupta, o que os torna suscetíveis à erosão. As características químicas desse tipo de solo são bastante favoráveis a usos diversos, no entanto a alta concentração de argilas em horizonte B textural limita o cultivo de determinadas espécies vegetais (EMBRAPA, 2006).

O Planosso Nátrico é o tipo de solo predominante no norte da bacia hidrográfica. É associado a uma alta saturação por sódio. Por este motivo, é bastante suscetível à erosão, pois a alta concentração de sódio no horizonte B torna esta camada pouco permeável. (EMBRAPA, 2006)

Predominam, portanto, na área estudada solos com limitações físicas de profundidade e permeabilidade. Por esta razão, os manejos da terra devem procurar se adequar a essas limitações de uso, utilizando recursos apropriados para a conservação dos tipos de solos.

Figura 6 - Solos da Bacia Hidrográfica do Rio Taperoá



Fonte: Francisco (2013) adaptado EMBRAPA (2006).

5.5 GEOMORFOLOGIA

A bacia hidrográfica do Rio Taperoá está inserida na unidade geomorfológica do Planalto da Borborema, bastante antiga, dobrada e falhada com embasamento de rochas cristalinas dos tipos granito, gnaisses, migmatitos e xistos (AB´SABER, 1974).

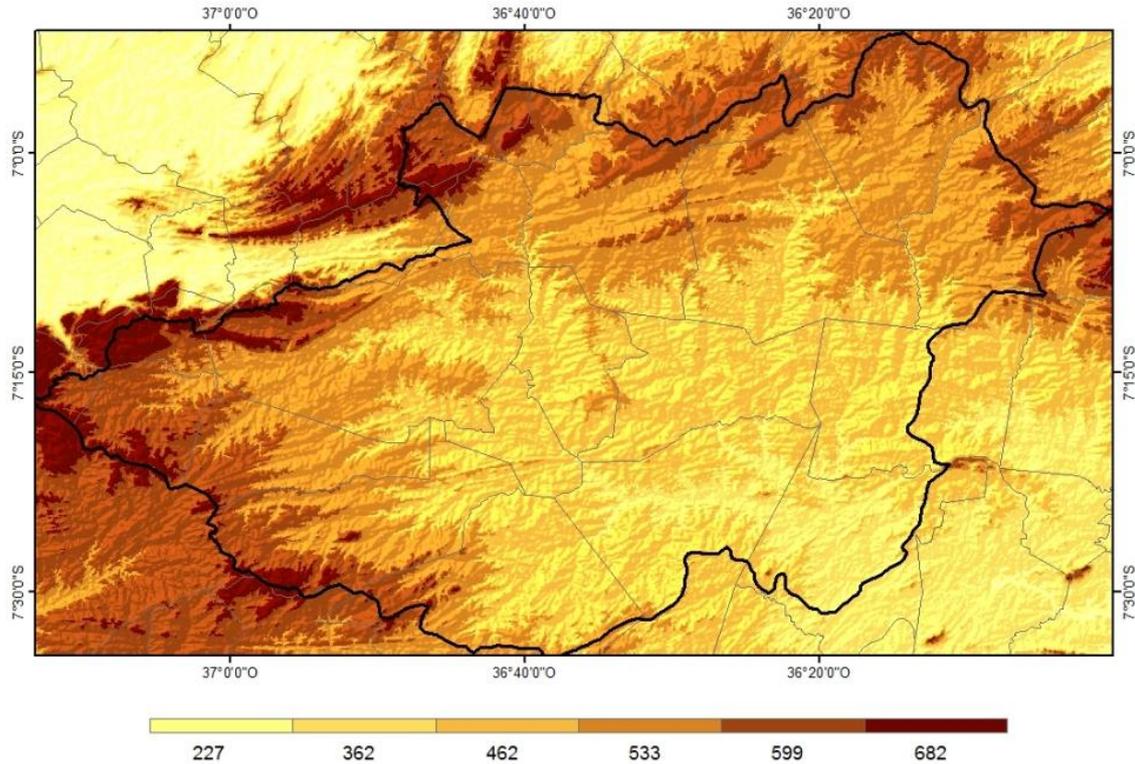
Para Carvalho (1982), o traçado dos vales no Maciço da Borborema é resultado da influência das linhas de fratura e, no caso da porção paraibana, esse planalto se apresenta de maneira fragmentada e por esta razão a paisagem se apresenta sob a forma de escarpas, amplas superfícies aplainadas e maciços residuais.

Nessa perspectiva, o autor considera que o interior do Planalto da Borborema apresenta duas unidades geomorfológicas distintas, a “Superfície Borborema”, a qual representa o nível mais elevado (600-700 m) e a “Superfície dos Cariris”, que compreende os níveis mais baixos (400-500 m).

O relevo suave ondulado e altitudes entre 300 e 500 m é predominante em maior parte da extensão da bacia. Ao mapear a área da bacia do Taperoá (figura 7), Francisco (2010) identificou que 59,3% das áreas apresentam relevo plano, 27,7% suave ondulado e apenas 1,5% apresentam declividades superiores a 20%. Na figura 6 é possível observar a predominância de relevos aplainados em maior parte da bacia, com áreas escarpadas localizadas em seus limites norte, oeste e sudoeste (divisores de água).

De acordo com a classificação de Corrêa et al (2010), a área de estudo está inserida em dois compartimentos principais do Planalto da Borborema: a Depressão Interplanáltica Paraibana e os Maciços Remobilizados do Domínio da Zona Transversal.

Figura 7- Relevo da Bacia Hidrográfica do Rio Taperoá



Fonte: adaptado SRTM; AESA (2011)

A maior parte da bacia está inserida no domínio da Depressão Interplanáltica Paraibana, na região central da Borborema. Pelo fato de não apresentar perturbações tectônicas intensas, esse compartimento apresenta feições de relevo planas rebaixadas no interior do planalto, delimitadas por compartimentos de encosta.

Os setores limítrofes da bacia a oeste, sudoeste e norte estão inseridos no domínio dos Maciços Remobilizados da Zona Transversal, o qual corresponde à área do planalto mais afetada pelos arqueamentos, apresentando as cimeiras mais altas. Nessa área, o relevo se apresenta como uma sucessão de maciços isolados, cristas e depressões interplanálticas estreitas, destacando-se o batólito da Serra do Teixeira, como um dos principais divisores de água da bacia hidrográfica do Rio Taperoá no limite entre os estados de Pernambuco e da Paraíba.

Essa configuração geomorfológica da bacia hidrográfica estudada possui implicações de ordem climática, fitogeográfica, pedológica e socioeconômica. Sendo, portanto, um aspecto fundamental na compreensão da relação entre os manejos agrários e a variabilidade climática.

6 DINÂMICA CLIMÁTICA DA REGIÃO NORDESTE

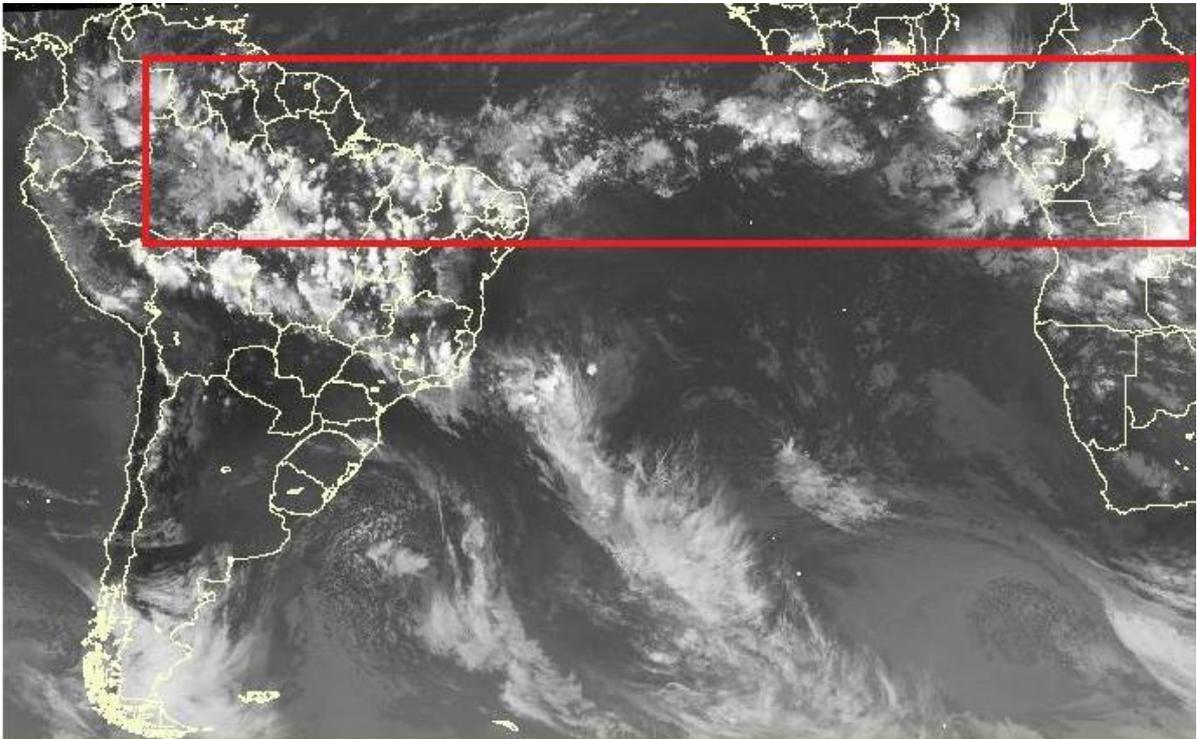
Os tipos de tempo na região tropical são determinados pela interação termodinâmica entre a zona de baixa pressão intertropical, os anticiclones semifixos e sistemas subtropicais que avançam até latitudes baixas (MOLION & BERNARDO, 2002). Nesse sentido, o Nordeste Brasileiro está sob influência dos anticiclones semifixos do Atlântico Norte e Sul e da ZCIT, os quais representam os principais centros de ação condicionantes, em associação com os fatores geográficos locais (principalmente relevo e latitude), do clima regional.

A Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) é o principal sistema atmosférico causador de chuvas em maior parte da região, especialmente no setor setentrional do semiárido nordestino. Nesse sentido, Hastenrath (2006) destaca que a precipitação no norte do nordeste brasileiro é condicionada basicamente por um único sistema de circulação bem organizado e quase permanente em grande escala, a ZCIT.

Trata-se de uma área de baixas pressões atmosféricas para onde convergem os ventos alísios de nordeste e sudeste gerados pelos anticiclones semifixos do atlântico norte e sul. Essa área é, portanto, caracterizada pela alta atividade convectiva e elevadas precipitações pluviométricas. É possível reconhecer a ZCIT como um cinturão de nuvens de tempestade (comulonimbos) que circunda o planeta na região tropical (figura 8).

A posição da ZCIT varia ao longo do ano de acordo com a mudança sazonal de temperatura da água do mar nos oceanos. Esse sistema de baixas pressões tende a estar localizado na área mais aquecida sobre os oceanos na faixa intertropical do planeta, conhecida como equador térmico. Por esta razão, a ZCIT atua nos meses de verão e outono, trazendo chuva ao interior da região nordeste.

Figura 8 - Recorte da imagem de satélite (GOES +MSG) que ilustra a atuação da ZCIT no dia 15/03/2009, às 21h GMT



Fonte: modificado CPTEC/INPE

Outros sistemas de caráter transitório como os Vórtices Ciclônicos de ar superior (VCANs) também podem gerar convecção e chuva sobre a região nordeste durante o verão. Os VCANs constituem sistemas em alta troposfera formados por uma baixa pressão cuja circulação ciclônica fechada caracteriza-se por baixas temperaturas em seu centro (com movimento de ar seco, subsidente e frio) e temperaturas mais elevadas nas suas bordas (com movimento ascendente de ar quente e úmido). Logo, observa-se condições de céu limpo em regiões localizadas no centro desse sistema e chuva intensa em suas bordas, principalmente na direção de deslocamento.

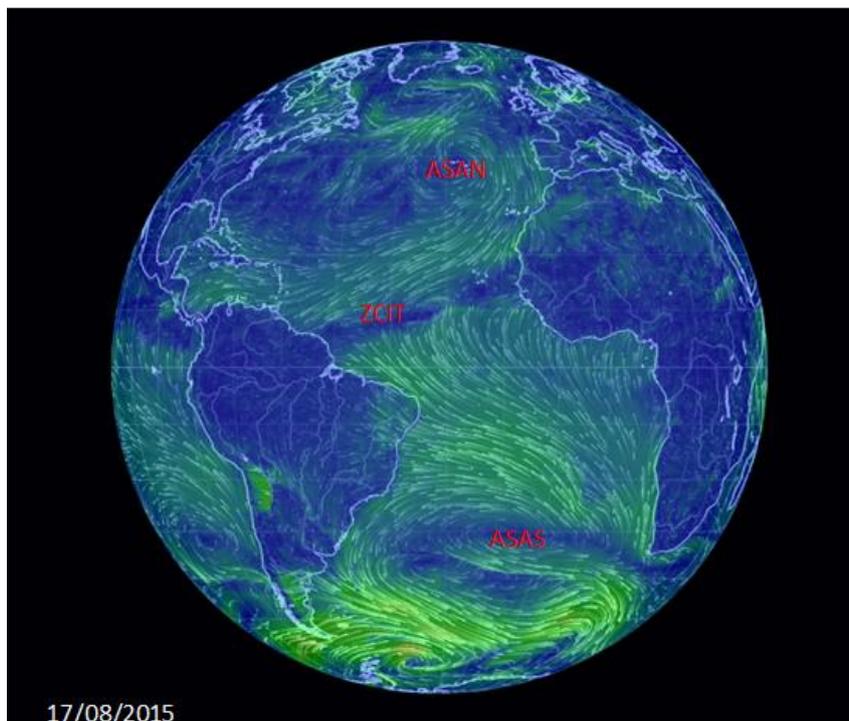
Além da ZCIT, o clima do Nordeste Brasileiro é condicionado por outros dois importantes centros de ação: os anticiclones semifixos do Atlântico. Os anticiclones são sistemas de altas pressões atmosféricas caracterizados por um movimento subsidente e divergente do ar em superfície, e aquele com maior influência sobre o nordeste brasileiro encontra-se localizado sobre o Oceano Atlântico sul, apresentando uma variação sazonal de posição e extensão de intensidade dos ventos ao longo do ano.

Esse centro de ação possui grande influência sobre o nordeste brasileiro durante quase todo o ano. Os ventos alísios produzidos pelo anticiclone do atlântico sul, que atingem a

região, são caracterizados por uma estrutura vertical de baixa camada de inversão, e por esta razão inibem o desenvolvimento de grandes nuvens de tempestade. Logo, a atuação desse sistema atmosférico garante estabilidade atmosférica principalmente no interior da região durante a maior parte do ano.

Na figura 9, é possível observar a localização do Anticiclone Semifixo de Atlântico Norte (ASAN), do Anticiclone Semifixo de Atlântico Sul (ASAS) e da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) em agosto de 2015. É perceptível a influência dos ventos alísios de sudeste provenientes do ASAS sobre o Nordeste Brasileiro durante o inverno austral.

Figura 9 - Circulação dos ventos em superfície



Fonte: modificado Earth nullschool imagens.

No entanto, perturbações barométricas no campo de deslocamento dos alísios, associadas ao efeito das brisas, geram instabilidades atmosféricas responsáveis por importantes volumes de chuva registrados no Litoral, na Zona da Mata e no Agreste da Região Nordeste. Tais perturbações são conhecidas como Distúrbios Ondulatórios de Leste ou simplesmente Ondas de Leste e possuem sua atuação mais intensa durante os meses de outono e inverno, a partir da expansão do ASAS, quando os ventos alísios atingem a Região com maior intensidade.

No Brasil, os primeiros estudos sobre as Ondas de Leste foram feitos por Neiva (1975) e Yamazaki (1977), os quais identificaram a propagação das ondas e sugeriram que tais sistemas modulavam a quadra chuvosa do nordeste oriental.

Entre os elementos climáticos da região nordeste, aquele que possui maior variabilidade espaço-temporal é a precipitação. Marengo (2008) destaca que há pelo menos três regimes diferenciados de precipitação na região.

O sul e sudeste da região, que abrangem principalmente áreas do estado da Bahia, possuem período chuvoso entre outubro e fevereiro, associado à passagem de frentes frias que formam corredores de umidade nas áreas interiores do país em interação com a umidade proveniente da Amazônia, formando a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) e a Zona de Convergência de Umidade (ZCOU).

No norte da região nordeste, que abrange maior parte do semiárido, as chuvas estão concentradas entre os meses de fevereiro e abril e estão associadas à influência da ZCIT. E no setor oriental da região, que abrange o Litoral, Zona da Mata e Agreste dos estados do Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas e Sergipe os máximos de precipitação ocorrem nos meses de outono e inverno em decorrência da propagação das Ondas de Leste.

Esses sistemas atmosféricos citados estão relacionados às principais massas de ar atuantes na região nordeste. Mendonça e Danni-Oliveira (2007, p. 99) definem as massas de ar como “uma unidade aerológica, ou seja, uma porção da atmosfera, de extensão considerável, que possui características térmicas e higrométricas homogêneas.” As principais massas de ar atuantes no nordeste brasileiro possuem sua origem nas regiões intertropicais e subtropicais; entre elas destacam-se a Massa Tropical Atlântica (MTA), Massa Equatorial Atlântica (MEA) e a Massa Equatorial continental (MEC).

A MTA origina-se no anticiclone semifixo do atlântico sul, portanto numa área de altas pressões atmosféricas e divergência. Essa massa de ar possui grande influência sobre a região; atua durante grande parte do ano gerando estabilidade atmosférica, em função de suas características verticais e baixa camada de inversão dos alísios, ou instabilidade, a partir da propagação de distúrbios ondulatórios no campo dos alísios.

A MEA possui sua gênese no anticiclone semifixo dos Açores, no Atlântico Norte, que gera os ventos alísios de nordeste, os quais adquirem umidade ao se deslocarem sobre o oceano formando, portanto, uma massa de ar quente e úmida. A convergência dos ventos alísios de nordeste, produzidos pelo ASAN, com os alísios de sudeste, gerados pelo ASAS, formam a ZCIT, que pode ser compreendida como resultado da interação dinâmica entre a MEA e a MTA.

A MEC possui sua gênese sobre a floresta equatorial amazônica e, por esta razão é uma massa de ar quente e úmida. Sua expansão durante o verão está associada à convecção intensa em grande parte do interior do Brasil, contribuindo para formação de corredores de umidade (ZCAS e ZCOU). Dessa maneira, essa massa de ar é responsável por parte das precipitações de verão que ocorrem no interior da região nordeste.

6.1 VARIABILIDADE CLIMÁTICA INTERANUAL E AS INTERAÇÕES OCEANO-ATMOSFERA

A variabilidade climática ao longo dos anos no Nordeste Brasileiro está associada a padrões de pressão atmosférica e de temperatura dos oceanos, os quais podem se estabelecer em vastas áreas geográficas e gerar efeitos em escalas regionais ou globais sobre os centros de ação e massas de ar atuantes em regiões longínquas. Portanto, a variação desses padrões termodinâmicos está relacionada a mudanças na circulação, podendo atingir regiões distantes na forma de teleconexões, variando características climáticas locais como precipitação e temperatura.

No Nordeste Brasileiro, o principal mecanismo de teleconexão é representado pelo fenômeno ENOS. O mesmo se caracteriza por um aquecimento (El Niño) anormal das águas do Pacífico tropical ou resfriamento (La Niña), com influência sobre os padrões de precipitação da região.

Em anos de El Niño, pode ser observado o estabelecimento de áreas de baixas pressões atmosféricas sobre o Pacífico tropical, com intensa convecção e um ramo de circulação subsidente sobre parte da Amazônia e o Nordeste Brasileiro, através do estabelecimento de uma célula de circulação atmosférica de sentido leste – oeste (Walker) que inibe a atuação da ZCIT durante a quadra chuvosa. Em anos de La Niña, estabelecem-se áreas de altas pressões mais intensas sobre o Pacífico tropical e, por sua, vez convecção mais intensa sobre a Amazônia e a região nordeste, especialmente em seu setor setentrional.

Além do fenômeno ENOS, mecanismos de circulação associados a outros padrões termodinâmicos podem estar relacionados à variabilidade pluviométrica da região nordeste. Saravana e Chang (2000) observaram que teleconexões dos ENOS possuem importância na variabilidade climática do Oceano Atlântico Tropical, com influência sobre o nordeste. Servain (1991) denominou “modo dipolo” a ocorrência simultânea de anomalias positivas ou negativas no Atlântico tropical norte e sul. Moura e Shuka (1981) relacionaram a ocorrência

de secas nessa região a uma área aquecida ao norte do equador e uma área com menos disponibilidade de calor ao sul, o que produziria uma circulação com movimentos ascendentes ao norte do equador e subsidentes ao sul na região tropical do Atlântico, inclusive sobre o Nordeste Brasileiro.

Alguns autores têm notado uma fraca correlação entre os índices de ATSMs dos setores norte e sul do Dipolo e, diante de tal fato discutem a “existência de um acoplamento dinâmico” entre os setores norte e sul. O que se observa é a existência de um gradiente, entre os setores do atlântico tropical (KAYANO E ANDREOLI, 2009).

Kayano e Andreoli (2007) estudaram o efeito de ocorrência de casos de ENOS e GRADT no Atlântico. Nesse estudo, observaram que ocorrência de eventos de El Niño (La Niña) sem um padrão GRADT no Atlântico tende a aumentar (diminuir) a precipitação no setor setentrional do Nordeste Brasileiro. De outra maneira, a ocorrência simultânea de El Niño e GRADT positivos (negativos) aumenta (diminui) as anomalias negativas de precipitação durante o período chuvoso. No mesmo estudo, constataram que em caso de La Niña e GRADT positivo (negativo) as ATSMs do Atlântico são determinantes na ocorrência de anomalias negativas (positivas) de precipitação.

Em outro estudo, Kayano e Andreoli (2006) analisaram a relação entre os ENOS, ATSMs no Atlântico e a variabilidade das chuvas na Região Nordeste. Observaram que para os anos secos e chuvosos na região, que são independentes do ENOS, os sinais de ATSMs aparecem alguns meses antes da estação chuvosa no Atlântico Tropical Sul. Essa constatação corroboraria a tese de que “as ATSMs no Atlântico tropical podem pre condicionar as teleconexões dos ENOS sobre o nordeste”. Nesse sentido, essas autoras reafirmam a importância do Atlântico Tropical na determinação da qualidade da estação chuvosa no Nordeste Brasileiro.

Além dessa constatação, as autoras procuraram investigar a relação entre a variabilidade de mais baixa frequência, Oscilação Decadal do Pacífico (ODP), e os ENOS. A partir de então, concluíram que as anomalias positivas de precipitação ocorrem no norte do Nordeste Brasileiro nos episódios de La Niña em todas as da ODP. E anomalias negativas ocorrem apenas, em casos de El Niño, na fase neutra da ODP.

Hastenrath et al. (2006) estudaram os mecanismos da circulação atmosférica associados às secas no norte do Nordeste Brasileiro. Esses autores enfatizaram a importância do gradiente inter-hemisférico estabelecido no Atlântico Tropical para determinar a posição média da ZCIT durante a estação chuvosa. No entanto, para os mesmos, os campos de pressão e ventos no Atlântico Tropical podem ser condicionados por anomalias térmicas no Pacífico.

Nesse sentido, as anomalias térmicas no Pacífico Tropical influenciam os padrões térmicos e dinâmicos no atlântico através de uma “ponte atmosférica”; a qual consiste em um trem de onda na atmosfera superior, relacionada a uma divergência em altitude, com movimentos verticais ascendentes sobre o Atlântico Norte Tropical, modificando o perfil barométrico e a intensidade dos ventos alísios sobre este oceano.

Logo, é possível constatar que a intensa variabilidade das chuvas sobre o Nordeste Brasileiro resulta de uma associação complexa entre diversas interações entre oceanos e atmosfera, as quais são capazes de influenciar a circulação atmosférica em nível local, regional ou global. Então a compreensão da dinâmica climática está condicionada a esses fatores e suas escalas de interação espaciais e temporais, sendo fundamentais tais conhecimentos para o planejamento de atividades influenciadas pelo clima.

7 CLIMATOLOGIA DA BACIA DO RIO TAPEROÁ

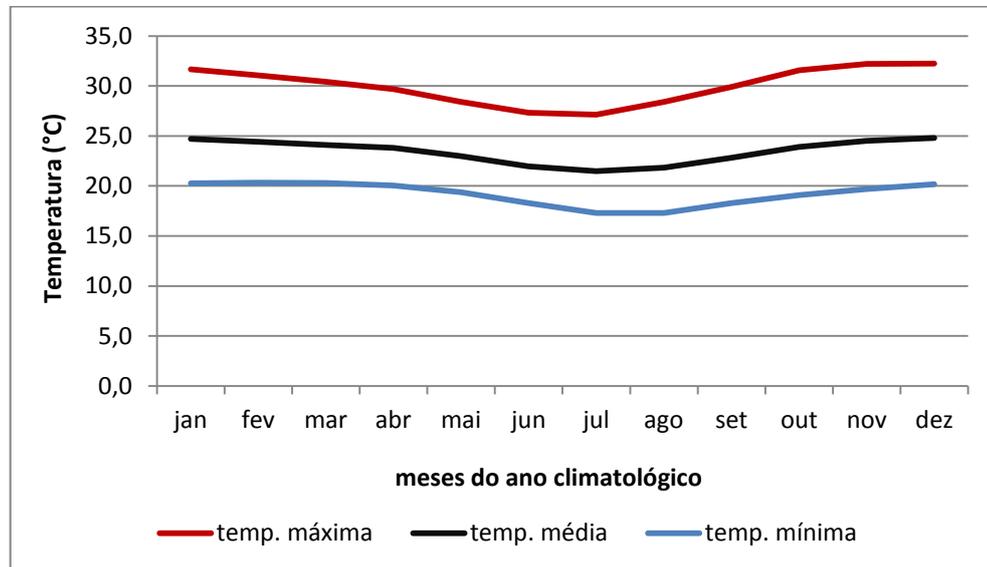
A Bacia Hidrográfica do Rio Taperoá está localizada na porção central do estado da Paraíba, no setor setentrional da Região Nordeste do Brasil e, por esta razão, possui os tipos de tempo determinados pelos centros de ação estudados anteriormente, em associação com fatores geográficos determinantes da escala secundária de circulação atmosférica. Nesse contexto, os sistemas da circulação primária, de abrangência escalar maior, interagem com os fatores locais, em especial o relevo, para originar as peculiaridades climáticas locais.

O tipo climático predominante é o semiárido, caracterizado por um regime de precipitação bastante irregular e elevadas temperaturas médias anuais. A temperatura média anual na bacia hidrográfica é de 23,2°C, com valor máximo no município de Cabaceiras (24,1°C) e mínimo em Pocinhos e Teixeira (22°). A diferenciação térmica no interior da área de estudo está relacionada com o relevo; as áreas mais baixas tendem a possuir maiores valores de temperatura média anual, enquanto que as localidades mais elevadas possuem menores valores médios.

A figura 10 exibe o comportamento médio anual da temperatura na bacia hidrográfica estudada. É possível observar que existe uma pequena amplitude térmica anual (3,3°C), ou seja, a diferença entre o valor correspondente ao mês de maior temperatura média (dezembro) e aquele de menor valor (julho). O período mais quente do ano vai de outubro a abril, com picos de temperatura durante o verão (dezembro e janeiro), registrando temperaturas médias de 24,6° para esses dois meses, médias das máximas de 32°C e média das mínimas de 19,9°C. Já o período mais ameno se estende de maio a setembro, com valores mínimos entre junho e agosto, registrando temperaturas médias de 22,1, média das mínimas de 17,3°C e das máximas de 27,8°C.

A amplitude mensal entre as médias das máximas de temperatura e das mínimas revela uma amplitude média de 10,8°C, com valores máximos em outubro, novembro e dezembro (12,4°C) e mínimos entre abril e julho (9,4°C). Portanto, apesar da pequena amplitude térmica anual, há uma amplitude térmica diária elevada, indicando valores contrastantes de temperatura diurnos e noturnos.

Figura 10 - Gráfico de temperaturas médias mensais máximas, médias e mínimas (1998-2014) para a Bacia Hidrográfica do Rio Taperoá

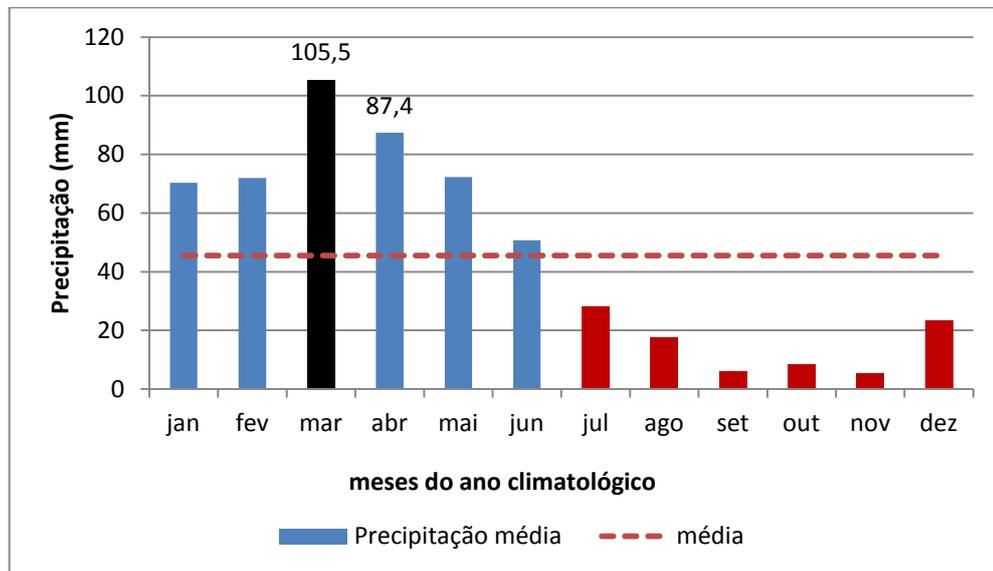


Fonte: adaptado DCA/UFCG –Estima-T. Organizado pelo autor.

A média anual das precipitações no interior da bacia é de 542,6 mm e desvio padrão de 231,6 mm, seguindo um comportamento interanual bastante irregular. A precipitação média mensal da bacia hidrográfica está concentrada nos meses de fevereiro, março, abril e maio, os quais representam 61,6 % do volume médio total anual na bacia hidrográfica (figura 11). Esses valores de chuva entre os meses descritos com máximos em março (105,5 mm) e abril (87,4) revelam a importância da ZCIT para garantir a qualidade do período chuvoso na área de estudo.

A época mais seca do ano corresponde ao segundo semestre, quando a ZCIT migra para o Hemisfério Norte e as precipitações tornam-se escassas. A quantidade média de chuva entre julho e dezembro corresponde a 16,2% do volume total anual, o que caracteriza um período seco longo e acentuado. Nos meses de inverno e primavera a expansão das altas pressões subtropicais que atuam sobre o interior da Região Nordeste inibe a ocorrência de precipitação.

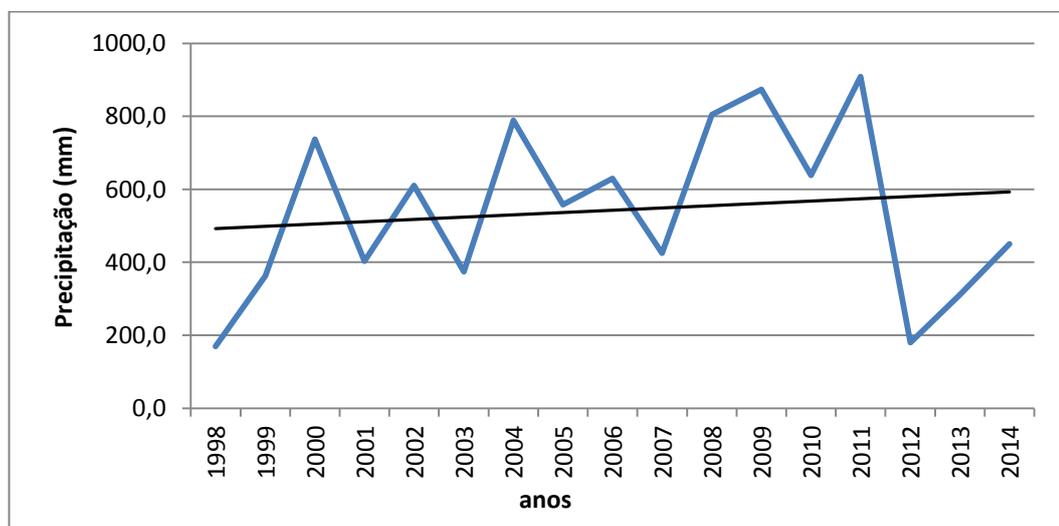
Figura 11 - Precipitação mensal média (1998-2014) para a Bacia Hidrográfica do Rio Taperoá



Fonte: adaptado AESA. Organizado pelo autor.

A análise da figura 12 revela a grande variabilidade interanual da precipitação no interior da bacia hidrográfica. São observados anos extremamente secos em que os valores médios de precipitação ficam abaixo dos 200 mm anuais, e outros chuvosos em que os valores superam 800 mm anuais. A linha de tendência linear aponta um aumento dos volumes anuais de chuva entre os anos de 1998 e 2014, no entanto a série apresentada é pequena para serem identificadas mudanças significativas nos padrões de precipitação.

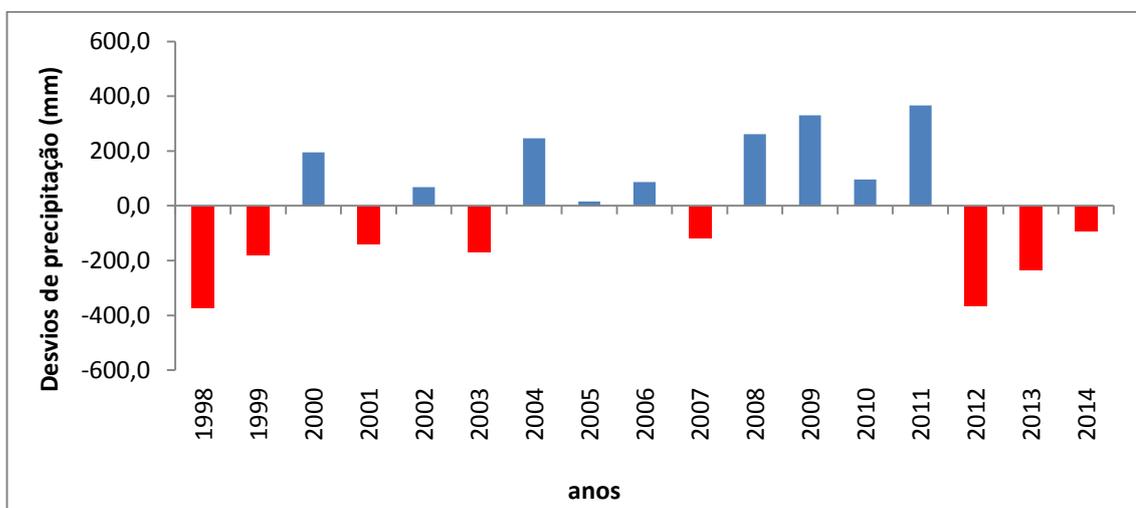
Figura 12 - Precipitação média anual (1998-2014) da Bacia Hidrográfica do Rio Taperoá



Fonte: adaptado AESA. Organizado pelo autor.

A variabilidade interanual das precipitações pode ser corroborada pelos desvios médios anuais, variando entre -372,9 (em 1998) e 366,4 (em 2011). A análise do gráfico dos desvios médios (olhar figura 13) mostra a existência de ciclos secos (1998 - 2003, 2012 - 2014) e outro chuvoso (2004 – 2011), relacionados aos ciclos de baixa frequência dos padrões termodinâmicos resultantes das interações entre atmosfera e os oceanos Pacífico e Atlântico.

Figura 13 - Desvios da precipitação média anual (1998-2014) na Bacia Hidrográfica do Rio Taperoá



Fonte: adaptado AESA. Organizado pelo autor.

A quantidade e a época de ocorrência das precipitações observadas durante o ano comportam-se de maneira heterogênea no interior da bacia. Na figura 14, é possível verificar que a porção oriental da bacia possui valores médios de precipitação anual entre 400 e 480 mm, a porção central apresenta valores entre 480 e 552 mm e, o setor ocidental valores entre 628 e 828 mm. Essa distribuição espacial dos valores médios pode ser explicada pelo arranjo do relevo, sistemas meteorológicos atuantes e direção predominante dos ventos.

A figura 07, referente à hipsometria da Bacia do Taperoá revela uma área rebaixada no interior do Planalto da Borborema, circundada por serras com altitudes mais elevadas. Essa disposição do relevo em associação com a direção predominante dos ventos alísios de sudeste/leste produz áreas de “sombras de chuva” as quais são caracterizadas por uma semiaridez acentuada em função da localização a sotavento das serras circundantes.

A orientação do relevo em uma “rampa suave” com aumento da altitude de sudeste para noroeste canaliza os ventos alísios de sudeste secos a sotavento das serras fronteiriças,

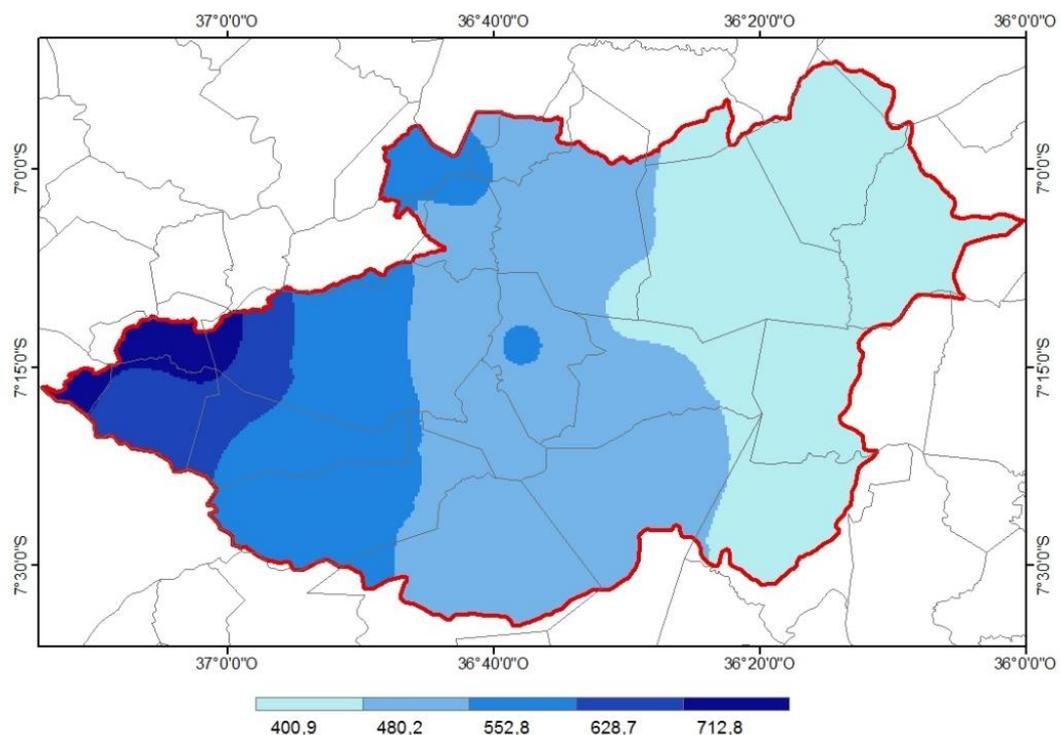
com estado de Pernambuco, para o interior da bacia hidrográfica. Esses ventos, no entanto, são forçados a ascender, resfriando-se adiabaticamente ao atingirem as porções oeste e sudoeste da bacia em função dos relevos escarpados da Serra do Teixeira.

Portanto, essa configuração do relevo em consonância com os padrões de circulação atmosférica em escala secundária produzem climas semiáridos mais severos nos setores sudeste e central da bacia, e climas semiárido brando e subúmido seco nas porções oeste escarpadas da Serra do Teixeira.

No entanto, é importante destacar que o fator altitude não apresenta correlação direta com os índices médios de precipitação, pois esses estão também relacionados ao arranjo do relevo. Tal fato pode ser percebido através da comparação entre as figuras 7 e 14, nelas se observa que as áreas localizadas no nordeste da bacia, apesar de possuírem altitudes superiores aos 500 m, apresentam índices pluviométricos médios inferiores a 480 mm em razão de estarem posicionadas a sotavento de áreas mais elevadas no interior do planalto.

Por outro lado, as localidades elevadas da Serra do Teixeira, nas porções ocidentais da bacia, estão dispostas a barlavento em relação aos ventos alísios e, por esta razão, recebem em média maiores volumes de chuva. Os movimentos ascendentes do ar ao encontrarem a barreira orográfica, intensificam a convecção da ZCIT nos meses de verão e outono.

Figura 14 - Precipitação média (1998-2014) da Bacia Hidrográfica do Rio Taperoá

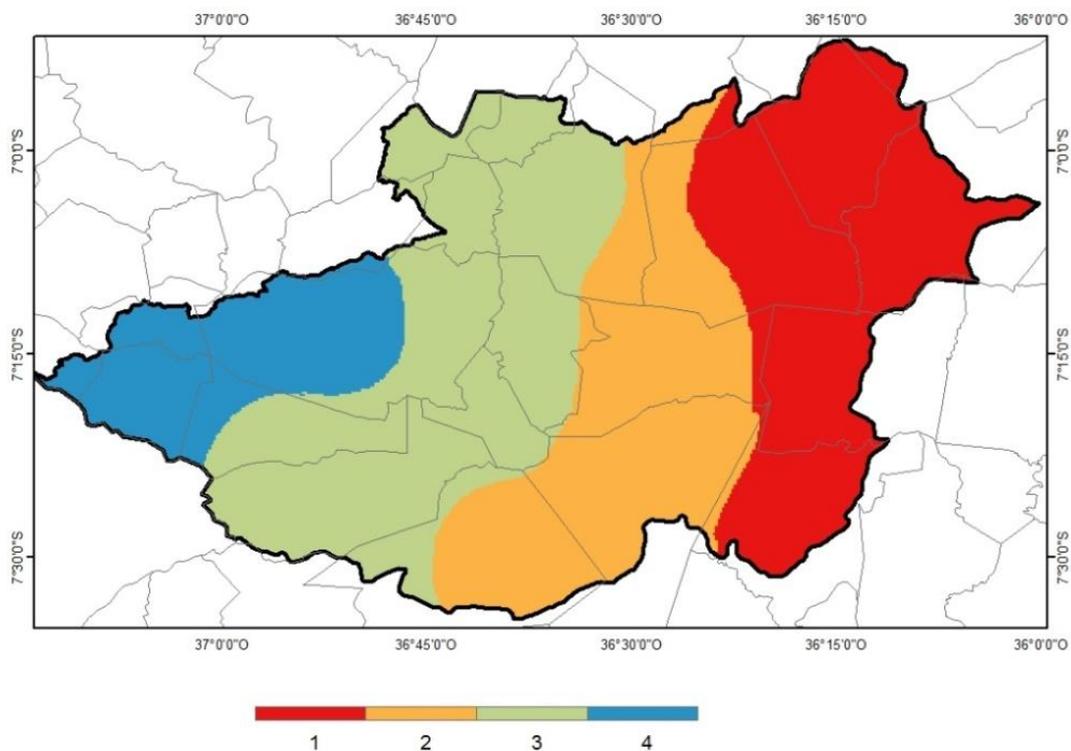


Fonte: adaptado AESA. Organizado pelo autor

7.1 AS REGIÕES PLUVIOMÉTRICAS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO TAPEROÁ

Além da irregularidade espacial dos volumes anuais de chuva, é possível verificar uma irregularidade sazonal mensal entre os diferentes setores da bacia. Com base no volume total e época de ocorrência das chuvas a bacia pode ser classificada em quatro regiões pluviométricas distintas, representadas na figura 15.

Figura 15 - Regiões pluviométricas da Bacia Hidrográfica do Rio Taperoá



Fonte: adaptado AESA. Organizado pelo autor

Nos setores 1 e 2 encontram-se os menores índices pluviométricos médios da bacia, nessas áreas os principais sistemas atmosféricos causadores de chuva possuem atuação limitada em função das características geográficas da bacia, citadas anteriormente. A partir da análise das figuras 16 e 17, as quais representam a distribuição mensal média da precipitação nos municípios de Pocinhos e Olivedos, localizado na região pluviométrica 1 da bacia, é possível observar uma baixa pluviosidade média anual.

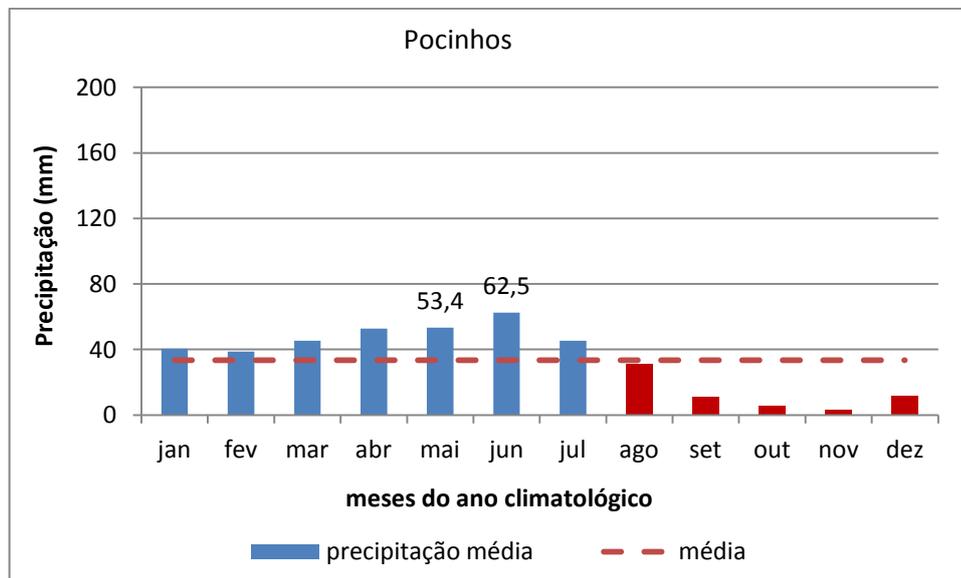
Pocinhos e Olivedos estão localizados no extremo oeste da bacia, numa área de transição climática entre o Sertão e o Agreste paraibano. O Sertão possui um regime

pluviométrico condicionado principalmente pela atuação da ZCIT com maiores volumes de chuva concentrados entre fevereiro e abril. Já o Agreste paraibano, possui seu regime pluviométrico modulado principalmente pela atuação dos Distúrbios Ondulatórios de Leste entre os meses de abril e julho.

Apesar de suas localizações longitudinais, esses municípios não apresentam regime pluviométrico típico do Agreste. Esse fato pode ser explicado pela posição a sotavento dessas localidades em relação a áreas mais elevadas do Planalto da Borborema, pois a umidade vinda do Atlântico no inverno, trazida pelas Ondas de Leste, bem como a convecção ocasionada pela ZCIT nos meses de verão e outono, atingem esta localidade em estado de dissipação.

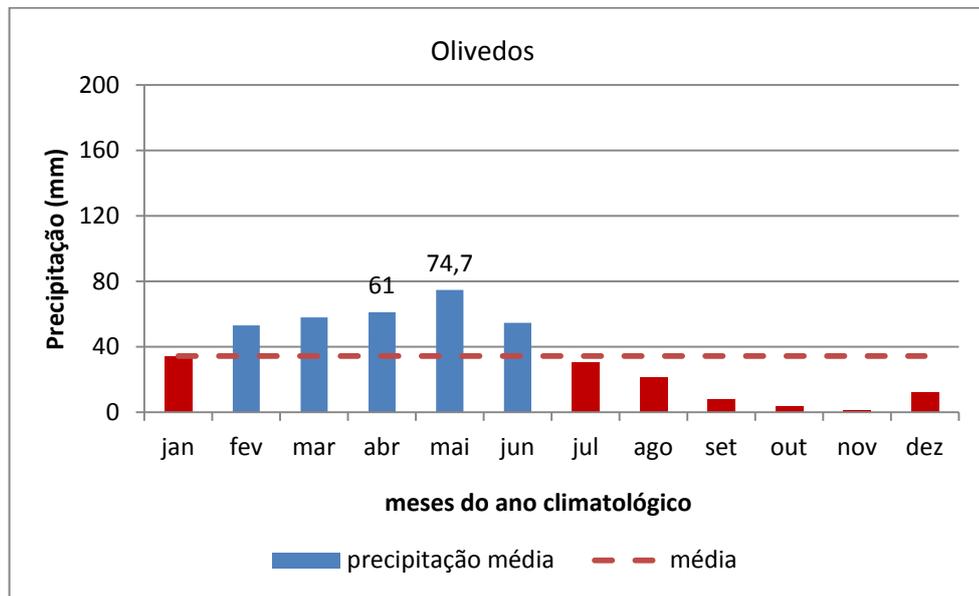
Os gráficos de pluviosidade mensal dos municípios de Pocinhos e Olivedos, representantes da região pluviométrica 1, mostram baixos índices pluviométricos mensais com pico de precipitação no mês de junho em Pocinhos (62,5 mm) e no mês de maio (74,7 mm) em Olivedos. Apesar dos baixos volumes de precipitação média anual (401 mm em Pocinhos e 407 mm em Olivedos), a chuva se comporta de maneira mais regular entre os meses de março de julho, apresentando valores em torno dos 50 mm mensais.

Figura 16 - Precipitação mensal média (1998-2014) do posto pluviométrico de Pocinhos



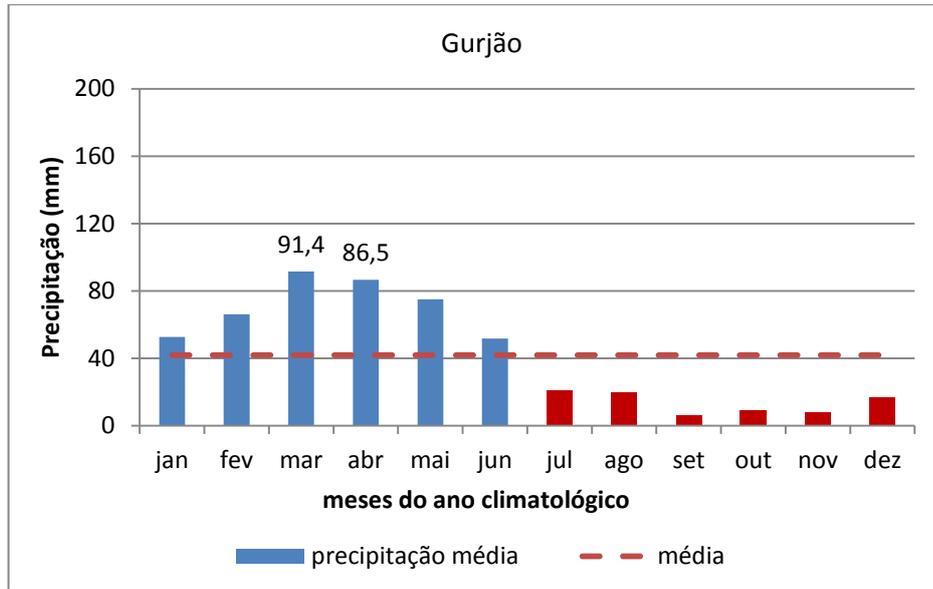
Fonte: adaptado AESA. Organizado pelo autor.

Figura 17 - Precipitação média mensal (1998-2014) do posto pluviométrico de Olivedos

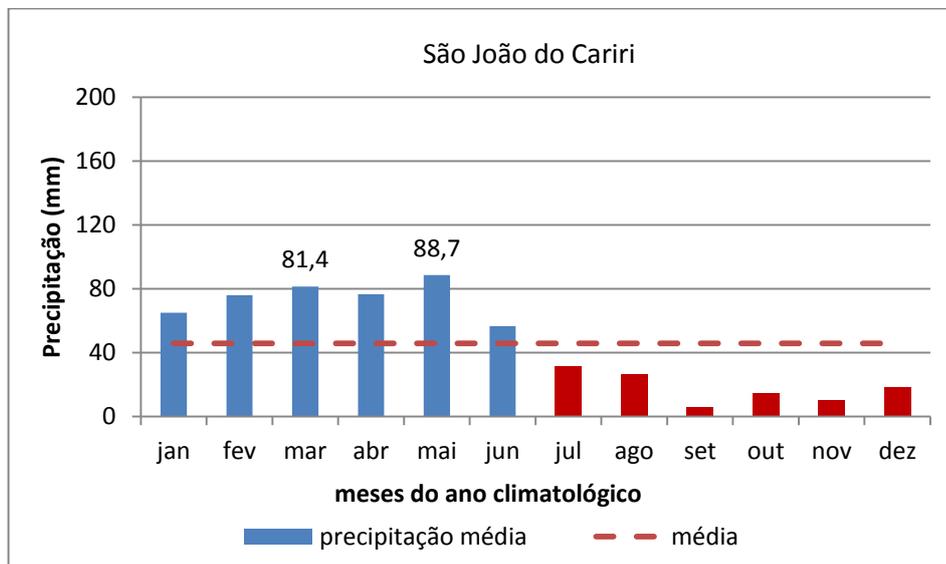


Fonte: adaptado AESA. Organizado pelo autor.

A comparação entre os gráficos representantes da região 1 e aqueles representantes da região 2 (figuras 18 e 19) permite constatar que existem diferenciações relacionadas aos volumes totais anuais e a distribuição mensal da precipitação. O posto pluviométrico do município de Gurjão apresenta volumes de chuva concentrados entre os meses de março e maio com média anual de 488,5 mm, indicando maior influência da ZCIT em relação aos gráficos da região 1. O município de São João do Cariri apresenta um volume médio anual de precipitação de 545,5 mm e uma distribuição média mensal um pouco mais regular quando comparada ao da estação de Gurjão, no entanto também possui chuvas concentradas entre fevereiro e maio.

Figura 18 - Precipitação média mensal (1998-2014) do posto pluviométrico de Gurjão

Fonte: adaptado AESA. Organizado pelo autor.

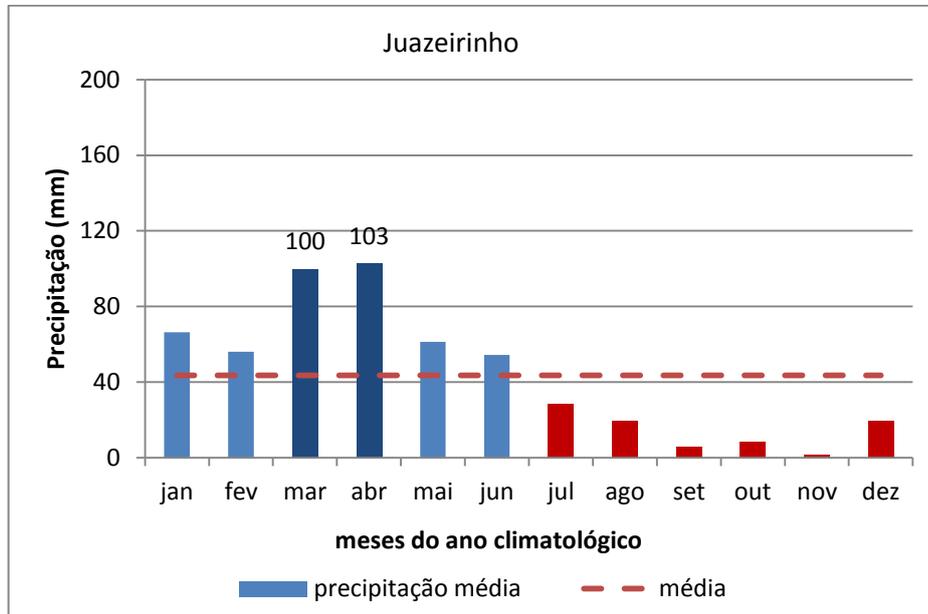
Figura 19 - Precipitação média mensal (1998-2014) do posto pluviométrico de São João do Cariri

Fonte: adaptado AESA. Organizado pelo autor.

Os gráficos representantes da região três (figuras 20 e 21), para os postos de Juazeirinho e Junco do Seridó, mostram maiores volumes médios mensais concentrados nos meses de março e abril (com valores superiores ou iguais a 100 mm) e totais pluviométricos médios de 520 e 585 mm, respectivamente. É possível constatar uma maior irregularidade na distribuição mensal durante o ano em relação aos gráficos das regiões um e dois, sugerindo

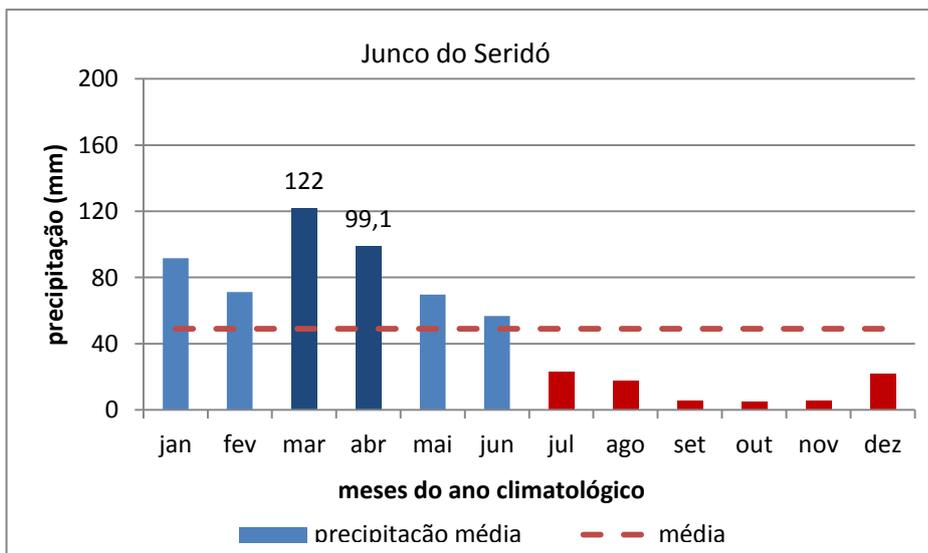
maior influência da ZCIT e menor significância dos volumes de chuva provenientes sistemas de leste vindos do Atlântico durante o inverno nos totais anuais.

Figura 20 - Precipitação média mensal (1998-2014) do posto pluviométrico de Juazeirinho



Fonte: adaptado AESA. Organizado pelo autor.

Figura 21 - Precipitação média mensal (1998-2014) do posto pluviométrico de Junco do Seridó

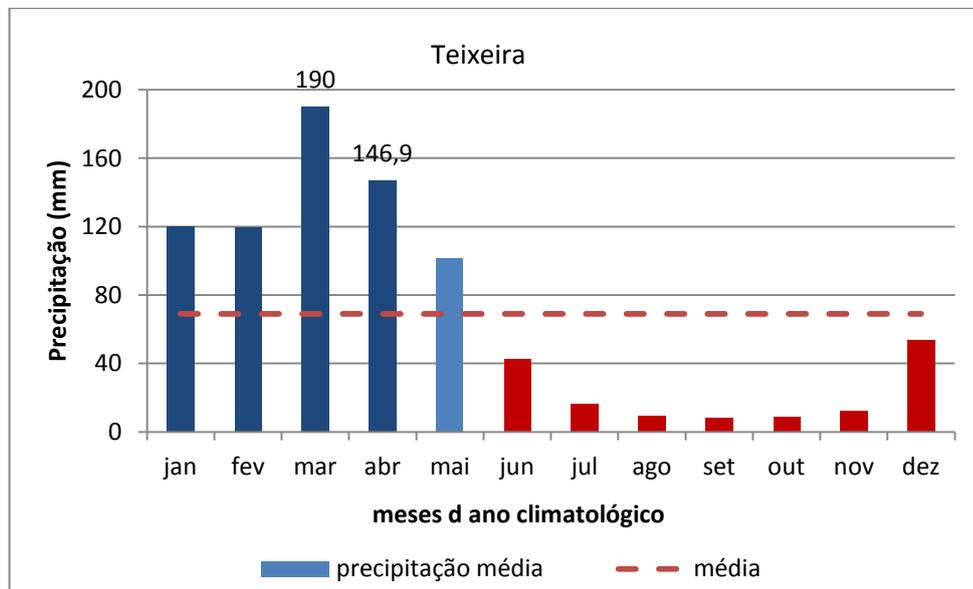


Fonte: adaptado AESA. Organizado pelo autor.

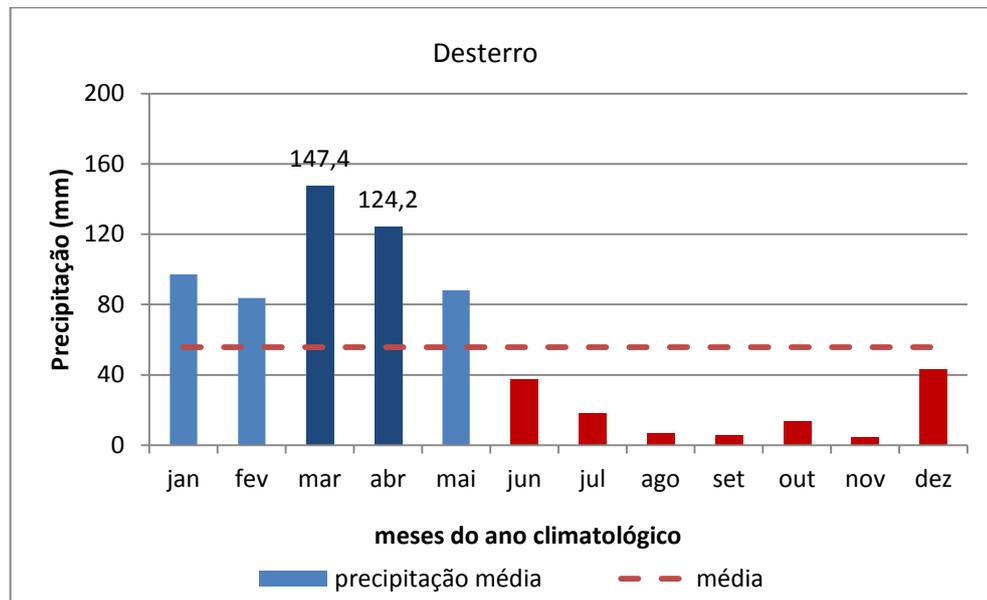
A região 4, como pode ser visto nas figuras 22 e 23, apresenta os maiores valores anuais de precipitação com totais anuais de 828 mm no posto pluviométrico de Teixeira e 667

mm no de Desterro. A distribuição mensal da chuva é condicionada pelo maior influência da ZCIT nos totais pluviométricos, quando comparada às outras regiões da bacia. Esse fato pode ser corroborado pelos maiores valores de chuva concentrados nos meses de março e abril. Os municípios de Desterro e Teixeira, representantes da região pluviométrica 4, localizam-se na Serra do Teixeira, onde registram-se os maiores volumes anuais médios de chuva, o que sugere o efeito do relevo sobre a convecção produzida pela ZCIT. No entanto, apesar de maiores volumes médios anuais, as chuvas encontram-se mal distribuídas ao longo do ano, com um longo período seco entre os meses de junho e dezembro.

Figura 22 - Precipitação mensal média (1998-2014) do posto pluviométrico de Teixeira



Fonte: adaptado AESA. Organizado pelo autor.

Figura 23 - Precipitação mensal média (1998-2014) do posto pluviométrico de Desterro

Fonte: adaptado AESA. Organizado pelo autor.

A análise dos gráficos das distintas regiões pluviométricas na Bacia Hidrográfica do Taperoá sugere a existência de regimes diferenciados de precipitação. Nesse sentido, há um aumento dos volumes e da variabilidade mensal da precipitação, de leste para oeste. Essa distribuição espacial da chuva é explicada pelos sistemas meteorológicos atuantes, gerados pela circulação primária, em associação aos fatores geográficos determinantes dos condicionantes climáticos locais.

As regiões pluviométricas 3 e 4 possuem maior influência da ZCIT nos totais de anuais dos volumes de chuvas, estando a região 4 sujeita ao afeito do relevo da Serra do Teixeira sobre a convecção de verão-outono. Já as regiões 1 e 2 estão a sotavento em relação a áreas mais elevadas do Planalto da Borborema, e por esta razão são mais secas do que localidades de mesma longitude. Apesar das diferenciações climáticas existentes, é comum a todas as regiões da bacia uma irregularidade na ocorrência de chuvas ao longo dos anos e a existência de um período seco acentuado.

7.1.1 Evapotranspiração e índice de aridez

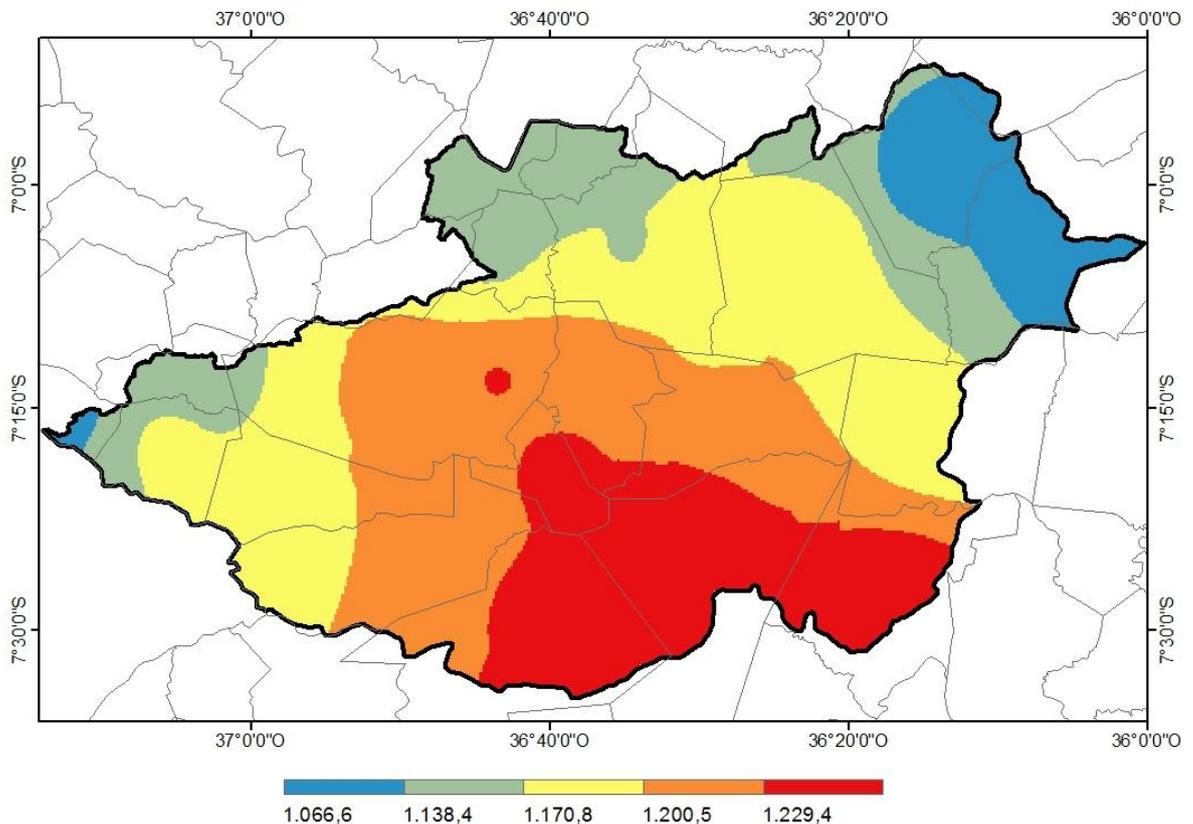
Além do efeito sobre a chuva, as características geográficas da bacia hidrográfica possuem influência sobre os valores de temperatura, como visto anteriormente, que por sua

vez influenciam os valores de evapotranspiração. Esse condicionante climático, assim como a precipitação, é de grande importância na determinação e diferenciação local das características climáticas.

De maneira geral, o balanço hídrico anual da bacia é deficitário em toda sua extensão. Os valores de evapotranspiração potenciais médios anuais estão entre 1066 mm e 1229 mm, enquanto que os valores médios de precipitação estão entre 400 mm e 828 mm.

Na figura 24, é possível verificar a distribuição espacial dos valores médios anuais de evapotranspiração no interior da bacia. A relação com a imagem do relevo, representado na figura 6, permite observar que as áreas de serras possuem os menores índices de evapotranspiração, enquanto que as áreas mais rebaixadas do vale do Rio Taperoá possuem os maiores valores. Por este motivo, as áreas mais elevadas da bacia possuem menores valores médios de temperatura e, áreas rebaixadas valores maiores, o que explica a variabilidade espacial da evapotranspiração.

Figura 24 - Evapotranspiração média anual (1998-2014) da Bacia Hidrográfica do Rio Taperoá

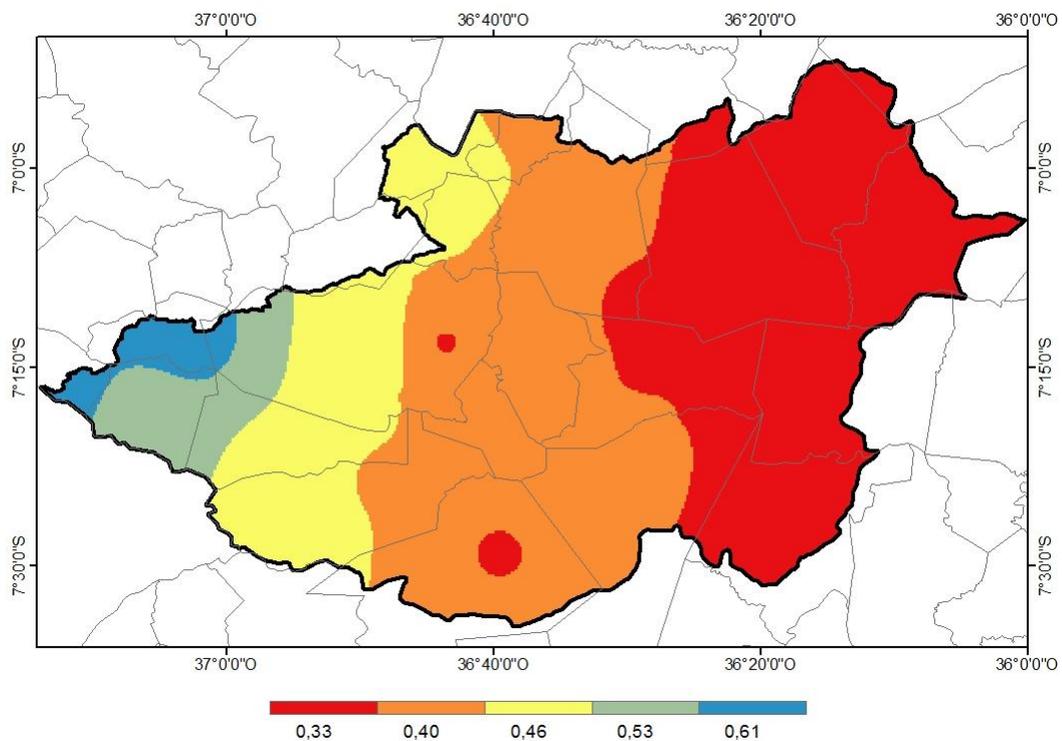


Fonte: adaptado AESA. Organizado pelo autor

Com objetivo de relacionar os valores médios de precipitação e evapotranspiração potencial no interior da bacia hidrográfica, foi calculado o Índice de Aridez, sendo possível a partir de então calcular o grau de aridez e sua distribuição espacial. Os valores do índice para a Bacia do Taperoá ficaram entre 0,33 e 0,67, indicando a existência de climas semiáridos e subúmidos secos.

A figura 25 permite constatar que as áreas mais secas situam-se na porção centro-leste da bacia, com índices variando entre 0,33 e 0,46, correspondendo as regiões pluviométricas 1 e 2. Na porção oeste predominam climas semiáridos atenuados e subúmidos secos, com índices variando entre 0,47 e 0,67 correspondentes às regiões pluviométricas 3 e 4.

Figura 25 - Índice de aridez na Bacia Hidrográfica do Rio Taperoá



Fonte: adaptado AESA. Organizado pelo autor

A partir das análises feitas até então, é possível compreender como os elementos fundamentais do clima se relacionam aos fatores geográficos em escalas diferenciadas na determinação dos tipos climáticos no interior da bacia hidrográfica. Nesse sentido, a temperatura e a precipitação estão condicionadas pela interação entre a circulação em grande escala e o relevo no interior da bacia hidrográfica.

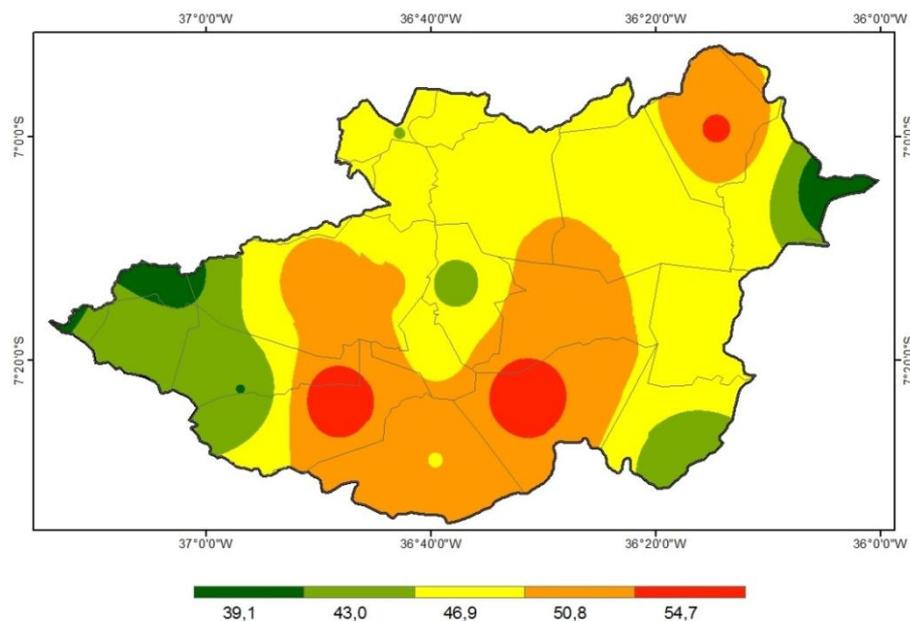
Entre os elementos climáticos estudados, a precipitação é aquele que possui maior variabilidade na distribuição média anual e, portanto, é o principal fator de diferenciação climática na área de estudo. No entanto, um estudo climatológico que almeje fornecer ferramentas para o planejamento deve considerar a variabilidade interanual da precipitação para compreender as características reais do clima.

7.2 VARIABILIDADE INTERANUAL DA PRECIPITAÇÃO NA BACIA DO TAPEROÁ

A variabilidade interanual da chuva na bacia do Taperoá pode ser observada a partir do cálculo do desvio padrão de precipitação. A figura 26 representa a espacialização dos valores percentuais do desvio padrão da precipitação no interior da bacia, mostrando uma intensa variabilidade dos mesmos.

De modo geral, os valores do desvio padrão são mais elevados na porção central, sul e leste da bacia. No entanto, é interessante notar que as áreas representantes dos máximos (Teixeira e Cacimbas) e mínimos (Pocinhos e Cabaceiras) valores médios de precipitação, localizadas nos extremos leste e oeste da bacia e, sujeitas a uma forte influência do relevo sobre a precipitação, são aquelas com menores valores percentuais de desvio padrão.

Figura 26 - Coeficientes de variação dos desvios padrão na Bacia Hidrográfica do Rio Taperoá



Fonte: adaptado AESA. Organizado pelo autor

A tabela 9 apresenta os dados referentes às categorias quantílicas as quais representam uma distribuição de frequência utilizada para classificar os anos em muito, seco, seco, normal, chuvoso e muito chuvoso. A partir de então, foi possível constatar que o primeiro quantil classifica 11,8% dos anos da série como muito secos, com precipitações inferiores a 267,2 mm.

O segundo quantil equivale a 23,5% da série pluviométrica, correspondendo à categoria de anos secos, com intervalo entre 217,2 e 410,3 mm. O terceiro quantil representa 29,4% da série e é referente aos anos classificados como normais, possuindo intervalo entre 410,2 mm e 635,6. O quarto quantil, com intervalo entre 635,6 mm e 827,2 mm representa a categoria dos anos chuvosos, os quais equivalem a 23,5% da série. O quinto quantil equivale a 11,8% da série, representando os anos muito chuvosos com valores superiores a 827,2 mm.

Tabela 9 - Quantis para os valores médios anuais de precipitação na Bacia Hidrográfica do Taperoá

15%	35%	50%	65%	85%
←	←	↔	→	→
Muito Seco	Seco	Normal	Chuvoso	Muito Chuvoso
267,21	410,35	558,02	635,60	827,22

Fonte: adaptado AESA.

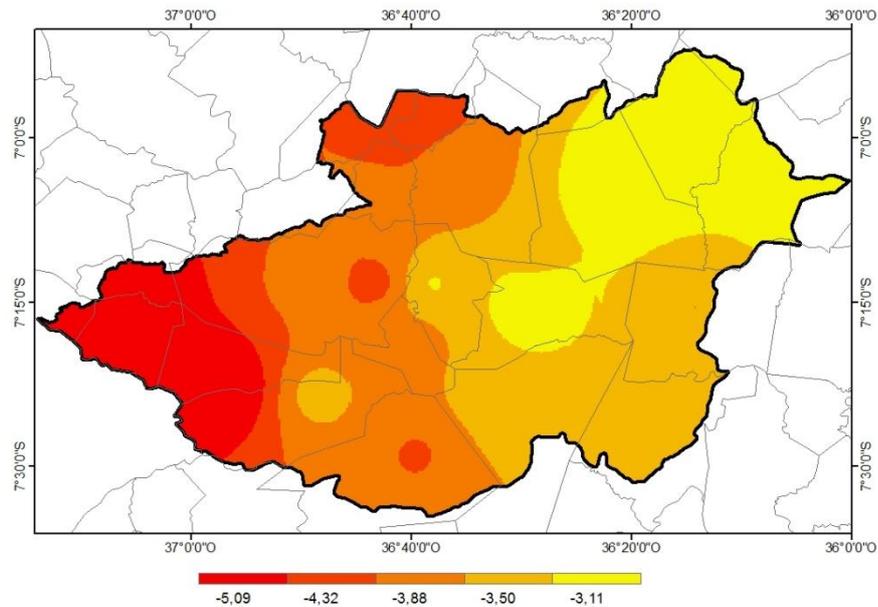
Diante do cenário de irregularidade pluviométrica verificado, fica evidente a importância de estudar a distribuição espaço-temporal das precipitações na bacia. Nesse sentido, foram selecionados cinco anos representantes dos quantis para elaboração da espacialização do IAC e IA: 2012 –muito seco, 2013 – seco, 2005 – normal, 2000 – chuvoso, 2011 – muito chuvoso.

O índice de aridez representa a razão entre precipitação e evapotranspiração potencial, avaliando o grau de aridez. Por sua vez, o índice de anomalia de chuva possui a função de monitorar os desvios de precipitação, quantificando excedentes ou déficits de chuva. Por esta razão, tais índices representam ferramentas importantes para o planejamento em longo prazo, bem como para ações emergenciais diante de eventos extremos.

Quantil muito seco 2012: é possível constatar através da distribuição das classes do IAC que a seca foi bastante severa em toda a extensão da bacia, predominando categorias muito secas e extremamente secas (figura 27). O setor ocidental, climatologicamente mais chuvoso e que abrange a Serra do Teixeira, apresentou os maiores desvios percentuais de precipitação, com os valores do índice inferiores a -4,0.

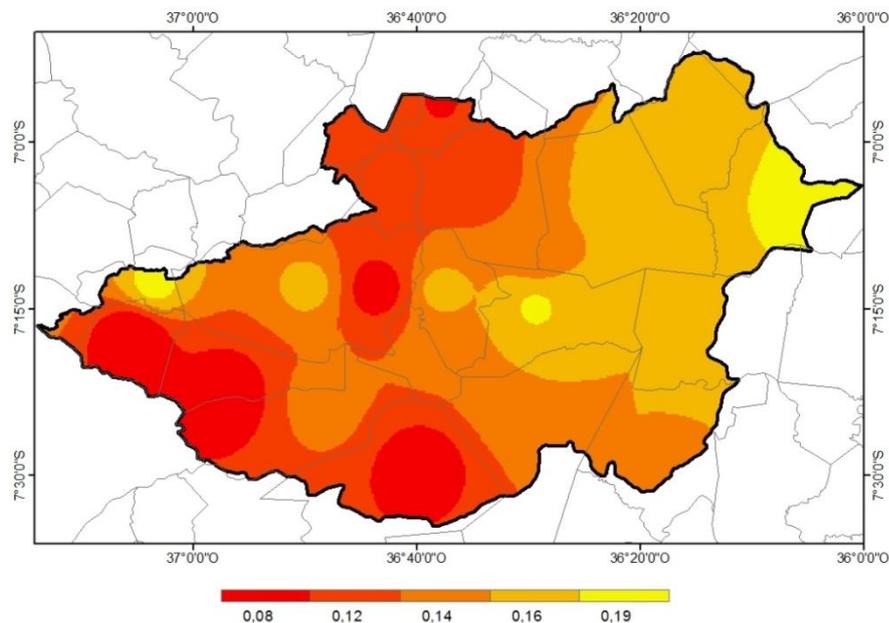
A análise espacial do IA demonstra que se observaram índices desérticos na relação entre precipitação e evapotranspiração em toda área estudada, com valores abaixo de 0,14 nas porções central, norte, sul e oeste da bacia (figura 28).

Figura 27 - Índice de anomalia de chuva para o quantil muito seco de 2012 na Bacia Hidrográfica do Rio Taperoá



Fonte: adaptado AESA. Organizado pelo autor

Figura 28 - Índice de aridez para o quantil muito seco de 2012 na Bacia Hidrográfica do Rio Taperoá

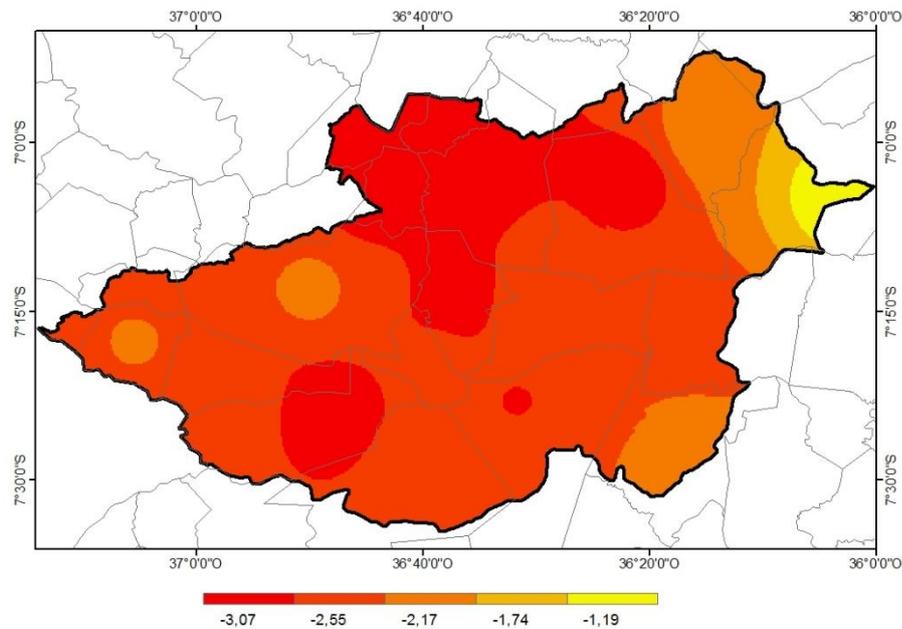


Fonte: adaptado AESA. Organizado pelo autor

Quantil seco 2013: a distribuição das classes do IAC mostra um predomínio de índices entre -2,0 e -3,0, caracterizando um período muito seco em quase toda extensão da bacia. A classe seca ficou restrita a áreas localizadas a noroeste e sudeste com índices entre -1,0 e -2,0 (figura 29).

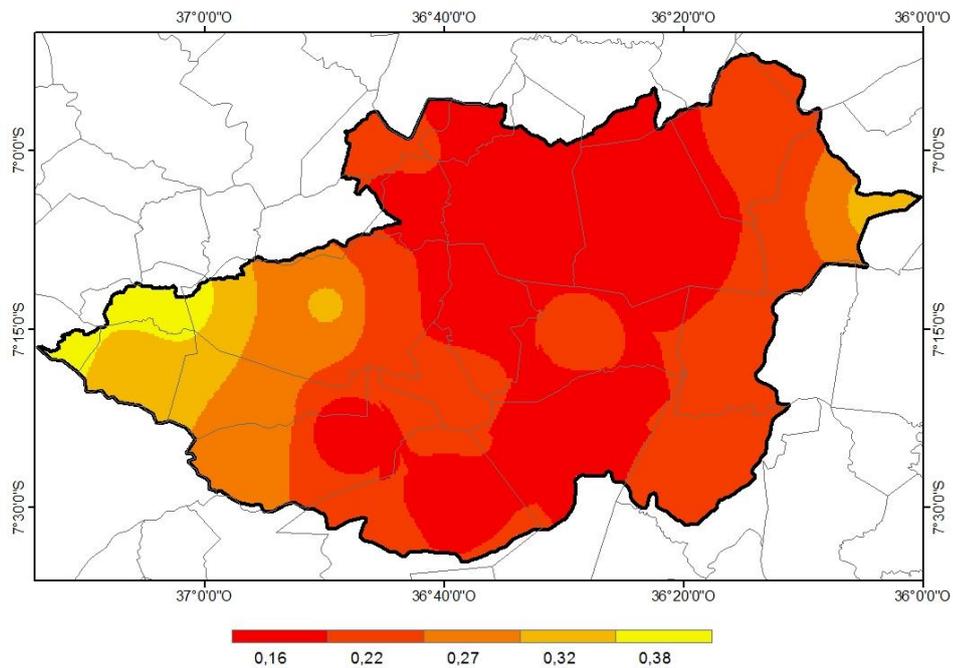
O IA esteve classificado na categoria desértica na porção central com índices entre 0,20 e 0,16, enquanto áreas a leste e oeste estiveram enquadradas como semiáridas com índices entre 0,27 e 0,40 (figura 30).

Figura 29 - Índice de anomalia de chuva para o quantil seco de 2013 na Bacia Hidrográfica do Rio Taperoá



Fonte: adaptado AESA. Organizado pelo autor

Figura 30 - Índice de aridez para o quantil seco de 2013 na Bacia Hidrográfica do Rio Taperoá

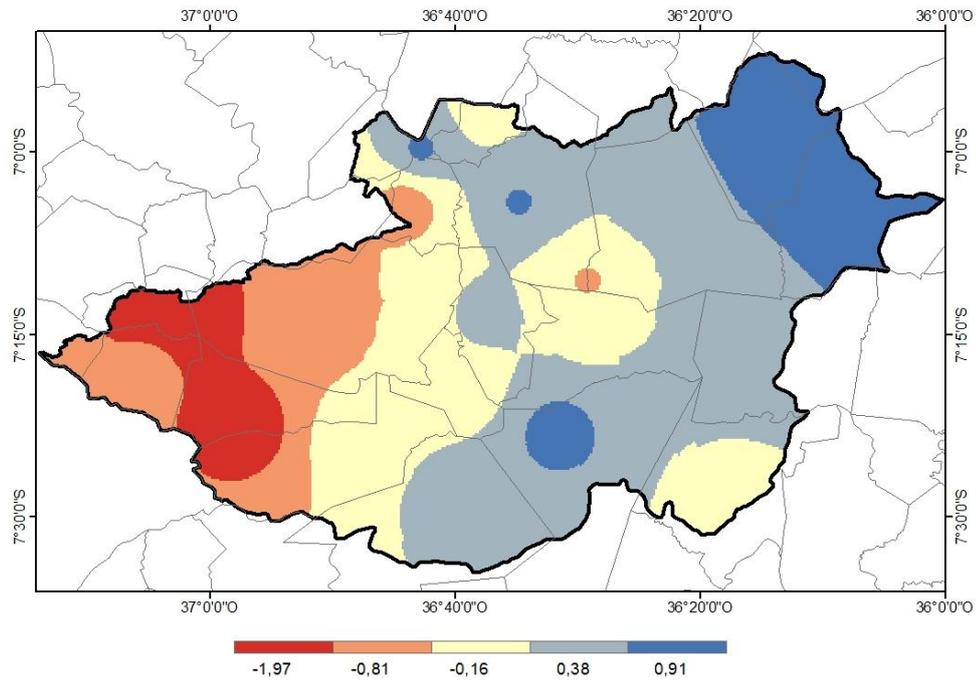


Fonte: adaptado AESA. Organizado pelo autor

Quantil normal 2005: as classes do IAC (figura 31) variam entre úmidas nas porções centro e leste da bacia, com predomínio de valores entre 0,38 e 1,0, e secas na porção oeste, com índices entre -0,5 e -1,97. Portanto, desvios percentuais positivos de chuva foram observados no leste da bacia e desvios negativos a oeste.

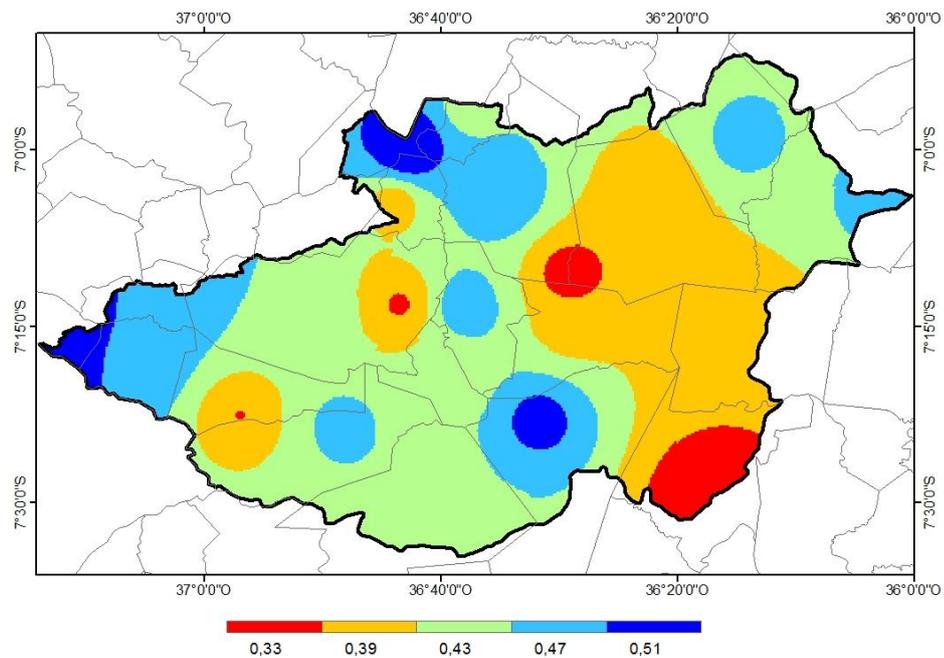
O IA teve predominância da classe semiárida (figura 32), com índice variando entre 0,33 e 0,50. Os menores índices estiveram concentrados na porção leste-sudeste, áreas climatologicamente mais secas. A ocorrência da classe subúmida seca ficou restrita a setores do extremo norte e oeste com valores superiores a 0,51.

Figura 31 - Índice de anomalia de chuva para o quantil normal de 2005 na Bacia Hidrográfica do Rio Taperoá



Fonte: adaptado AESA. Organizado pelo autor

Figura 32 - Índice de aridez para o quantil normal de 2005 na bacia Hidrográfica do Rio Taperoá

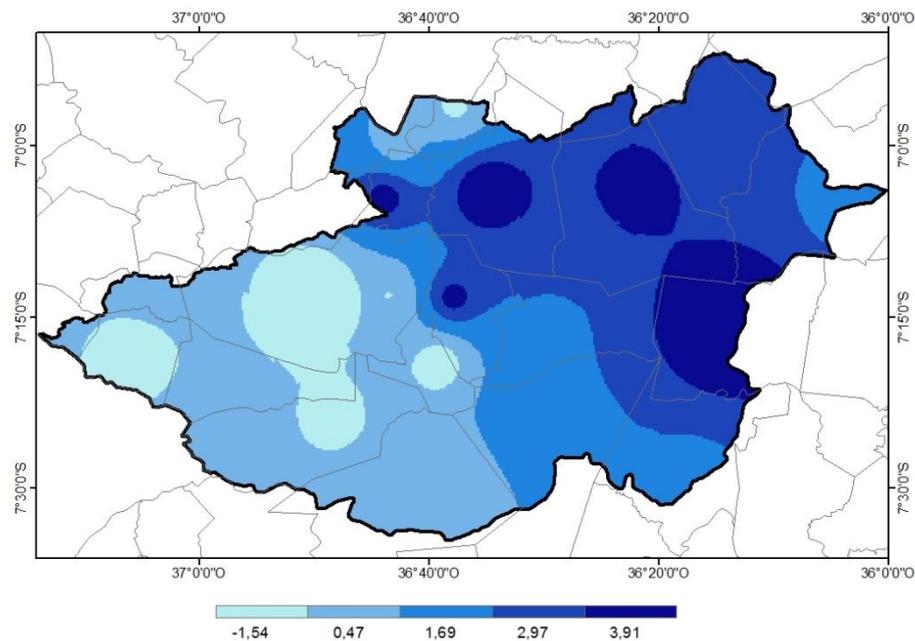


Fonte: adaptado AESA. Organizado pelo autor

Quantil chuvoso 2000: a análise do IAC a partir da figura 33 revela que os índices representativos das classes úmidas e muito úmidas predominaram em toda extensão da bacia. As áreas com maiores desvios positivos de precipitação estiveram localizadas na porção centro-leste, com índices de anomalia de chuva superiores a 3,0. Apesar da predominância de classes úmidas, algumas áreas isoladas no oeste da bacia tiveram desvios negativos associados à classe seca.

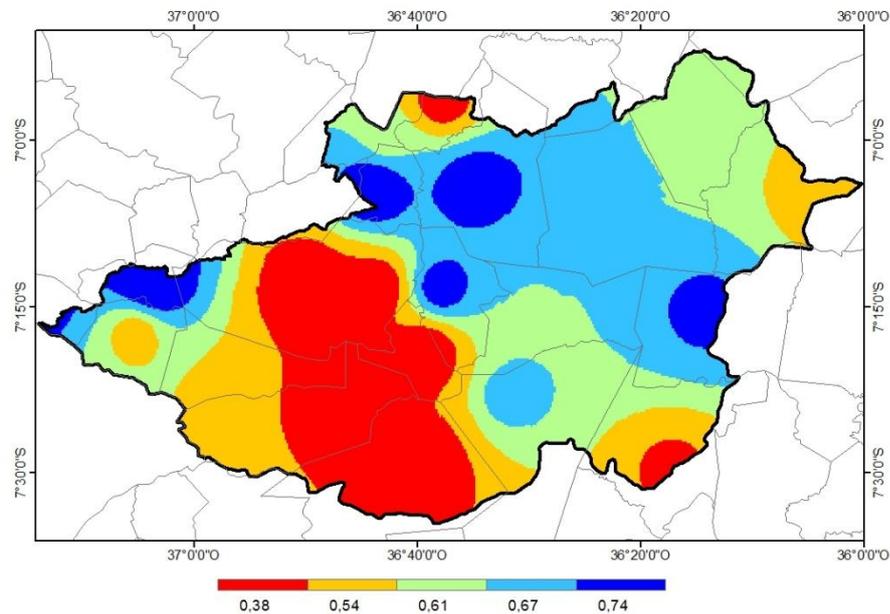
O IA, figura 34 indica uma predominância das classes subúmida úmida e subúmida seca em quase toda área da bacia, com índices superiores a 0,61. A classe semiárida esteve representada em locais isolados a norte, sudeste e em uma faixa estreita da porção centro-oeste, com índices entre 0,50 e 0,38.

Figura 33 - Índice de anomalia de chuva para o quantil chuvoso de 2000 na Bacia Hidrográfica do Rio Taperoá



Fonte: adaptado AESA. Organizado pelo autor

Figura 34 - Índice de aridez para o quantil chuvoso de 2000 na Bacia Hidrográfica do Rio Taperoá

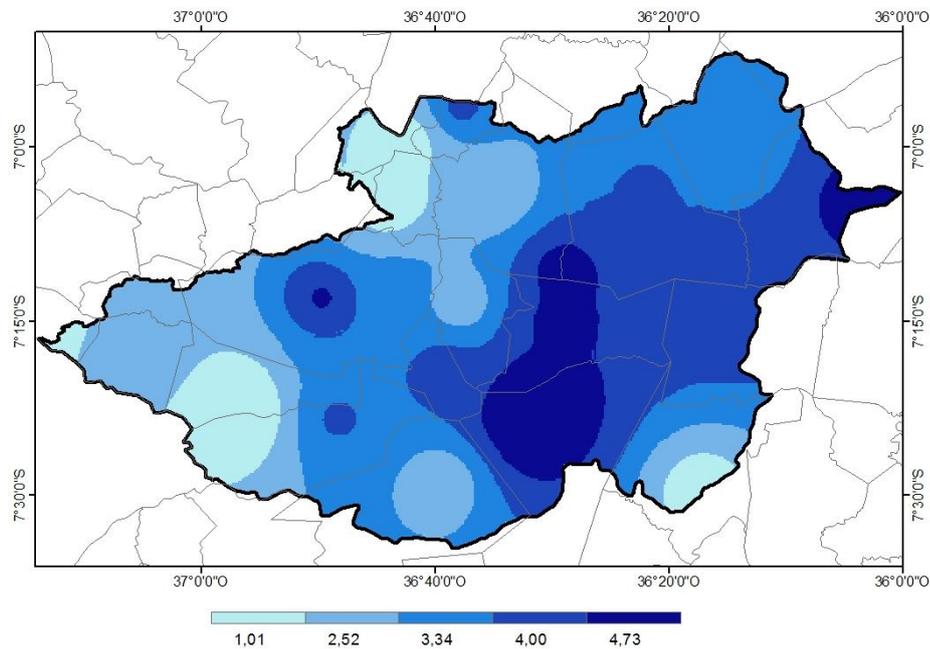


Fonte: adaptado AESA. Organizado pelo autor

Quantil muito chuvoso 2011: a distribuição espacial (figura 35) das classes do IAC mostra que o ano de 2011 foi bastante chuvoso em toda bacia do Taperoá. Os desvios de precipitação foram mais intensos na região centro-leste, com índices superiores a 4,0, indicando uma predominância de classe extremamente úmida. Na região centro-oeste da bacia predominaram classes muito úmidas.

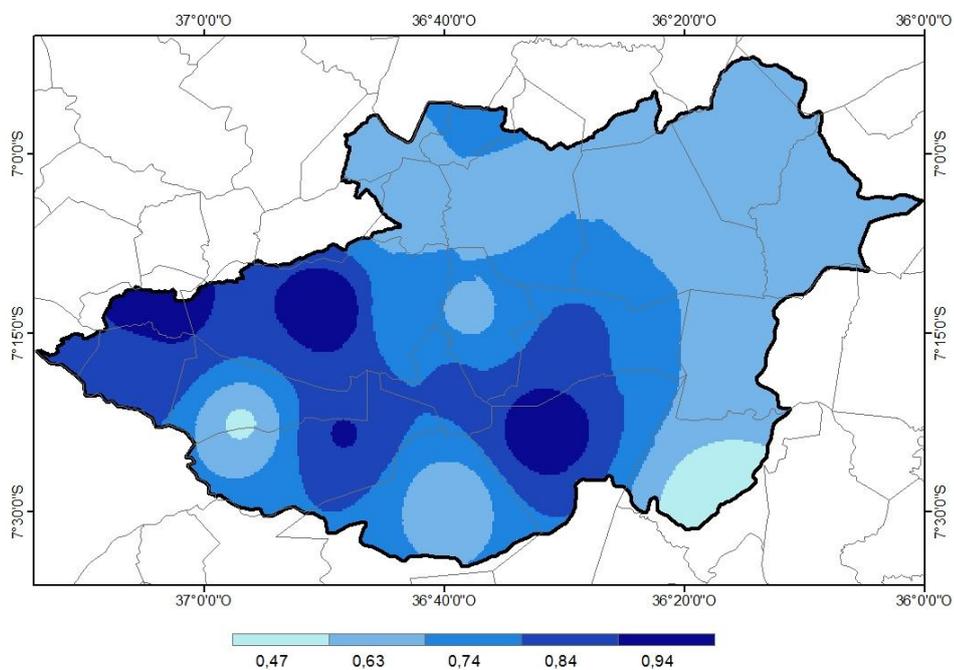
Porém, os valores absolutos de precipitação foram maiores no oeste da bacia, refletindo classes de IA subúmida úmidas e úmidas nessa área da bacia (figura 36). No leste da bacia predominou classe de intensidade subúmida úmida, corroborando a elevada condição de umidade para esse ano.

Figura 35 - Índice de anomalia de chuva para o quantil muito chuvoso de 2011 na Bacia Hidrográfica do Rio Taperoá



Fonte: adaptado AESA. Organizado pelo autor

Figura 36 - Índice de aridez para o quantil muito chuvoso de 2011 na Bacia Hidrográfica do Rio Taperoá



Fonte: adaptado AESA. Organizado pelo autor.

A análise dos índices reforça a condição de irregularidade das precipitações no interior da Bacia do Taperoá, já que a distribuição espacial desses índices exhibe as diferenciações no

comportamento da chuva em uma escala anual, e reforça a importância da precipitação como principal fator de distinção climática no interior da área de estudo.

O IAC representa uma importante ferramenta de monitoramento dos desvios de precipitação no interior da bacia, sendo bastante útil no planejamento de ações estratégicas de convivência com o clima ou para ações emergenciais diante de eventos extremos. Pois torna possível a avaliação do grau de seca ou umidade em determinada área diante da condição habitual do clima.

Já o IA ao avaliar o grau de aridez, define as áreas mais vulneráveis à degradação ambiental, bem como pode auxiliar no planejamento territorial agrário. Pois o conhecimento a respeito da disponibilidade hídrica do ambiente é ponto fundamental para estruturar os manejos agrários de maneira coerente com as características ambientais do semiárido.

Além de investigar a intensidade da variabilidade pluviométrica interanual em suas dimensões temporais e espaciais, é importante conhecer os mecanismos que regulam as flutuações no comportamento do clima com a utilização de ferramentas de previsão e planejamento. Nesse contexto, as interações entre os oceanos e a atmosfera são indicados como os maiores condicionantes da variabilidade climática.

7.3 INTERAÇÕES OCEANO-ATMOSFERA E A VARIABILIDADE DA PRECIPITAÇÃO NA BACIA DO TAPEROÁ

A variabilidade interanual da precipitação na Bacia do Taperoá, localizada no norte do Nordeste Brasileiro, está relacionada às mudanças cíclicas nos padrões de circulação global, ou regional da atmosfera, ocasionadas por mudanças na temperatura dos oceanos Pacífico e Atlântico (Kayano e Andreoli, 2006, 2007, 2009; Hasternrath, 2006). Nesse contexto, destacam-se o fenômeno ENOS-oscilação sul e o Gradiente do Atlântico capazes de influenciar o comportamento da pluviosidade sobre a bacia hidrográfica.

Para investigar a influência dos mecanismos atmosféricos estabelecidos por esses fenômenos sobre a área estudada, foram calculados os índices correlações de Pearson (r) a fim de identificar a intensidade da relação entre os dados de ATSM (para o Atlântico Norte e Sul, Gradiente do Atlântico e regiões 1+2, 3, 3.4 e 4 do El Niño) e a pluviosidade do período compreendido entre os meses janeiro e junho. Considerando pesquisas anteriores que sugerem uma diferenciação de resposta entre as componentes oceânica e atmosférica (que se manifesta via teleconexões) dos fenômenos investigados, bem como de suas respectivas escalas de

atuação, os índices (r) foram calculados considerando-se a anomalia média de TSM seis meses antes da estação chuvosa, para o ENOS e de três meses para o GRADT.

A análise dos dados, apresentados na tabela 10, mostra a existência de uma correlação negativa com a anomalia de TSM nas regiões centrais e oeste do oceano Pacífico (regiões 3 e 3.4 do El Niño) para o período estudado (1998-2014). Portanto, águas mais aquecidas, em condição de El Niño, desfavorecem a ocorrência de chuvas sobre áreas da bacia enquanto que valores negativos de TSM favorecem a ocorrência de precipitação. Os dados apresentados apontam que os índices de correlação, para a amostra utilizada, possuem significância estatística (p) com confiança igual a maior que 95% para valores iguais ou menores a -0,47 ou maiores ou iguais a 0,47.

Os resultados não indicaram correlações significativas entre os dados de chuva e as ATSMs do Atlântico (Norte, Sul e GRADT) nem para as regiões 1+2 e 4 do El Niño. Apenas as regiões 3 e 3.4 do El Niño apresentaram correlações significativas com os dados de precipitação no período chuvoso em algumas áreas da bacia hidrográfica, sendo mais intensas para a região 3.

Tabela 10 - Índice de correlação linear de Pearson (r) entre as anomalias de TSM, no Oceano Pacífico (ninos 3, 3.4 e 4), Atlântico (GRADT) e os dados pluviométricos da Bacia Hidrográfica do Rio Taperoá, e índices de significância estatística (p)

Postos	nino3 (r)	p- valore s	nino3.4 (r)	p- valore s	nino 4 (r)	p- valore s	Grad (r)	p- valore s
Assunção	-0,40	0,10	-0,33	0,20	-0,21	0,42	-0,24	0,35
Boa Vista	-0,55	0,02	-0,48	0,05	-0,38	0,13	-0,11	0,67
Cabaceiras	-0,49	0,04	-0,39	0,11	-0,25	0,32	-0,21	0,42
Cacimbas	-0,36	0,16	-0,34	0,18	-0,29	0,26	-0,24	0,35
Desterro	-0,37	0,14	-0,31	0,23	-0,18	0,48	0,06	0,83
Gurjão	-0,55	0,02	-0,46	0,06	-0,38	0,13	0,12	0,65
Juazeirinho	-0,56	0,02	-0,51	0,03	-0,40	0,10	-0,07	0,79
Junco do Seridó	-0,35	0,16	-0,29	0,25	-0,18	0,48	-0,08	0,74
Livramento	-0,27	0,30	-0,28	0,26	-0,24	0,35	-0,18	0,47
Olivedos	-0,58	0,01	-0,50	0,03	-0,39	0,11	-0,04	0,88
Parari	-0,44	0,07	-0,39	0,11	-0,30	0,23	0,19	0,47
Pocinhos	-0,46	0,06	-0,40	0,10	-0,34	0,18	-0,07	0,77
Santo André	-0,48	0,05	-0,37	0,14	-0,22	0,40	-0,24	0,34
São João do Cariri	-0,52	0,03	-0,46	0,06	-0,40	0,11	0,06	0,83
São José dos Cordeiros	-0,43	0,08	-0,38	0,13	-0,27	0,29	0,16	0,53
Serra Branca	-0,38	0,13	-0,28	0,27	-0,15	0,57	0,15	0,57

Postos	nino3 (r)	p- valore s	nino3.4 (r)	p- valore s	nino 4 (r)	p- valore s	Grad (r)	p- valore s
Soledade	-0,59	0,01	-0,51	0,03	-0,40	0,11	-0,17	0,52
Soledade_FZ	-0,51	0,03	-0,43	0,08	-0,36	0,15	-0,02	0,93
Taperoá	-0,39	0,11	-0,36	0,15	-0,30	0,24	0,30	0,24
Taperoá_fz	-0,44	0,07	-0,40	0,11	-0,30	0,24	0,06	0,82
Teixeira	-0,33	0,19	-0,29	0,26	-0,20	0,44	-0,02	0,93
Tenório	-0,29	0,25	-0,25	0,33	-0,21	0,41	-0,18	0,49

Fonte: adaptado NOAA (2015) e AESA (2014)

As figuras 37 e 38, as quais representam a espacialização dos índices de correlação (r) na bacia hidrográfica, para as regiões 3 e 3.4 do El Niño, indicam que o setor centro-leste sofre maior influência do fenômeno ENOS em sua quadra chuvosa. Na figura 37 é possível verificar que índices de correlação (r) variam entre -0,5 e -0,58 nesse setor. A área de maior intensidade de correlação é bastante semelhante para as anomalias de TSM do El Niño 3 e 3.4, no entanto mais intensas para a região 3. Essas áreas onde a correlação entre TSM e precipitação é mais forte representam as regiões da bacia onde ocorrem os menores índices de aridez, associados a um clima semiárido severo, com os menores valores médios de precipitação.

Curiosamente, as áreas com maior influência da ZCIT durante o período chuvoso, localizadas no oeste da bacia, são aquelas que não possuem índices de correlação significativos entre sua precipitação e as anomalias de TSM nas regiões 3 e 3.4 do El Niño. E por outro lado, as áreas do leste da bacia, as quais recebem mais chuvas provenientes dos DOL, são aquelas que possuem seu período chuvoso mais influenciado pelas anomalias de TSM na área central do Oceano Pacífico. Esse fato evidencia que a circulação atmosférica associada ao ENOS pode atuar nos setores leste da bacia de maneira indireta, via Oceano Atlântico, através de teleconexões.

Figura 37 - Índice de correlação linear entre a anomalia de TSM no Oceano Pacífico (região do EL Niño 3) e os dados de precipitação na Bacia Hidrográfica do Rio Taperoá

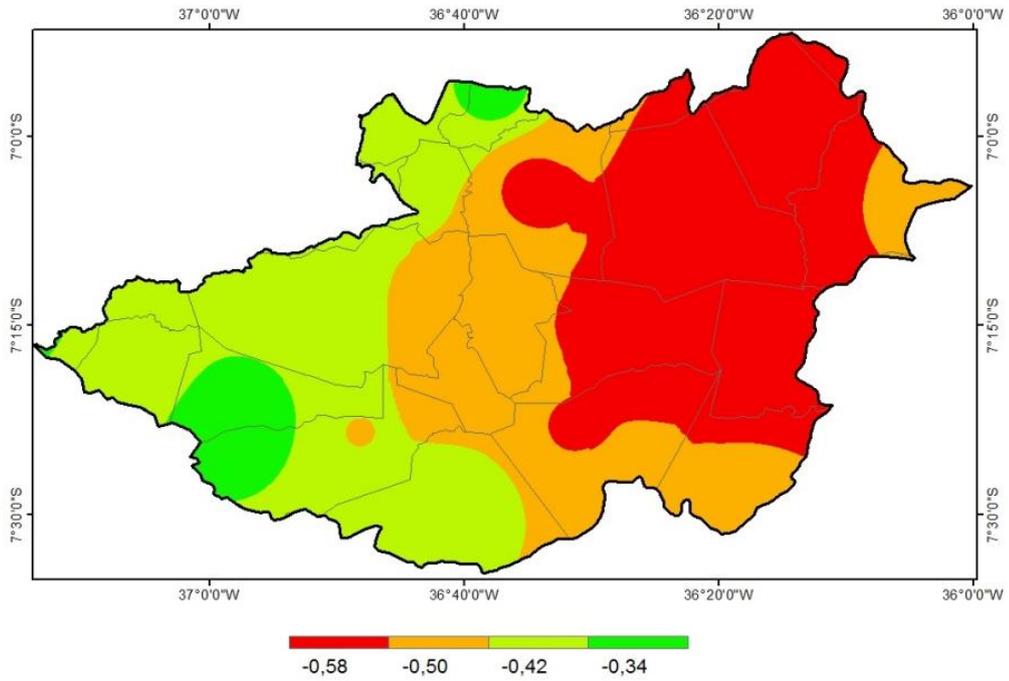
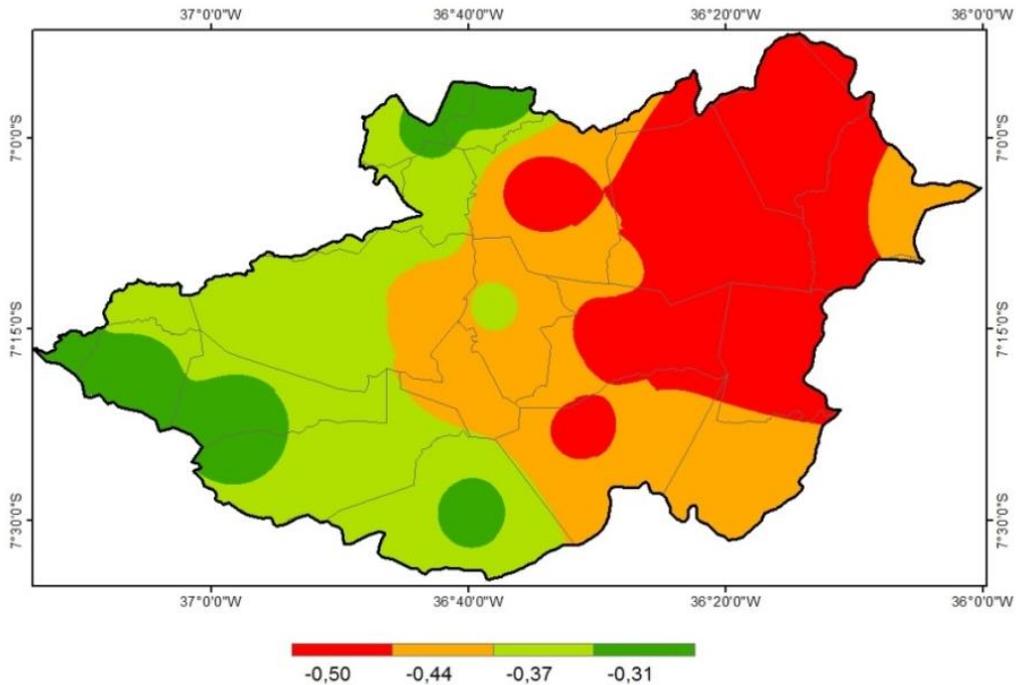


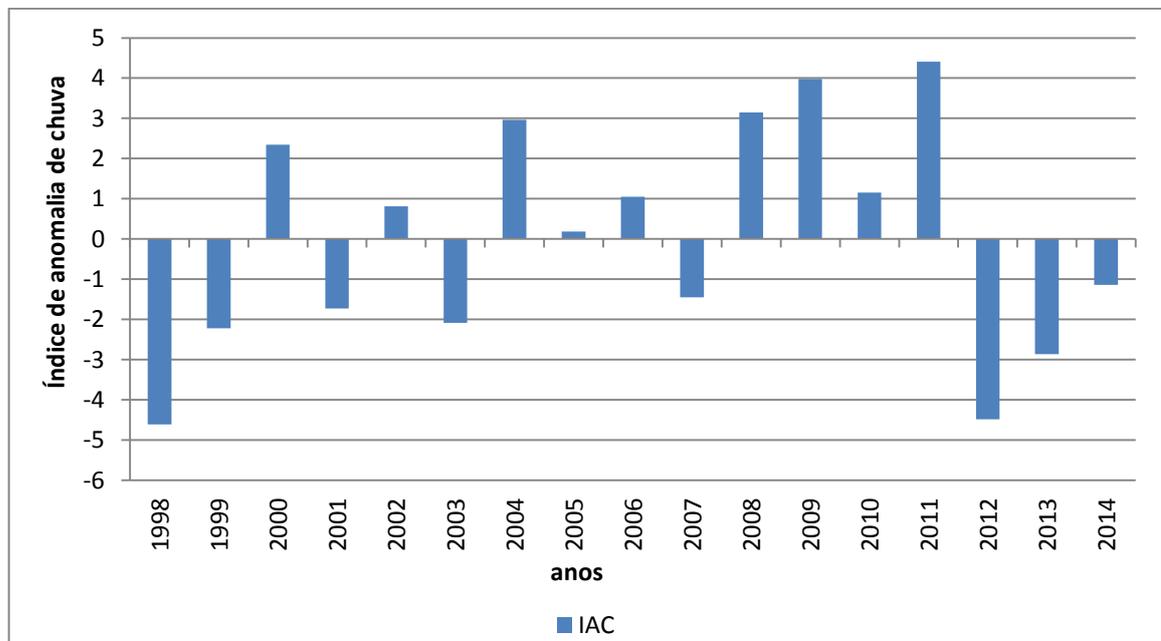
Figura 38 - Índice de correlação linear entre a anomalia de TSM no Oceano Pacífico (região do EL Niño 3.4) e os dados de precipitação na Bacia Hidrográfica do Rio Taperoá



As figuras 39 e 40 mostram o IAC para a Bacia Hidrográfica do Rio Taperoá e a evolução de anomalia de TSM na região central do Oceano Pacífico (El Niño 3), respectivamente. A comparação entre os gráficos permite verificar que a resposta dos desvios de precipitação na bacia hidrográfica em relação à anomalia de TSM na região central do Pacífico não segue um padrão constante de proporcionalidade, o que evidencia a complexidade no comportamento atmosférico e indica a influência de outros fenômenos com influência na ocorrência de chuvas.

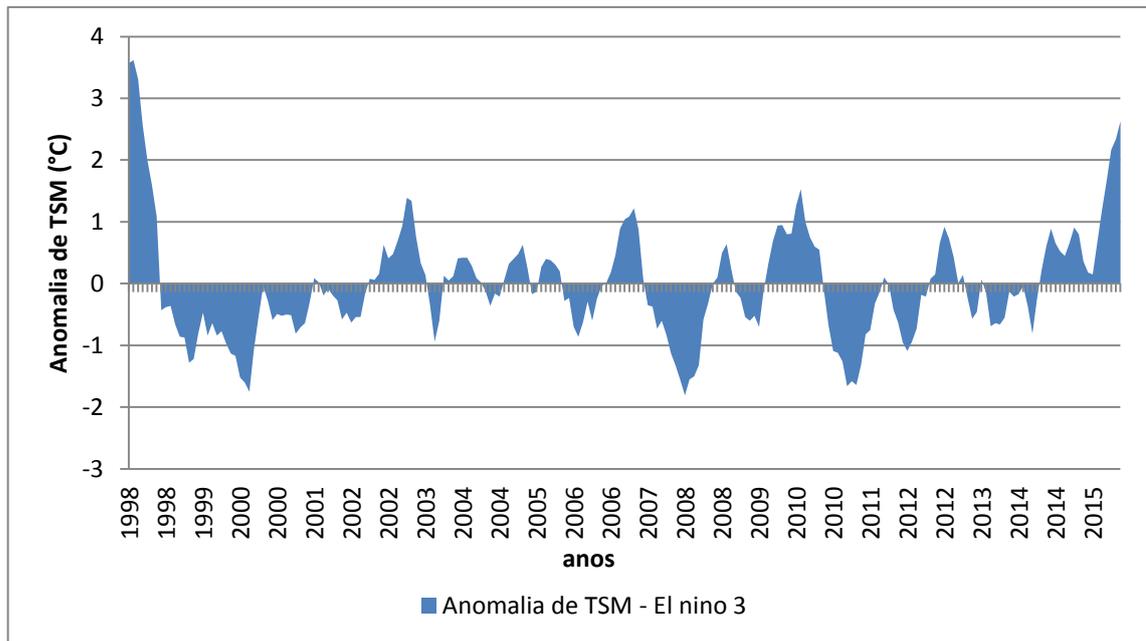
Na série temporal estudada aparecem dois anos extremamente secos (1998 e 2012), e entre eles apenas a seca de 1998 esteve associada a um evento de El Niño forte. No ano de 2012 a região central do Pacífico apresentava anomalias de TSM negativas fracas, o que sugere influências dos padrões térmicos do Atlântico. Em relação aos anos chuvosos, os de 2000 e 2008 estiveram relacionados a eventos de La Niña fortes. Já os anos classificados como extremamente chuvosos 2011 e 2009 estiveram associados a um evento de La Niña forte e outro fraco, respectivamente.

Figura 39 - Índice de anomalia de chuva (IAC) para a Bacia Hidrográfica do Rio Taperoá (1998-2014)



Fonte dos dados: AESA (2014). Organizado pelo autor.

Figura 40 - Anomalia de TSM no Oceano Pacífico Tropical na região do El Niño 3



Fonte dos dados: NOAA (2015). Organizado pelo autor.

Portanto, todos os eventos de El Niño forte e La Niña forte estiveram consorciados a secas extremas e períodos extremamente chuvosos, mas nem todos os eventos extremos de secas e chuvas estiveram associados à anomalia de TSM na região central do Pacífico. Esse fato corrobora a teoria de que outros padrões termodinâmicos, como o gradiente do Oceano Atlântico, também podem ter influência sobre o regime de precipitação no norte da região Nordeste do Brasil.

Seguindo esse raciocínio, anomalias fortes de TSM na região central do Pacífico, na pré-estação chuvosa, parecem ser determinantes na ocorrência de secas ou eventos chuvosos no Nordeste setentrional. No entanto, eventos fracos de anomalia de TSM na área central do Pacífico parecem não condicionar, de maneira isolada, a estação chuvosa na Bacia Hidrográfica do Rio Taperoá.

8 DESAFIOS DA PRODUÇÃO AGROPECUÁRIA NO AMBIENTE SEMIÁRIDO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO TAPEROÁ

Os manejos agrários desenvolvidos na bacia hidrográfica se encontram vulneráveis à variabilidade climática. Do ponto de vista socioambiental, o uso da terra ocorreu de maneira predatória ao longo do tempo, ou seja, as práticas agrícolas desenvolveram-se em desarmonia com as características ambientais. A devastação da Caatinga para o desenvolvimento de atividades agropecuárias e utilização como fonte de energia acelerou processos erosivos, e consequentemente a perda de fertilidade dos solos.

Esses manejos além de predatórios não estão planejados de acordo com o comportamento climático, especialmente com a irregularidade pluviométrica característica do clima semiárido da Bacia Hidrográfica do Rio Taperoá. Nesse sentido, a agricultura de “sequeiro” e a pecuária extensiva representam exemplos de manejos desarmônicos com as características do clima e, por esta razão, são desafios que merecem ser pensados sob a ótica de um planejamento adequado.

8.1 PECUÁRIA E VARIABILIDADE PLUVIOMÉTRICA

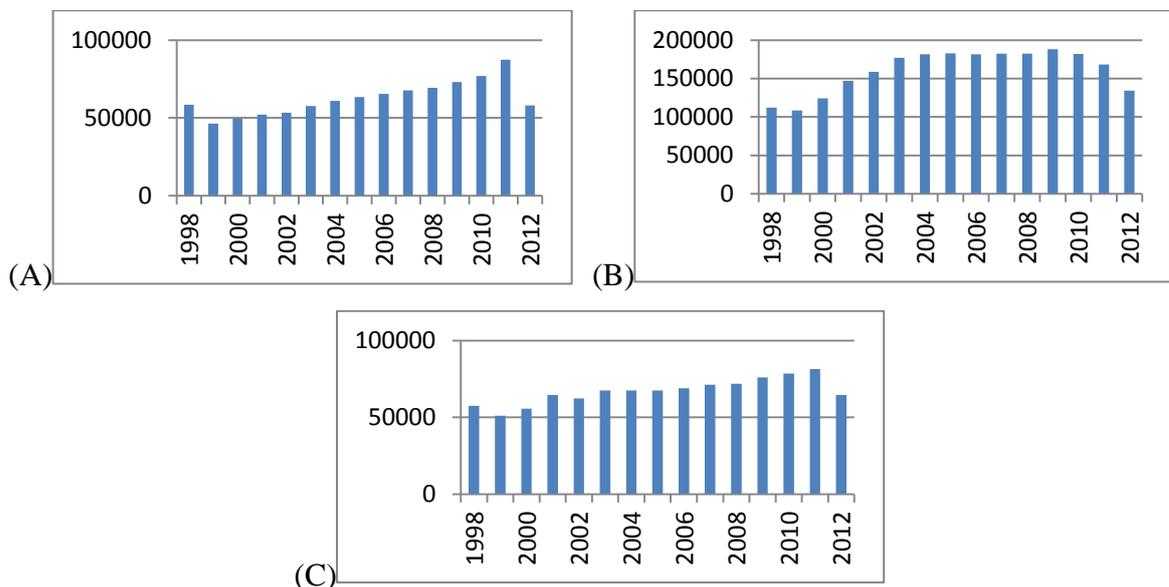
A pecuária é a atividade agrária tradicionalmente desenvolvida na bacia hidrográfica do Rio Taperoá. Essa atividade é praticada extensivamente na maioria das propriedades rurais, ou seja, com pequena densidade tecnológica aplicada à produção. O maior rebanho da área estudada é o de caprinos com um total de 133965 cabeças, seguido pelo de ovinos (64670) e bovinos (58030). No município de Serra Branca havia o maior número de cabeças de gado caprino (16575) e ovino (11475) no ano de 2012, enquanto que no município de Soledade o maior número de cabeças de gado bovino (7587) (IBGE, 2012).

Correa et al. (2013) destacam que a caprinocultura do semiárido paraibano caracteriza-se por uma mão de obra familiar, com pequena capacidade de investimento em tecnologias para conviver com os períodos secos. Historicamente, essa atividade ocorreu de maneira predatória, na medida em que desconsiderava a capacidade de suporte das distintas pastagens de Caatinga, gerando impactos derivados do sobrepastejo. Além disso, os esforços na tentativa de planejar a alimentação dos rebanhos se mostraram insuficientes ao longo dos anos. Por estas razões, a pecuária aparece como uma atividade vulnerável aos eventos secos.

Na tentativa de investigar os efeitos do clima sobre a pecuária na Bacia Hidrográfica no Rio Taperoá foi calculada a correlação entre o número de cabeças de gado e os dados pluviométricos anuais. No entanto, não foram encontradas correlações significativas entre essas variáveis. Esse fato sugere que a influência da variabilidade climática, apesar de ser um fator impactante sobre a pecuária, não possui uma resposta imediata sobre o número de animais. Os efeitos das secas podem estar associados à perda de valor comercial dos rebanhos durante os períodos de estiagem e a queda na produtividade de produtos vinculados a essa atividade, como o leite.

Ao observar os gráficos (figura 41) correspondentes ao número de cabeças de gado na bacia hidrográfica, por ano, para o período de 1998 a 2012, é possível perceber que apenas as secas excepcionais com as de 1998 e 2012, ocasionaram uma diminuição significativa no número de animais.

Figura 41- Número de cabeças de gado bovino (A), caprino (B) e ovino (C) na Bacia do Rio Taperoá (1998 – 2012)



Fonte: adaptado IBGE. Organizado pelo autor.

8.2 AGRICULTURA E A VARIABILIDADE PLUVIOMÉTRICA

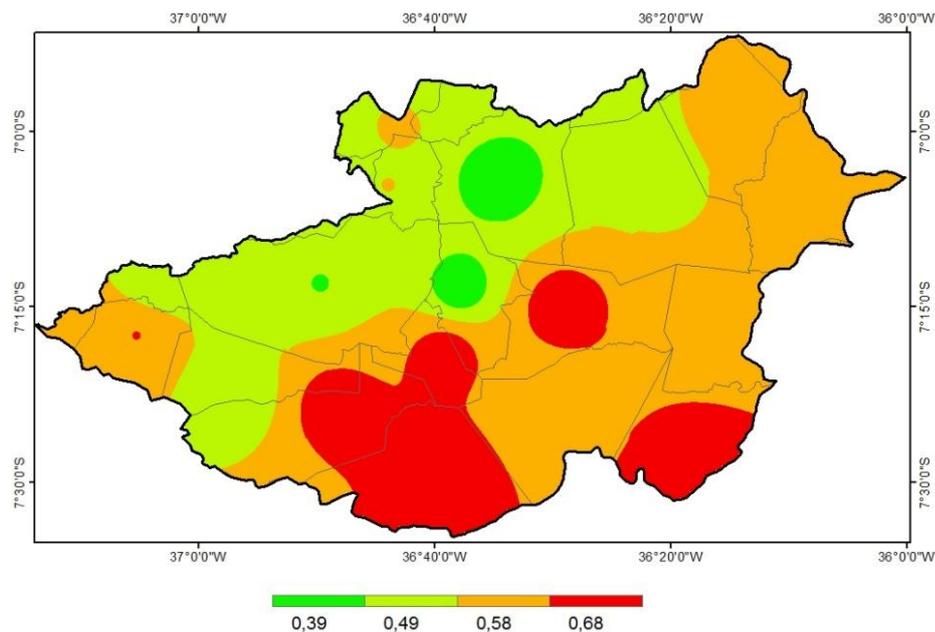
Ao contrário da pecuária, os efeitos da variabilidade climática, em especial da chuva, sobre a agricultura são mais evidentes. Os dados de correlação entre a produção anual de

milho e feijão, culturas temporárias tipicamente cultivadas no período chuvoso, e o volume de chuva no período chuvoso, são significativos para alguns setores da Bacia Hidrográfica do Rio Taperoá.

Para o número amostral utilizado no presente estudo, o índice de confiança de 95% é alcançado para os valores de r (índice de Pearson) a partir de 0,47. A figura 42 referente à distribuição espacial dos índices de correlação relacionados à cultura do milho demonstra que existe correlação significativa em quase toda a área da bacia hidrográfica entre o valor de precipitação durante o período chuvoso e a produção de milho. Nos setores sul, leste e sudeste da área de estudo os índices de correlação são iguais ou superiores a 0,59, demonstrando uma relação mais intensa, o que pode ser explicado pela maior variabilidade das chuvas nos referidos setores.

Essas áreas com maiores índices de correlação correspondem às regiões pluviométricas 1 e 2, as quais possuem os menores valores de precipitação média anual, bem como os menores índices de aridez da bacia. Por esta razão, a qualidade da quadra chuvosa possui grande influência sobre a produção anual do milho. Nas áreas localizadas ao norte e noroeste predominam correlações significativas, apesar de menos intensas.

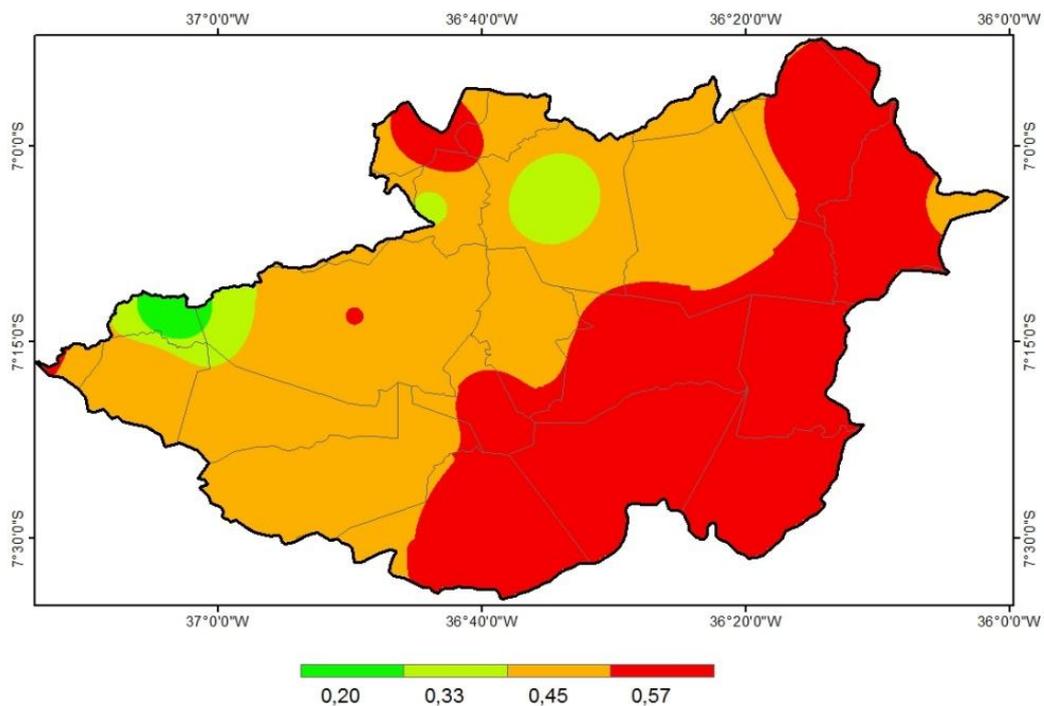
Figura 42 - Índices de correlação linear de Pearson (r) entre a precipitação dos meses de janeiro a maio, e a produção anual de milho na Bacia Hidrográfica do Rio Taperoá



Fonte: adaptado AESA e IBGE. Organizado pelo autor.

Na figura 43, é possível verificar que assim como a produção anual de milho, a de feijão também sofre influência da variabilidade das precipitações. E de maneira semelhante, os índices indicam que nos setores leste, sul e sudeste da bacia essa relação ocorre com maior intensidade, sendo iguais ou superiores a 0,57. Os índices de correlação não foram significativos em áreas localizadas no oeste e norte da bacia hidrográfica

Figura 43 - Índices de correlação linear de Pearson (r) entre a precipitação dos meses de janeiro a maio, e a produção anual de feijão na Bacia Hidrográfica do Rio Taperoá



Fonte: adaptado AESA e IBGE.

Diante dos indícios fornecidos pelos índices de correlação linear, se faz necessária uma análise das necessidades hídricas das culturas do milho e feijão na Bacia Hidrográfica do Rio Taperoá, investigando o impacto da variabilidade das chuvas sobre o fornecimento de água para as culturas agrícolas. Com isso, pretende-se verificar a viabilidade do plantio dessas culturas temporárias no local de estudo, diante da escassez de água para irrigação e da irregularidade das chuvas.

8.2.1 Necessidade hídrica das culturas agrícolas

A agricultura na Bacia Hidrográfica do Rio Taperoá é praticada historicamente durante o breve período chuvoso, e por isso são utilizadas lavouras de ciclo curto como o milho e o feijão, com objetivo de aproveitar a umidade esporadicamente disponível. No entanto, a irregularidade pluviométrica na bacia hidrográfica compromete, em muitos anos, a produtividade dessas lavouras temporárias, pois a necessidade hídrica das culturas não é suprida.

A necessidade hídrica é a quantidade de água necessária para suprir à perda por evapotranspiração ou a quantidade necessária para que essas culturas cresçam otimamente (BROUWER & HEIBLOEN, 1986). Conhecer a necessidade hídrica de culturas agrícolas em uma determinada área é um instrumento de grande importância no planejamento agrário. Os principais fatores que influenciam na necessidade hídrica das plantas são a temperatura, umidade e a velocidade do vento. Por este motivo, as maiores necessidades hídricas são encontradas em áreas de clima seco, ventoso e altas taxas de insolação (FAO, 1979).

Para calcular a necessidade hídrica de uma cultura, é preciso considerar questões como tipo climático, o estágio de crescimento e a espécie utilizada. O período total de crescimento de determinada cultura pode ser dividido em quatro fases:

- 1- Plantio e germinação
- 2- Cobertura do solo em até 70-80%
- 3- Floração e configuração dos grãos
- 4- Até o último dia da colheita

8.2.1.1 Necessidade hídrica do feijão

No caso do feijão, o tempo total de desenvolvimento pode variar entre 90 e 100 dias. Para que a necessidade hídrica dessa cultura seja atendida, na ausência de sistemas de irrigação, é preciso que os valores de precipitação supram os índices de evapotranspiração das plantas (ETc). Diante disso, foram relacionados os dados de ETc para a cultura agrícola do feijão com os valores de chuva para os anos referentes aos Quantis de precipitação (muito seco, seco, normal, chuvoso e muito chuvoso). Considerou-se o período de desenvolvimento da cultura entre fevereiro e abril, meses com maior índice médio de precipitação.

A ETc para o feijão, considerando os valores referentes de evapotranspiração potencial dos postos da bacia, é de 239,5 mm entre os meses de fevereiro e abril. A

precipitação média para a bacia hidrográfica nesse mesmo período é de 264,8 mm, existindo, portanto, um excedente médio de 25,3 mm para a produção dessa cultura durante o período chuvoso.

No entanto, ETc referente a cada mês é diferenciada em função do valor da evapotranspiração potencial e fase de desenvolvimento da planta. Para o mês de fevereiro, a necessidade hídrica para suprir a ETc do feijão é de 50,8 mm, no mês de março 86,4 mm e em abril é de 102,3 mm. A maior necessidade hídrica no mês de abril se justifica pelo estágio final de desenvolvimento da planta que requer maior volume de água. A precipitação média para os meses de desenvolvimento da cultura do feijão é de 71,9 mm (fevereiro), 105,5 mm (março) e 87,4 mm (abril).

Logo, há excedentes hídricos médios de 21,1 mm e 19,1 mm para os meses de fevereiro e março e déficit de -14,9 mm no mês de abril, para a cultura do feijão. A deficiência hídrica no último mês de desenvolvimento da planta pode prejudicar a formação dos grãos e comprometer a produção. Um fato preocupante ao se analisar a relação entre a necessidade hídrica das plantas e a quantidade de água disponível através da chuva é o desvio padrão da precipitação.

O coeficiente de variação do desvio padrão para a precipitação nos meses de fevereiro, março e abril é de 27%, 32% e 34%, respectivamente. Tais desvios nos valores de chuva podem ser bastante prejudiciais para o desenvolvimento da lavoura e afetar bastante a produção.

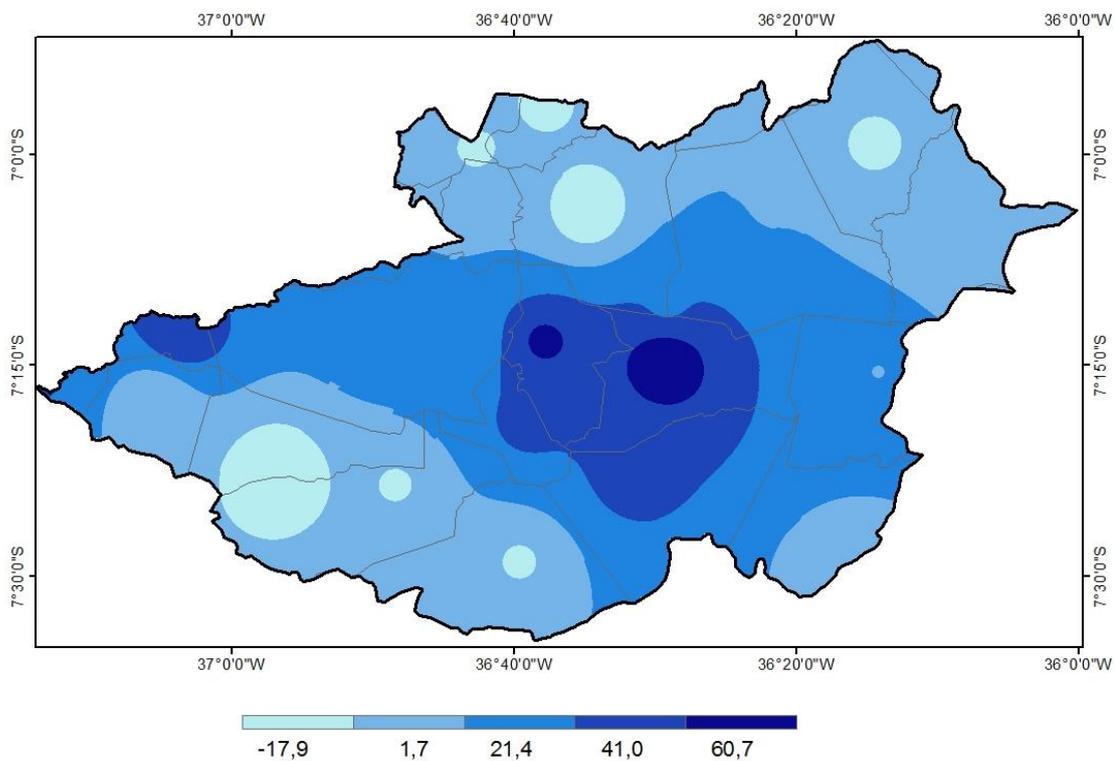
Para investigar a relação entre a variabilidade das chuvas e os valores ETc, foram especializados os déficits e excedentes de água para a cultura do feijão no período chuvoso (fevereiro, março e abril) da bacia hidrográfica dos anos referentes aos quantis de precipitação.

Quantil muito seco 2012: a precipitação média da Bacia Hidrográfica do Taperoá apresentou um déficit acentuado nos meses de março e abril, os quais representam aqueles com maiores valores médios de precipitação. O desvio negativo nesses dois meses atinge o período de maior necessidade hídrica do feijão, correspondente a maturidade da planta para a produção dos grãos.

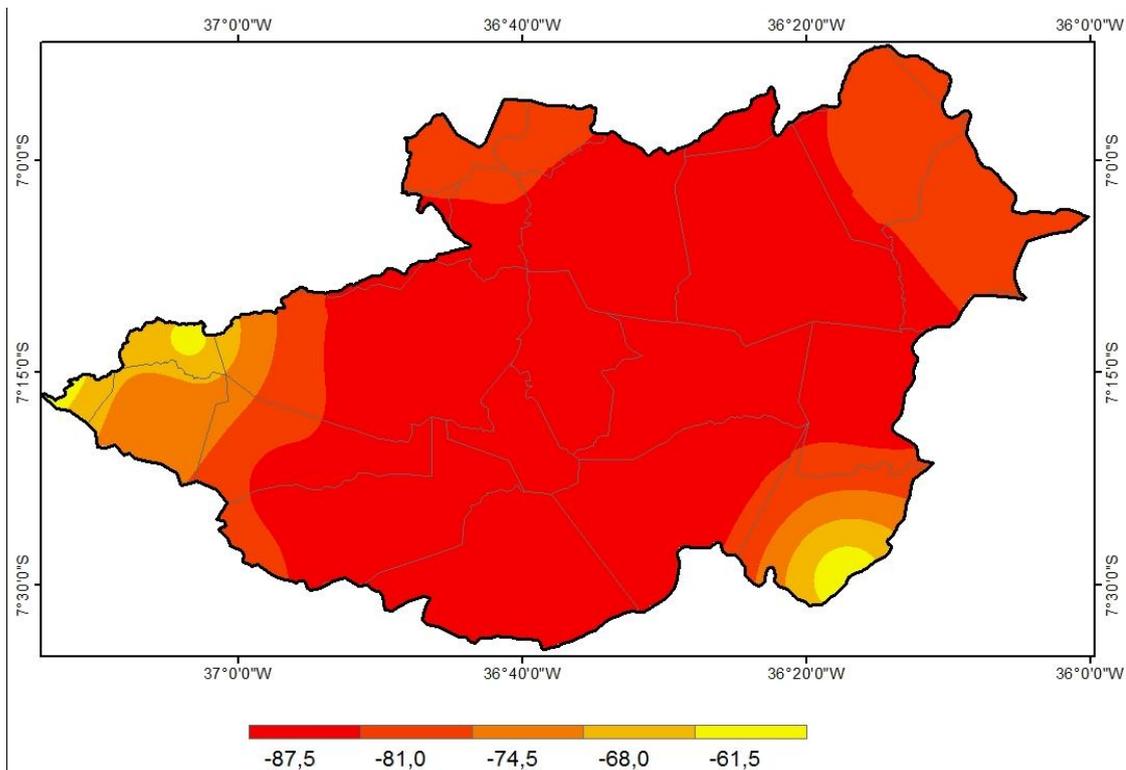
Na figura 44 (A) é possível verificar que o mês de fevereiro apresentou excedentes entre 21 e 60 mm em uma faixa central da bacia hidrográfica e pequenos déficits no norte e sudoeste. Nos meses de março (B) e abril (C) as deficiências de água para a cultura do feijão superaram os 60 mm em toda extensão da bacia hidrográfica.

Figuras 44 - Diferença entre a precipitação e a necessidade hídrica para a cultura do feijão (mm) nos meses de fevereiro (A), março (B) e abril (C) no quantil muito seco de 2012 na Bacia Hidrográfica do Rio Taperoá

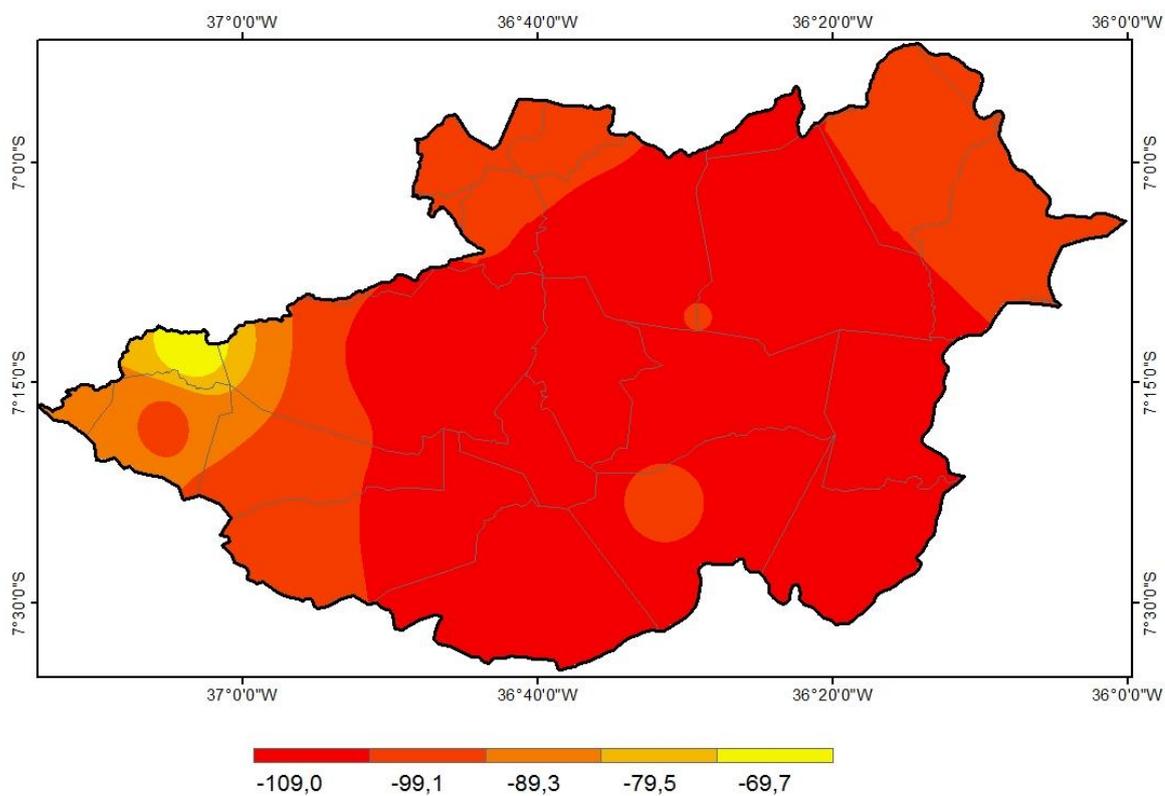
(A)



(B)



(C)

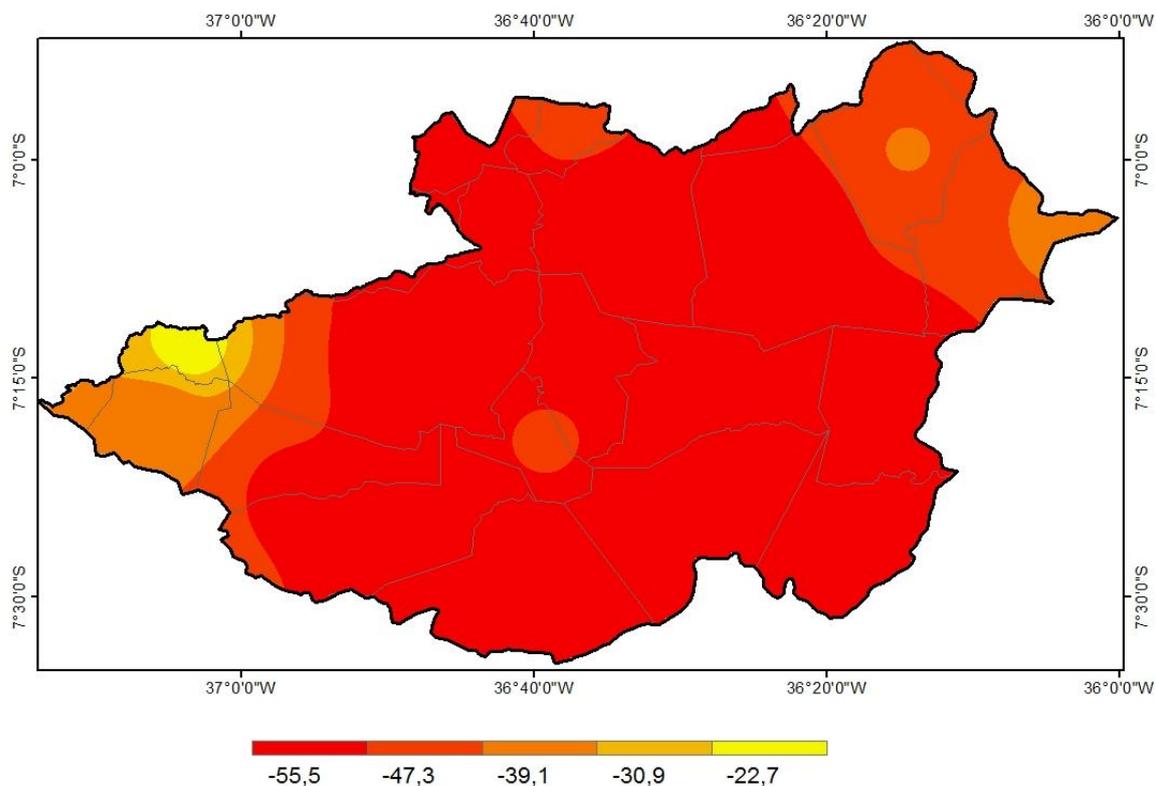


Fonte: adaptados AESA / FAO. Organizados pelo autor

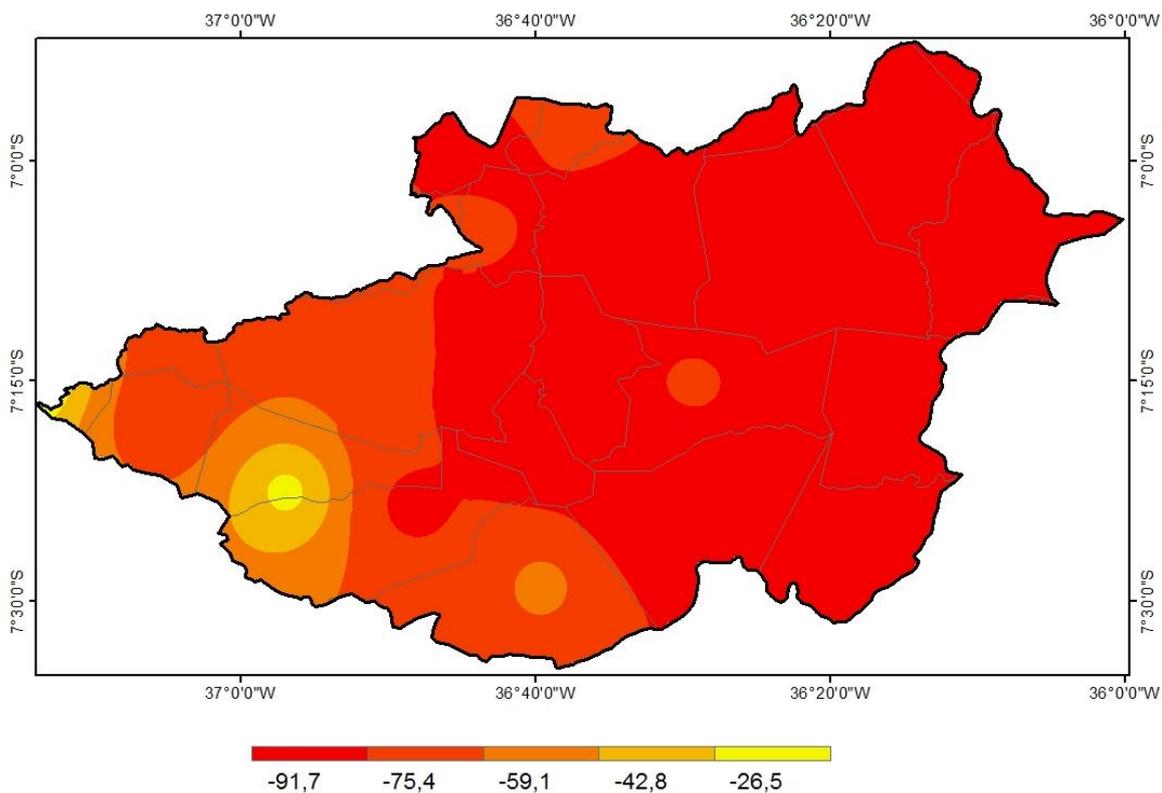
Quantil seco 2013: apresentou deficiências hídricas elevadas em toda a extensão da bacia hidrográfica nos meses de fevereiro (figura 45 A), março (B) e abril (C), com déficits mais acentuados, superiores a -50 mm, na região centro-leste. A necessidade hídrica da cultura do feijão para esse período apresentou grande restrição hídrica, inviabilizando o desenvolvimento das lavouras.

Figuras 45 - Diferença entre a precipitação e a necessidade hídrica para a cultura do feijão (mm) nos meses de fevereiro (A), março (B) e abril (C) no quantil seco de 2013

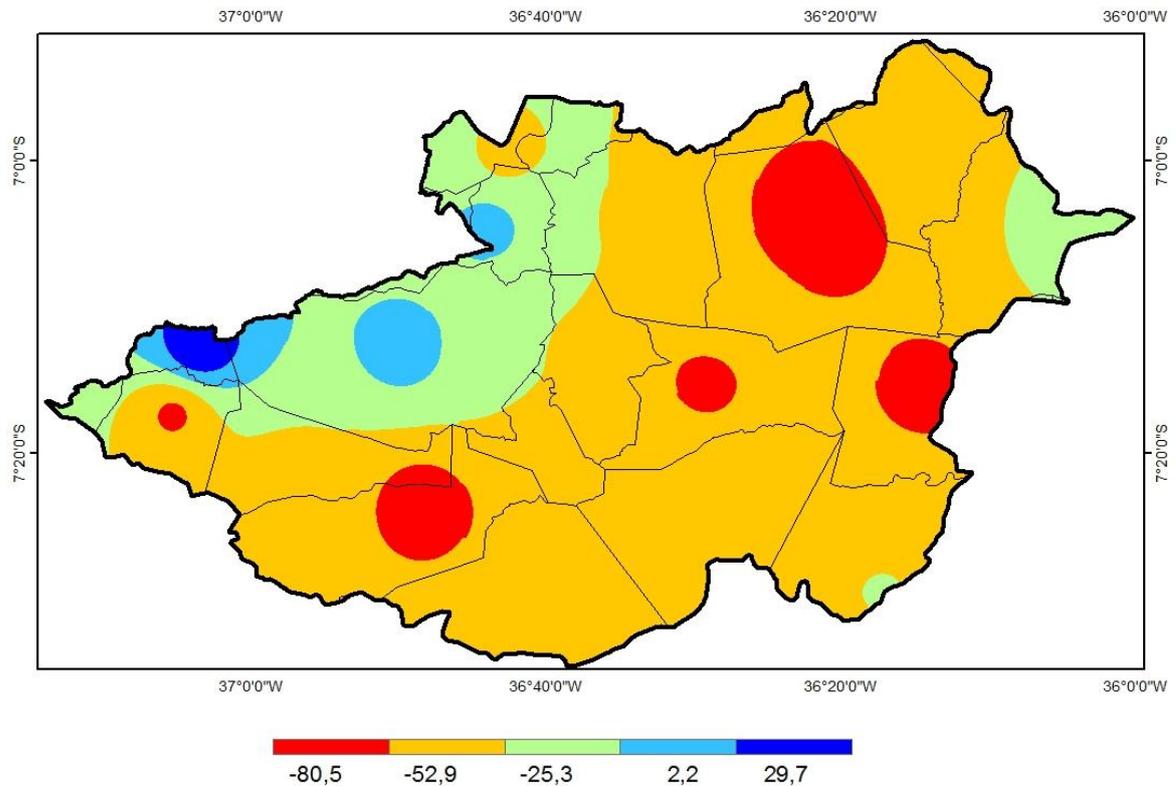
(A)



(B)



(C)

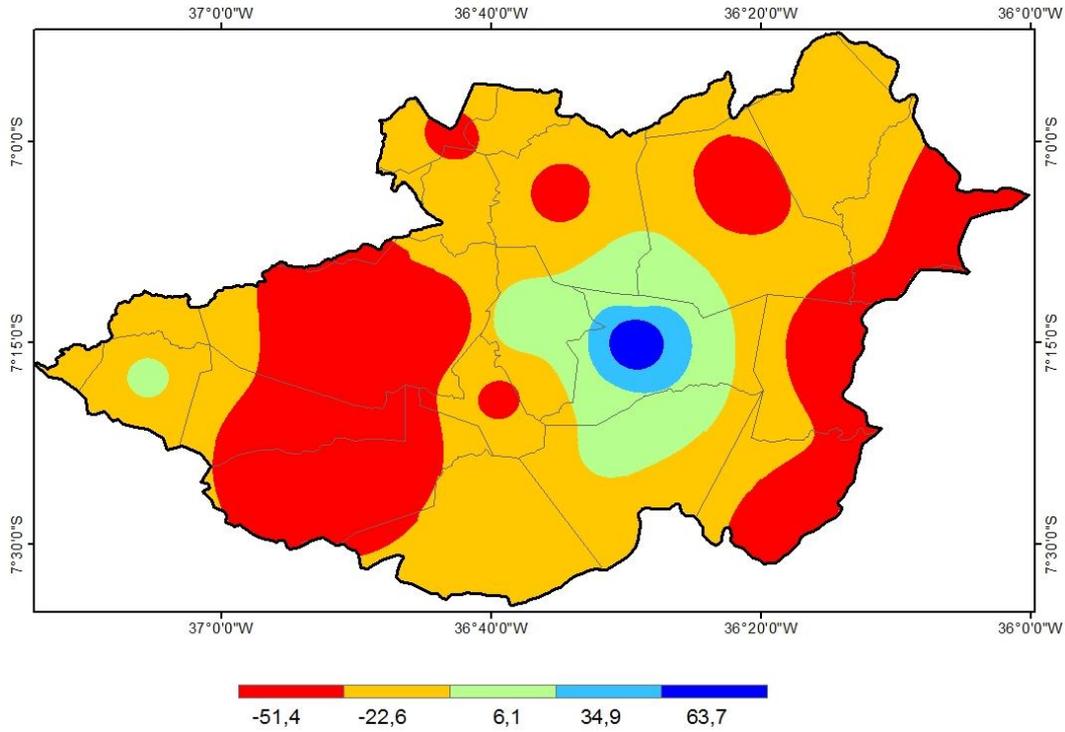


Fonte: adaptados AESA/ FAO. Organizados pelo autor

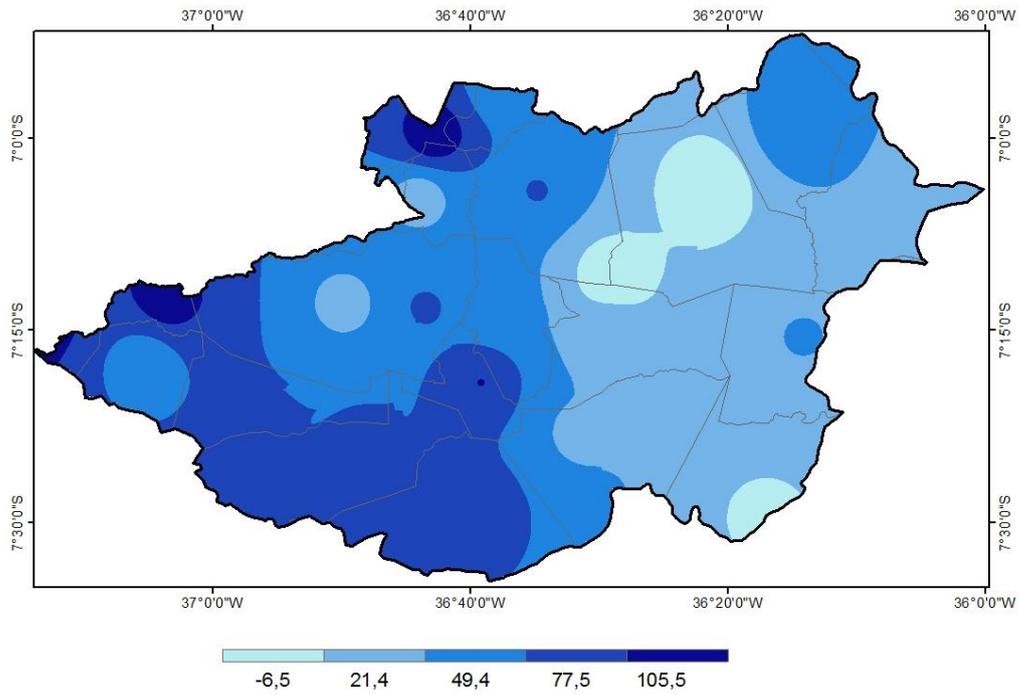
Quantil normal 2005 : predominaram deficiências hídricas na bacia hidrográfica nos meses de fevereiro (figura 46 A) e abril (C). No mês de fevereiro ocorreram excedentes de chuva em área localizada, com desvios de até 63,7 mm, mas predominaram valores deficitários. No mês de março (B) o volume de chuva superou a necessidade hídrica para a cultura do feijão, com valores superiores a 50 mm, no setor centro-oeste da bacia. Já no leste ocorrem desvios positivos menores, e negativos em área localizada.

Figuras 46 - Diferença entre a precipitação e a necessidade hídrica para a cultura do feijão (mm) nos meses de fevereiro (A), março (B) e abril (C) no quantil normal de 2005

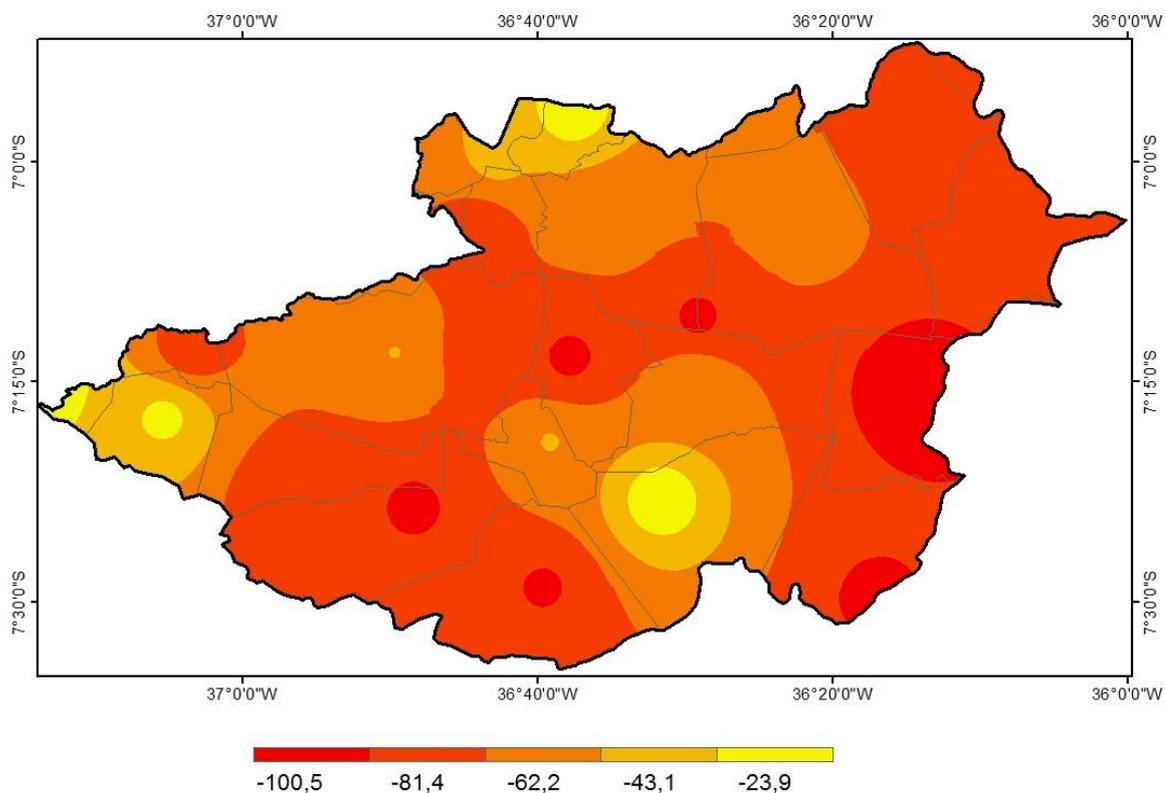
(A)



(B)



(C)

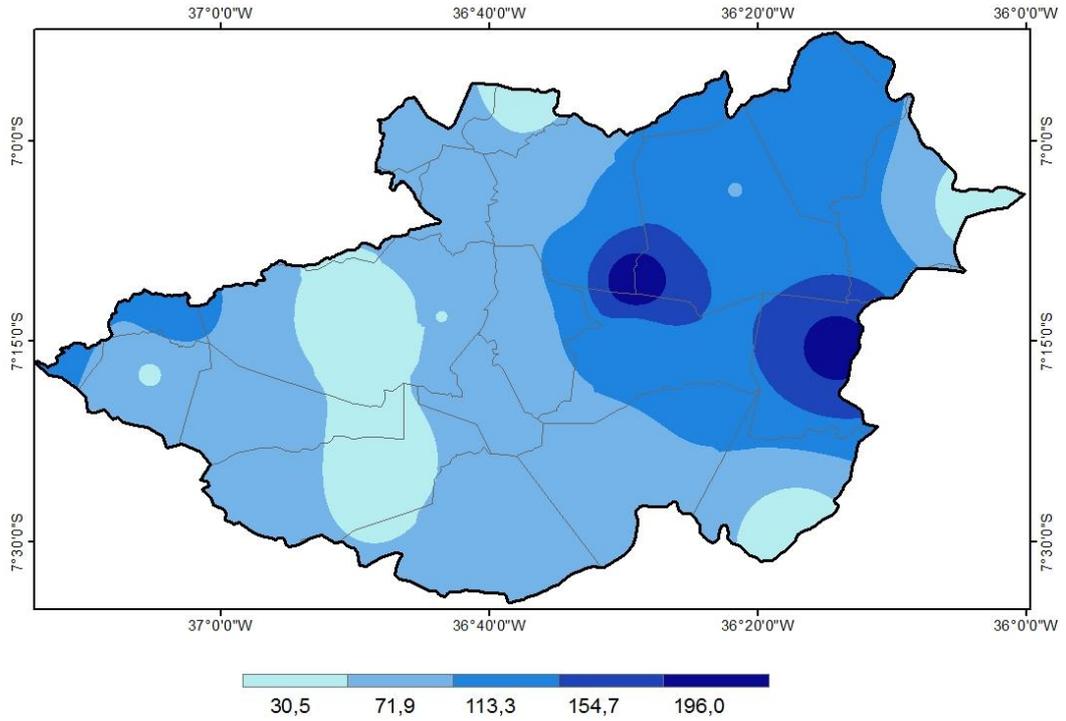


Fonte: adaptados AESA/ FAO. Organizados pelo autor

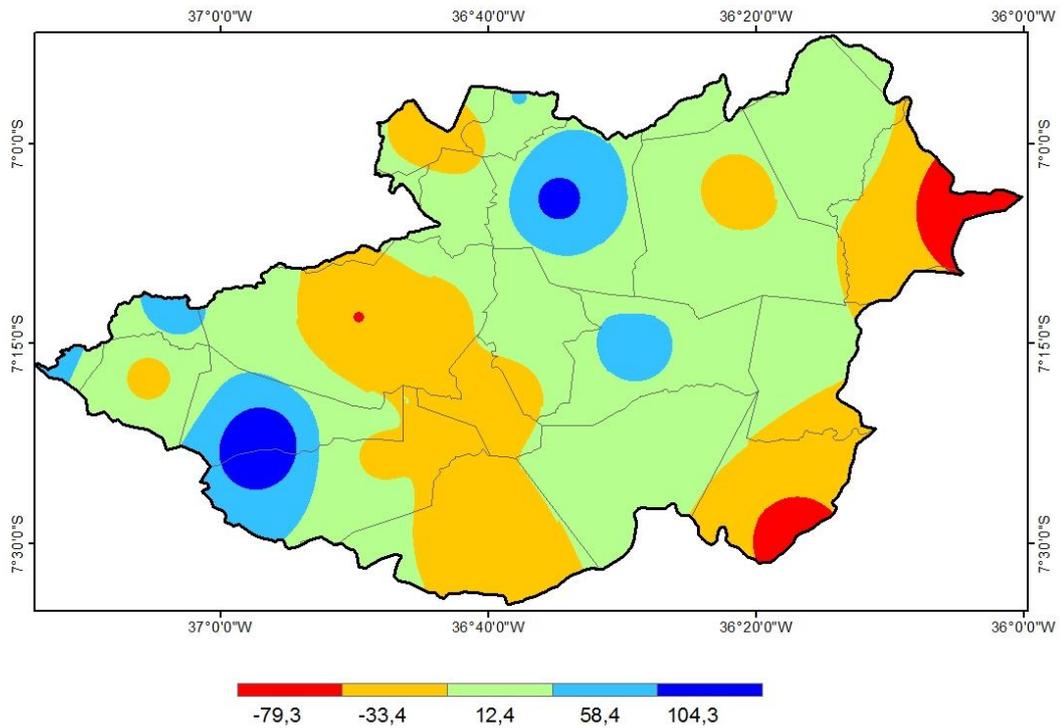
Quantil Chuvoso 2000: durante o mês de fevereiro (figura 47 A) houve precipitação abundante com valores máximos no setor oriental da bacia hidrográfica, superando em mais de 100 mm a necessidade hídrica para essa fase de desenvolvimento das lavouras de feijão. No mês de março (B) predominaram valores de chuva próximos às quantidades ótimas para o desenvolvimento das plantas, no entanto ocorreram déficits localizados na região central, sudeste e leste da bacia. Em abril (C) ocorreu deficiência hídrica na região centro-leste e valores próximos a necessidade hídrica (e excedentes localizados) no oeste e norte.

Figuras 47 - Diferença entre a precipitação e a necessidade hídrica para a cultura do feijão (mm) nos meses de fevereiro (A), março (B) e abril (C) no quantil chuvoso de 2000

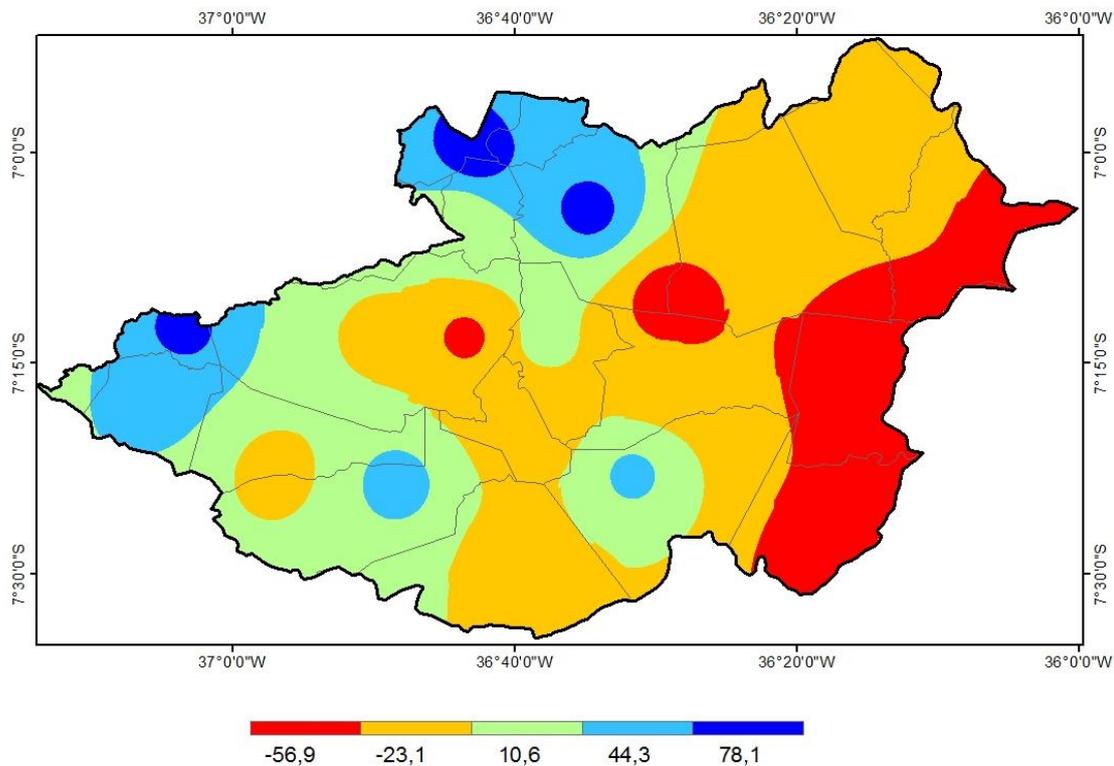
(A)



(B)



(C)

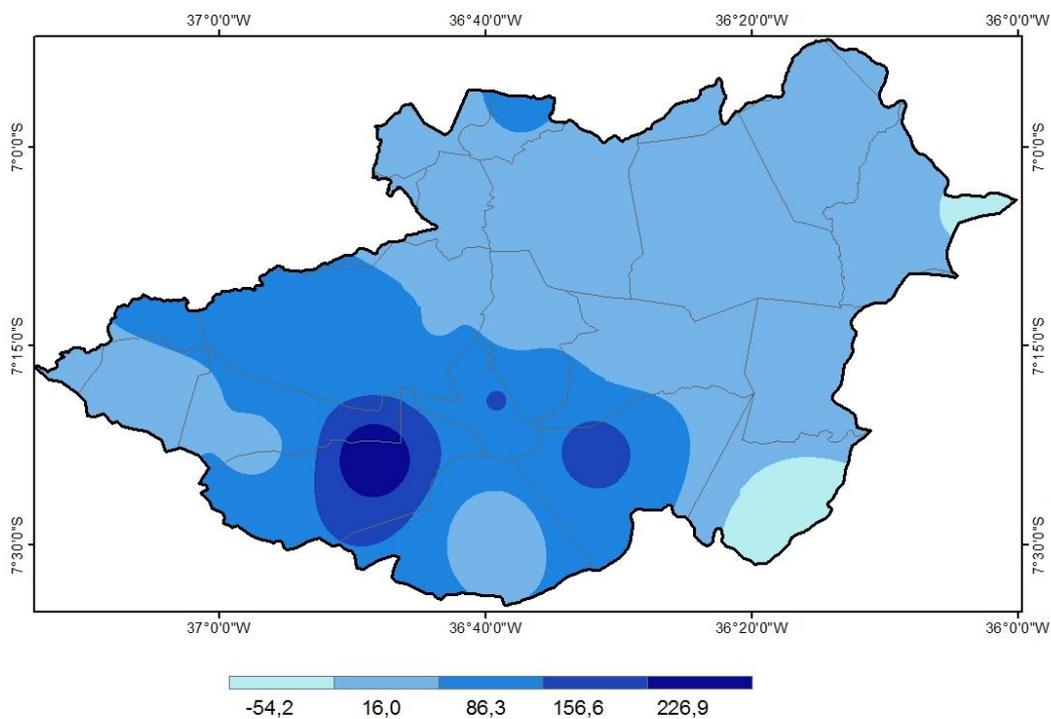


Fonte: adaptados AESA/ FAO. Organizados pelo autor

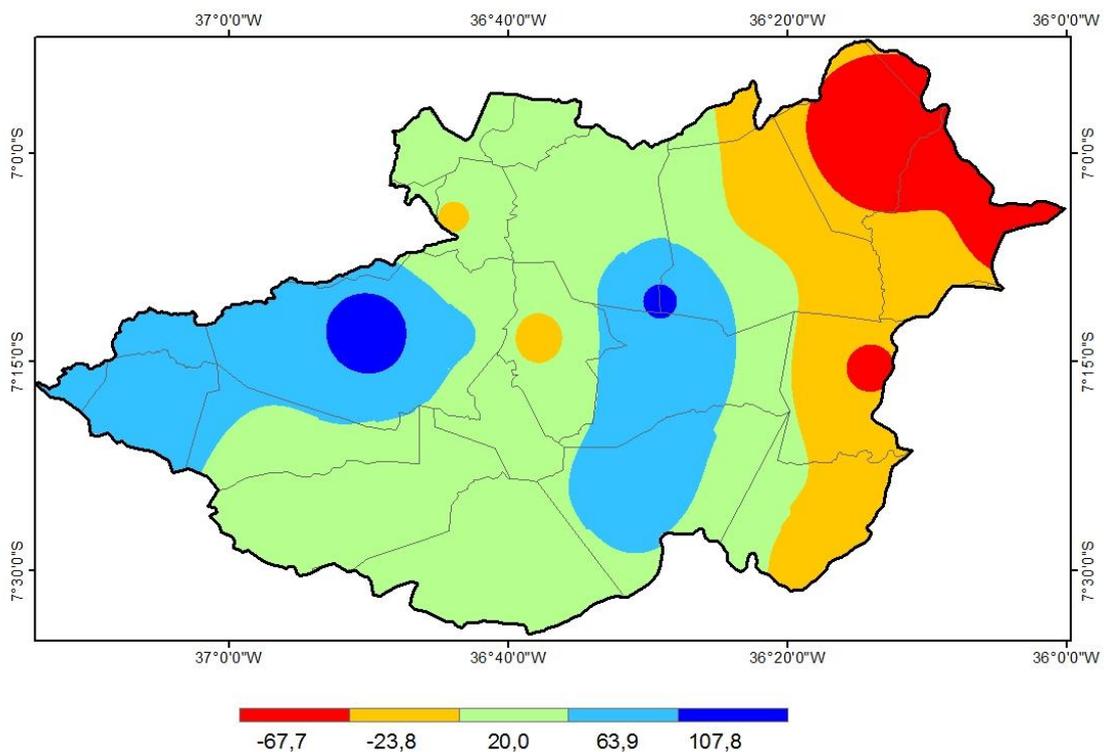
Quantil muito chuvoso 2011: em quase toda área da bacia hidrográfica predominaram excedentes hídricos nos meses de fevereiro (figura 48 A) e abril (C), o volume de chuva superou em mais 50 mm a necessidade hídrica do feijão no setor centro-oeste. Durante o mês de março apenas a região leste da bacia apresentou deficiência hídrica para esta cultura agrícola.

Figuras 48 - Diferença entre a precipitação e a necessidade hídrica para a cultura do feijão (mm) nos meses de fevereiro (A), março (B) e abril (C) no quantil muito chuvoso de 2011.

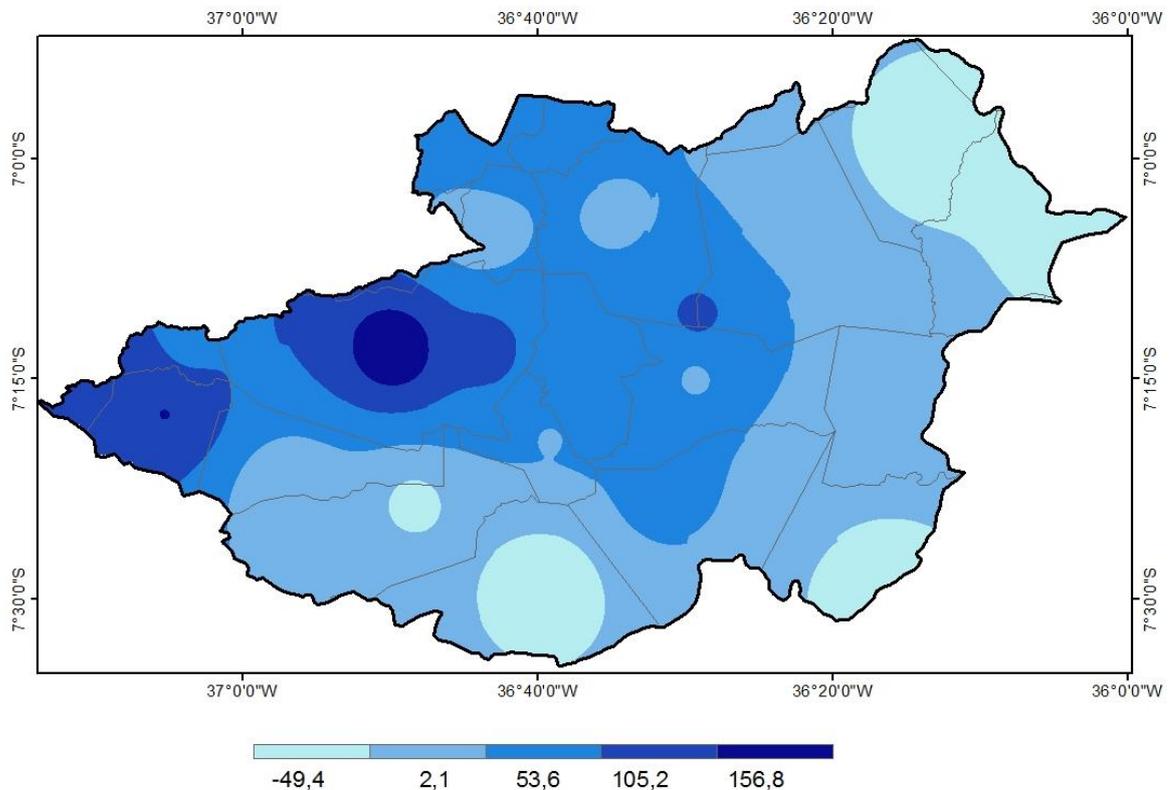
(A)



(B)



(C)



Fonte: adaptados AESA / FAO. Organizado pelo autor.

A análise das figuras demonstra que a cultura agrícola do feijão é bastante vulnerável à variabilidade climática característica da área de estudo. Apesar de possuir um ciclo curto de desenvolvimento, as necessidades hídricas ideais para o desenvolvimento da cultura não são atendidas regularmente. Nos anos secos e muito secos, a grande deficiência hídrica impede o crescimento e amadurecimento das plantas. Nos anos normais, chuvosos e muito chuvosos ocorrem excedentes e deficiências, em função da grande irregularidade espacial da chuva no interior da bacia hidrográfica, o que prejudica bastante o cultivo.

8.2.1.2 Necessidade hídrica do milho

O tempo de desenvolvimento da cultura do milho, desde o plantio até a colheita, é de aproximadamente 150 dias. Em função da distribuição sazonal da precipitação na bacia hidrográfica, o período mais apropriado para o plantio seria entre janeiro e maio, em maior

parte das regiões pluviométricas. Esse período é climatologicamente o mais chuvoso em função da atuação da ZCIT.

A ETc do milho entre os meses de janeiro e maio, para as condições de evapotranspiração da bacia hidrográfica estudada, é de 418 mm, enquanto que a precipitação média é de 407,4 mm. Portanto existe um pequeno déficit médio de 10,6 mm, o que indica que as condições médias são aparentemente favoráveis ao desenvolvimento dessa cultura agrícola na bacia hidrográfica. De acordo com a EMBRAPA (2008) nas condições térmicas tropicais a cultura do milho requer em seu ciclo um valor mínimo de 350 -500 mm para atingir uma produção satisfatória sem necessidade de irrigação, portanto um valor equivalente aos níveis de ETc.

Como visto anteriormente, as culturas agrícolas necessitam de quantidades de água específicas para cada fase de desenvolvimento. Sendo assim, durante o mês de janeiro essa cultura necessitaria de volume de água correspondente ou superior ao valor da ETc que é de 52,9 mm, em fevereiro de 95,1 mm, março de 116 mm, abril de 95,3 mm em maio de 59,5 mm. As médias de precipitação nos respectivos meses são de 70,3 mm, 71,9 mm, 105,5 mm, 87,4 mm e 72,3 mm. Logo, a relação entre essas duas variáveis resulta em um saldo hídrico, relativo à necessidade do milho, de 17,4 mm, -23,2 mm, -10,5 mm, -7,9 mm e 12,8 mm para os meses de janeiro a maio, respectivamente.

Apesar de servirem como valores referenciais, as médias de precipitação pouco traduzem a o comportamento real dessa variável climática. O comportamento das chuvas sobre a bacia segue um ritmo altamente irregular, nesse sentido os valores de desvio padrão dos postos pluviométricos para os meses tradicionais de plantio reafirmam a incerteza de um manejo agrícola eficiente para a cultura agrícola do milho.

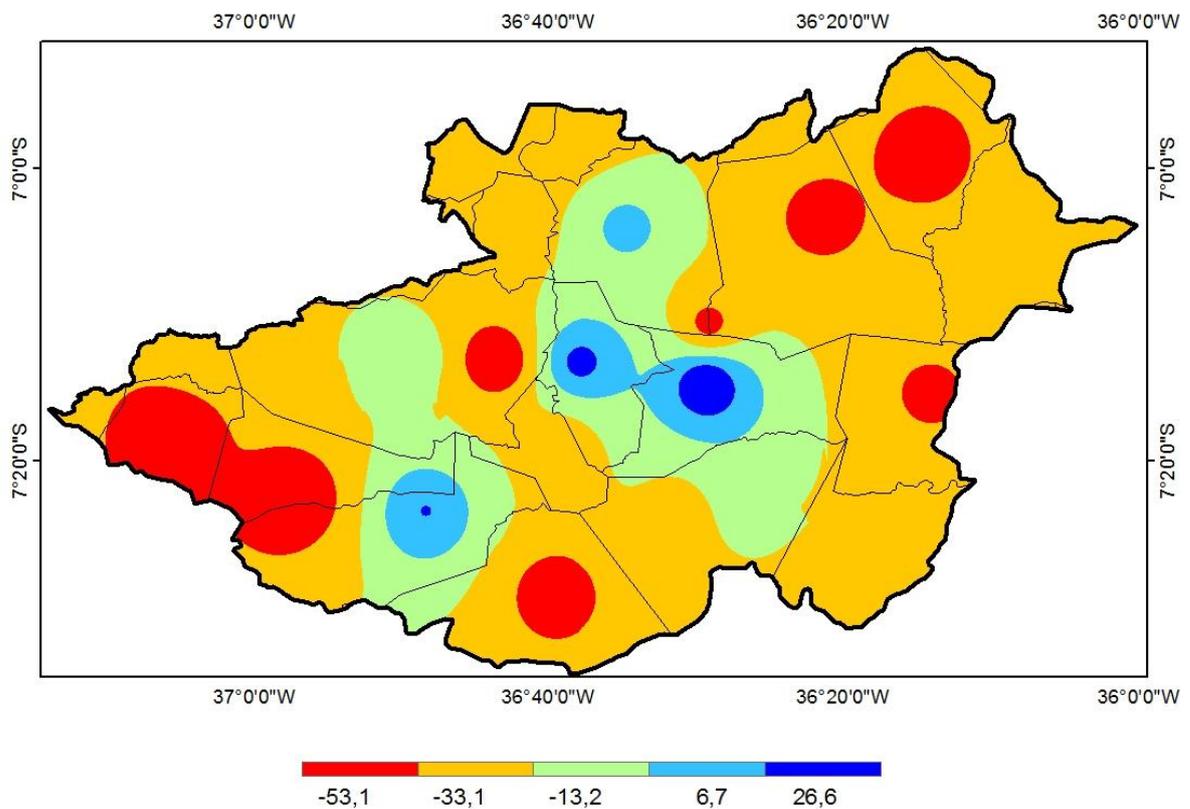
Por esta razão, os quantis de precipitação demonstram um comportamento pluviométrico mais coerente com a realidade, funcionando como uma metodologia útil ao planejamento dos manejos agrários. Então, assim como para o feijão, optou-se por investigar o atendimento das necessidades hídricas do milho para os anos muito secos, secos, habituais, chuvosos e muito chuvosos.

Quantil muito seco 2012: predominaram carências hídricas na área da bacia hidrográfica em todas as etapas de desenvolvimento do milho (figuras 49), apesar da ocorrência de pequenos excedentes localizados em áreas centrais da bacia durante o mês de janeiro. Os déficits de chuva durante o ano de 2012 inviabilizaram o cultivo das lavouras de milho dependentes exclusivamente da água proveniente das precipitações pluviométricas. Durante os meses de fevereiro, março e abril, climatologicamente mais chuvosos, as

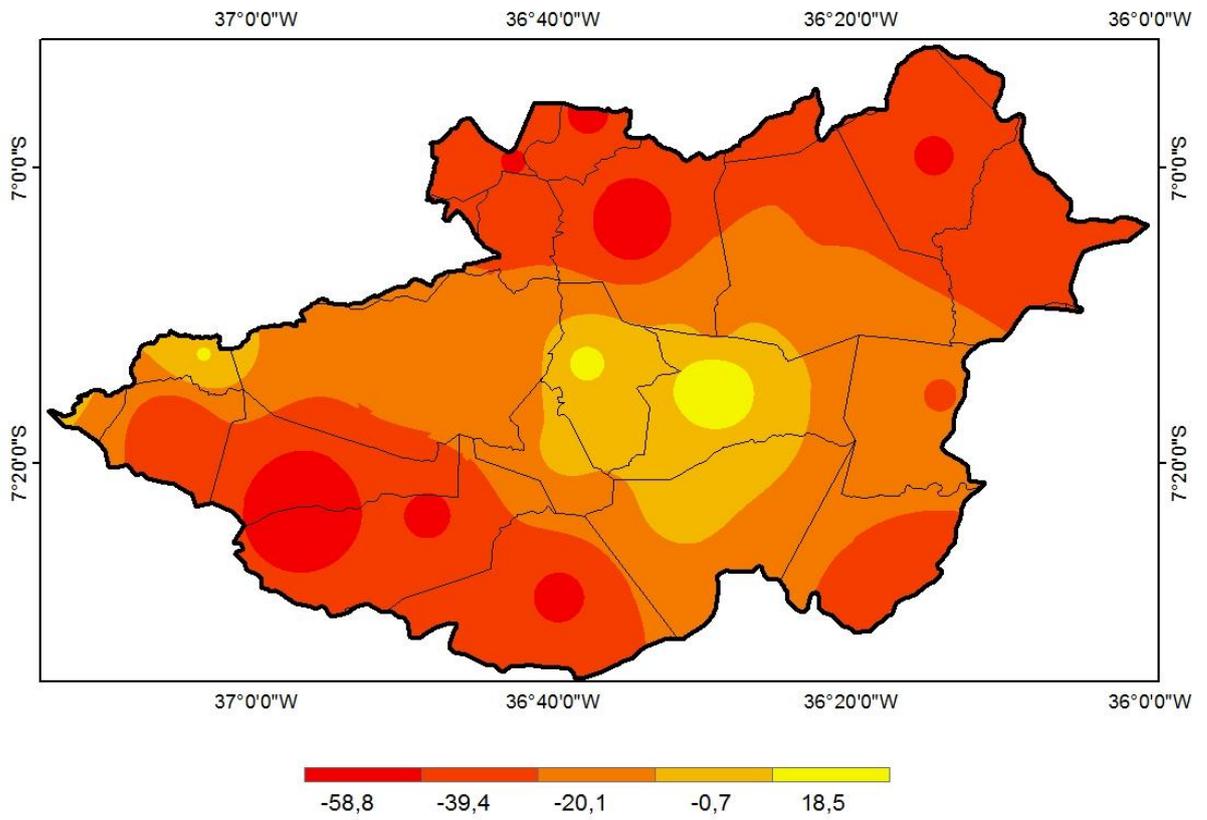
precipitações foram bastante escassas, inexistindo em grandes áreas centrais da bacia hidrográfica. Esse fato pode ser observado a partir da deficiência hídrica, representada nas figuras 49, que superou 100 mm no mês de março e 90 mm no mês de abril para maior parte da área estudada.

Figuras 49 - Diferença entre a precipitação e a necessidade hídrica para a cultura do milho (mm) nos meses de janeiro (A), fevereiro (B), março (C), abril (D) e maio (E) no quantil muito seco de 2012

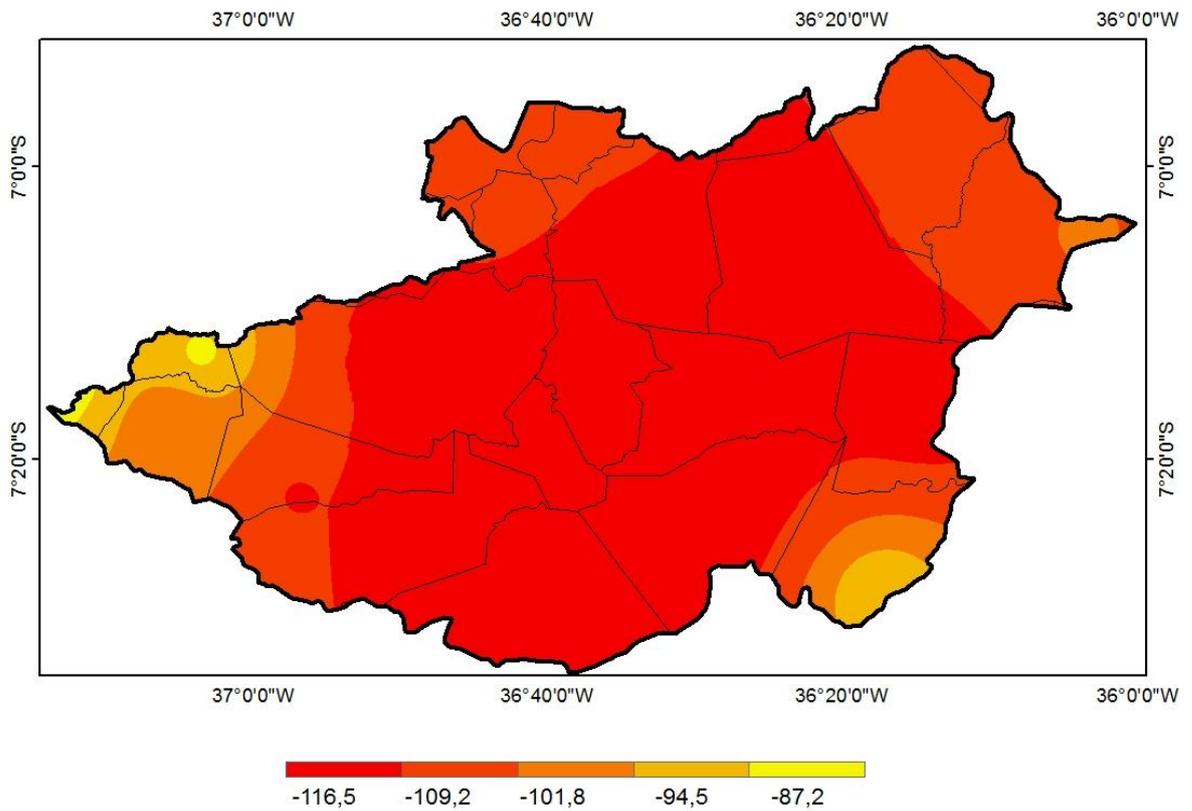
(A)



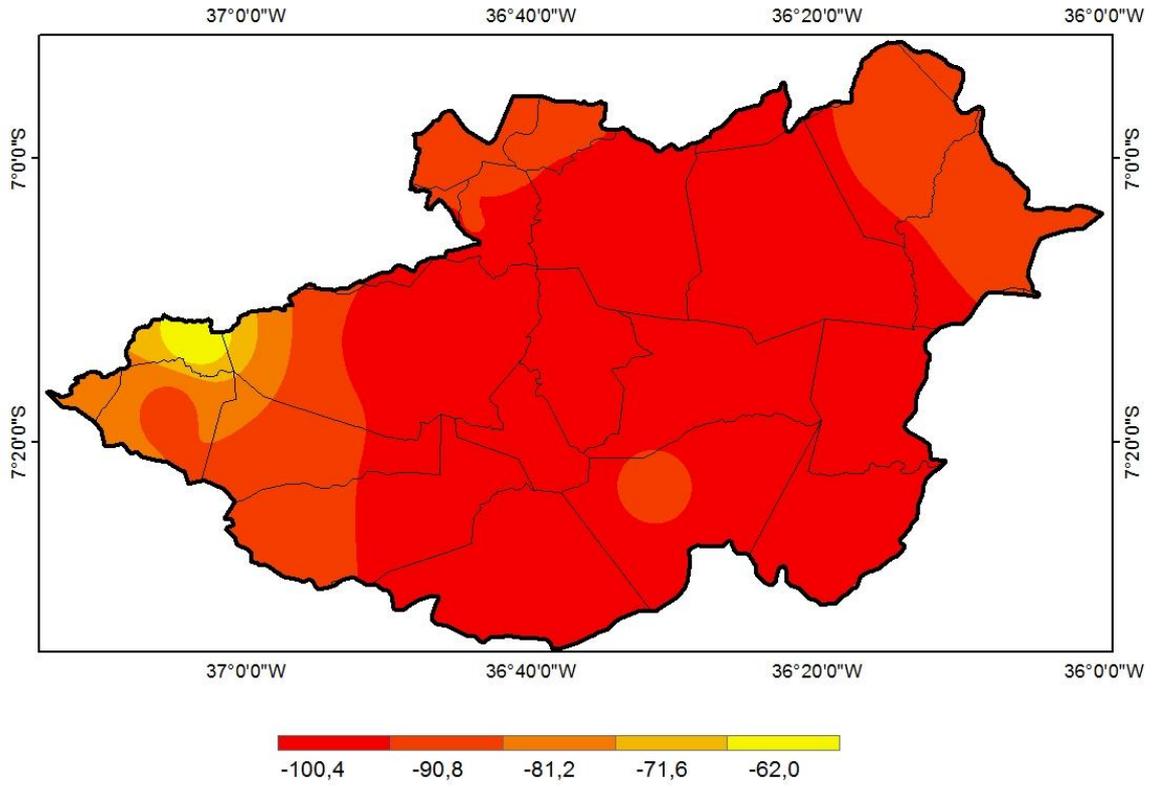
(B)



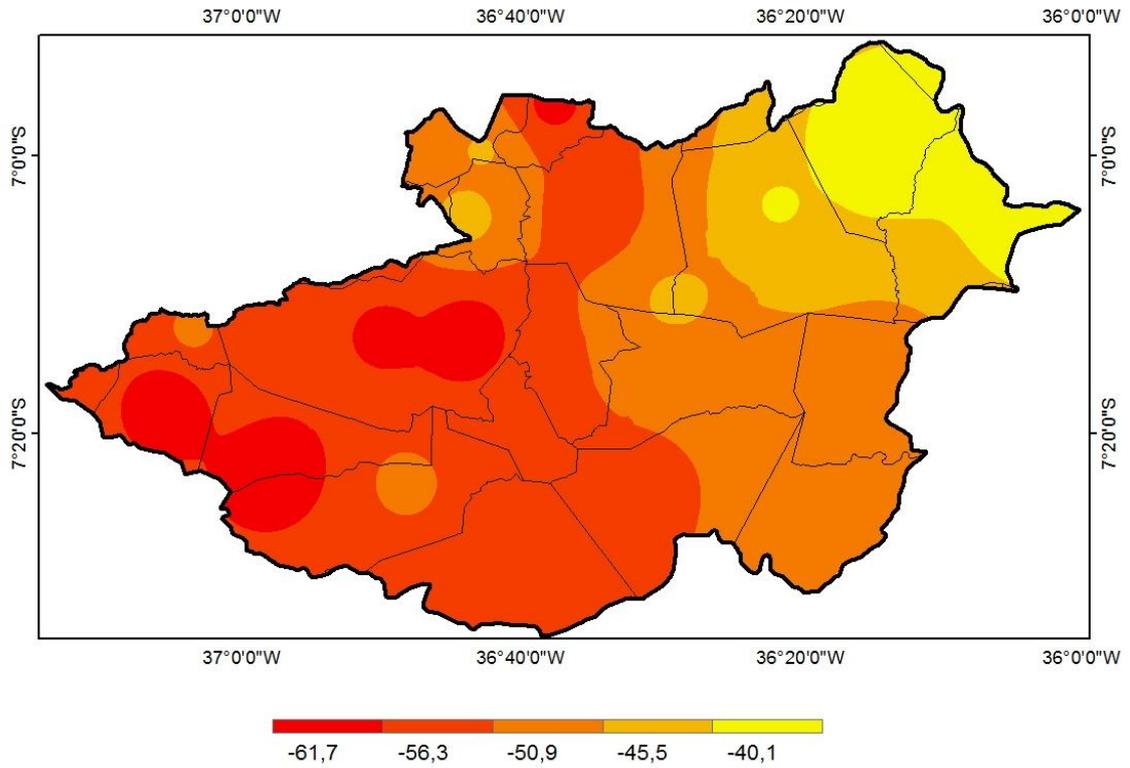
(C)



(D)



(E)



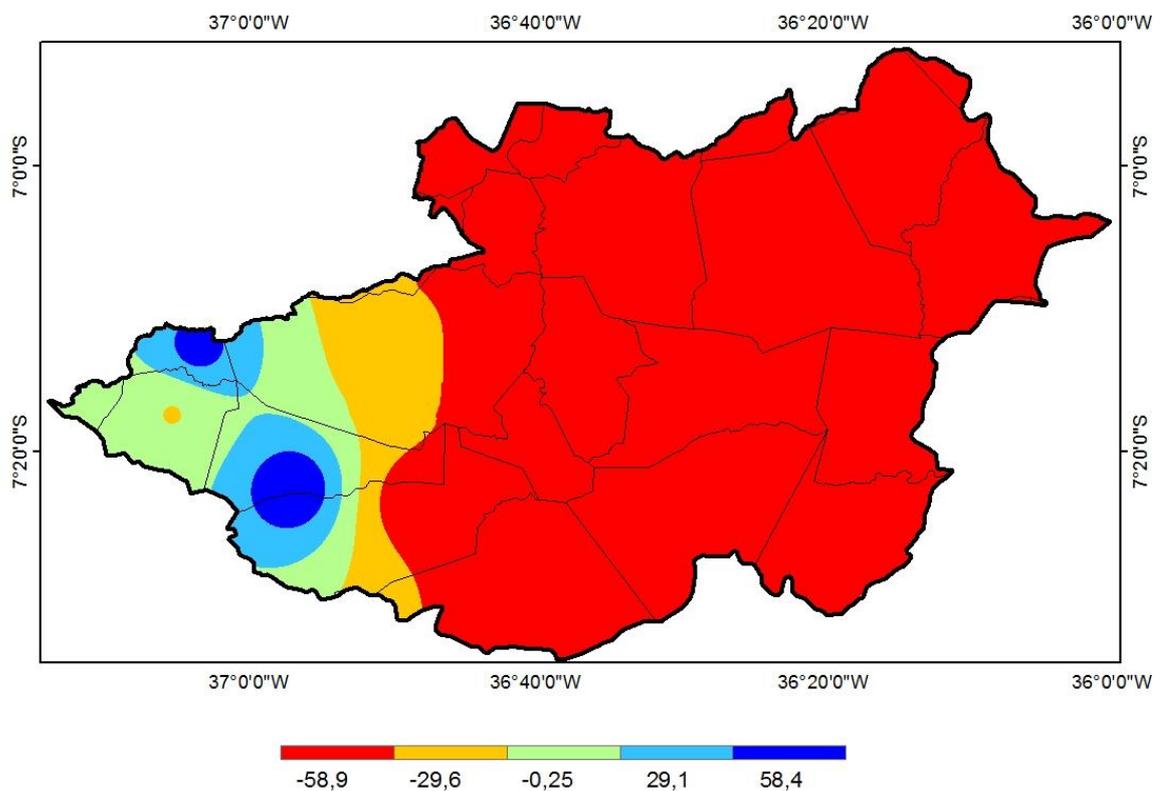
(e)

Fonte: adaptados AESA/ FAO. Organizados pelo autor

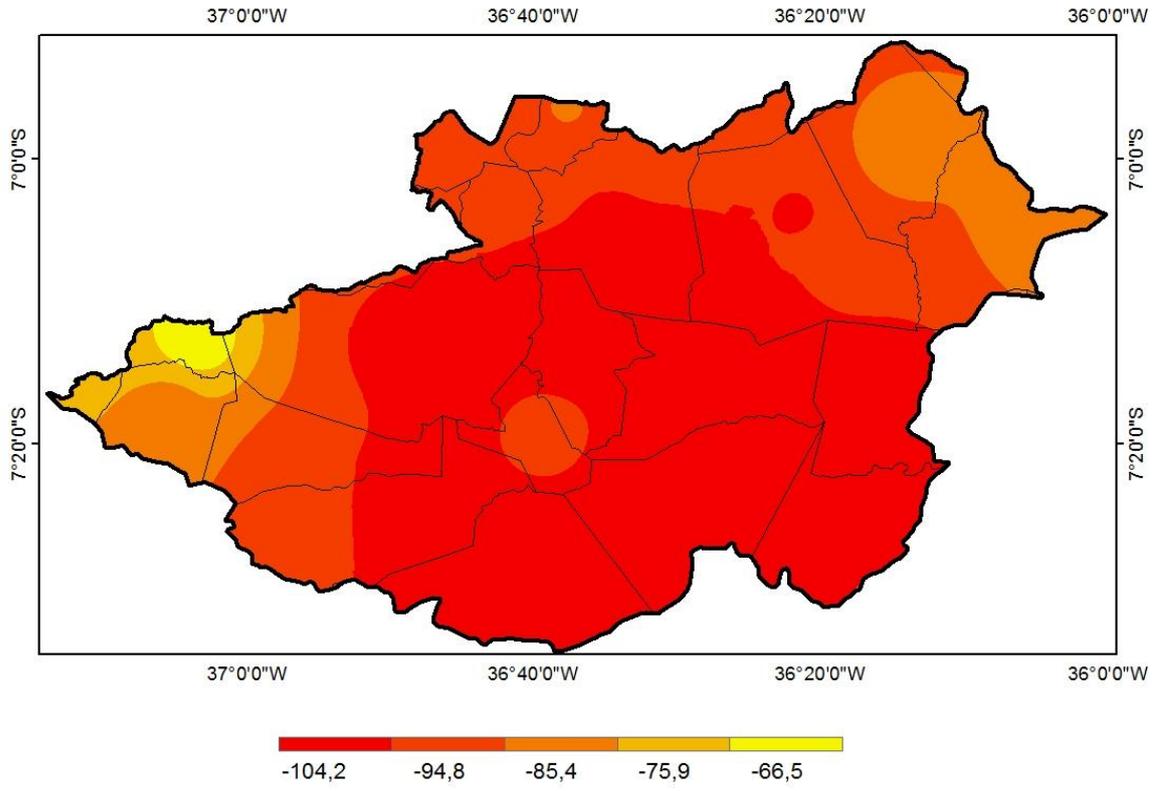
Quantil seco 2013: no mês de janeiro as chuvas ocorreram apenas em áreas do extremo oeste da bacia hidrográfica, garantindo valores excedentes, bastante localizados que superam os 50 mm. No entanto, maior parte da área de estudo as chuvas praticamente não ocorreram, e por esta razão a germinação das sementes foi prejudicada no início do ciclo da cultura do milho. Apenas durante o mês de abril as chuvas voltaram a ocorrer com maior intensidade em áreas isoladas, porém os déficits dos meses anteriores não permitiram que as plantas se desenvolvessem de maneira ideal. Portanto, o ano de 2013 representante do quantil seco, pela deficiência e irregularidade das chuvas, não permitiu o desenvolvimento adequado das lavouras de milho (figuras 50).

Figuras 50 - Diferenças entre a precipitação e a necessidade hídrica para a cultura do milho (mm) nos meses de janeiro (A), fevereiro (B), março (C), abril (D) e maio (E) no quantil seco de 2013

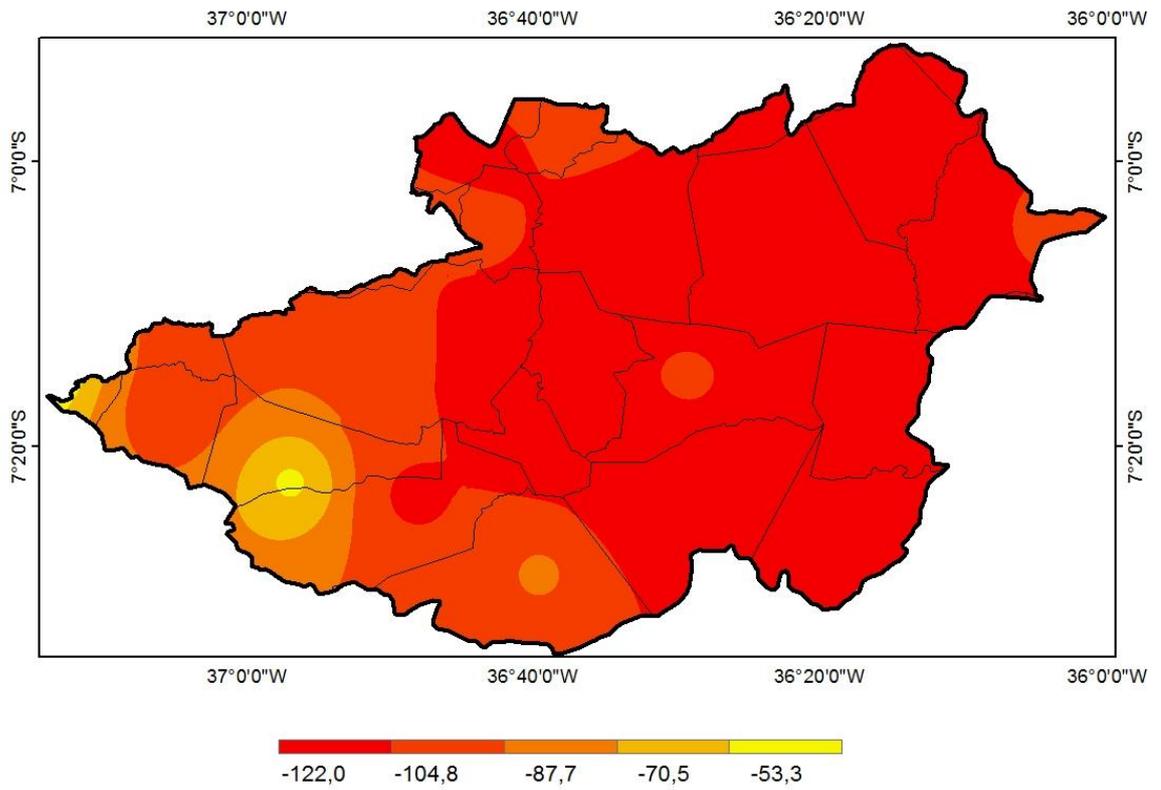
(A)



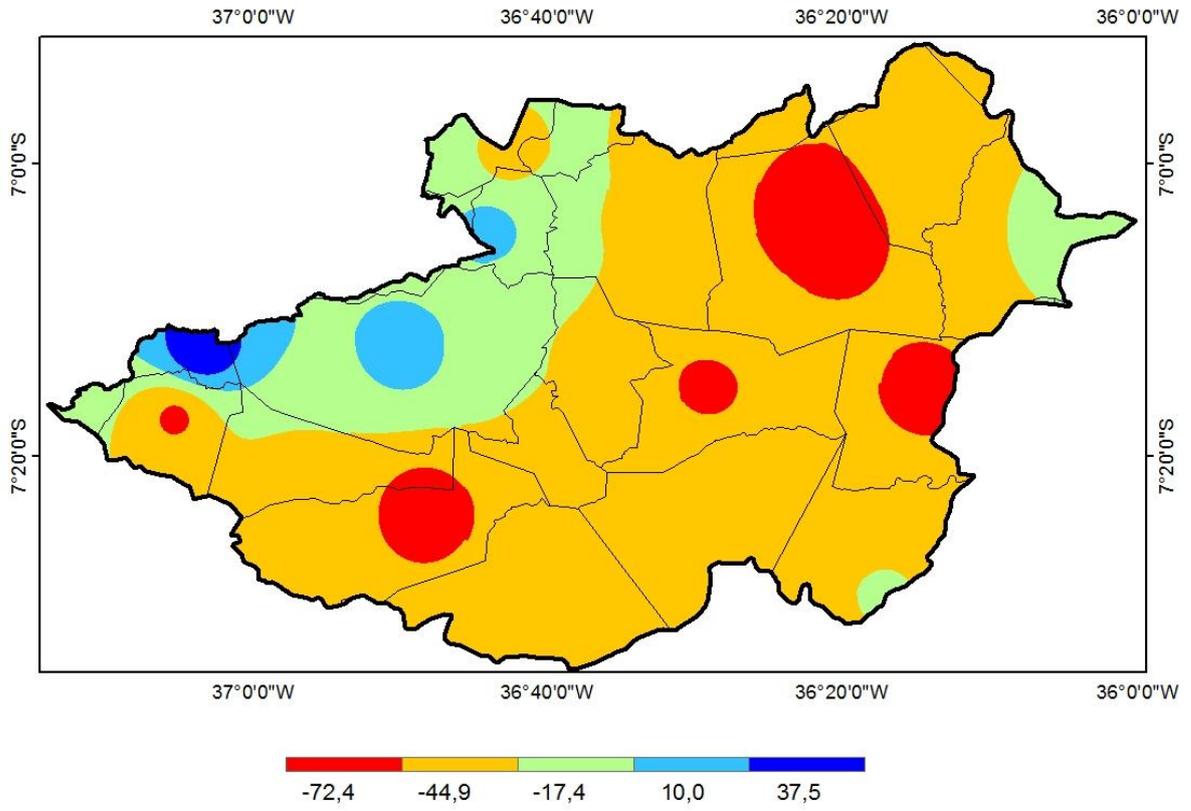
(B)



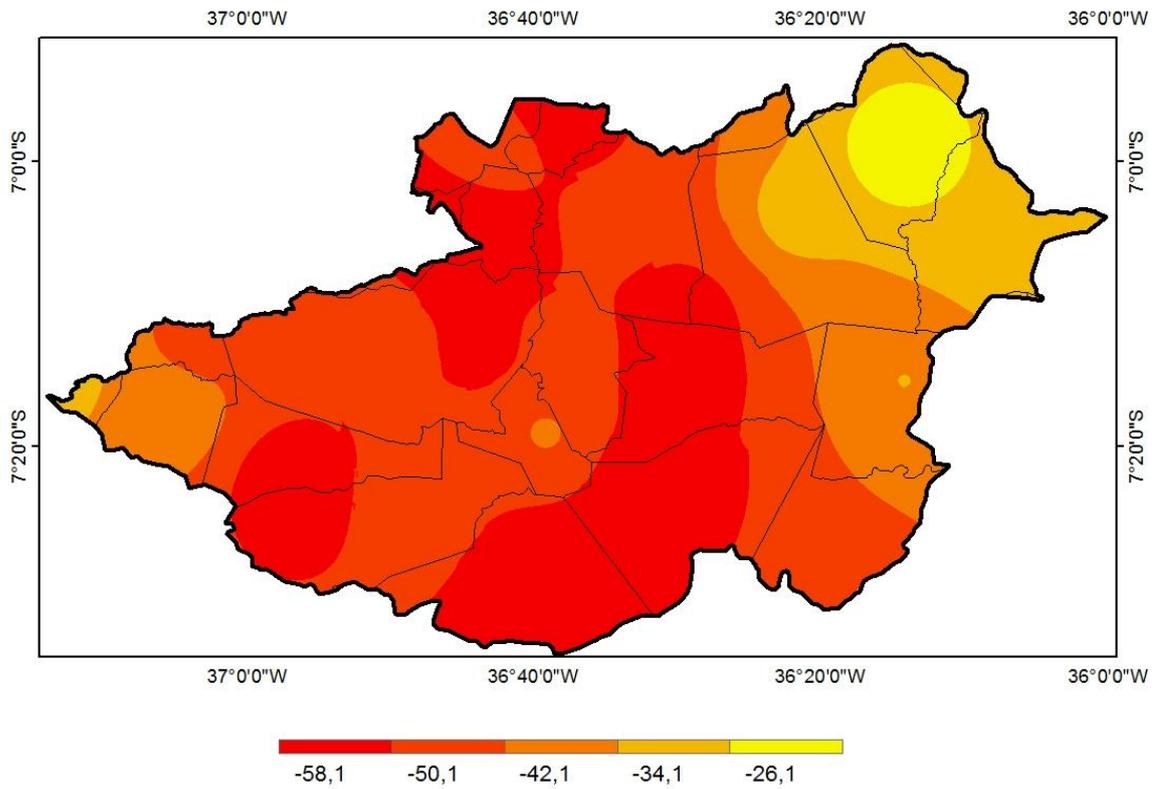
(C)



(D)



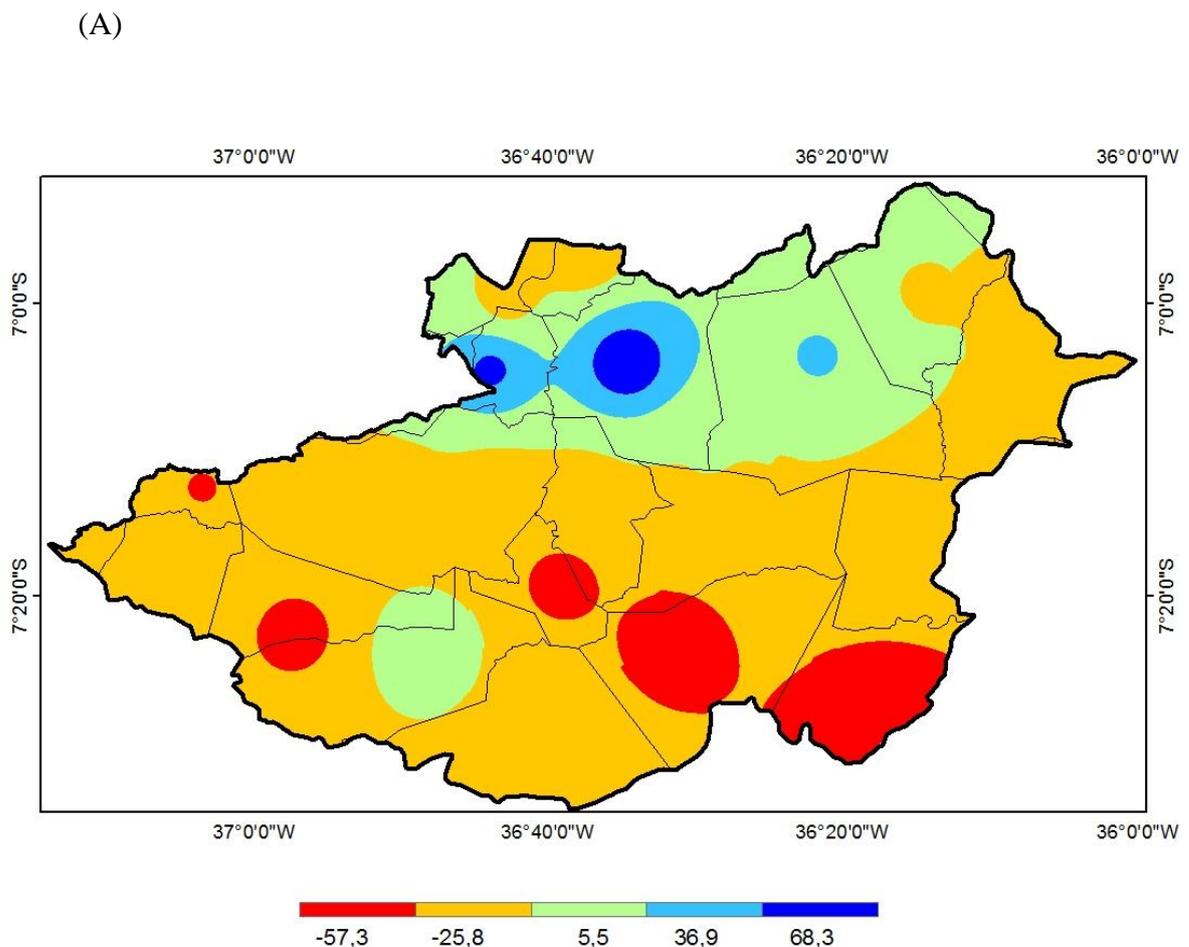
(E)



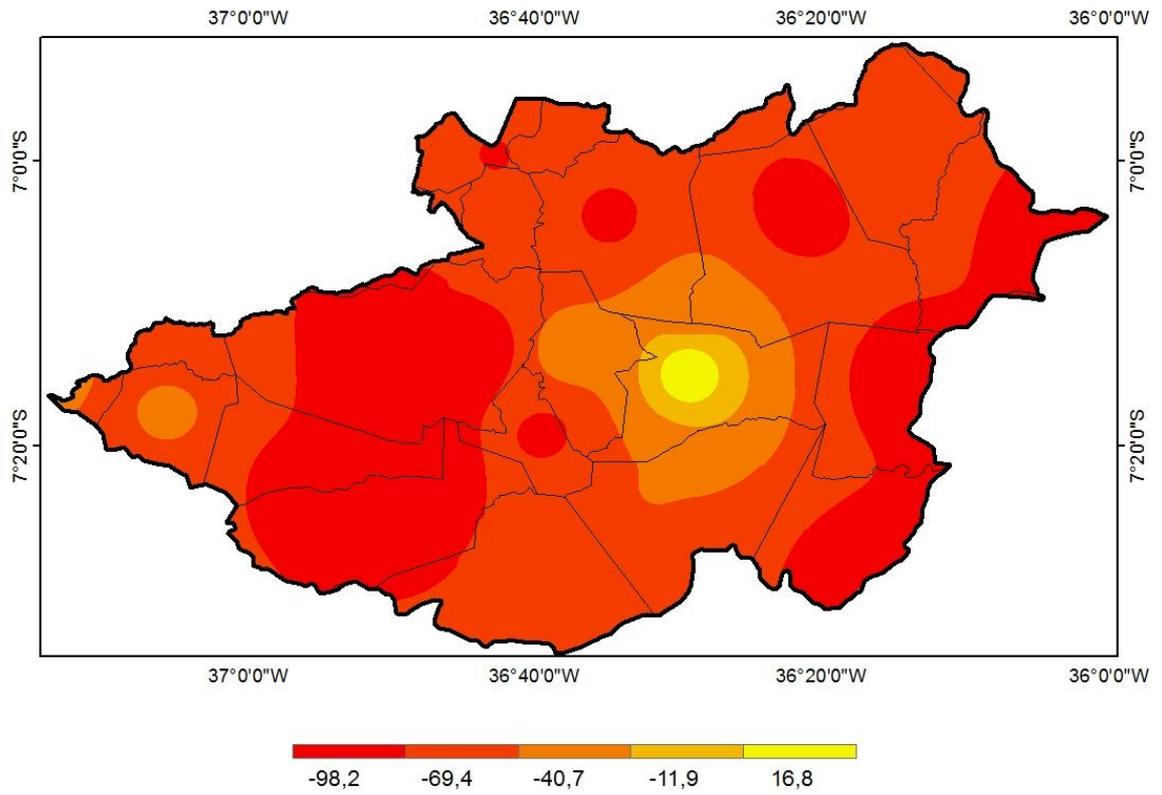
Fonte: adaptados AESA/ FAO. Organizados pelo autor

Quantil normal 2005: as figuras 51 demonstram que mesmo em um ano considerado normal ou habitual, a distribuição temporal e espacial da precipitação segue um padrão irregular que não garante as necessidades hídricas para o desenvolvimento eficiente das lavouras de milho. Somente o mês de março apresentou valores de chuva suficientes para atender as demandas de água da fase de desenvolvimento das lavouras de maneira mais homogênea na bacia hidrográfica. Porém os valores negativos acumulados dos meses anteriores e no posterior dificultaram o crescimento das plantas e, conseqüentemente, a produtividade do milho para este ano.

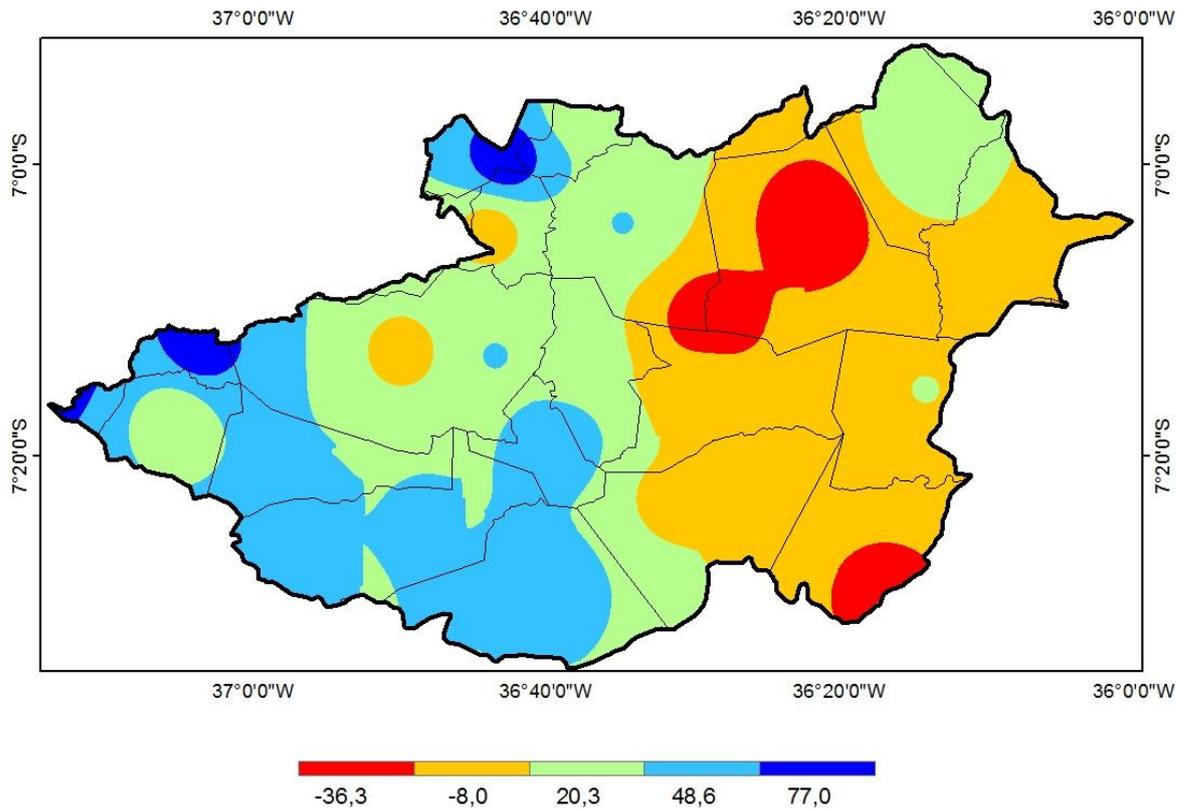
Figuras 51- Diferença entre a precipitação e a necessidade hídrica para a cultura do milho (mm) nos meses de janeiro (A), fevereiro (B), março (C), abril (D) e maio (E) no quantil normal de 2005



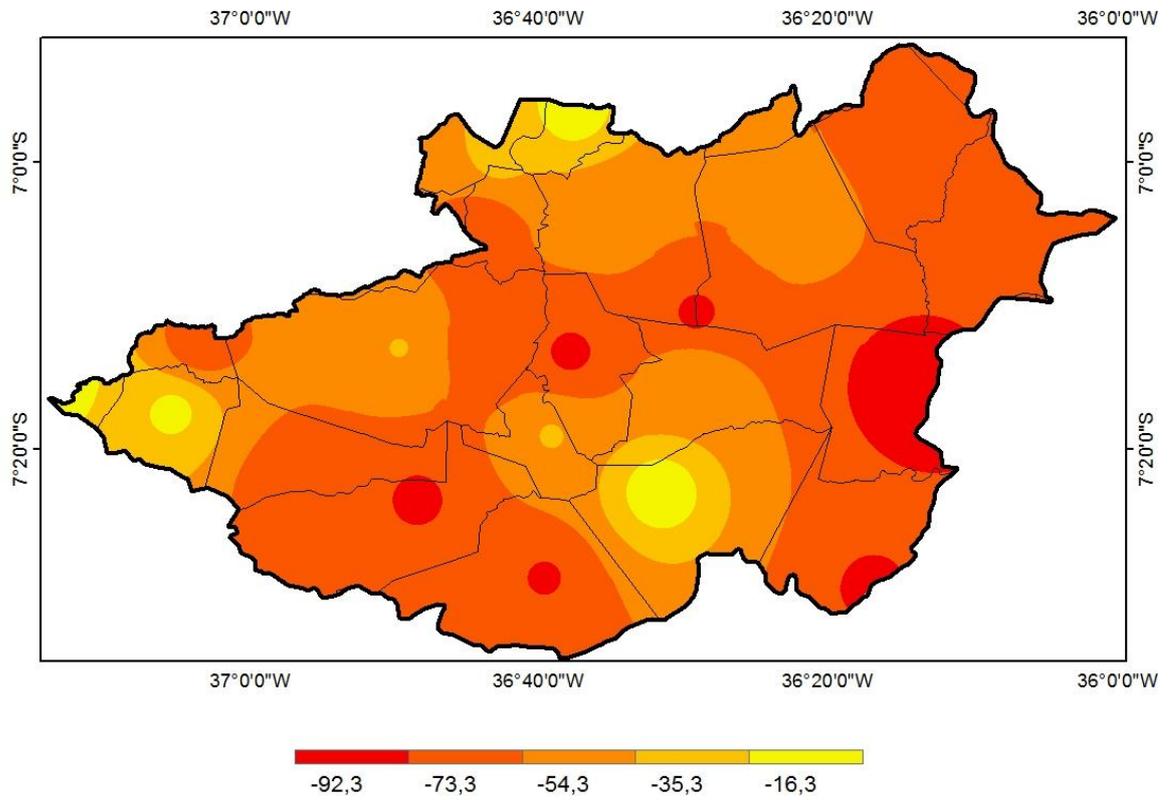
(B)



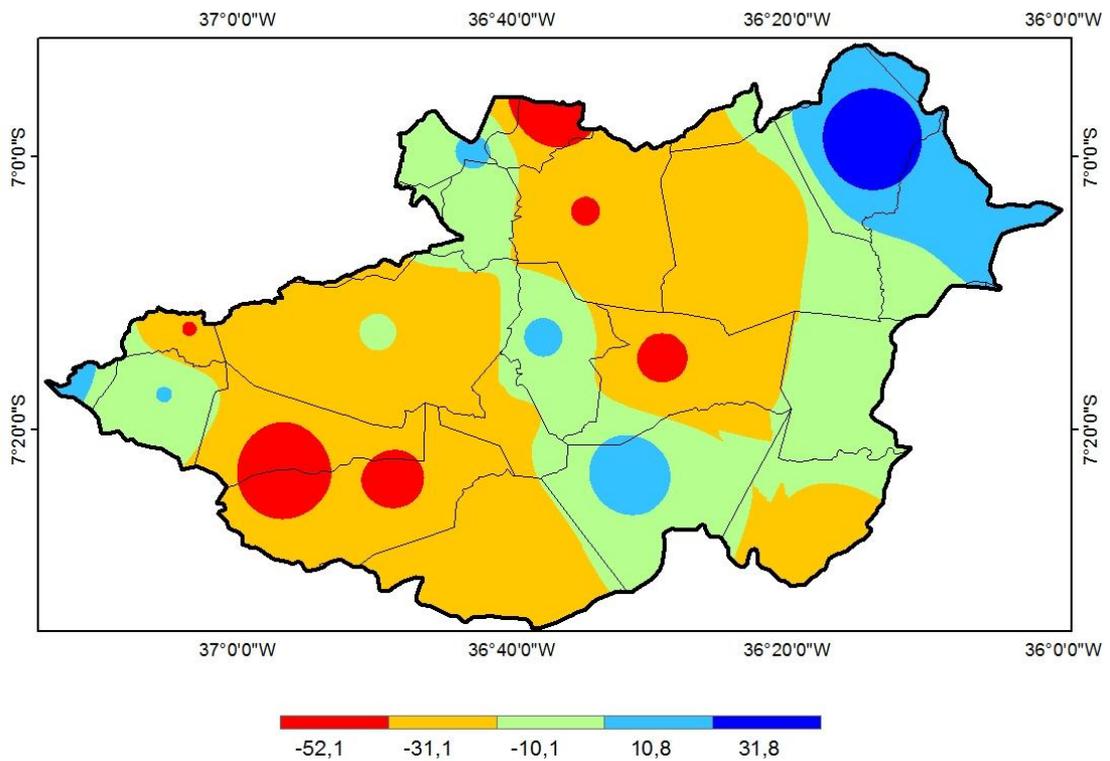
(C)



(D)



(E)

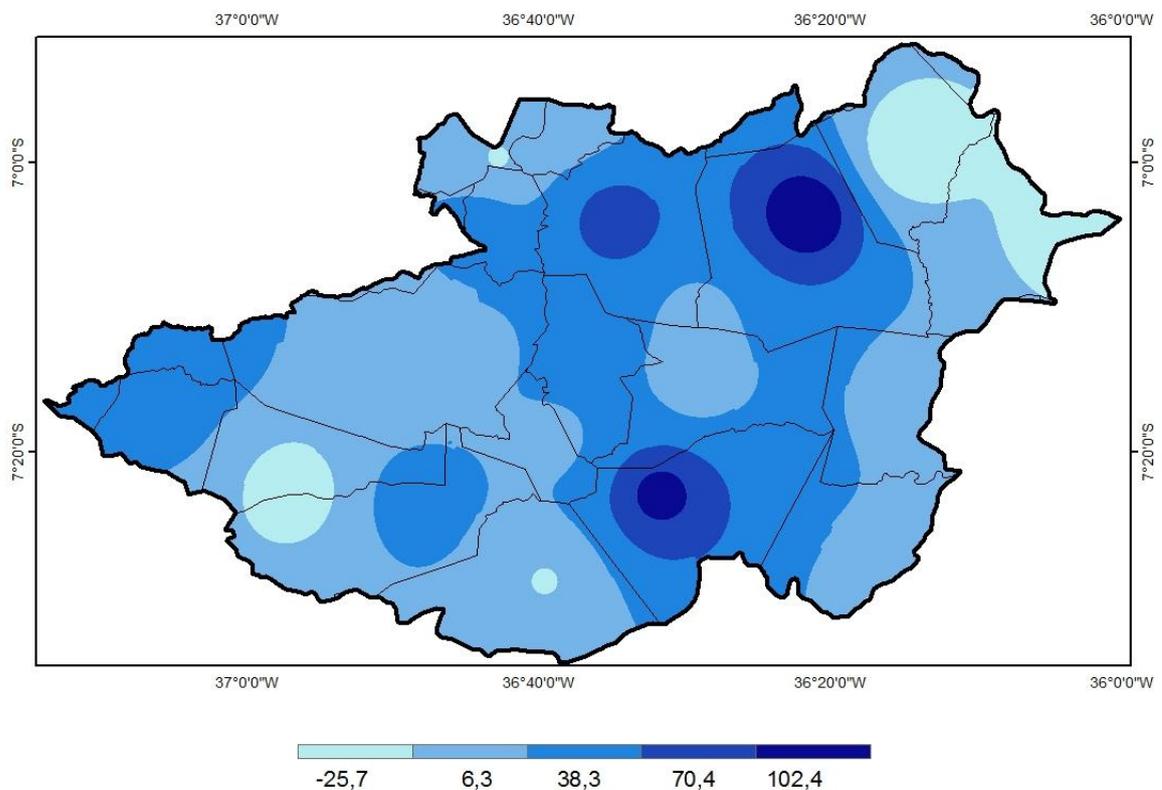


Fonte: adaptados AESA/ FAO. Organizados pelo autor

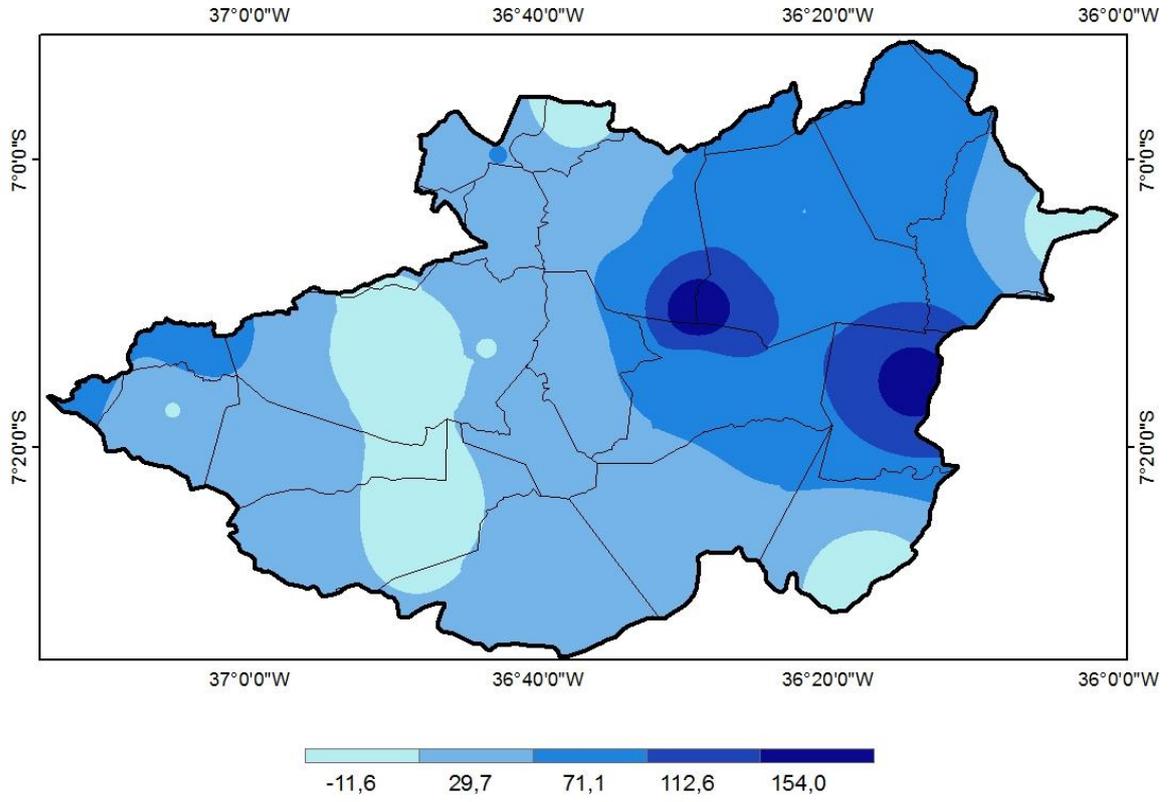
Quantil chuvoso 2000: os dois primeiros meses de desenvolvimento do milho apresentaram predominância de excedentes hídricos em maior parte da bacia hidrográfica, com valores superiores a 100 mm no setor centro-leste (figuras 52). Durante o mês de março a necessidade hídrica do milho esteve próxima ao valor ideal para o período em maior parte a área estudada, desvios negativos superiores a -59 mm apareceram em apenas duas faixas no centro e leste. No mês de abril as chuvas garantiram o suprimento de água excedente e próximo ao ideal principalmente na porção centro-oeste, apenas uma faixa no extremo leste apresentou desvios negativos mais significativos. O mês de maio apresentou desvios negativos superiores -30 mm nos setores norte e oeste, e positivos em áreas esparsas.

Figuras 52 - Diferença entre a precipitação e a necessidade hídrica para a cultura do milho (mm) nos meses de janeiro (A), fevereiro (B), março (C), abril (D) e maio (E) no quantil chuvoso de 2000

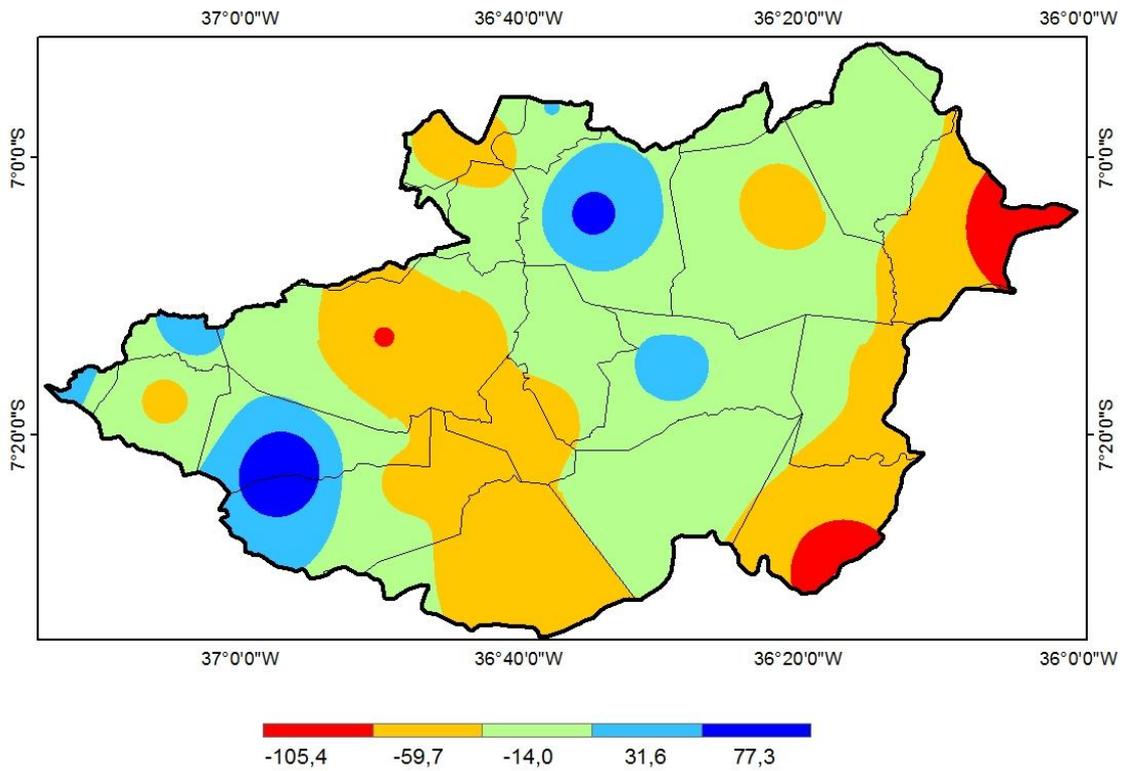
(A)



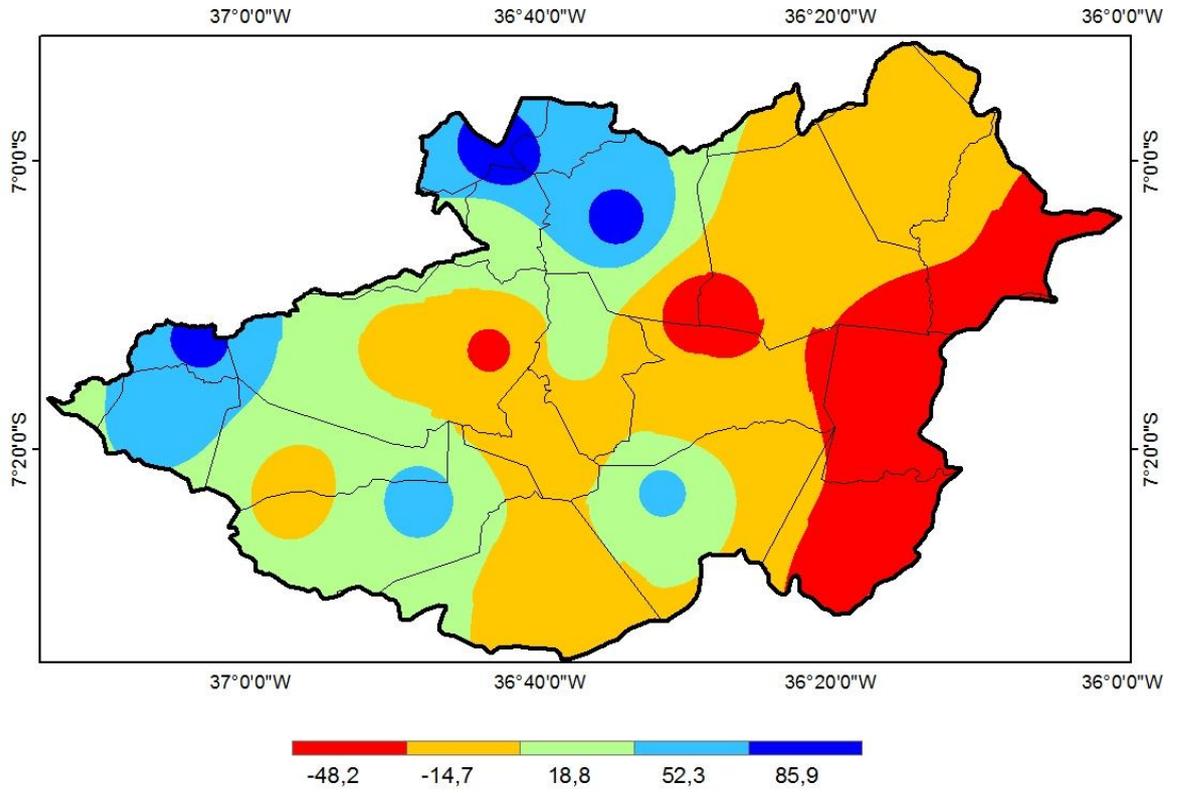
(B)



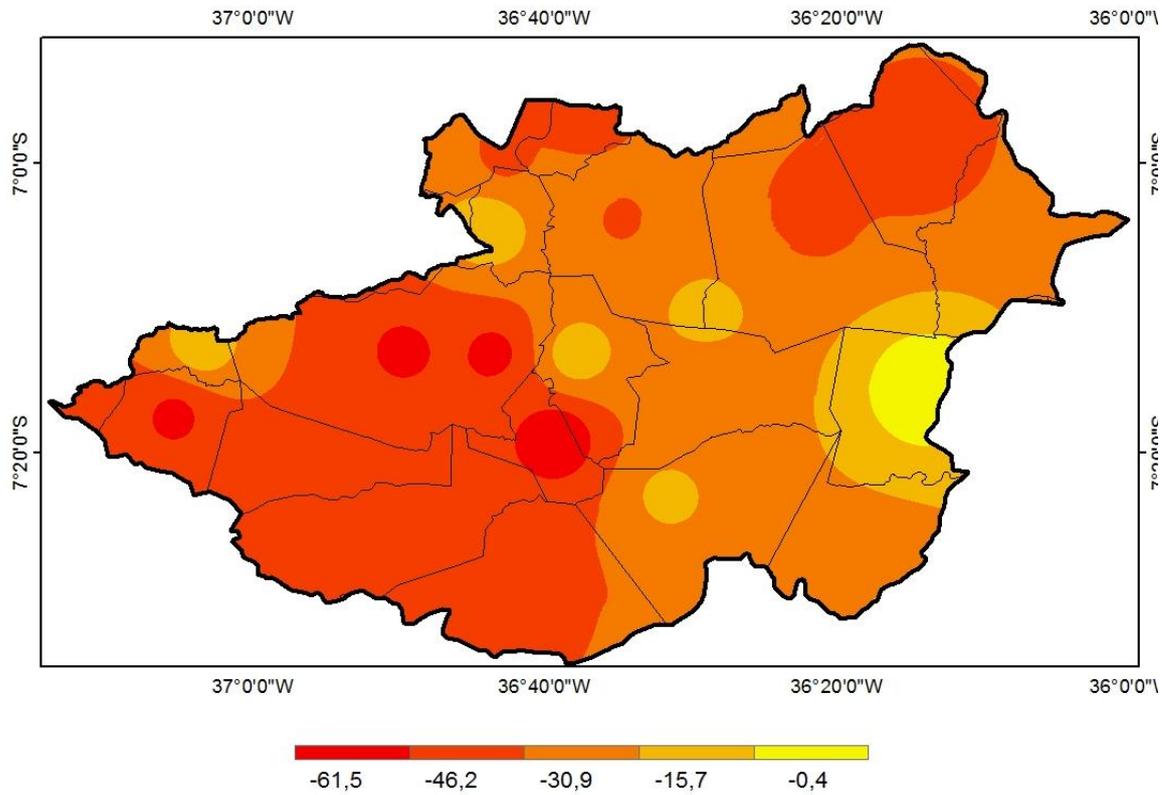
(C)



(D)



(E)

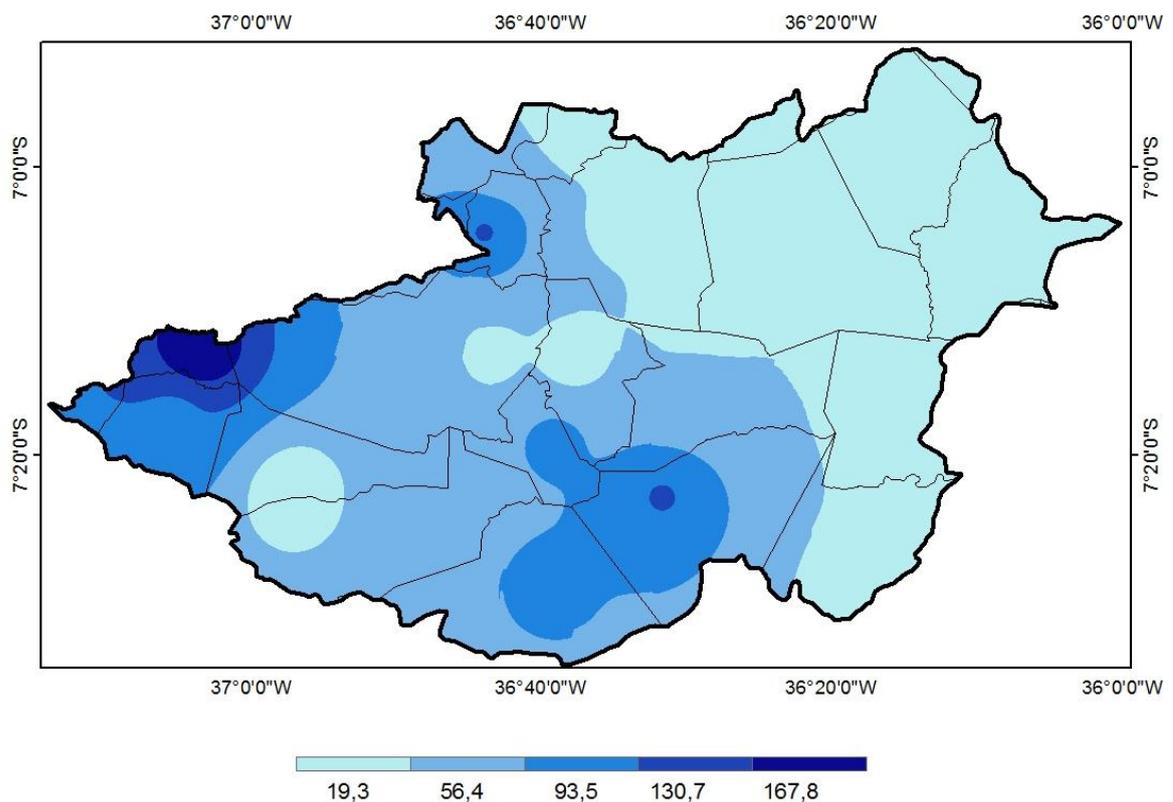


Fonte: adaptados AESA/ FAO. Organizados pelo autor

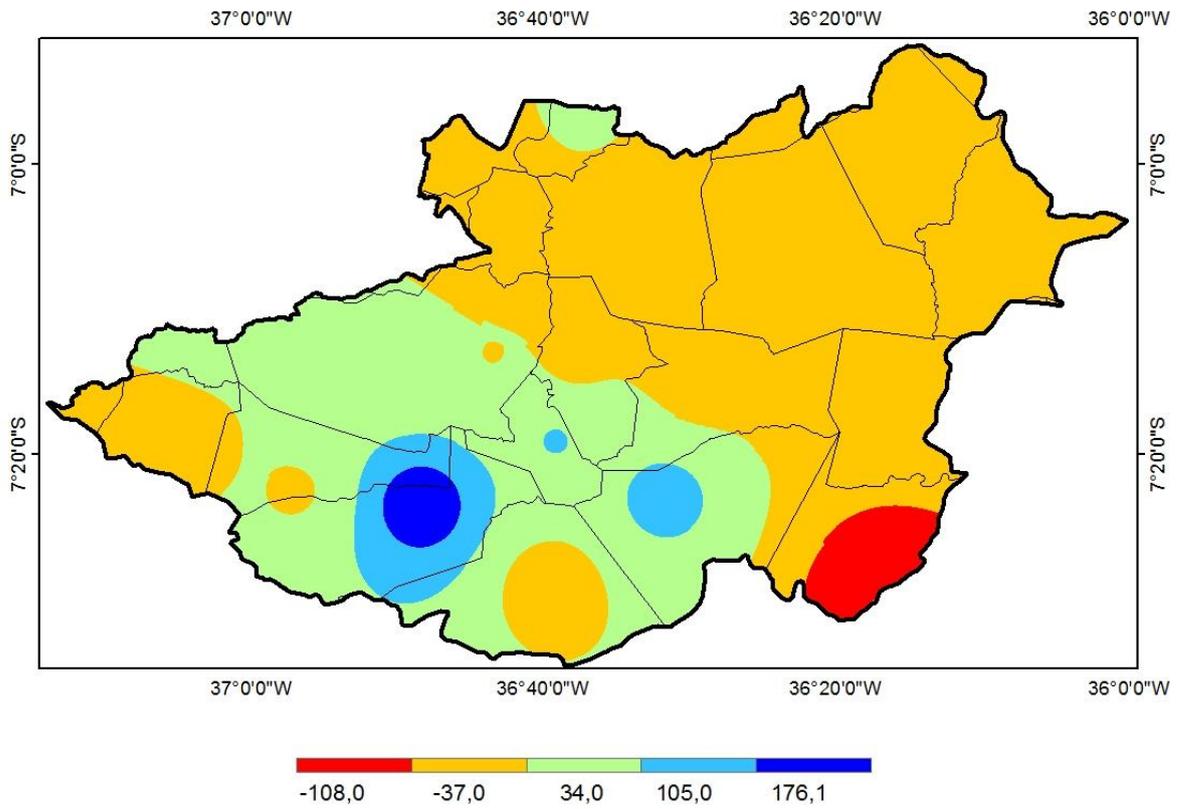
Quantil muito chuvoso 2011: De maneira geral, apresentou predominância de excedente hídrico para o desenvolvimento do feijão na maior parte da bacia hidrográfica (figuras 53). As necessidades hídricas foram superadas em mais de 100 mm durante os meses de janeiro, abril e maio nos setores centro-oeste e norte da bacia. As deficiências estiveram concentradas no leste e nordeste da bacia principalmente nos meses de fevereiro e março.

Figuras 53 - Diferença entre a precipitação e a necessidade hídrica para a cultura do milho (mm) nos meses de janeiro (A), fevereiro (B), março (C), abril (D) e maio (E) no quantil muito chuvoso de 2011

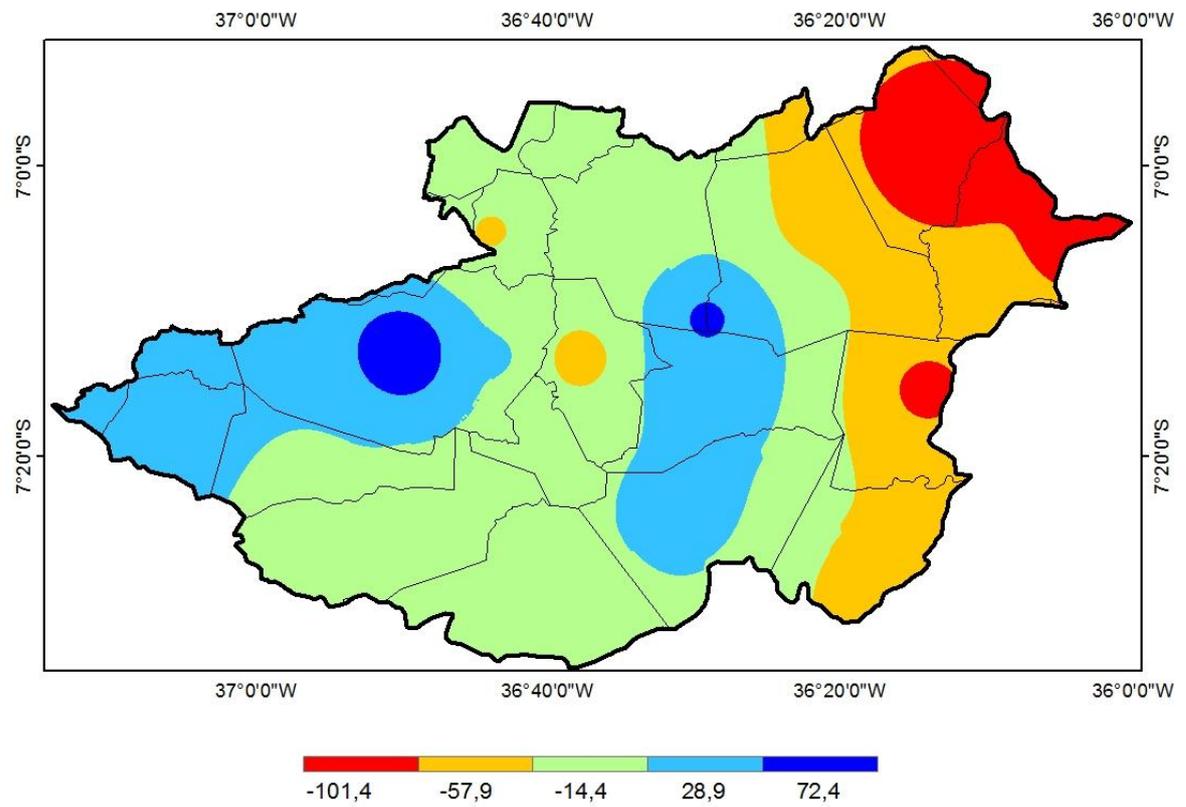
(A)



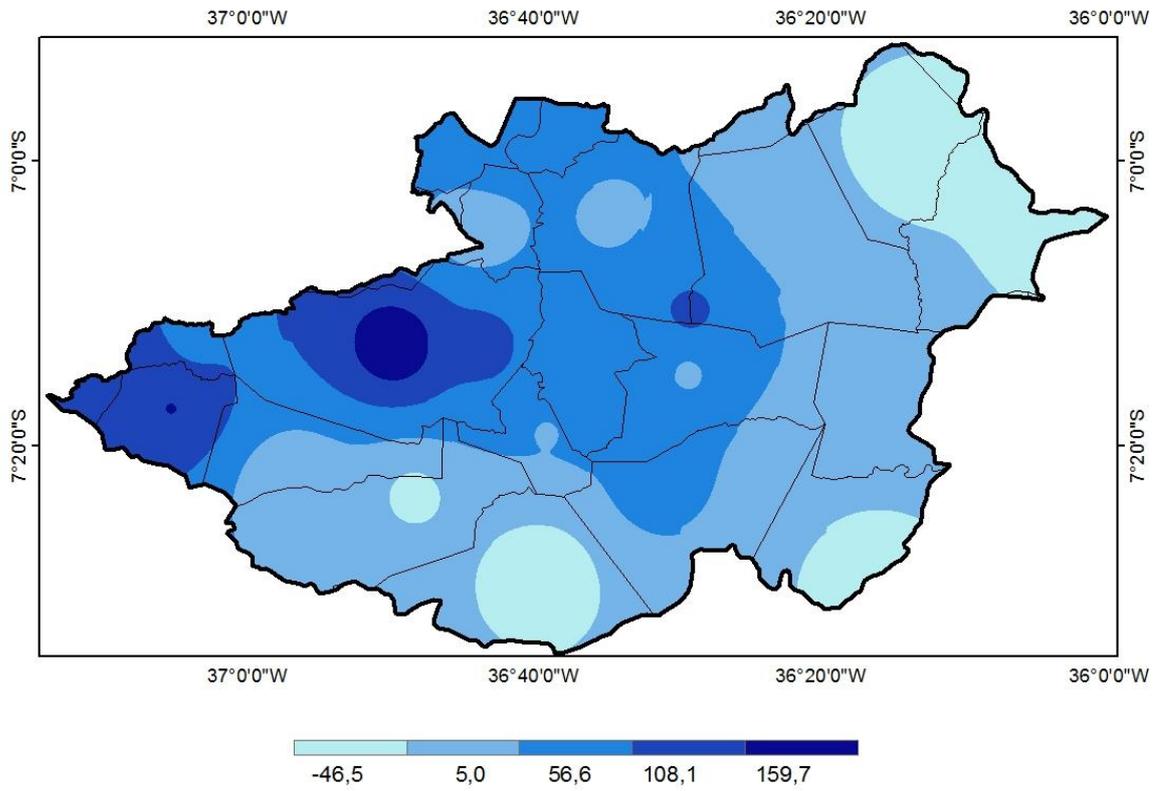
(B)



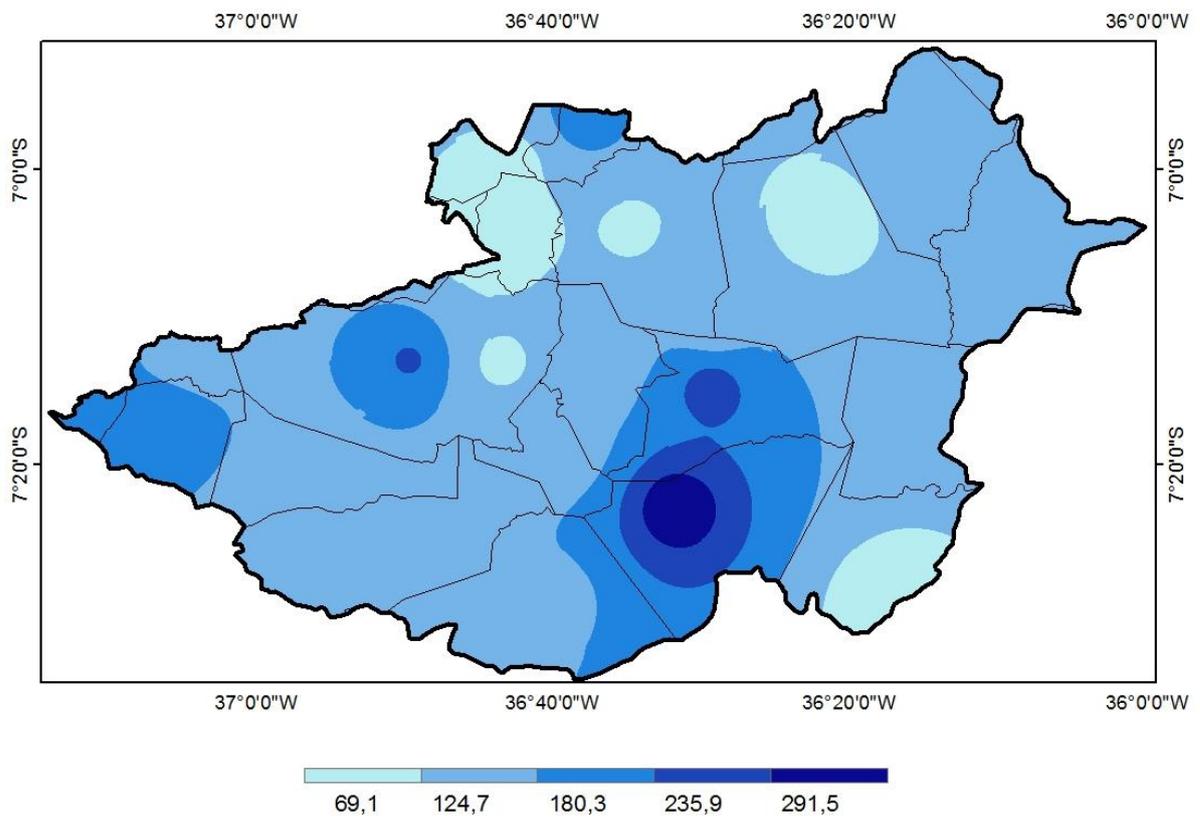
(C)



(D)



(E)



Fonte: adaptados AESA/FAO (2015). Organizados pelo autor

Diante da análise das figuras foi constatado que há ocorrência de deficiências durante alguma das fases de desenvolvimento do milho para todos os quantis, mesmo em anos chuvosos e muito chuvosos. A cultura agrícola do milho possui condições restritas de desenvolvimento devido à intensa variabilidade pluviométrica e os elevados índices de evapotranspiração na área de estudo. As regiões pluviométricas 1 e 2, localizadas nos setores leste e centrais da bacia, são aquelas que apresentam maiores deficiências hídricas ao longo dos anos investigados. Logo, é possível verificar que irregularidade na ocorrência das chuvas não atende as necessidades hídricas ideais para que haja uma produtividade eficiente, ao longo dos anos, para essa cultura agrícola na Bacia Hidrográfica do Rio Taperoá.

8.2.2 Balanço hídrico climático

A diferença entre os índices de ETC, para as culturas de milho de feijão, e os valores de precipitação ilustrou que a irregularidade das chuvas na bacia hidrográfica do Rio Taperoá não atende às demandas das distintas fases de crescimento desses vegetais de maneira eficiente. A quantidade de água de chuva que cai sobre a bacia é deficitária para atender as demandas hídricas dessas culturas, na maior parte dos anos, no entanto observam-se meses que ocorrem excedentes seguidos por outros secos, que não atendem a regularidade necessária para o desenvolvimento das culturas.

No entanto, essa perspectiva possui a limitação analítica de não considerar a água acumulada no solo e não permitir uma análise de continuidade das reservas hídricas. Uma maneira de monitorar o armazenamento hídrico no solo é a partir do da proposta metodológica de um Balanço Hídrico Climático de Thornthwaite e Mather (1955), que visa estimar o volume de água que entra a sai do solo.

Por esta razão, optou-se por calcular o Balanço o Hídrico como ferramenta metodológica complementar ao cálculo da necessidade hídrica das culturas agrícolas do milho e feijão. Para isso, foram escolhidos postos pluviométricos representativos das distintas regiões pluviométricas existentes da bacia hidrográfica estudada, para o cálculo do Balanço Hídrico dos quantis de precipitação.

Os postos pluviométricos selecionados foram os de Olivedos, na região pluviométrica 1, área mais seca da bacia hidrográfica, e de Teixeira, na região pluviométrica 4, mais

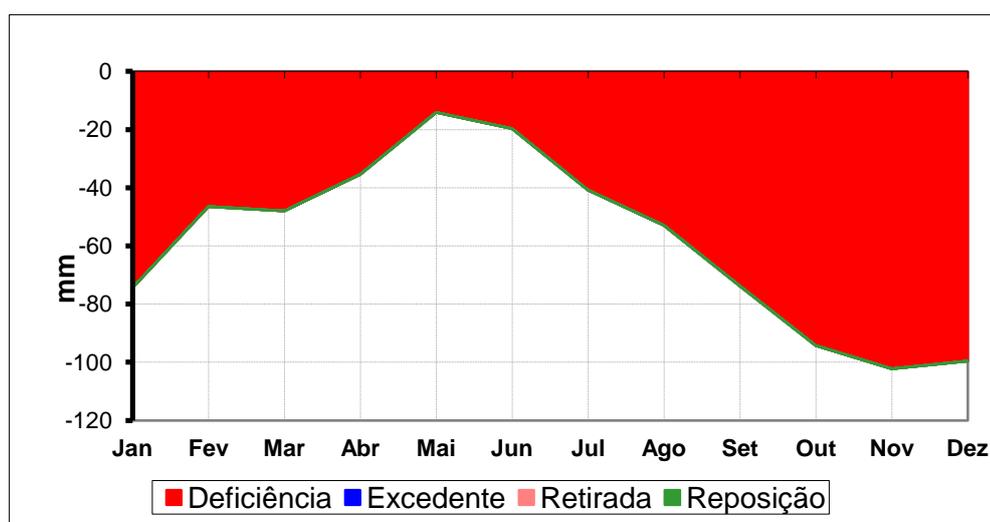
chuvosa. O objetivo foi avaliar a disponibilidade hídrica no solo em anos com diferentes comportamentos pluviométricos.

8.2.2.1 Olivedos

O Balanço Hídrico normal, calculado a partir das médias de temperatura e precipitação, para o posto de Olivedos mostra uma deficiência de água no solo durante todo o ano climatológico (figura 54). As taxas de evapotranspiração superam a precipitação em todos os meses, resultando em um balanço hídrico essencialmente deficitário, onde não há armazenamento de água no solo, em quantidades acessíveis às raízes das plantas em nenhum período. A evapotranspiração potencial média é de 1115,2 mm, enquanto que a precipitação é de 413,5 mm, resultando em uma deficiência hídrica anual de -701,7 mm.

As plantas cultivadas nas localidades pertencentes à região pluviométrica 1, na qual está inserido o posto de Olivedos, e que não possuem estrutura para irrigação, precisam ser xerófilas e bastante adaptadas a deficiências hídricas ao longo de todo o ano. No geral, as cactáceas, por possuírem um sistema radicular superficial, são capazes de absorver água, e se desenvolverem em regiões com limitada oferta hídrica.

Figura 54 - Balanço hídrico normal; deficiência, excedente, retirada e reposição médios (1998 – 2014) para o posto de Olivedos



Fonte: adaptado AESA. Organizado pelo autor

É possível observar na tabela 11 que as menores deficiências hídricas ocorrem nos meses de outono, especialmente em abril (35,4 mm), maio (14,1 mm) e junho (19,7 mm), por conta das médias mais elevadas de precipitação e dos menores valores de temperatura. Portanto, climatologicamente, o outono e início do inverno é o período mais propício à absorção de água pelas plantas xerófilas nativas ou exóticas cultivadas.

Já os meses de primavera e verão são aqueles que apresentam os maiores valores deficitários, em função da elevada taxa de evaporação e os baixos índices pluviométricos. Como meses mais secos destacam-se outubro e novembro com taxas médias de evapotranspiração potencial de 103,8 mm e 112,1 mm, e deficiências hídricas de 102,2 mm e 99,6 mm, respectivamente.

Tabela 11 - Temperatura média (T), precipitação média (P), evapotranspiração potencial média (ETP), armazenamento hídrico médio no solo (ARM) para CAD=100 mm, alteração do armazenamento (ALT), evapotranspiração real média (ETR), deficiência hídrica média (DEF) e excedente hídrico médio (EXC) para o posto de Olivedos no período de 1998 a 2014

Meses	T °C	P mm	ETP mm	P- ETP	ARM mm	ALT mm	ETR mm	DEF mm	EXC mm
Jan	24,1	34,4	108,8	-74,4	0,0	0,0	34,4	74,4	0,0
Fev	24,0	53,1	99,5	-46,5	0,0	0,0	53,1	46,5	0,0
Mar	23,7	58,0	105,9	-48,0	0,0	0,0	58,0	48,0	0,0
Abr	23,3	61,0	96,4	-35,4	0,0	0,0	61,0	35,4	0,0
Mai	22,5	74,7	88,8	-14,1	0,0	0,0	74,7	14,1	0,0
Jun	21,4	54,7	74,3	-19,7	0,0	0,0	54,7	19,7	0,0
Jul	20,8	30,5	71,3	-40,8	0,0	0,0	30,5	40,8	0,0
Ago	21,1	21,4	74,3	-52,9	0,0	0,0	21,4	52,9	0,0
Set	22,0	7,9	81,6	-73,8	0,0	0,0	7,9	73,8	0,0
Out	23,1	3,7	97,9	-94,3	0,0	0,0	3,7	94,3	0,0
Nov	23,8	1,6	103,8	-102,2	0,0	0,0	1,6	102,2	0,0
Dez	24,0	12,5	112,1	-99,6	0,0	0,0	12,5	99,6	0,0
Totais		413,5	1115,2	-701,7	0,0	0,0	413,5	701,7	0,0
Médias	22,8	34,5	92,9	-58,8	0,0	0,0	34,5	58,8	0,0

Fonte: adaptado, AESA. Organizado pelo autor

O Balanço hídrico para o quantil muito seco (2012) na bacia hidrográfica do Rio Taperoá, figura 55 (A), mostra que para o posto de Olivedos predominaram deficiências

hídricas acentuadas ao longo do ano. A evapotranspiração potencial foi de 1101,6 mm, enquanto que a precipitação foi de apenas 189,9 mm, representando uma deficiência anual de 911,8 mm. O armazenamento hídrico no solo foi de apenas 31 mm durante o ano referido, gerando uma condição de seca extrema onde a retirada de água pelas plantas foi bastante dificultada.

Os valores maiores de armazenamento de água estiveram concentrados nos meses de junho (15,2 mm), julho (8,62 mm) e agosto (4,25 mm). No entanto esses valores são insuficientes para garantir a demanda de água da maior parte das plantas. A evapotranspiração potencial superou a precipitação em todos os meses do quantil muito seco, resultando em deficiências em quase todos os meses do ano, em novembro e dezembro as deficiências de água no solo superaram os 100 mm.

No ano de 2013, quantil seco, o valor da precipitação anual foi de 271 mm e a evapotranspiração potencial foi estimada em 1104,8 mm, acumulando uma deficiência anual de 833,9 mm. Não houve armazenamento de água no solo em nenhum período do ano, gerando deficiências mensais elevadas com máximos valores em janeiro (108,6 mm) e março (100,3 mm).

O ano de 2005 foi classificado como quantil normal, de acordo com os padrões de distribuição pluviométrica na bacia hidrográfica. O volume total de precipitação foi de 546,6 mm, concentrado nos meses de março (158,6 mm), maio (111,4 mm) e junho (61,3 mm). O armazenamento de água no solo total foi de 203 mm, no entanto as deficiências acumuladas durante o ano somaram 581 mm, em decorrência da elevada ETP (1127,6). Os meses com maior armazenamento hídrico foram março (50,8 mm), abril (23,7 mm), maio (44,9 mm) e junho (39,3 mm), no entanto nenhum apresentou excedente hídrico. As deficiências de água no solo se agravaram durante a primavera e o início do verão, atingindo 101,5 mm em novembro.

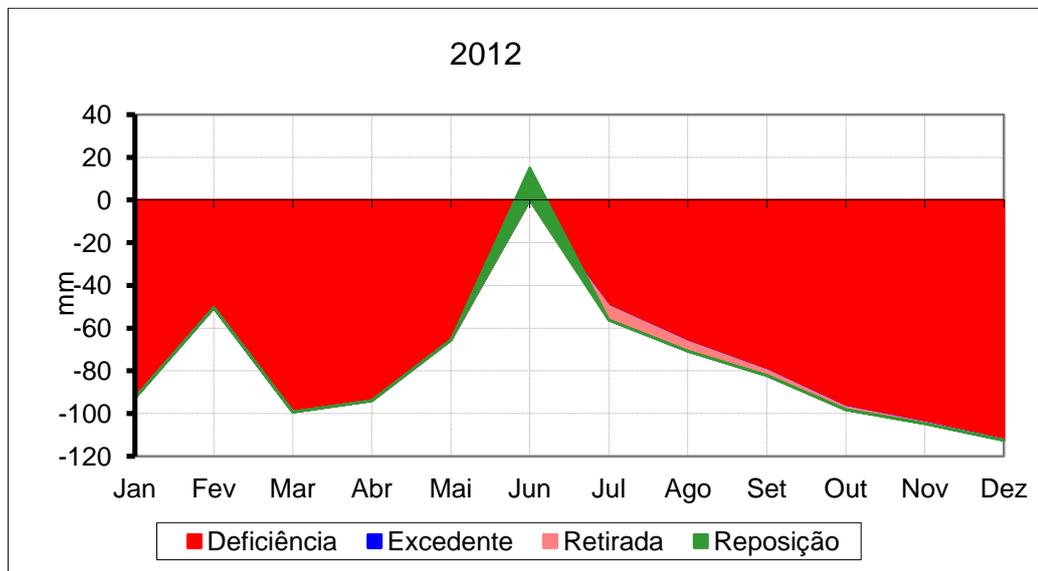
Mesmo no ano 2000, que representa o quantil chuvoso, não foram registrados excedentes hídricos no solo em nenhum mês. A precipitação total (688,3mm) foi inferior a evapotranspiração potencial estimada (1092,1 mm), gerando uma deficiência anual de 403,7 mm. Os maiores armazenamentos hídricos estiveram concentrados entre os meses de fevereiro e julho, atingindo valores máximos em março (92,7 mm) e abril (85,3 mm). As deficiências mensais mais intensas ocorreram entre outubro e janeiro, com seca mais acentuada em novembro (95 mm) e janeiro (80,5 mm).

O quantil muito chuvoso, representado pelo ano de 2011, teve uma precipitação de 722,6 mm e uma evapotranspiração de 1084,8 mm, apresentando uma deficiência de 362,2

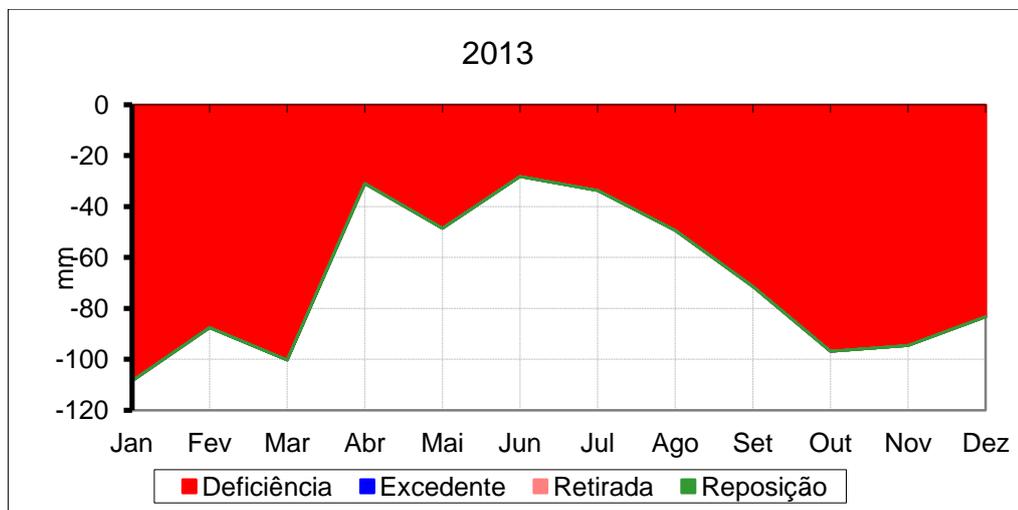
mm. O armazenamento total de água no solo foi de 422 mm e o somatório dos excedentes atingiu 95,1 mm. O volume hídrico excedente é aquele referente à água percolada para camadas mais profundas do solo, estando fora do alcance das raízes da maioria dos vegetais. Os meses que apresentaram excedentes foram maio (42,7 mm) e julho (52,5 mm), já as deficiências mais acentuadas ocorreram entre outubro e dezembro e no mês de março.

Figura 55 - Balanço hídrico de Thornthwaite do posto de Olivedos, contendo os valores de deficiência, excedente, retirada e excedente hídrico dos quantis de precipitação muito seco (A), seco (B), normal (C), chuvoso (D) e muito chuvoso (E)

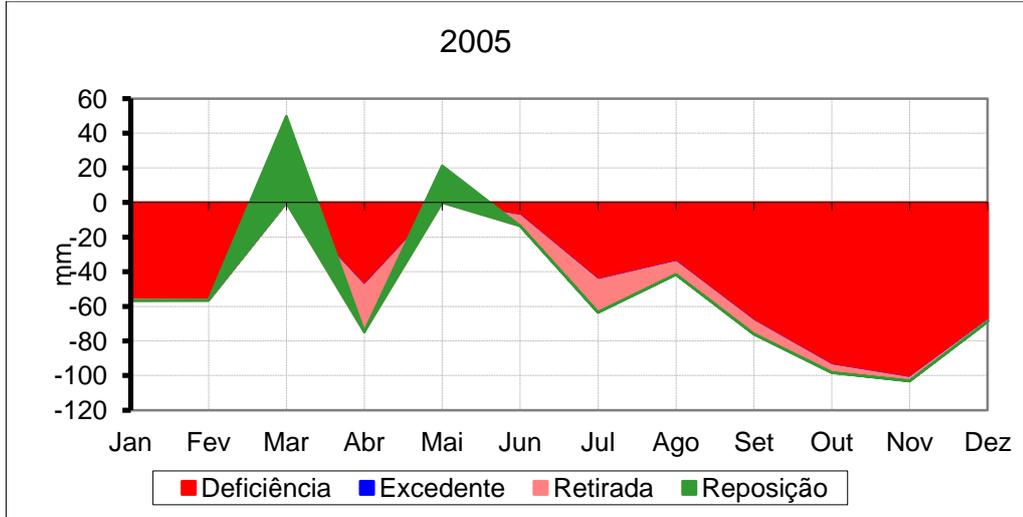
(A)



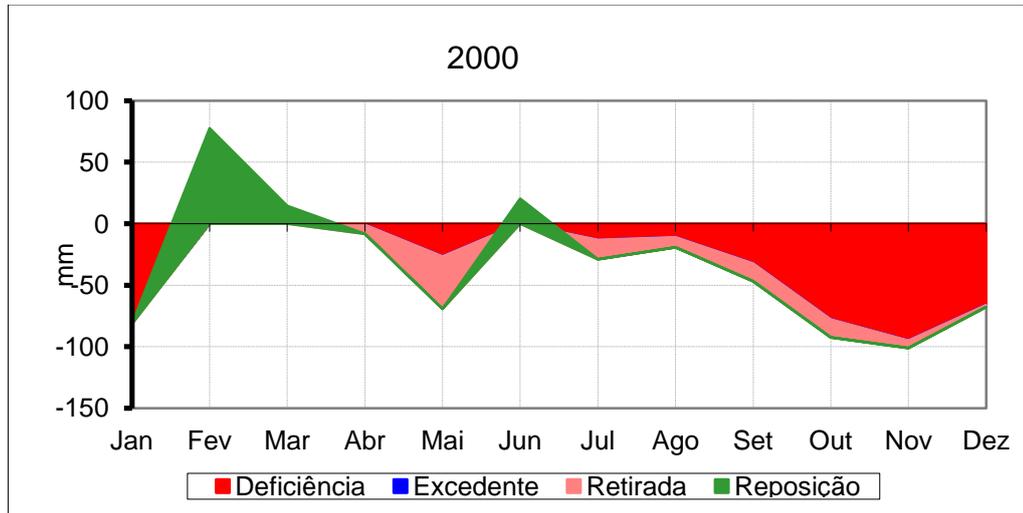
(B)



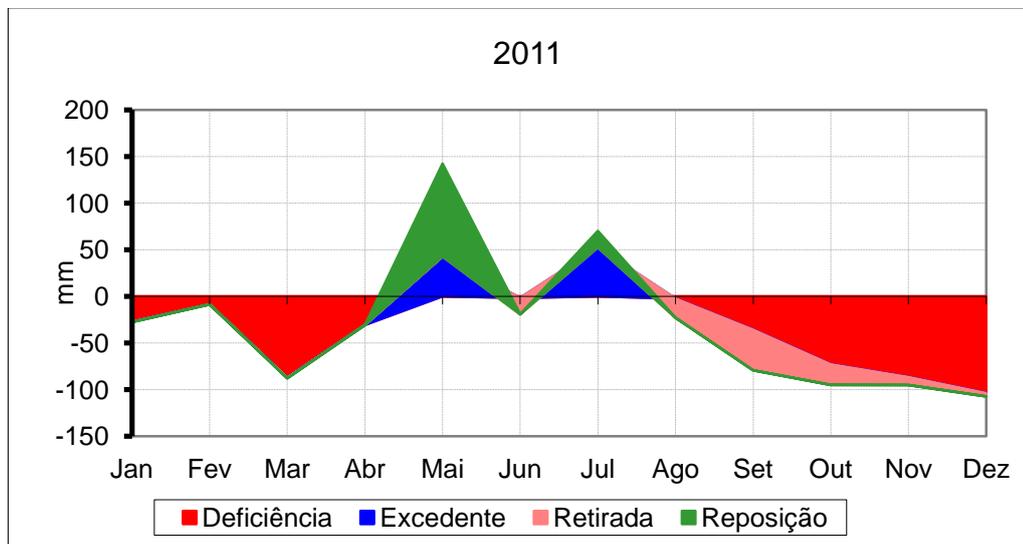
(C)



(D)



(E)



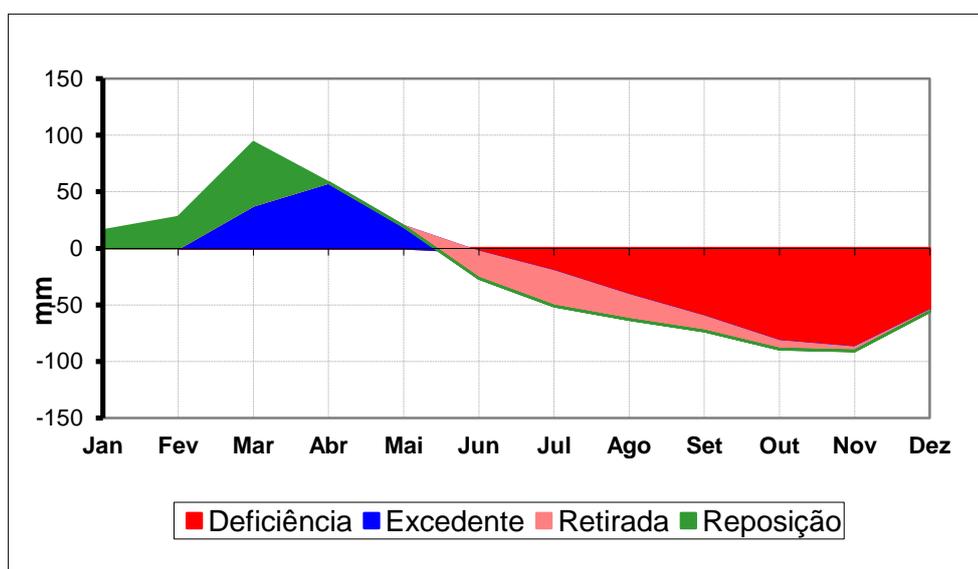
Fonte: adaptados AESA. Organizados pelo autor.

8.2.2.2 Teixeira

O balanço hídrico normal referente ao posto de Teixeira, entre os anos de 1998 e 2014, localizado na região pluviométrica 4 apresenta um armazenamento de água no solo típicas das áreas tropicais que possuem seu regime pluviométrico determinado pela atuação da ZCIT (figura 56). A precipitação anual média de 829 mm está concentrada entre os meses de janeiro a maio com pico entre março a abril. O segundo semestre representa o período seco do ano, quando as chuvas se tornam escassas e os índices de evaporação elevados tendem a ocasionar deficiências hídricas.

A elevada evapotranspiração anual do posto estudado determina um balanço hídrico deficitário, em que o valor da ETP supera em 362 mm o da precipitação. Porém no período úmido os volumes de chuva são superiores aos de ETP, e o armazenamento de água no solo atinge a capacidade máxima de 100 mm nos meses de março a maio, gerando excedentes hídricos. O período do inverno marca o início da retirada de água do solo, quando os valores ETP passam a superar os de precipitação.

Figura 56 - Balanço hídrico climático; deficiência, excedente, retirada e reposição hídrica para o posto de Teixeira-PB no período de 1998 a 2014



Fonte: adaptado AESA. Organizado pelo autor

Durante o mês de junho o solo começa a perder o estoque de água armazenado no período chuvoso, e a partir de setembro a deficiência hídrica atinge valores elevados,

superando os 60 mm (como pode ser observado na tabela 12). O período seco possui seu auge entre outubro e novembro, quando a umidade do solo é reduzida, dificultando a absorção de água pelas plantas, somente a partir do mês de janeiro começam a haver reposições hídricas com o início das primeiras chuvas.

Tabela 12 - Temperatura média (T), precipitação média (P), evapotranspiração potencial média (ETP), armazenamento hídrico no solo médio (ARM) para CAD=100 mm, alteração do armazenamento média (ALT), evapotranspiração real média (ETR), deficiência hídrica média (DEF) e excedente hídrico média (EXC) para o posto de Teixeira no período de 1998 a 2014

Meses	T °C	P mm	ETP mm	P-ETP	ARM mm	ALT mm	ETR mm	DEF mm	EXC mm
Jan	23,6	119,9	104,2	15,7	16,7	15,6	104,2	0,0	0,0
Fev	23,1	119,4	91,6	27,4	44,2	27,4	92,0	0,0	0,0
Mar	22,7	190	96,3	93,7	100,0	55,7	96,3	0,0	37,9
Abr	22,5	146,9	88,8	58,1	100,0	0,0	88,8	0,0	58,1
Mai	21,6	101,4	81,9	19,4	100,0	0,0	82,0	0,0	19,4
Jun	20,6	42,5	69,2	-26,7	76,5	-23,4	65,9	3,3	0,0
Jul	20,2	16,5	67,6	-51,2	45,8	-30,6	47,2	20,5	0,0
Ago	20,7	9,4	72,5	-63,1	24,4	-21,4	30,9	41,6	0,0
Set	21,8	8,4	81,6	-73,3	11,7	-12,6	21,1	60,6	0,0
Out	23,0	9,0	98,3	-89,3	4,8	-6,9	15,9	82,4	0,0
Nov	23,6	12,1	102,9	-90,9	1,9	-2,8	15,0	88,0	0,0
Dez	23,8	53,9	109,9	-56,1	1,1	-0,8	54,7	55,2	0,0
Totais		829,4	1065,5	-236,2	527,0	0,0	714	351,6	115,4
Médias	22,3	69,1	88,8	-19,7	44,0			29,3	9,6

Fonte: adaptado AESA.

O quantil muito seco (figura 57 A) representado pelo ano de 2012 apresentou um balanço hídrico bastante deficitário. A precipitação anual de apenas 177 mm foi quase seis vezes menor que a evapotranspiração estimada, resultando em uma deficiência anual de 876 mm. O armazenamento hídrico ficou restrito a poucos meses com volumes muito baixos, o que dificultou a retirada do solo pelas culturas agrícolas. As maiores deficiências ocorreram entre os meses de outubro e dezembro, com valores superiores a 100 mm.

Em 2013, quantil seco, as chuvas ocorreram de maneira bastante irregular, e por esta razão não houve sequências contínuas de recargas de água no solo, como é possível verificar

na figura 57 B. O volume anual de 549 mm esteve concentrado nos meses de abril e dezembro, com intervalo longo entre as precipitações. A deficiência anual alcançou valor de 437 mm, com pouca água disponível no solo. Mesmo durante a estação das chuvas, o armazenamento de água mensal médio esteve abaixo dos 30 mm, por outro lado as deficiências mantiveram-se altas durante quase todo ano.

O quantil normal do ano de 2005 (figura 57 C) apresenta uma disponibilidade hídrica no solo maior do que os quantis anteriores, as chuvas ocorreram próximas da média com volume anual de 810 mm e concentradas entre os meses de março e junho. Portanto, o outono foi a estação mais favorável ao desenvolvimento das culturas agrícolas em virtude da maior quantidade de água armazenada no solo. As recargas hídricas iniciadas em fevereiro resultaram no atendimento da capacidade máxima de armazenamento do solo nos meses de março a junho, com valores excedentes percolados nesses meses.

Apenas no mês de julho teve início o processo de retirada do estoque hídrico do solo, que apresentou armazenamento abaixo dos 30 mm entre setembro e novembro, e deficiências superiores a 60 mm. Durante o mês de dezembro as chuvas voltaram promover recargas no solo, alcançando um armazenamento de 56 mm.

A precipitação no ano de 2000, representante do quantil chuvoso (figura 57 D), foi de 899 mm, as chuvas se concentraram nos meses de verão e outono, com volumes máximos entre janeiro e abril. Por esta razão as recargas de água no solo iniciaram em janeiro, e continuaram com as chuvas nos três meses posteriores. Em decorrência das chuvas o armazenamento de água no solo atingiu a capacidade máxima entre os meses de março e abril. Essas chuvas abundantes no início do ano excederam a capacidade do solo em até 95,6 mm em março, ocasionando percolação da água para camadas mais profundas.

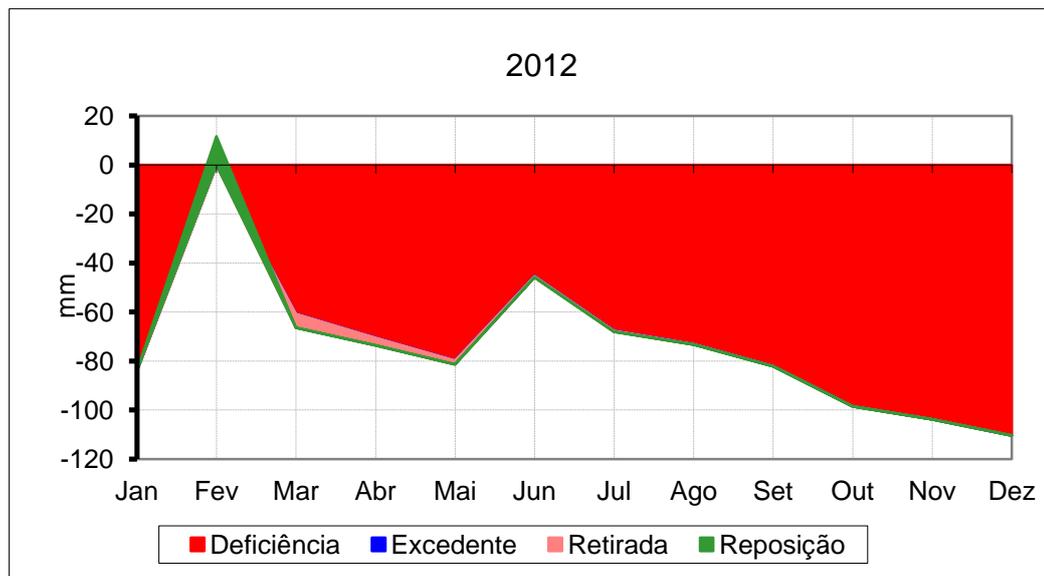
As chuvas ficaram escassas a partir do mês de maio, quando iniciou o processo de retirada de água do solo, no momento que os valores de ETP superaram os de precipitação. As reservas hídricas no solo tiveram pequena reposição durante o mês de setembro, voltando a perder água no mês de outubro e acumulando deficiências superiores a 30 mm até o fim do ano.

O quantil muito chuvoso (figura 57 E), no ano de 2011, apresentou um volume de precipitação de 970 mm e ETP de 1038 mm. As chuvas ocorreram predominantemente entre janeiro e maio, com armazenamento de água no solo propício a maioria das culturas agrícolas nesse período. Os acumulados hídricos nos meses de março, abril e maio excederam a CAD em mais de 100 mm. Durante o mês de junho os volumes de chuva diminuíram, e a tendência

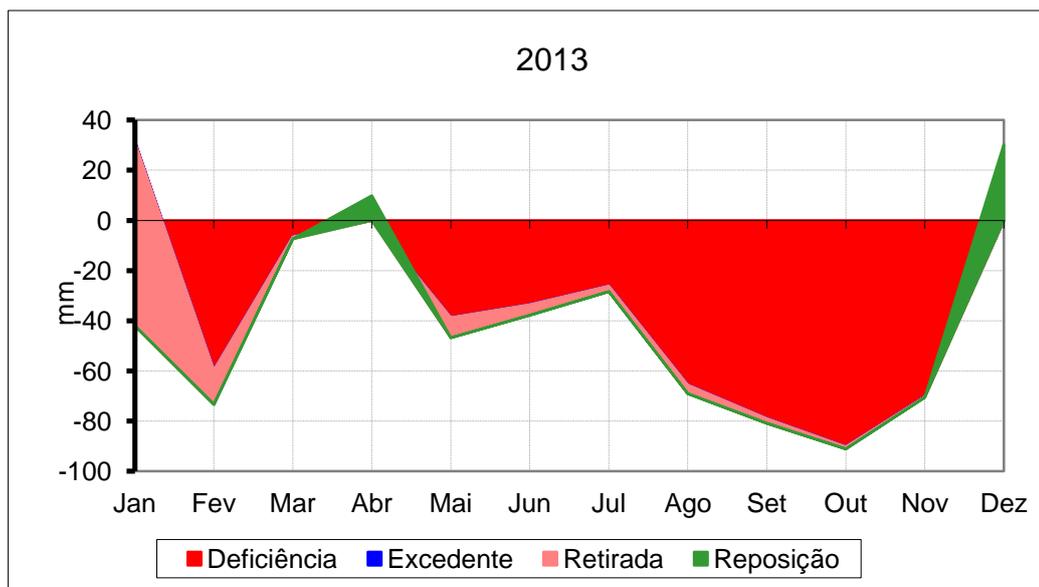
de elevação dos valores de ETP ocasionou perdas de água no solo até atingir deficiências hídricas superiores a 70 mm a partir do mês de outubro.

Figuras 57 - Gráficos do balanço hídrico de Thornthwaite do posto de Teixeira, contendo os valores de deficiência, retirada e excedente hídrico dos quantis de precipitação muito seco (A), seco (B), normal (C), chuvoso (D) e muito chuvoso (E)

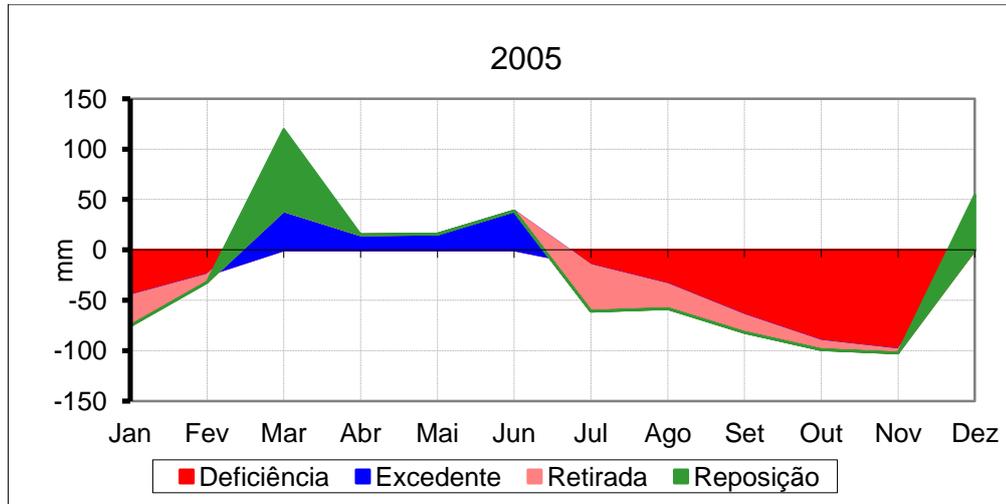
(A)



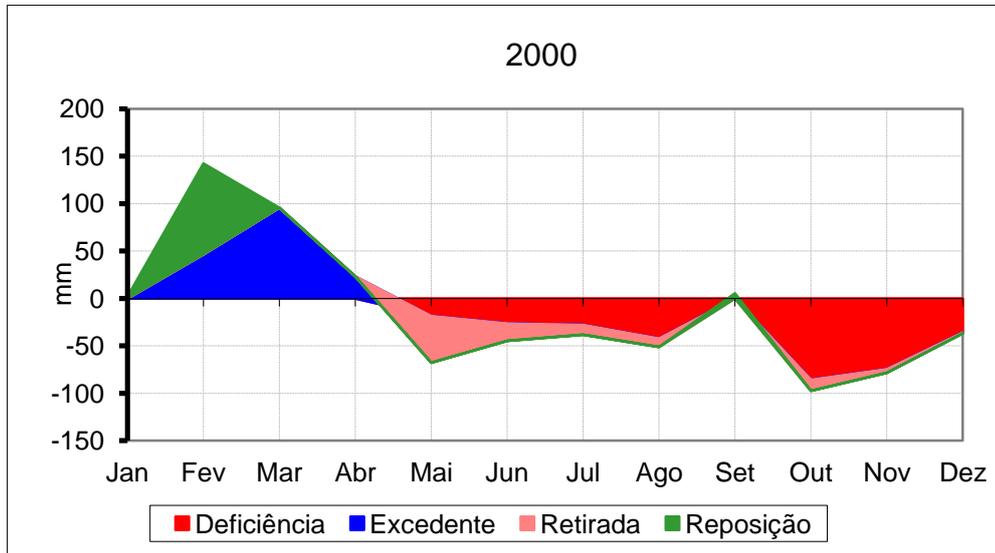
(B)



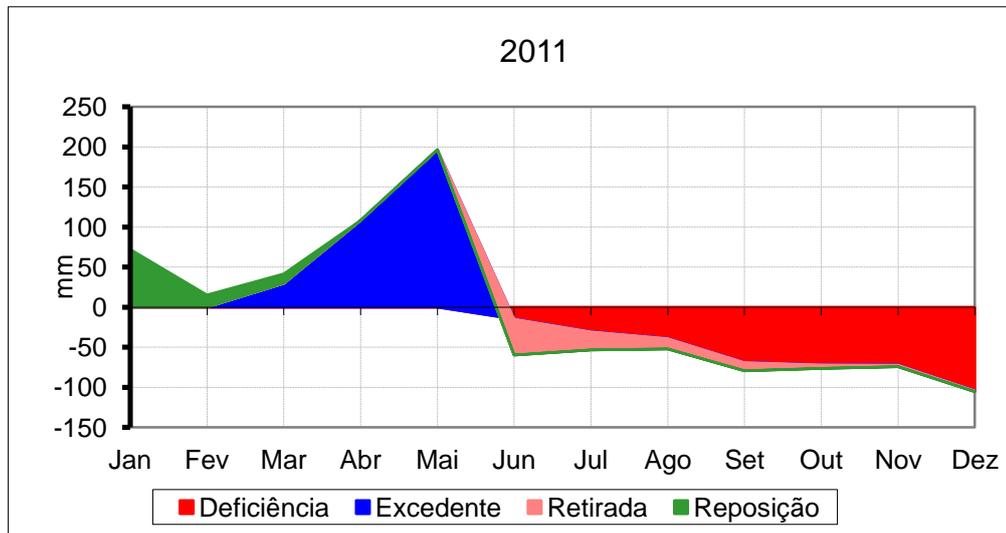
(C)



(D)



(E)



Fonte: adaptados AESA. Organizados pelo autor.

A análise do Balanço Hídrico, para os postos pluviométricos representativos das regiões pluviométricas da Bacia Hidrográfica do Rio Taperoá, permite corroborar a heterogeneidade climática no interior da área estudada em função da variabilidade das precipitações pluviométricas e da disponibilidade hídrica no solo.

Olivedos, localizado na porção oriental da bacia hidrográfica possui uma disponibilidade hídrica no solo bastante limitada, mesmo nos anos em que a precipitação supera a média climatológica. Por esta razão, essa área da bacia apresenta restrições ao cultivo de espécies de plantas que exijam regularidade hídrica para produzir em áreas que não possuam estrutura de irrigação.

O posto de Teixeira, apesar de possuir médias mais elevadas de precipitação, quando comparado àqueles localizados na porção oriental da bacia hidrográfica, apresenta uma distribuição irregular das chuvas durante o ano. Esse fato ocasiona a existência de um período seco extenso, com restrições hídricas no solo em até seis meses, mesmo nos anos mais chuvosos. No entanto, o fato de produzir maiores excedentes durante a estação das chuvas fornece maior capacidade de acumulação hídrica para o período deficiente.

Logo, a disponibilidade hídrica no solo, e o comportamento sazonal dessa disponibilidade são requisitos fundamentais para planejar as atividades agropecuárias em regiões tropicais semiáridas como a Bacia Hidrográfica do Rio Taperoá. Sistemas produtivos dependentes de uma disponibilidade regular de água não se adequam a realidade climática e estão vulneráveis diante das características ambientais inerentes a esse ecossistema.

8.2.3 Balanço hídrico das culturas agrícolas

Outra aplicabilidade do Balanço Hídrico (BH) de Thornthwaite está relacionada à estimativa de suprimento de água no solo para determinadas culturas agrícolas. Substituindo os valores de ETP pelos índices de evapotranspiração dos cultivos (ETc) na continuidade do cálculo do BH, se obtém a deficiência hídrica (DEF), excedente hídrico (EXC) e armazenamento hídrico no solo (ARM) para uma cultura agrícola em um determinado período.

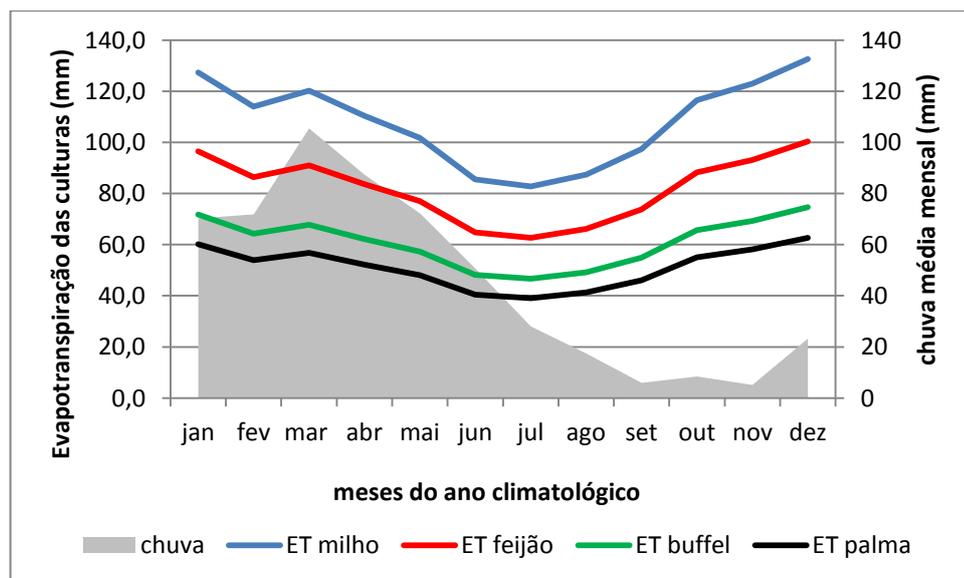
Para o milho e feijão foram calculados os balanços hídricos mensais no terceiro mês de desenvolvimento, aquele com maior demanda de água pelas plantas. Para a palma foi calculado o BH considerando o Kc determinado por Queiroz (2014) no ponto de inflexão de

produtividade dessa cultura. Em experimento realizado na Microrregião dos Cariris Velhos, Paraíba, Dantas Neto (1996) considerou o Kc de 0,62 para essa gramínea. Para o cálculo do BH foi utilizada a média de pluviométrica, temperaturas médias e os valores ETc médios mensais para a bacia hidrográfica do Rio Taperoá.

Os valores ETc demonstram que a perda de água anual da palma e do Capim Buffel são menores que aquelas sofridas pelos cultivos de milho e feijão. Na figura 58 é possível observar que os valores de precipitação médios mensais superam a ET para a palma e o Capim Buffel de janeiro a junho, com excedentes maiores para a palma no período referido. Para essas culturas agrícolas as deficiências ocorrem no segundo semestre do ano climatológico, com valores máximos entre setembro e dezembro.

No caso do milho a ET supera as médias mensais de chuva em todos os meses do ano, gerando deficiências agudas para esse cultivo. O feijão, apesar de apresentar uma restrita disponibilidade hídrica anual, possui os valores de ET inferiores a aos de chuva média mensal entre março e maio. No restante do ano, predominam deficiências que restringem bastante o desenvolvimento do feijão. Portanto, essas culturas possuem baixa disponibilidade hídrica resultante da relação deficitária entre ETc e a precipitação.

Figura 58 - Evapotranspiração média mensal dos cultivos (mm) e precipitação média mensal (mm) para a Bacia Hidrográfica do Rio de Taperoá no período de 1998 a 2014



Fonte: adaptado AESA. Organizado pelo autor.

O volume de água disponível no solo, para a utilização do feijão, é baixo durante todos os meses do ano climatológico na bacia hidrográfica. O armazenamento de água não atinge os 20% da capacidade máxima (CAD =100 mm) em nenhum período do ano, dificultando a retirada de água do solo pelas plantas. Os únicos meses que a ETc da cultura agrícola é superada pela precipitação são março e abril, mas mesmo assim, com valores de armazenamento baixos; 14 mm e 18 mm, respectivamente. Por outro lado, as deficiências hídricas superam os 30 mm mensais em maior parte do ano, com valores máximos em setembro (64 mm), outubro (77 mm), novembro (87 mm) e dezembro (76 mm).

Para a cultura agrícola do milho, em sua fase de desenvolvimento que apresenta maior consumo de água, o balanço hídrico é bastante deficitário. Não estão disponíveis quaisquer valores de água armazenada no solo em nenhum mês do ano climatológico, pois a ET da cultura supera os valores de precipitação em todos os períodos. Por esta razão, as deficiências ocorrem durante todo o ano, principalmente entre julho e janeiro, com valores máximos nos meses de setembro (91 mm), outubro (108 mm), novembro (117 mm) e dezembro (109 mm).

Ao contrário do milho e do feijão, que são culturas agrícolas temporárias, de ciclo curto, o Capim Buffel é uma gramínea perene, que não morre durante os períodos de estiagem, e como a vegetação nativa da Caatinga, permanece em estado de latência até o retorno das chuvas. O balanço hídrico mostra que o volume de água disponível no solo para esse capim, em sua fase de maior produtividade, supera 50% da capacidade de armazenamento nos meses de março (51 mm), abril (76 mm), maio (91 mm), junho (94 mm), julho (78 mm) e agosto (56 mm) no ano climatológico da bacia hidrográfica. Os períodos de maiores deficiências hídricas ocorrem nos meses de outubro (41 mm), novembro (54 mm) e dezembro (47 mm).

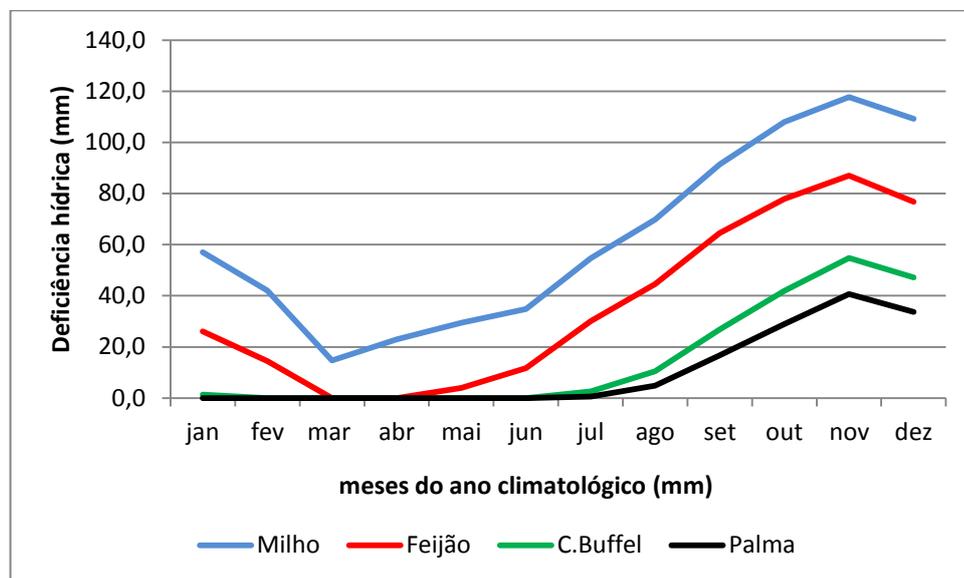
A palma forrageira é a cultura que possui maior capacidade de absorção hídrica para as condições climatológicas da bacia hidrográfica estudada. Para essa planta, os valores de armazenamento de água no solo superam 70 mm em seis meses durante o ano, atingindo a capacidade máxima (100 mm) em abril, maio e junho. As deficiências hídricas para essa cactácea só superam os 30 mm durante os meses de novembro (40 mm) e dezembro (33 mm).

As deficiências anuais da palma e do Capim Buffel são 125 mm e 185 mm, respectivamente, enquanto que para o feijão e o milho são de 437 mm e 751 mm, respectivamente. A capacidade de armazenamento anual de água no solo para a palma é de 717 mm, para o Capim Buffel de 541 mm, para o feijão de 90 mm e para o milho de 0 mm. Das plantas estudadas, a palma é a única em que a disponibilidade hídrica supera a CAD em algum mês do ano, produzindo excedente total de 58 mm.

As diferenças entre os índices médios mensais de evapotranspiração (figura 59) e armazenamento hídrico disponível no solo (figura 60) para os cultivos trabalhados reforça a eficiência de plantas xerófilas, como a palma e o Capim Buffel, de se desenvolverem em ambientes com grandes restrições hídricas. O período chuvoso confere maior capacidade de desenvolvimento para essas plantas, que são capazes de aproveitar o armazenamento de água no solo até o início do inverno. Ao contrário desses cultivos xerófilos, o milho e o feijão necessitam de uma quantidade de água indisponível no solo no ano climatológico da bacia hidrográfica do Rio Taperoá.

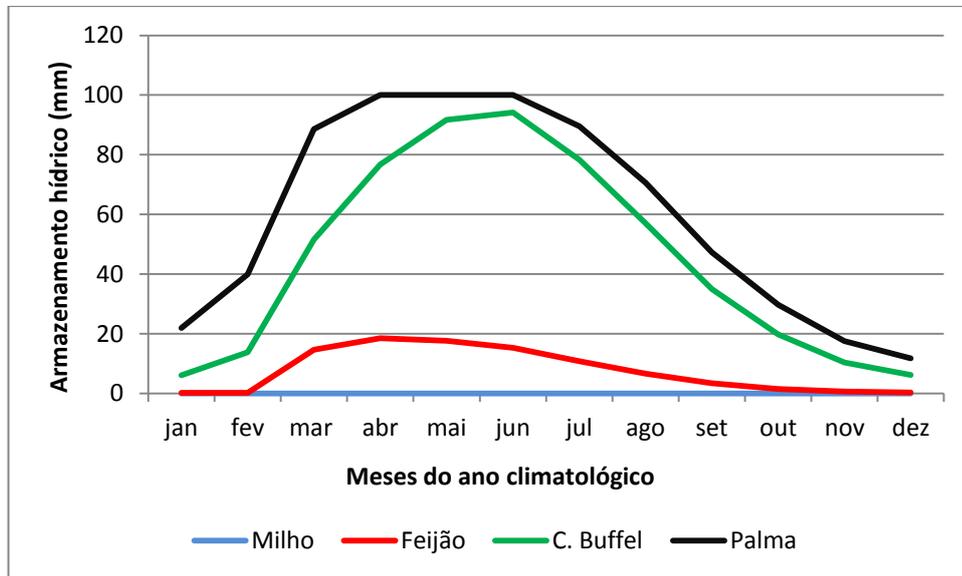
Entre os meses de março e junho, existe uma capacidade de armazenamento para a palma de 388 mm, que supera em 74 mm o ARM disponível para o Capim Buffel. O feijão consegue um valor de ARM de apenas 64 mm para o mesmo período, enquanto que o milho não possui água disponível para o consumo das plantas.

Figura 59 - Deficiência hídrica média mensal (mm) para os cultivos de milho, feijão, Capim Buffel e palma na Bacia Hidrográfica do Rio Taperoá no período de 1998 a 2014



Fonte: adaptado AESA. Organizado pelo autor.

Figura 60 - Armazenamento hídrico climático no solo (mm) para os cultivos de milho, feijão, Capim Buffel e palma na Bacia Hidrográfica do Rio Taperoá no período de 1998 a 2014



Fonte: adaptado AESA. Organizado pelo autor.

Portanto, a comparação entre as necessidades hídricas das culturas agrícolas estudadas, em suas fases de desenvolvimento com maior demanda por água, mostra que a palma, seguida pelo Capim Buffel, são aquelas mais adaptadas ao clima da bacia hidrográfica. Por serem nativas de ambientes secos, essas plantas possuem mecanismos biológicos que as proporcionam maior capacidade de armazenamento hídrico e maior controle das perdas por evapotranspiração.

8.3 POSSIBILIDADES PARA O MANEJO AGRÁRIO EM AMBIENTES SEMIÁRIDOS

As dificuldades em relação à disponibilidade hídrica apresentadas anteriormente levam a reflexões a respeito de manejos mais coerentes com as peculiaridades ambientais do semiárido brasileiro, em especial sua irregularidade pluviométrica. As práticas inadequadas envolvidas no manejo tradicional de uso da terra envolvem desmates radicais da Caatinga, queimadas, superpastejo e cultivos de plantas dependentes de regularidade hídrica, aumentando a degradação ambiental e a vulnerabilidade das comunidades agrárias à variabilidade climática.

Como resposta a essas práticas descompassadas com o ambiente, agricultores, criadores e pesquisadores somam esforços para desenvolver técnicas apropriadas à produção agropecuária no ambiente das Caatingas, conservando os recursos vegetais, pedológicos, hídricos. Santos et al. (2011) consideram que a manipulação da vegetação da Caatinga, através de tecnologia que vise o uso sustentável, para fins pastoris é um caminho importante no desenvolvimento de um manejo sustentável.

Para isso é necessário conhecer a fenologia das plantas nativas e suas propriedades nutritivas. Nesse sentido, a grande variabilidade genética dessas plantas da Caatinga é um importante potencial de manejo, pois já adaptadas ao ambiente semiárido essas espécies podem ser trabalhadas geneticamente para alcançarem maior produtividade. Apesar desse valioso potencial, a Caatinga tem sido pouco estudada a respeito de sua utilização, sendo a importação de espécies exóticas priorizada em detrimento do melhoramento produtivo das nativas (GIULIETTI et al.,2006).

Na década de 1980, o engenheiro agrônomo José Guimarães Duque chamou a atenção para a importância dos recursos vegetais da Caatinga. Em seu trabalho “O nordeste e as lavouras xerófilas” destacou a heterogeneidade das Caatingas e sugeriu o manejo de espécies de plantas nativas e exóticas adaptadas que poderiam ter fins comerciais. Entre essas espécies, Duque (1980) selecionou algumas por considerar de maior importância pelo seu uso já existente ou por características propícias ao manejo agrícola:

Oiticica (*Licania rigida*) – Espécie arbórea nativa das Caatingas perenifólia e ocorre principalmente nos solos aluviais. Sua principal utilização econômica é a partir da extração do óleo de suas sementes.

Cajueiro (*Anarcadium occidentale*) – ocorre em áreas litorâneas e arenosas, os produtos que podem ser obtidos são a casca taninosa, madeira, fruto, bebidas, doces, óleo de amêndoa.

Maniçoba (*Manihot pseudo glaziovii*) - planta nativa do Nordeste Brasileiro que ocorre em diferentes fisiomas de Caatinga, podendo ser utilizada para extração do látex ou como forragem (na forma de feno ou silagem após a extração o ácido cianídrico).

Umbuzeiro (*Spondia tuberosa*) – trata-se de uma árvore bastante comum em todo semiárido nordestino, vivendo em diferentes tipos de solos. Seus principais usos são o fruto, doces, gelatinas, farinha de raiz, vinho, vinagre, entre outros.

Faveleira (*Cnidocolus phyllacanthus*) – habita áreas rochosas e seu principal uso está associado às suas sementes oleaginosas para a produção de óleo e azeite, sendo também utilizada para alimentação animal.

Licuri (*Syagrus coronata*) – é uma pequena palmeira abundante em grandes extensões do semiárido, e do seu coco é possível extrair óleo, azeite e amêndoas.

As lavouras xerófilas possuem a vantagem de demandarem menos água para a produção. Por esta razão, a agricultura das áreas mais secas, onde a irrigação é restrita, deve considerar a importância das espécies vegetais da Caatinga de maneira a desenvolver práticas sustentáveis e compatíveis com as possibilidades socioambientais de manejos da terra.

Modelos de manejos que buscam integração entre atividades de agricultura, pecuária e conservação das Caatingas têm sido apontados como uma alternativa promissora. Nessa linha de pensamento, Campanha et al. (2008) afirma que modelos integrados de manejo já indicam maior eficiência na conservação dos recursos naturais como água e solo, pois as perdas de água e sedimentos tendem a ser menores em sistemas agroflorestais do que nos cultivos tradicionais.

Nesse sentido, algumas técnicas como o “Raleamento da Caatinga” têm tido destaque. Esse manejo está associado a uma seleção das espécies forrageiras e madeireiras, a serem conservadas, e redução da densidade da vegetação. O raleamento das plantas deve ser planejado a partir do uso que se deseja fazer de determinada área. Para exclusividade pastoril a densidade deve ser de duzentas árvores por hectare, conservando 30% da cobertura vegetal. Se o manejo envolver consórcio entre pecuária e fins agrícolas a densidade de espécies nativas deve ficar em torno de 15%, ou 70 árvores por hectare (ARAÚJO FILHO, 2006).

Corroborando a importância desse tipo de manejo para fins pastoris, Santos (2011) afirma que o enriquecimento de áreas de Caatinga raleadas com algumas espécies perenes (não morrem durante a estação seca) pode aumentar a capacidade de pastejo de determinada área em até sessenta dias após o fim da estação chuvosa. Entre essas espécies que podem ser introduzidas para o enriquecimento destacam-se algumas gramíneas exóticas como o Capim Buffel (*Cenchrus ciliaris*) e o Capim Urochloa (*Urochloa mosambicensis*).

Entre os sistemas de manejo da terra integrados que agregam o raleamento da Caatinga, destaca-se o modelo agrossilvipastoril. Nessa perspectiva há o consórcio de plantas lenhosas perenes com culturas agrícolas e pastagens, prática que vem sendo considerada promissora no manejo das terras tropicais. O uso das espécies lenhosas arbóreas, tanto para fins pastoris como na agricultura, auxilia na circulação de nutrientes e nos volumes de matéria orgânica do solo, representando uma técnica de manejo importante (ALTIERE, 1995).

Para Araújo Filho et al. (2000) as espécies lenhosas são importantes para a produção e acúmulo de forragens no semiárido nordestino, mas também beneficiam o sistema produtivo a

partir da ciclagem de nutrientes, redução das perdas de nutrientes por erosão, maior biodiversidade e maior fertilidade nos solos.

Por isso, pode-se considerar que os sistemas agrossilvipastoris podem ajudar no desenvolvimento da agricultura, na região semiárida do Nordeste Brasileiro, de várias formas. Possibilitam a redução das queimadas e do desmatamento, ajustam a taxa de lotação dos manejos pastoris, melhoram os manejos com a vegetação nativa, promovem um manejo racional da madeira e a redistribuição dos nutrientes no agroecossistema. Outra vantagem pode estar associada à diversificação da produção e melhoria na qualidade de vida dos produtores rurais (ARAÚJO FILHO et al., 2006)

Estimativas de aproveitamento forrageiro das espécies da Caatinga apontam que até 70% das mesmas fazem parte da dieta dos ruminantes domésticos, especialmente dos caprinos (ARAÚJO LIMA, 1995). Portanto, a o enriquecimento dessa vegetação com espécies de gramíneas e leguminosas representa um potencial nutritivo de grande valor para a pecuária no ambiente semiárido do Nordeste Brasileiro, incentivando a criação de bovinos, caprinos e ovinos.

O principal desafio relativo à produção agropecuária é a grande variação na oferta de alimentos entre os períodos chuvosos e secos. Por esta razão, o trabalho com as potencialidades locais, elementos biológicos adaptados e a estocagem de alimentos são uma ferramentas essenciais no planejamento da atividade.

Nesse contexto, Lima (2006) defende que a pecuária representa uma das atividades mais importantes para os sertanejos, pois se constitui em um dos principais fatores de segurança alimentar das famílias rurais, desde que se estruture para garantir as ofertas de alimento nos períodos secos, em um manejo que respeite e considere as características ambientais.

Logo, o maior desafio das atividades pastoris no semiárido é manejar os recursos da Caatinga de maneira sustentável, garantindo condições propícias à produção agropecuária e melhor qualidade de vida para os produtores rurais. Por isso, as alternativas de manejo devem ser pensadas e planejadas considerando o comportamento climático para evitar deficiências alimentares nos períodos secos.

Entre as atividades econômicas do Sertão Nordestino, a caprinocultura e ovinocultura podem ser classificadas como manejos da terra apropriados para gerar benefícios econômicos e sociais, possuindo forte ligação com a cultura e as práticas familiares de uso da terra. Essas atividades, quando respeitam os limites ambientais, podem proporcionar a redução de riscos e garantir maior unidade às produções de base familiar (HOLANDA, 2004).

Portanto, é possível compreender que a agricultura e a pecuária não são atividades naturalmente predatórias ao ambiente semiárido, o que ocasiona os elevados graus de degradação e vulnerabilidade são os manejos descompassados com a realidade ecológica. Nesse sentido, a adequação das técnicas produtivas a partir de um planejamento adequado, e que considere as características climáticas, funcionam como agentes redutores dos riscos, melhorando a qualidade de vida das pessoas e fixando o sertanejo na terra.

9 O RITMO PLUVIOMÉTRICO E O MANEJO AGRÁRIO

Com o objetivo de estudar os desafios relacionados à produção agropecuária no ambiente semiárido da Bacia Hidrográfica do Rio Taperoá e na tentativa de abordar a aplicação de manejos mais coerentes com as características ambientais das distintas unidades de paisagem do semiárido, procurou-se investigar em uma escala de detalhe as adaptações, possibilidades e problemas existentes no convívio com o ritmo pluviométrico local.

Nessa perspectiva analítica, optou-se por compreender as técnicas agrícolas empregadas em duas fazendas para atravessar os anos de 2013 e 2014, os quais estão inseridos no ciclo seco, que se iniciou em 2012 e se estende até o presente momento. Procurou-se entender as adaptações e manejos empregados diante da mudança sazonal de precipitação no referido período de tempo, bem como identificar os sistemas atmosféricos responsáveis pelas variações na distribuição das chuvas ao longo dos anos estudados.

Essas fazendas estão localizadas nos municípios de Cacimbas e Taperoá, no alto curso do Rio Taperoá, e abandonaram a tradicional atividade das lavouras de “sequeiro” em virtude da incerteza gerada pela dependência das chuvas irregulares. Como alternativa, buscaram desenvolver uma pecuária “racionalizada”, ou seja, que estivesse vinculada a um planejamento das reservas alimentares para os períodos secos.

9.1 FAZENDA BARRA DO JUÁ

A fazenda Barra do Juá está localizada no município de Cacimbas, que por sua vez está compreendido na Mesorregião do Sertão Paraibano e Microrregião da Serra do Teixeira. Por estar localizada nos primeiros contrafortes da serra, apresenta um relevo suave ondulado predominante, com altitudes entre 550 e 615 m, com pequenas áreas planas nas margens dos principais riachos que atravessam a propriedade.

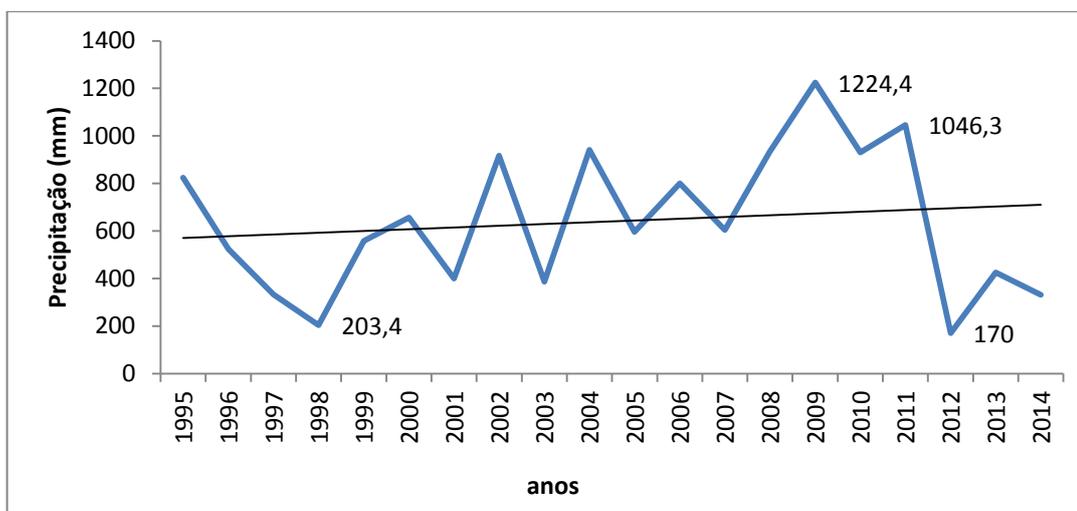
Todos os cursos hídricos da fazenda são intermitentes, apresentam drenagens restritas ao curto período chuvoso que ocorre entre os meses de janeiro e maio. Entre os principais canais destacam-se o Riacho Desterro, um dos principais afluentes do Rio Taperoá, e o Riacho do Caracol, responsável por abastecer o açude da fazenda.

O abastecimento de água da fazenda é feito a partir de poços construídos nos terrenos aluviais do riacho Desterro, e garantem oferta de água para a manutenção do fornecimento de água para as casas e consumo dos animais mesmo nos períodos secos mais extremos. Há um

açude construído ao longo do Riacho do Caracol, o qual serve para irrigar cinco hectares de capim para alimentação das vacas leiteiras. No entanto, o açude não pode ser considerado um equipamento seguro no abastecimento hídrico, pois seca completamente nos períodos de grandes secas.

O clima da fazenda possui um regime de transição entre as áreas do baixo curso do Rio Taperoá, as quais apresentam clima semiárido severo, e as áreas de clima subúmido seco das regiões mais elevadas da Serra do Teixeira. A média de precipitação do posto pluviométrico da Barra do Juá é de 640 mm anuais, com desvio padrão relativo de 46%, demonstrando grande variabilidade interanual. Os registros históricos de precipitação da fazenda corroboram a existência de uma variabilidade interanual acentuada para o período entre 1995 e 2014. Na figura 61 é possível observar valores máximos de precipitação nos anos de 2009 (1224 mm) e 2011 (1046 mm), bem como valores mínimos nos anos de 2012 (170 mm) e 1998 (203 mm), com amplitude total da série de 1054 mm.

Figura 61- Precipitação pluviométrica anual da Fazenda Barra Juá (1995 - 2014)



Fonte: adaptado acervo da fazenda. Organizado pelo autor

9.1.1 Uso da terra e vegetação

A área total da fazenda é de 508 hectares, dos quais 308 ainda são ocupados pela Caatinga. A área desmatada foi utilizada para a construção das instalações da fazenda (casas, curral, silo, galpão, poços e açude) e para o plantio de forragens como Capim Buffel (*Cenchrus ciliaris*), Urocloa (*Urochloa mosambicensis*) e Palma (*Opuntia fícus-indica*). A

Caatinga funciona como importante reserva alimentar para os animais, especialmente no período das chuvas e início do período seco.

Na Barra do Juá a vegetação de Caatinga se apresenta em distintos fisiomas, de acordo com os tipos de solo, relevo e manejos empregados. Com o objetivo de obter um inventário vegetal e analisar a variedade de espécies, foi feita uma contagem das plantas lenhosas em diferentes localidades da fazenda em quatro sítios experimentais (tabelas 13 e 14).

Tabela 13 - Número de espécies e indivíduos, densidade, fisionomia da vegetação e relevo das áreas de onde foram coletadas as amostras vegetais da Fazenda Barra do Juá

Sítios	Espécies	Indivíduos	Densidade (esp/m ²)	Fisionomia	Relevo
Área I	18	191	0,50	Arbóreo- arbustiva	Plano
Área II	12	282	0,71	Arbóreo- arbustiva	Suave- ondulado
Área III	7	212	0,53	Arbustiva- aberta	Escarpado
Área IV	5	139	0,35	Arbustiva- aberta	Plano

Área I – localizada à margem de riacho com relevo plano e solo de textura argilo-arenosa, apresentou a maior variedade de espécies. Foram identificadas 18 espécies de plantas lenhosas, e um total de 191 exemplares. Essa área é usada como área de pastagem nativa durante o período das chuvas, onde o gado (bovino, ovino e caprino) é solto na Caatinga para se alimentar. Apesar da utilização recorrente como área de pastagem, essa parcela nunca foi desmatada, o que justifica a variedade significativa de espécies e a presença de árvores.

Área II – apresenta um relevo suave-ondulado e solo de textura areno-argilosa, distante dos cursos de água. Foi observada a presença de 12 espécies, com 282 indivíduos contabilizados, apresentando a maior densidade de espécies por metro quadrado (0,71) entre as parcelas analisadas, e extrato arbóreo-arbustivo denso. Apresenta características de manejo semelhantes àquelas verificada na área I, com utilização das forragens nativas para pastagem durante o período chuvoso.

Área III – distingue-se das parcelas anteriores por apresentar um substrato mais rochoso com relevo escarpado. Foram contabilizadas sete espécies de plantas com

predominância de Catingueiras e Marmeleiros e um total de 212 indivíduos. Destaca-se a abundância de cactáceas como mandacaru, xique-xique e coroa de frade. Trata-se de uma área em que a Caatinga se encontra em estado de regeneração devido ao desmate que sofreu há cerca de vinte anos, o que supõe a predominância de espécies pioneiras. Apesar da baixa variedade de espécies, que pode ser explicada pelas características pedológicas, apresenta um extrato arbustivo denso.

Área IV – possui relevo plano e solo de textura arenosa, apresenta a menor diversidade de espécies, com apenas 5 contabilizadas, e menor número de indivíduos (138). A baixa ocorrência de espécies pode ser explicada pelo uso intenso como pastagem, estando em processo de regeneração há dez anos, após um desmate completo. Por essa razão, não foi verificada a presença de árvores. A vegetação se apresenta com fisionomia arbustiva aberta com destaque para espécies como marmeleiro, jurema preta e catingueira.

A partir dos dados referentes às distintas áreas amostrais, é possível sugerir que a variedade de espécies e a fisionomia da vegetação estão associadas ao tipo de relevo, características pedológicas e o uso da terra. Nesse sentido, as áreas planas como solos mais desenvolvidos propiciam a existência de uma maior variedade de espécies e densidade de indivíduos. Outro aspecto relevante é a fisionomia da vegetação, que se relaciona bastante ao tipo de manejo e proximidade dos cursos hídricos.

Foram identificadas 21 espécies nas parcelas analisadas (tabela 9), o que demonstra uma Caatinga diversa na Fazenda Barra do Juá. O manejo adequado da vegetação nativa pode oferecer importantes recursos forrageiros, energéticos, e de conservação dos solos (bastante suscetíveis à erosão quando expostos), sendo, portanto, o conhecimento da vegetação uma ferramenta chave no desenvolvimento de práticas de uso da terra coerentes com as características ambientais do semiárido.

Tabela 14 - Espécies e número de indivíduos identificados nas áreas amostrais da Fazenda Barra do Juá

Nome popular	Nome científico	Área I	Área II	Área III	Área IV
Angico	<i>Anadenanthera macrocarpa</i>	5	2	0	0
Aroeira	<i>Astronium urundeuva</i>	1	0	1	0
Canafístula Brava	<i>Senna martiana</i>	2	0	1	1
Catinga Branca	<i>Croton echioides</i>	55	156	0	0
Catingueira	<i>Caesalpinia pyramidalis</i>	21	27	17	15

Nome popular	Nome científico	Área I	Área II	Área III	Área IV
Cumarú	<i>Amburana cearensis</i>	1	0	0	0
Feijão Bravo	<i>Cappraris flexuosa</i>	3	2	0	0
Imburana de cambão	<i>Cmmiphora leptophloeos</i>	0	2	0	0
Juazeiro	<i>Ziziphus joazeiro</i>	1	1	0	0
Jurema Branca	<i>Chloroleucon foliolosum</i>	2	2	0	0
Jurema Preta	<i>Mimosa tenuiflora</i>	1	1	0	29
Mandacaru	<i>Cereus jamacaru</i>	1	0	1	0
Maniçoba	<i>Manihot catingae</i>	2	2	0	0
Marmeleiro	<i>Croton sonderianus</i>	38	72	173	93
Mororó	<i>Bauhinia cheilantha</i>	4	0	0	0
Pau Ferro	<i>Libidibia ferrea</i>	1	0	0	0
Pau Leite	<i>Sebastiania macrocarpa</i>	0	1	0	0
Pereiro	<i>Aspidosperma pyrifolium</i>	51	14	0	0
Pinhão	<i>Jatropha mollissima</i>	4	0	18	0
Quixabeira	<i>Sideroxylon obtusifolium</i>	1	0	0	0
Xique-xique	<i>Pilosocereus gounellei</i>	0	0	1	1
TOTAL		191	282	212	139

Fonte autoral, 2013.

A principal atividade desenvolvida na fazenda é a pecuária de gado bovino, caprino e ovino para produção de leite e venda para corte. Os animais são criados de maneira semiextensiva, se alimentam de pastagens exóticas ou da vegetação nativa durante o período chuvoso e início do período seco. Durante as secas mais severas, o gado é confinado a fim de garantir o suprimento alimentar para o rebanho.

Nesse sentido, a garantia de alimentação dos rebanhos requer um planejamento eficiente, pois a grande irregularidade das chuvas exige que haja reservas alimentares durante os períodos de escassez. São manejadas ou cultivadas plantas nativas da Caatinga como a Maniçoba (*Manihot glaziovii*) e plantas exóticas como o Capim Buffel (*Cenchrus ciliaries*) e Urocloa (*Urochloa mosambicensis*), adaptadas ao clima semiárido.

Durante o período das chuvas, são armazenadas as forragens excedentes para servirem de alimento no período seco, utilizando técnicas de fenação e silagem, as quais visam minimizar os efeitos da variabilidade pluviométrica sobre a alimentação dos animais e a produtividade da fazenda.

A fenação é uma forragem desidratada para ser manejada nas condições ambientais, e sua conservação depende da prevenção a processos biológicos tais como o crescimento de fungos e a fermentação (REIS et al., 2001). Dessa forma, aparece como uma ferramenta de

alto potencial em função das características climáticas do semiárido: altas taxas de insolação, temperaturas elevadas e baixa umidade relativa do ar.

As vantagens da utilização da técnica de fenação estão associadas aos longos períodos que o feno pode ser armazenado sem grandes perdas de valores nutricionais, às diferentes escalas produtivas empregadas na produção e ao grande número de espécies de plantas forrageiras que podem ser utilizadas no processo. Além de das espécies de gramíneas tropicais citadas anteriormente, a Caatinga possui uma diversidade de espécies de plantas nutritivas e propícias ao processo de fenação, como a Catingueira (*Caesalpinia pyramidalis*), Jurema Preta (*Mimosa tenuiflora*), Maniçoba (*Manihot glaziovii*), Feijão Bravo (*Cappraris flexuosa*), Cunhã (*Clitoria ternatea*), Jureminha (*Desmanthus vírgatus*) e Feijão de Rolinha (*Macroptillium lathyroides*).

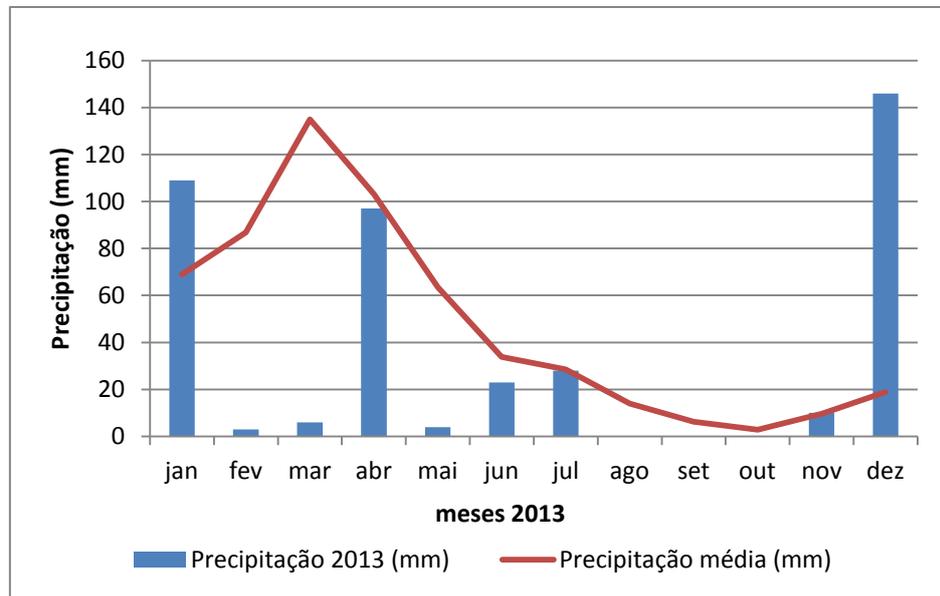
Para a melhor convivência com as condições ecológicas locais, foram selecionados animais de raças originárias de clima seco e adaptadas às condições climáticas semiáridas, como as vacas Sindi, originárias do Paquistão, as cabras Murcianas, originárias da Espanha, e as ovelhas deslanadas, originárias do norte da África. Por serem adaptados ao clima local, esses animais possuem melhores capacidades de resposta, sendo mais produtivos diante das limitações naturais e socioeconômicas.

Portanto, a busca da fazenda é por uma eficiência produtiva, ou seja, encontrar soluções coerentes com os desafios impostos pelas condições ambientais. Dessa maneira, ao pensar em produtividade é preciso considerar os parâmetros e variáveis pertinentes às condições naturais do semiárido, e não buscar referências produtivas de ambientes inseridos em outro contexto climático com maior abundância de chuvas.

9.1.2 O ritmo pluviométrico e o manejo agrário no ano de 2013

O ano de 2013 apresentou comportamento pluviométrico bastante irregular, as precipitações concentraram-se em três meses do ano (Janeiro, Abril e Dezembro) que acumularam 61,6% do valor da precipitação anual (figura 62). O volume total de chuva acumulado durante o ano foi de 426 mm, o que representa um desvio de -34 % em relação ao volume médio anual de precipitação.

Figura 62 - Precipitação média mensal (mm) da série climatológica e precipitação mensal do ano de 2013 na Fazenda Barra do Juá, Cacimbas-PB

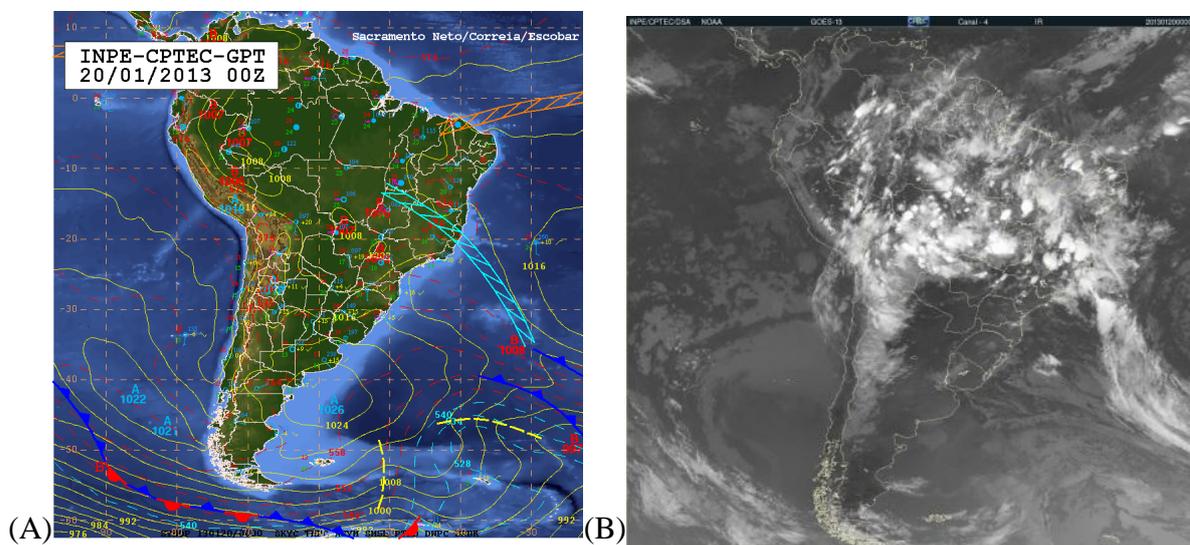


Organizado pelo autor.

A análise da distribuição das chuvas ao longo do ano na Fazenda Barra do Juá mostra que o ano de 2013 foi seco, muito mais pela distribuição das chuvas ao longo do ano do que pelo volume total precipitado.

No mês de janeiro houve seis dias com chuva, acumulando um total de 109 mm de chuva, com valores mais significativos nos dias 20 e 21, os quais acumularam 70 mm e 18 mm, respectivamente. As precipitações observadas estiveram relacionadas à atuação de Vórtices Ciclônicos de Ar Superior (VCANs) e da Zona de Convergência de Intertropical (ZCIT) e Zona de Convergência de Umidade (ZCOU), que causaram os maiores volumes (figuras 63).

Figura 63 - Carta de superfície (A) e imagem no canal infravermelho do satélite GOES-12 (B)



Fonte: INPE-CPTEC-GPT (2013).

A carta sinótica de superfície e a imagem de satélite dos dias 20 e 21 de janeiro mostram avanço da ZCOU, que estava no norte de Minas Gerais e Espírito Santo, transportando umidade para a Região Nordeste, bem como da ZCIT que estava no litoral do Ceará e Piauí. A partir da imagem de satélite do dia 20 de janeiro às 00 h 00 min é possível perceber grande fluxo de umidade sobre parte da Região Nordeste, decorrente do avanço da ZCOU em associação à umidade transportada pela aproximação da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), resultando nas chuvas registradas nos dias 20 e 21 no sítio de estudo.

A irregularidade das chuvas na fazenda durante o mês de janeiro trouxe modificações repentinas e efêmeras na paisagem, que não foram suficientes para modificar o quadro de estiagem, que se estendia desde o ano de 2012. O Rio Desterro, que passa na propriedade, sofreu uma enchente repentina entre os 20 e 21 de janeiro (figura 64) e o açude, que se encontrava completamente seco, atingiu 30% de sua capacidade. O pasto de Capim Buffel, nativo dos semidesertos da África e Índia, não teve desenvolvimento. No entanto, a alta capacidade de resposta do pasto nativo de Caatinga a essas precipitações proporcionou melhor alimentação para o rebanho.

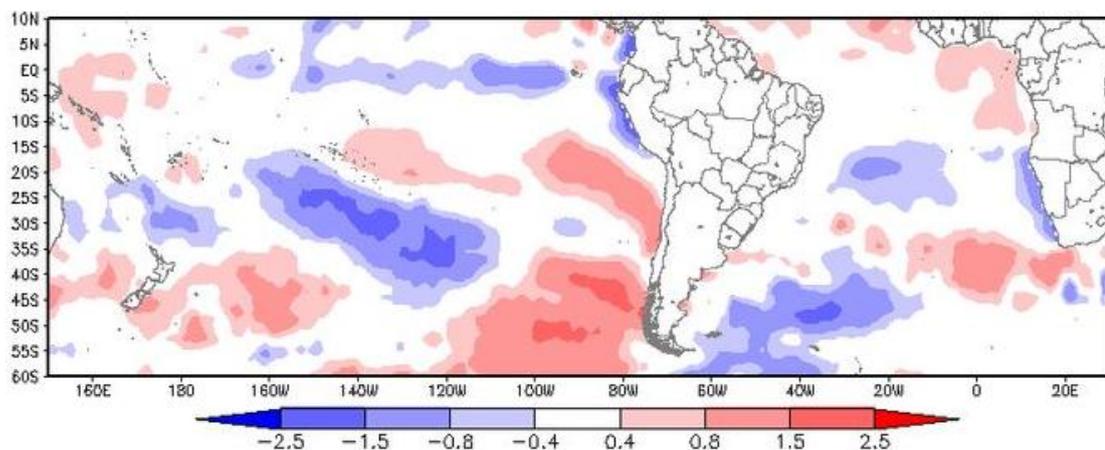
Figuras 64 - Enchente repentina do rio Desterro às 7 h 00 min do dia 21 de Janeiro (A) e o leito do rio já seco às 16 h 00 min do dia 22 de janeiro (B) na Fazenda Barra do Juá, Cacimbas-PB



Fonte: acervo do autor (2013)

Os meses de fevereiro e março, os quais estão inseridos climatologicamente no período chuvoso do ano, tiveram precipitações de 3 mm e 6 mm, respectivamente. Esses valores representaram um desvio de precipitação de -96,2% em relação à média histórica para o período compreendido entre esses dois meses. Durante esse período, a ZCIT esteve em posições setentrionais de sua localização climatológica, em função de águas mais frias no Atlântico Tropical Sul (Figura 65), fortalecendo a atividade anticlinal sobre a região e prejudicando a ocorrência de chuvas.

Figura 65 - Anomalia mensal de Temperatura da Superfície do Mar em fevereiro de 2013

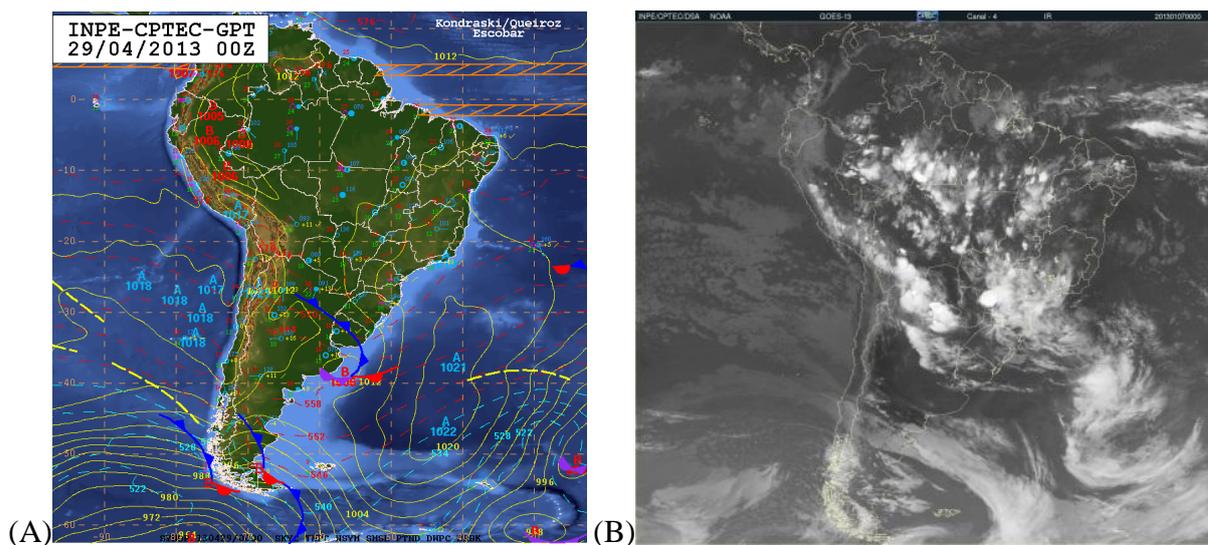


Fonte: NOAA – acessado em março de 2013

Durante o mês de abril as precipitações ocorreram com maior frequência, se distribuíram ao longo de 10 dias e acumularam um total de 97 mm. Os maiores volumes ocorreram nos dias 07 (29 mm), 20 (16 mm) e 24 (24 mm), e estiveram associados à atuação de uma banda secundária da ZCIT, que ocasionou aumento de convecção sobre o sítio de estudo.

Na carta sinótica de superfície do dia 29 é possível verificar a atuação de uma banda dupla da ZCIT em aproximadamente 2°S próxima a costa do Piauí e Ceará. Na imagem de satélite desse mesmo dia, às 00 h 00 min, é possível verificar o transporte de umidade e formação de nuvens de chuva no setor setentrional da Região Nordeste a partir da atuação desse segundo ramo da ZCIT (figuras 66).

Figuras 66 - Carta de superfícies (A) e imagem no canal infravermelho do satélite GOES-12 (B)



Fonte: INPE-CPTEC-GPT

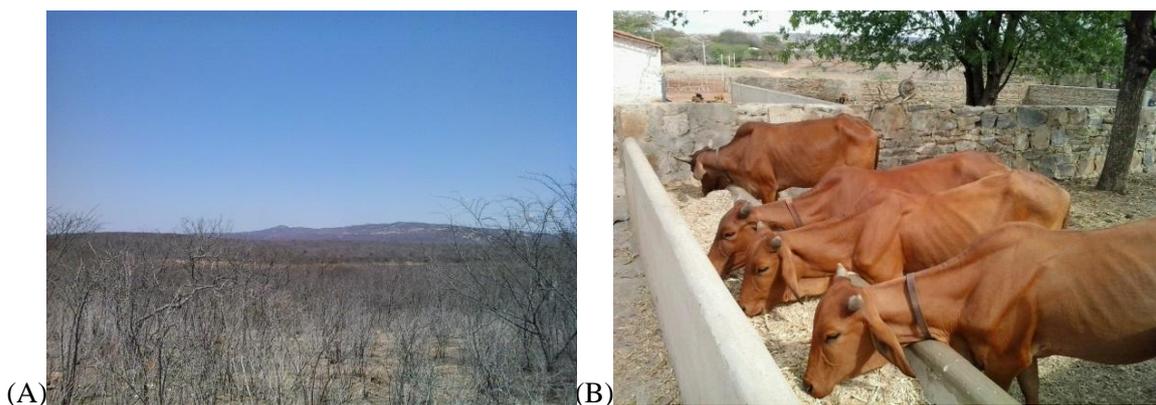
No final do mês de abril a ZCIT voltou a deslocar-se para o norte, predominando uma circulação anticiclônica que tornou as chuvas escassas. A partir do mês de maio as chuvas adquiriram caráter advectivo, resultantes da penetração de Distúrbios Ondulatórios de Leste (DOL) em dissipação, que causaram chuvas fracas. O mês de maio teve acumulado de 4 mm em apenas um dia com chuva. Nos meses de junho e julho os volumes registrados foram de 23 mm (distribuídos em seis dias) e 28 mm (distribuídos em cinco dias), respectivamente. Entre os meses de agosto e outubro não ocorreram precipitações e no mês de novembro ocorreu um acumulado de 10 mm.

Esse período de escassez de precipitações (maio - novembro) agravou bastante a condição de estiagem no sítio de estudo, principalmente no que se refere aos volumes dos reservatórios hídricos e a oferta de alimento para o rebanho. Porém, o abastecimento de água da fazenda, feito através de dois poços localizados nos terrenos aluviais do Rio Desterro, é suficiente para suprir as demandas de água mesmo nas secas mais severas.

Durante o mês de julho o açude voltou a secar completamente, assim como os pastos nativos de Caatinga. Por esta razão, o gado foi confinado e passou a se alimentar de bagaço de cana-de-açúcar e mandacaru (cactácea nativa da Caatinga). Esse manejo de confinamento foi necessário para garantir a sobrevivência do rebanho durante o período mais seco do ano (Figuras 67 A e B). Em anos considerados normais em relação a quantidade de chuva, há o desenvolvimento da pastagem de Capim Buffel e utilizam-se as técnicas de silagem e fenação para armazenamento de forragens para o período seco do ano.

As precipitações que ocorreram até o mês de novembro de 2013 não foram suficientes para melhorar o quadro de estiagem severa que se prolongava desde o segundo semestre de 2011. O bagaço de cana foi trazido das usinas de cana-de-açúcar da Zona da Mata e fornecido aos animais associado ao mandacaru, na tentativa de suprir as necessidades vitais dos rebanhos no período de seca extrema.

Figuras 67 - Aspecto da vegetação de Caatinga durante o mês de outubro (A) e o gado se alimentando de bagaço de cana-de-açúcar (B) na Fazenda Barra do Juá, Cacimbas-PB



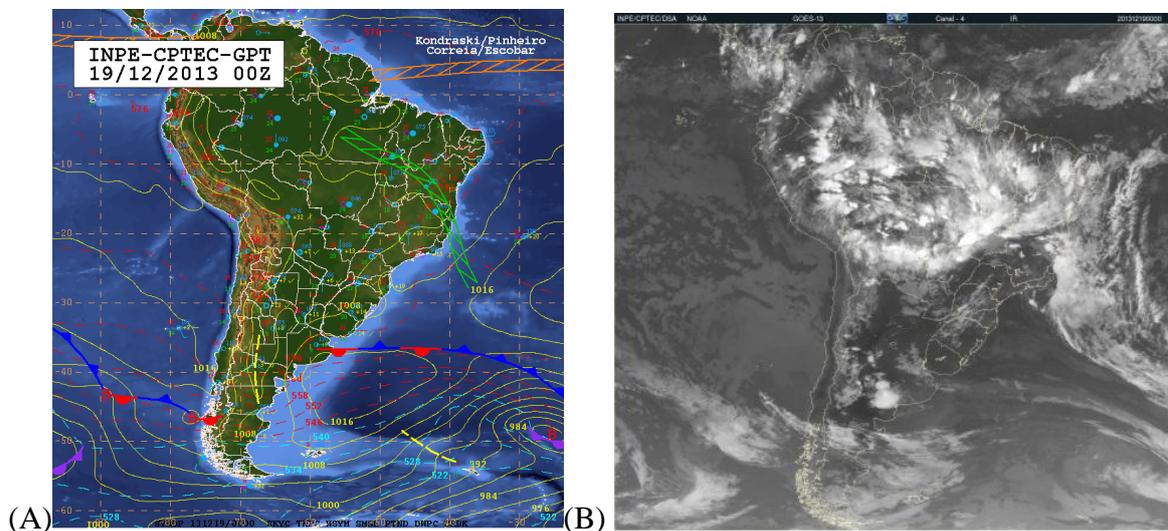
Fonte: acervo do autor.

A estiagem prolongou-se até o mês de dezembro, a partir do dia 19 desse mês houve uma importante mudança nos padrões atmosféricos. Entre os dias 19 e 22 foram registrados 142 mm de chuva (figura 68), o que representou 33,3% do volume anual de precipitação, e um desvio de 668,4% em relação à precipitação média para esse mês. Esse grande volume de

chuva foi causado pelo avanço da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), que atingiu latitudes mais baixas que o habitual para esse período.

A partir da análise da carta de superfície do dia 19 e da imagem de satélite do mesmo dia às 00 h 00 min percebe-se aumento da convecção sobre a Região Nordeste decorrente do avanço da ZCAS que estava sobre áreas da Bahia, Piauí e Tocantins, transportando umidade para o interior.

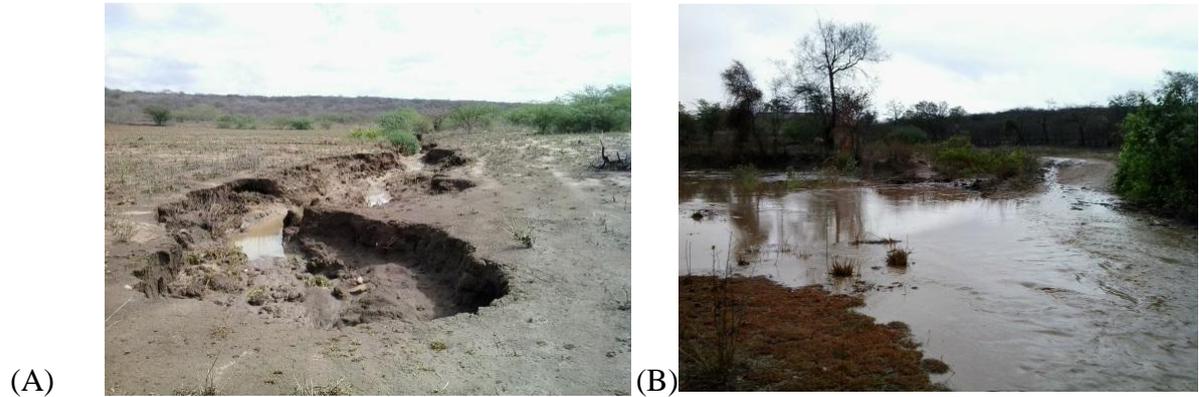
Figuras 68 - Carta de superfícies (A) e imagem no canal infravermelho do satélite GOES-12 (B)



Fonte: INPE-CPTEC-GPT

As chuvas do mês de dezembro causaram mudanças significativas na paisagem do sítio experimental estudado. O longo período seco anterior à ocorrência dessas chuvas diminuiu bastante a cobertura vegetal do solo, principalmente nas áreas de pastagens, então durante os episódios de chuvas, o grande escoamento superficial ocasionou processos erosivos em locais de solo exposto (figuras 69).

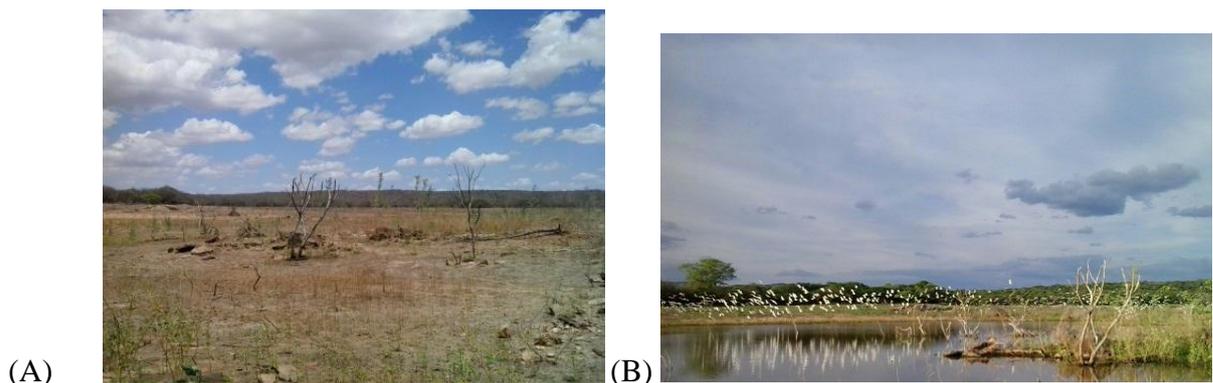
Figuras 69 - Processo de voçorocamento resultante das chuvas de dezembro de 2013 (A) e Drenagem de riacho efêmero com grande quantidade de sedimentos em suspensão (B) na Fazenda Barra do Juá, Cacimbas-PB



Fonte: acervo do autor

Por outro lado, as chuvas contribuíram para repor parte das reservas hídricas da fazenda (figuras 70), colocando água nos açudes e recarregando os aquíferos dos terrenos aluviais do Riacho Desterro. A presença da água no ambiente também proporcionou o desenvolvimento dos capins nas áreas de pastagens, fornecendo alimento para os rebanhos, o que gerou maior produção de leite e ganho de peso dos animais.

Figuras 70 - Parte do açude no mês de novembro (A) e mesma parte do açude após as chuvas de dezembro de 2013 (B) na Fazenda Barra do Juá, Cacimbas -PB



Fonte: acervo do autor.

A volta da chuva representou um momento de planejamento, pois é preciso racionalizar a produção de forragens. A área de Caatinga foi destinada para alimentação imediata do gado, enquanto a área plantada com capins foi destinada ao armazenamento para o próximo período seco, garantindo a reserva alimentar. Além dos capins plantados, a

Caatinga apresentou um estoque de forragens muito importante, por isso quando bem manejada a vegetação nativa é um importante recurso para produção agropecuária no semiárido.

9.1.2.1 Síntese dos principais mecanismos produtores de chuva

Durante o ano de 2013 foram identificados cinco mecanismos produtores de chuva (tabela 15), entre os quais se destacaram a ZCAS/ZCOU e a ZCIT. Outros sistemas atmosféricos como VCAN, DOL, e as intrusões da Massa Equatorial Continental (MEC) possuíram contribuição mais modesta no total de precipitação acumulado.

A atuação da MEC é muitas vezes relacionada, indiscriminadamente, à expansão da massa de ar úmida proveniente da região amazônica, sendo muitas vezes associada aos episódios da ZCAS e ZCOU. No presente estudo, a nomenclatura MEC foi utilizada como referência a convergência em superfície ocasionada por padrões anticiclônicos em altitude, decorrente das condições termodinâmicas do período de primavera-verão, nas áreas interiores do país, em que não há configuração de episódio de ZCAS ou ZCOU.

Tabela 15 - Síntese dos mecanismos produtores de chuvas: sistemas meteorológicos, ocorrências diárias, volume de chuva, volume de chuva percentual e média diária na Fazenda Barra do Juá, Cacimbas -PB

Sistemas	ZCIT	ZCAS/ZCOU	VCAN	DOL	MEC
Ocorrências diárias	12	9	8	11	2
Volume de chuva (mm)	145	192,5	33,5	51	5
Volume percentual (%)	34	45,1	7,8	11,9	1,1
Média diária de chuva (mm)	12	21,3	4,1	4,6	2,5

Fonte: adaptado CPTEC/INPE. Organizado pelo autor

Apesar de não serem os sistemas meteorológicos mais importantes na produção de chuvas sobre o setor norte da Região Nordeste, a ZCAS e ZCOU produziram 192,5 mm distribuídos em apenas nove dias, o que correspondeu a 45,1% de toda a chuva registrada durante esse ano. A atuação desses sistemas foi mais intensa durante o mês de dezembro o qual apresentou um desvio de 668% em relação à média de precipitação, corroborando anomalia da atuação da ZCAS para o ano referido.

Apesar da atuação restrita da ZCIT, devido a sua posição ao norte em relação à climatologia durante a estação das chuvas, esse sistema meteorológico contribuiu com 145 mm (distribuídos em 12 dias), o que representou 34% do volume anual de chuva.

Os vórtices ciclônicos (VCAN) possuíram atuação em oito dias, sendo responsáveis pelo acúmulo de 33,5 mm e 4,1% do volume de chuva anual. A ocorrência desse sistema foi verificada principalmente durante os meses de janeiro, fevereiro e março, estando relacionado à grande parte dos eventos de chuvas registrados nesse período.

Os DOLs contribuíram para as precipitações de outono e inverno na Fazenda Barra de Juá. Foram registrados em 11 dias entre os meses de maio e julho, com acumulado total de 51 mm, correspondente 12% do volume anual de chuva. A intensidade média das chuvas produzidas por esse sistema meteorológico foi de 4,6 mm, indicando fracas precipitações produzidas por nuvens quentes, ou seja, aquelas que não possuem desenvolvimento vertical intenso, nem presença de granizo em sua composição.

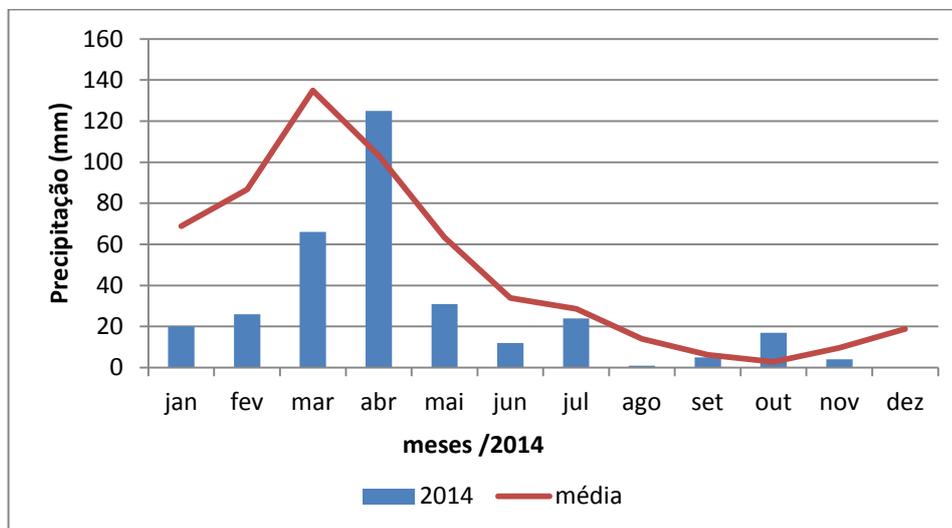
As chuvas produzidas pela atuação da MEC possuíram o menor percentual em relação ao valor total anual para o ano estudado, com ocorrência de dois dias de atuação durante os meses de janeiro e dezembro, e volume acumulado de apenas 5 mm. Durante os meses de verão, a atuação de um bloqueio, com circulação anticiclônica dificultou a penetração de massas de ar úmidas, provenientes da Amazônia para o interior da Paraíba.

9.1.3 Ritmo pluviométrico e manejos agrários no ano de 2014

O ano de 2014 foi caracterizado por um comportamento pluviométrico irregular e deficitário (figura 71). As chuvas estiveram concentradas nos meses de março e abril, representando 57,7% do volume total anual. O valor de precipitação para o referido ano foi de 331 mm, o que representou um desvio de -49% em relação à média.

Apesar de ter apresentado um valor mais baixo de precipitação quando comparado ao ano de 2013, o ano de 2014 possuiu um comportamento pluviométrico um pouco mais favorável à produção de forragens na estação das chuvas. Esse fato se deveu à ocorrência dos picos de chuva nos meses de março e abril, apesar do desvio negativo registrado durante o mês de março.

Figura 71 - Chuva mensal (2014) e média mensal (1995 - 2014) na Fazenda Barra do Juá, Cacimbas - PB

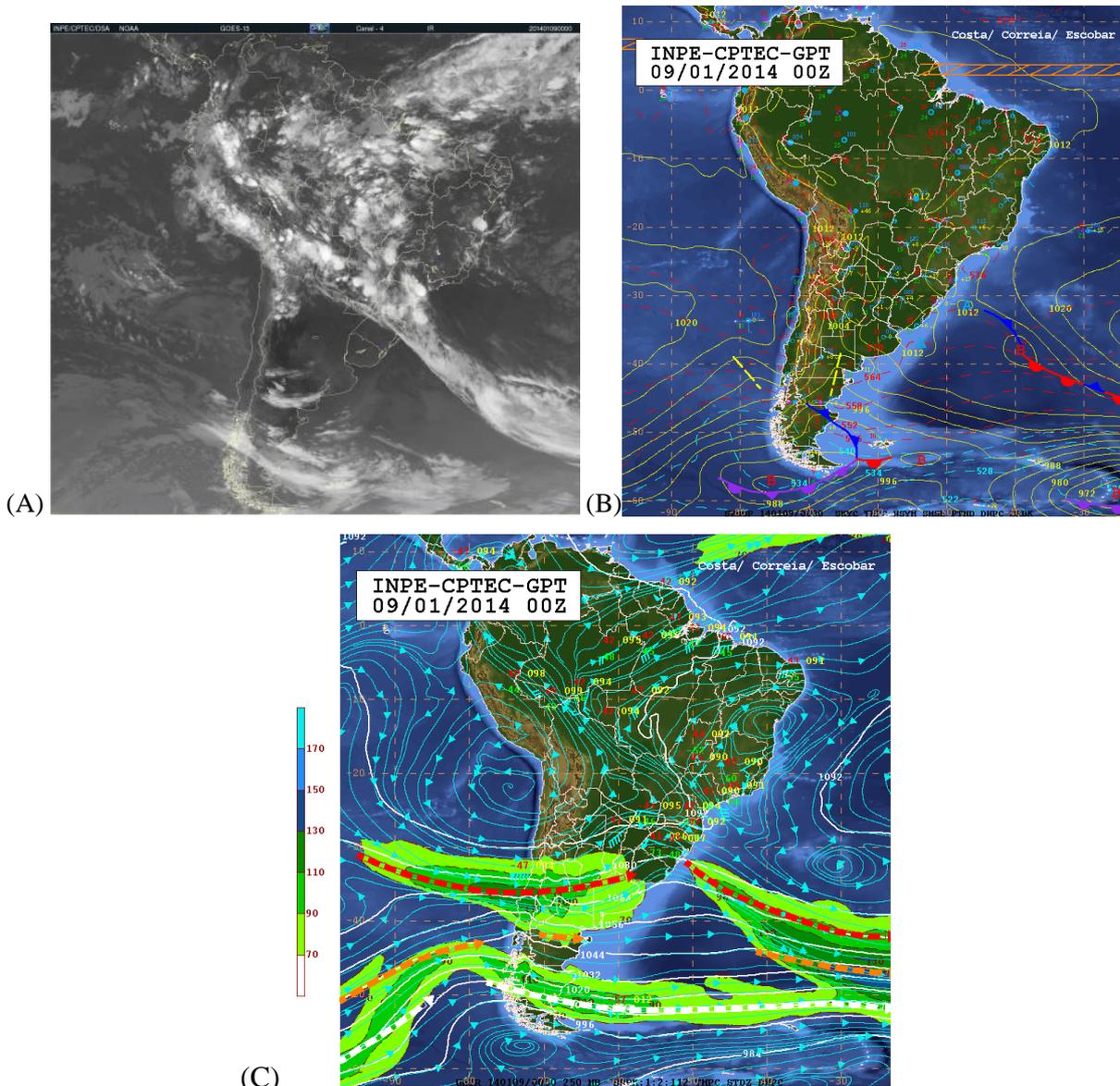


Organizado pelo autor

Os meses de janeiro e fevereiro apresentaram baixos valores de precipitação, com volumes de 20 mm e 26 mm, respectivamente. Esses desvios acentuados, em relação à média de chuva para esses meses, prejudicaram o desenvolvimento das pastagens que haviam brotado em função das chuvas registradas em dezembro de 2013.

Durante o mês de janeiro, o maior volume de chuva esteve concentrado no dia nove, com acumulado de 18 mm. Como é possível observar na imagem de satélite do dia, esse volume de precipitação esteve associado à aproximação de ZCIT, que favoreceu um aumento de umidade e à formação de um VCAN (figuras 65).

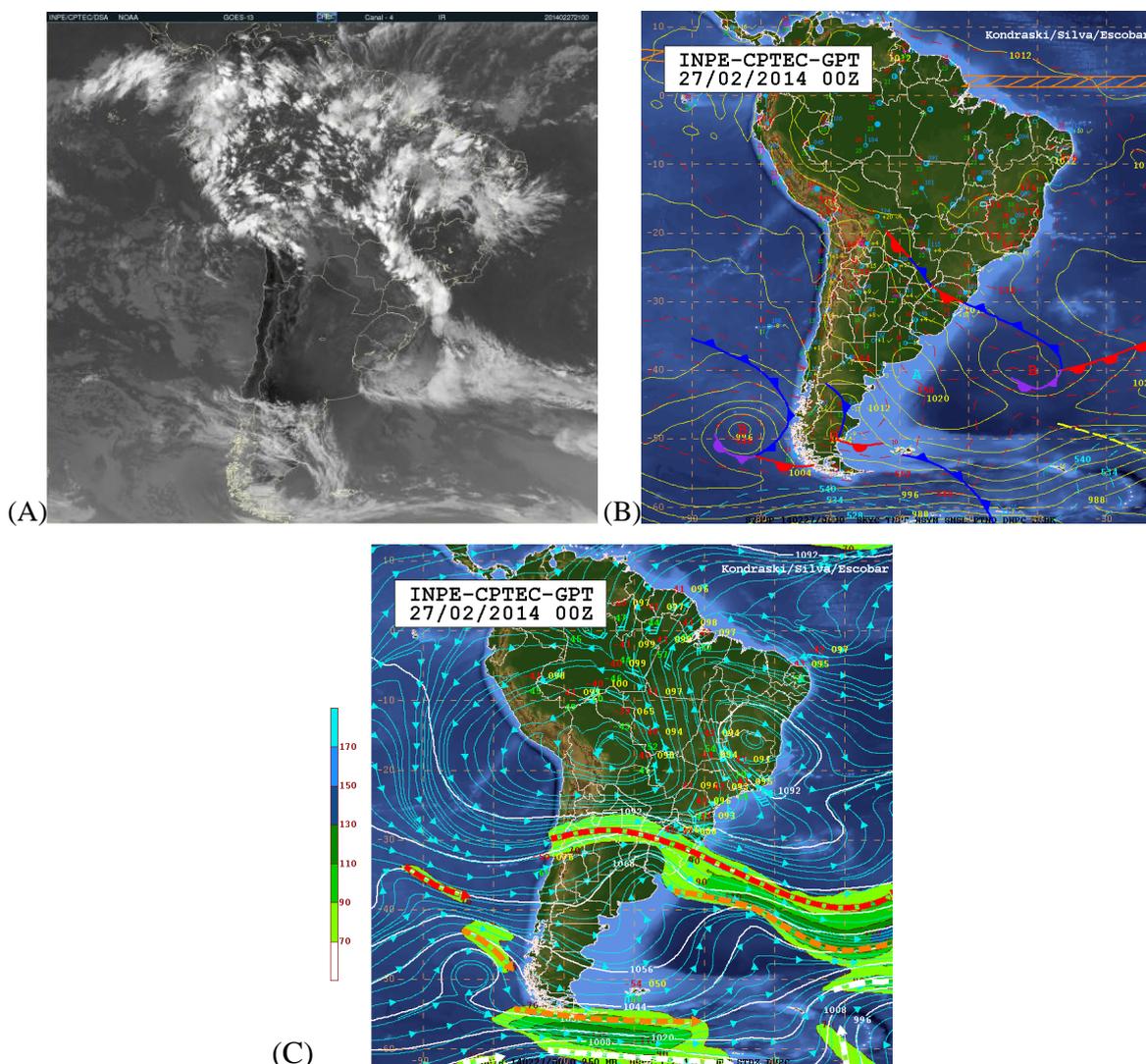
Figuras 72 - Imagem de satélite GOES no canal infravermelho (A) e carta sinótica de superfície (B) e carta de altitude a 250 hPa (C)



Fonte: CPTEC/INPE (2014)

A chuva registrada no dia 27 de fevereiro (15 mm) foi ocasionada por um VCAN, observável na carta de altitude a 250 hPa, com centro em parte dos estados de Minas Gerais, Goiás e Bahia (figura 73 C). Esse sistema meteorológico proporcionou o desenvolvimento de nuvens convectivas sobre parte do interior nordestino, favorecendo a ocorrência de precipitação no interior da Paraíba.

Figuras 73 - Imagem de satélite GOES no canal infravermelho (A) e carta sinótica de superfície (B) e carta de altitude a 250 hPa (C)



Fonte: CPTEC/INPE (2014).

As chuvas registradas nos meses de janeiro e fevereiro não foram suficientes para suprir a deficiência hídrica acumulada. Por essa razão, os pastos da fazenda, que brotaram com as chuvas de dezembro de 2013, tiveram seu desenvolvimento prejudicado pela estiagem nos dois primeiros meses de 2014. Na figura 74 aparece uma área de pastagem durante o início de fevereiro e é possível observar que o Capim Buffel produziu sementes antes de atingir a maturidade, indicando uma deficiência hídrica para o seu desenvolvimento ideal. Apesar disso, os rebanhos puderam se utilizar dos pastos nativos de Caatinga para suprir suas necessidades alimentares básicas.

Figura 74 - pastagem de Capim Buffel em fevereiro de 2014 na Fazenda Barra do Juá, Cacimbas - PB

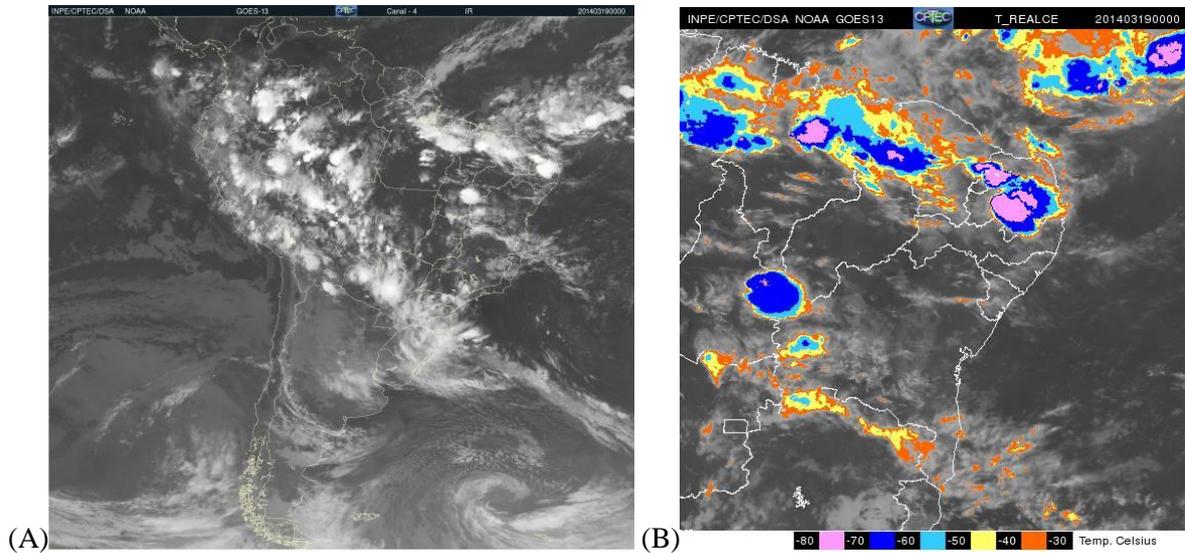


Fonte: acervo do autor.

O mês de março foi marcado por um déficit de precipitação, com desvio relativo de - 51%. Os maiores volumes de chuva para esse mês ocorreram nos dias 07 (17 mm) e 19 (34 mm), a partir de dois episódios de atuação da ZCIT, com formação de banda dupla no dia 19. Além disso, a distribuição das chuvas foi bastante irregular, com um total de 24 dias sem precipitação, e até nove dias seguidos sem eventos superiores a 1 mm.

Na figura 75, referente ao dia 19, é possível observar a ocorrência de nuvens convectivas de grande desenvolvimento vertical (cumulonimbus) sobre a região central do estado da Paraíba, as quais apresentaram temperaturas inferiores a -50°C no topo. Tais características físicas das nuvens indicam a ocorrência de um regime torrencial de precipitação durante a quadra chuvosa.

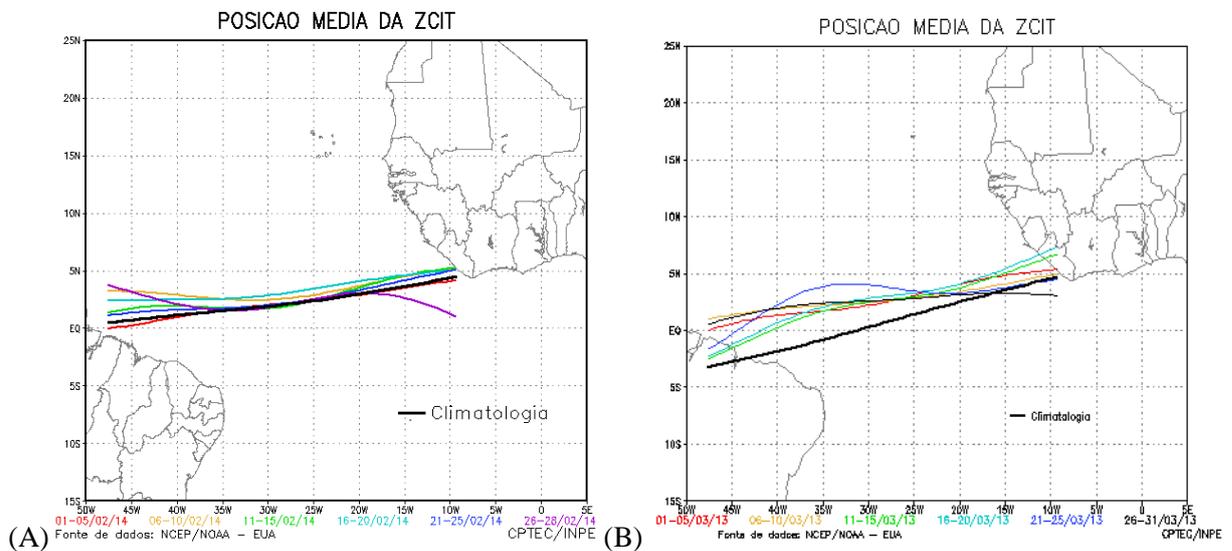
Figuras 75 - Imagem de satélite GOES no canal infravermelho (A) e imagem de satélite GOES no canal realçado (B) no dia dezenove de fevereiro de 2014



Fonte: CPTEC/INPE.

As precipitações esporádicas durante os meses de fevereiro e março estiveram relacionadas a uma posição mais ao norte da ZCIT em relação à climatologia (Figuras 76). Esse posicionamento anômalo esteve associado ao gradiente meridional de TSM no Oceano Atlântico Tropical, que favoreceu a atuação do ASAS sobre o Nordeste Brasileiro durante a maior parte da estação chuvosa, inibindo a ocorrência de chuvas.

Figuras 76 - Posição média da ZCIT durante os meses de fevereiro (A) e março (B) de 2014



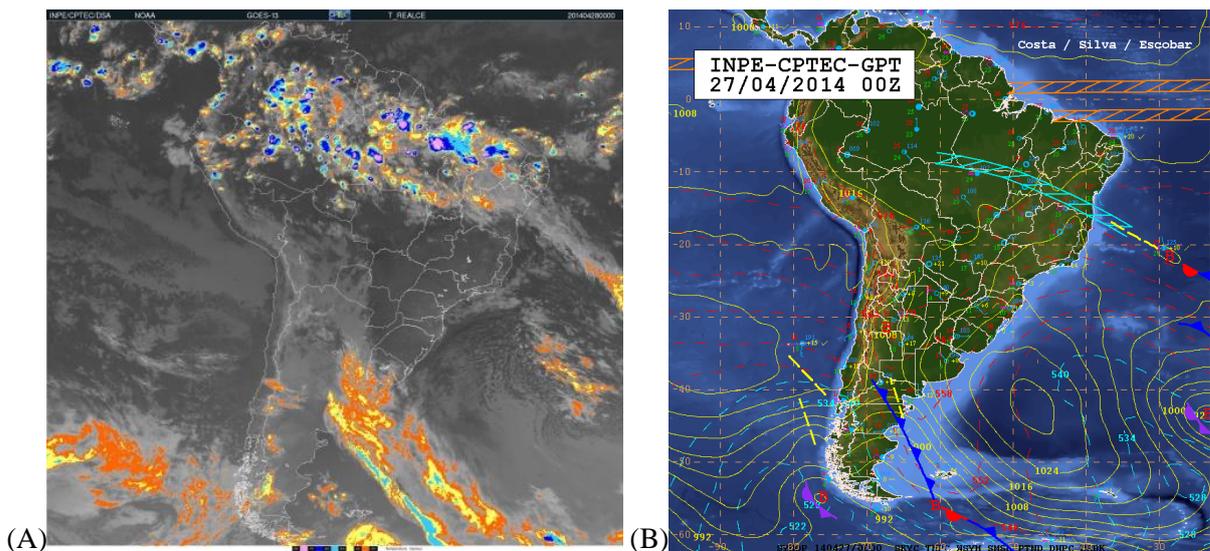
Fonte: NCEP-NOAA/CPTEC-INPE (2015).

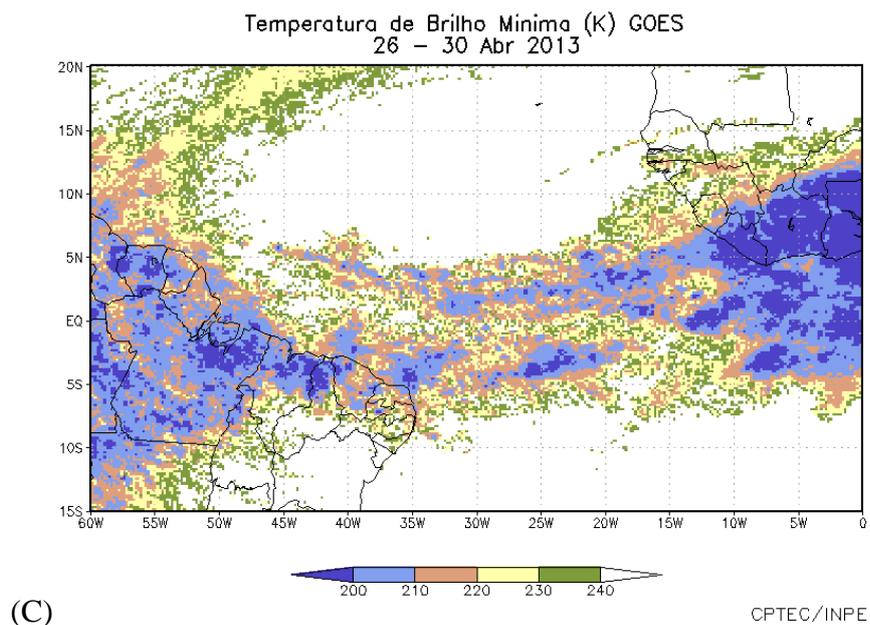
Durante o mês de abril, assim como nos meses de fevereiro e março, a ZCIT atuou ao norte de sua posição climatológica. No entanto, as chuvas ocorreram em torno da média sobre a Fazenda Barra do Juá, acumulando um total de 125 mm. Os principais eventos de precipitação ocorreram nos dias 06 (14 mm), 21 (24 mm) e 27 (53 mm) desse mês, e estiveram associados à formação de uma banda dupla da ZCIT.

Apesar de terem ocorrido em torno da média, as chuvas estiveram mal distribuídas no mês de abril, com um total de 21 dias sem precipitação. Além disso, ocorreu um veranico de 10 dias entre os dias 10 e 20. Essa irregularidade na distribuição das chuvas nos meses mais úmidos pode ser explicada pela atuação mais ao norte da ZCIT, que atuou de maneira efêmera a partir da formação de uma banda dupla de nebulosidade.

Na figura 77 (A) é perceptível a atuação de nebulosidade convectiva sobre o setor setentrional do Nordeste Brasileiro, enquanto que na carta sinótica de superfície (figura 77 B) é possível associar esse desenvolvimento convectivo a uma banda dupla da ZCIT vinculada à umidade trazida pela aproximação da ZCAS. Pela imagem de brilho mínima também é possível constatar a ocorrência de convecção durante a última semana do mês de abril sobre áreas do norte do Nordeste Brasileiro.

Figuras 77 - Imagem de satélite GOES no canal realçado (A), carta sinótica de superfície (B) e temperatura de brilho mínima das nuvens GOES (C)





Fonte: CPTEC/INPE.

As chuvas do mês de março e abril propiciaram o rebrote das pastagens e aumentaram a capacidade de resposta da vegetação nativa, o que melhorou bastante a oferta de alimento para os rebanhos. Durante as chuvas mais intensas, especialmente no dia 27 do mês de abril, o açude acumulou 30% de sua capacidade, possibilitando a irrigação de cinco hectares por três meses para a produção de forragens como milho, sorgo e Capim Buffel para as vacas leiteiras e bezerros.

Figura 78 - Gado se alimentando de forragens produzidas a partir da irrigação com a água acumulada no açude no mês de abril de 2014 na Fazenda Barra do Juá, Cacimbas -PB

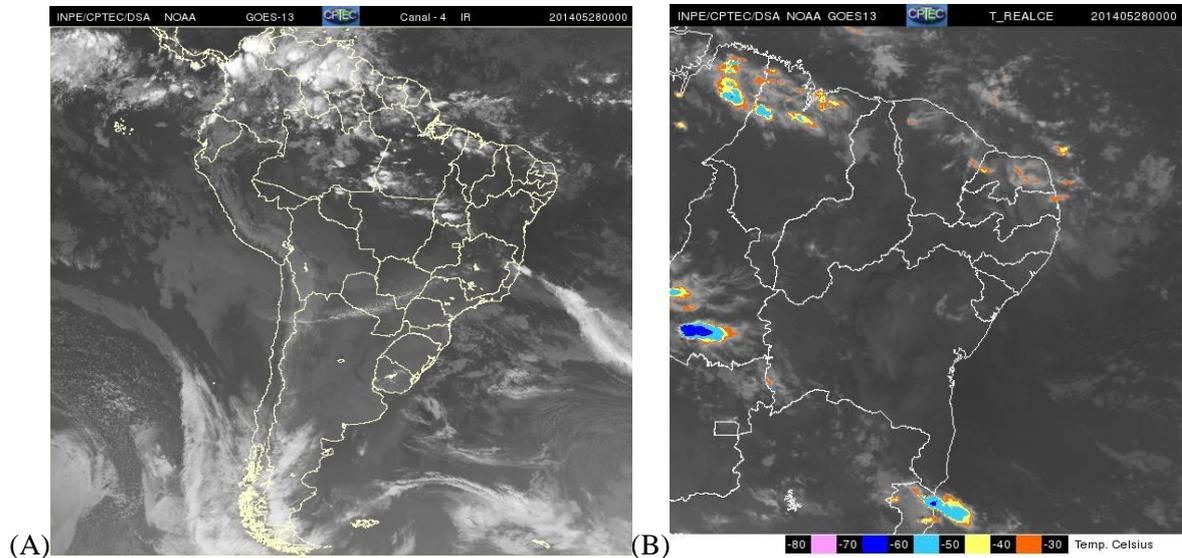


Fonte: acervo do autor.

No mês de maio a precipitação esteve abaixo da média no sítio experimental com um valor total de precipitação de 31 mm, o que representou um desvio de -32 mm em relação à média climatológica. As maiores precipitações diárias foram registradas nos dias 02 (10 mm) e 28 (15 mm).

As maiores chuvas diárias do mês de maio estiveram associadas à atuação de DOLs, como é possível observar nas imagens do canal infravermelho para a América do Sul e do realçado para a Região Nordeste (figura 79). Diferente das precipitações dos meses anteriores, ocasionadas pela convecção e desenvolvimento de nuvens cumulonimbus, as chuvas do mês de maio estiveram vinculadas a nuvens quentes, formadas como consequência da advecção da umidade transportada pelos ventos alísios do Oceano Atlântico Sul.

Figuras 79 - Imagem realçada GOES para a América do Sul (A) e imagem realçada GOES para a Região Nordeste (B)



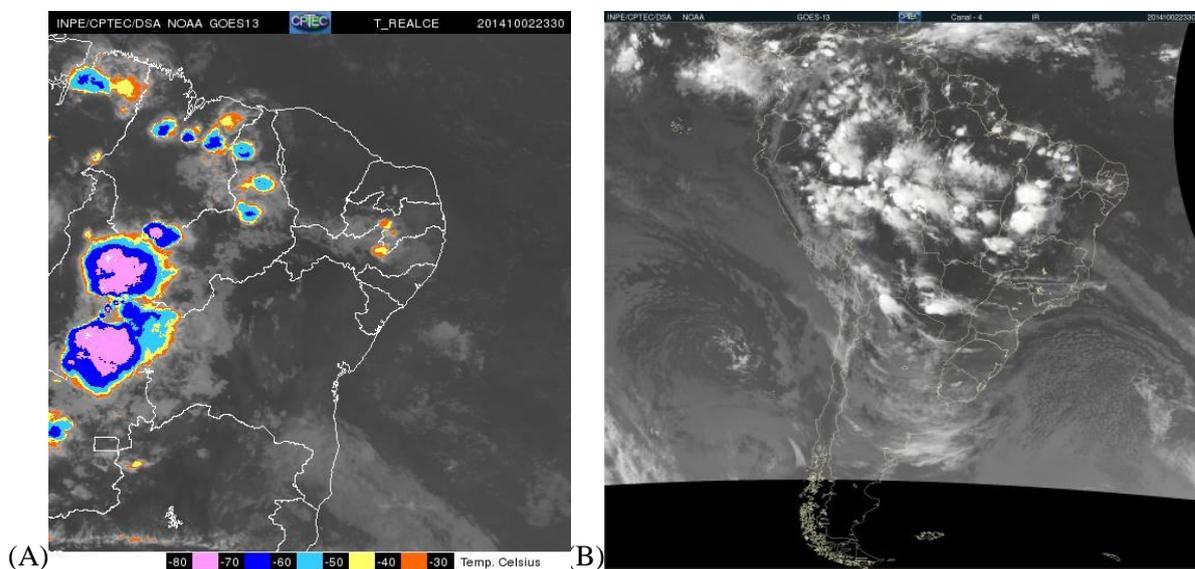
Fonte: CPTEC/INPE.

O mês de junho marca, climatologicamente, o início do período seco e, por essa razão, as precipitações tendem a reduzir na área da fazenda. As chuvas registradas durante os meses de junho (12 mm) e julho (24 mm) tiveram influência da penetração de DOL no interior, no entanto esse sistema meteorológico atinge a área central e oeste da Paraíba, geralmente, em estado de dissipação, contribuindo pouco para os totais anuais de precipitação.

O período entre agosto e dezembro é caracterizado por apresentar os menores índices médios de chuva sobre toda a extensão da Bacia Hidrográfica do Rio Taperoá. A condição de maior estabilidade atmosférica é garantida pelas interações termodinâmicas entre atmosfera e oceanos, as quais favorecem a atuação do ASAS, inibindo a ocorrência de precipitação. Os volumes totais de chuva para os referidos meses foram: 1 mm em agosto, 5 mm em setembro, 17 mm em outubro, 4 mm em novembro e 0 mm em dezembro.

As precipitações ocorridas nos dias 02 (7 mm) e 04 (10 mm) de outubro estiveram associadas a penetração de umidade proveniente de massas de ar úmidas do interior do país, produzindo uma convecção fraca e localizada sobre a área estudada (figura 80).

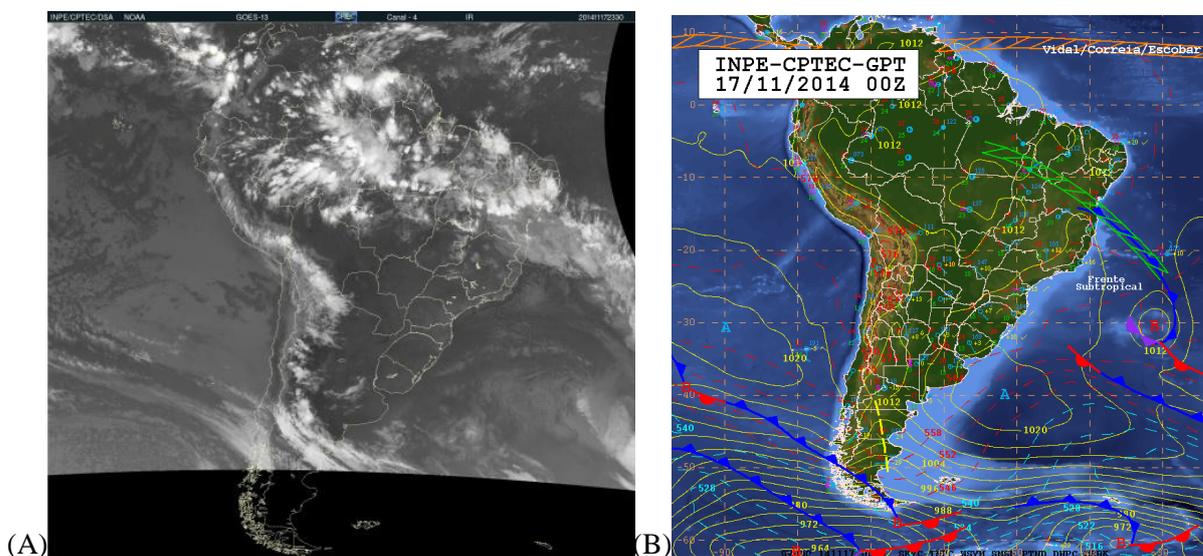
Figura 80 - Imagem GOES no canal realçado para a Região Nordeste (A) e imagem GOES infravermelho para a América do Sul (B)



Fonte: CPTEC/INPE.

No mês de novembro a precipitação total foi de apenas 4 mm, ocasionada principalmente por avanço da ZCAS para posições setentrionais durante o dia 17 (figura 81). Bandas de nebulosidade associadas a essa zona de convergência atingiram com maior intensidade o norte de Bahia e sul de Pernambuco. No interior da Paraíba a atuação foi mais restrita, acumulando apenas 2 mm de chuva na Fazenda Barra do Juá.

Figuras 81 - imagem GOES no canal infravermelho (A) e carta sinótica de superfície (B)



Fonte: CPTEC/INPE.

O longo período de estiagem no ano de 2014 afetou bastante as atividades da fazenda, reduzindo bastante os índices de precipitação sobre o sítio experimental, pois esse já era o terceiro ano de grande seca, que teve início em 2012. Durante o mês de novembro o açude secou novamente, impossibilitando o uso da água para a produção de alimentação para o rebanho. A água dos poços foi utilizada exclusivamente para abastecimento das casas e para consumo dos animais, pois o lençol não possui um limite de carga elevado.

Figuras 82 - Pastagem durante o período chuvoso (abril de 2014) e no período seco (novembro de 2014) na Fazenda Barro do Juá, Cacimbas - PB



Fonte: acervo do autor.

A produção de capim durante a breve estação das chuvas não foi suficiente para armazenar grandes quantidades de feno para os períodos mais críticos do ano. Desse modo, o gado se alimentou dos pastos remanescentes, da vegetação da Caatinga e dos estoques de feno até o início do período seco. Durante o auge da estiagem os animais foram confinados para se alimentar de bagaço de cana e palma.

Apesar das limitações decorrentes do ciclo seco bastante extenso, a Fazenda Barra do Juá se manteve produzindo. O planejamento foi a ferramenta mais importante na convivência com a variabilidade pluviométrica. Os manejos desenvolvidos nesse sítio experimental reforçam a necessidade de pensar em estratégias de uso da terra que utilizem os recursos locais de maneira sustentável. Os esforços empreendidos nessa propriedade também lançam questões sobre os manejos da vegetação da Caatinga e na utilização de elementos biológicos adaptados às condições ecológicas.

9.1.3.1 Síntese dos principais mecanismos produtores de chuva

Durante o ano de 2014 as precipitações foram atribuídas à atuação de seis sistemas meteorológicos distintos (tabela 16): ZCIT, VCAN, DOL, ZCAS, MEC e LI. Os principais sistemas produtores de chuvas foram a ZCIT, VCAN e DOL. Outros mecanismos atmosféricos como a ZCAS, MEC e LI contribuíram com menor percentual do volume anual de precipitação.

Tabela 16 - Síntese sobre os mecanismos produtores de chuvas: sistemas meteorológicos, ocorrências diárias, volume de chuva, volume de chuva percentual e média diária durante o ano de 2014 na Fazenda Barra do Juá, Cacimbas - PB

Sistemas	ZCIT	ZCAS/ZCOU	VCAN	DOL	MEC	LI
Ocorrências diárias	18	2	6	12	5	1
Volume de chuva (mm)	165,5	27,5	63	40	20	15
Volume percentual	50	8,3	19	12	6	4,5
Média diária de chuva	9,1	13,7	10,5	3,3	4	15

Fonte: adaptado CPTEC/INPE. Organizado pelo autor.

A ZCIT foi responsável por maior parte da precipitação acumulada no período estudado, com 165,5 mm atribuídos à atuação desse sistema meteorológico, ou 50% do volume total de chuva registrado durante o ano. Houve atuação da ZCIT durante 18 dias, com média diária de precipitação de 9,1 mm.

O VCAN esteve associado a 63 mm, valor correspondente a 100% das precipitações registradas em janeiro e fevereiro, destacando-se entre os sistemas produtores de chuvas durante o verão. Durante o mês de março, o vórtice esteve relacionado a apenas um evento de chuva, não sendo registrada ocorrência desse fenômeno nos outros meses do ano.

Uma Linha de Instabilidade (LI) atuou durante um dia no mês de maio de 2014, associada à propagação de um DOL no interior dos estados da PB, RN, CE, PI e MA. No sítio experimental a LI ocasionou uma precipitação de 15 mm no dia 28.

Durante os meses de outono e, principalmente, de inverno as chuvas foram provocadas pela atuação de DOLs. Tal sistema ocorreu em doze dias e foi responsável pelo acúmulo de 40 mm, valor correspondente 12% do total anual. A média diária de chuvas causadas pelos

DOLs foi de 3,3 mm, como consequências das precipitações fracas geradas por esse sistema, o qual atinge o interior da Paraíba geralmente com pouca energia.

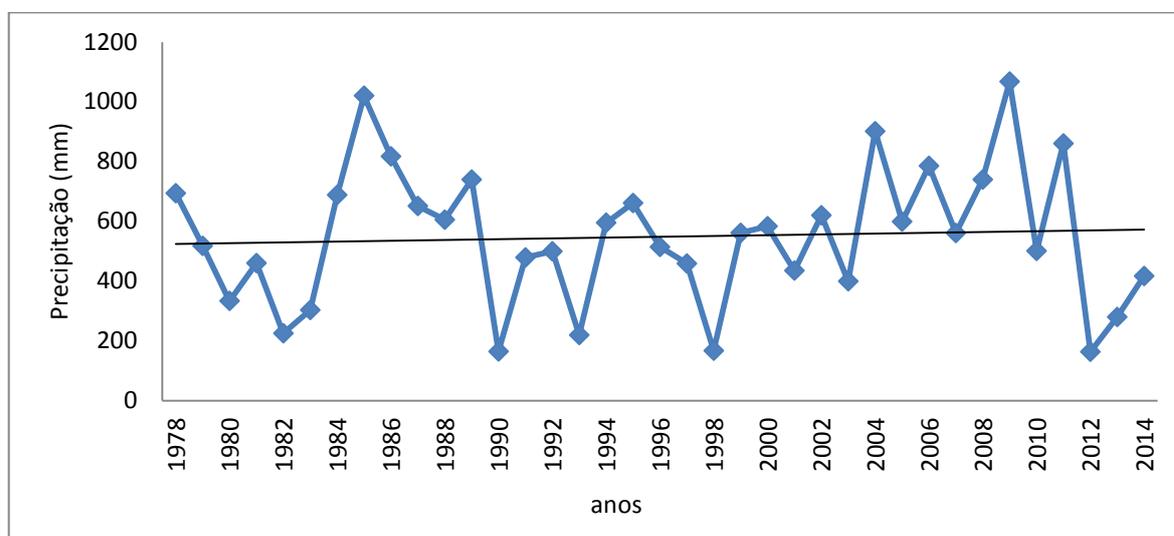
A atuação da ZCAS/ZCOU se restringiu a dois episódios de chuva, um em abril e outro em novembro, em consórcio com outros sistemas como a ZCIT e a MEC, e esteve responsável por aproximadamente 27,5 mm de chuva. A MEC atuou durante os meses de outubro e novembro produzindo 20 mm em cinco dias.

9.2 FAZENDA CARNAÚBA

A fazenda Carnaúba está localizada no município de Taperoá, na Mesorregião da Borborema e Microrregião do Cariri Ocidental. O relevo varia desde áreas planas nos terrenos aluviais do Rio Taperoá até as áreas escarpadas nas encostas da Serra do Pico, com altitude variando entre 500 e 650 m.

Os cursos hídricos da propriedade são intermitentes, e suas drenagens seguem o ritmo irregular das precipitações pluviométricas. Por esta razão, a fazenda é abastecida por poços construídos nos terrenos aluviais do Rio Taperoá, os quais são suficientes para atender as demandas hídricas para o funcionamento da fazenda. Além dos poços, a fazenda possui sete açudes pequenos utilizados para consumo de água dos animais a pasto e irrigação de pequenas áreas com plantio de Capim Elefante (*Pennisetum purpureum*). No entanto, os açudes possuem sua utilização limitada, pois as altas taxas de evapotranspiração não permitem que armazenem água regularmente.

O clima na Fazenda Carnaúba é do tipo semiárido, como em quase toda a Bacia Hidrográfica do Rio Taperoá. A média de precipitação é de 548,4 mm com coeficiente de variação de desvio padrão de 39,3%, o que sugere uma intensa variabilidade interanual. Os registros pluviométricos (figura 83) históricos da fazenda entre 1978 e 2014 demonstram grandes amplitudes entre os valores anuais. Os valores máximos de precipitação anual foram registrados nos anos de 1985 (1020 mm) e 2009 (1067 mm), já os mínimos foram observados nos anos de 1990 (164 mm) e 2012 (163 mm).

Figura 83 - Precipitação anual da fazenda Carnaúba (1978-2014)

Fonte: acervo da fazenda. Organizado pelo autor

9.2.1 Uso da Terra e Vegetação

A Fazenda Carnaúba possui uma área de 960 hectares e o uso da terra foi organizado de acordo com a disponibilidade de água e com as necessidades de alimentação dos rebanhos. Apenas 1,1% da área da fazenda é irrigável, nas várzeas do Rio Taperoá, sendo utilizada para a produção de Capim Elefante, 70,8% é utilizado para o plantio de Capim Buffel e palma forrageira em consórcio com plantas nativas, e 18,7% da área é ocupada pela Caatinga.

O desenvolvimento do manejo da terra na Fazenda Carnaúba considerou que o modelo tradicional, baseado no cultivo das lavouras de “sequeiro”, aração da terra e pecuária extensiva sem planejamento adequado, não possui eficiência produtiva nem potencialidades de convívio com as características ambientais do semiárido, e em especial, com a variabilidade pluviométrica.

A partir da constatação de que as lavouras temporárias estavam bastante vulneráveis diante das condições ambientais, optou-se por desenvolver uma pecuária de ruminantes adaptados ao clima semiárido e cultivar plantas xerófilas, nativas e exóticas.

Para isso foram selecionados animais de dupla aptidão, ou seja, que produzem carne e leite de maneira eficiente, por serem rústicos e adaptados às condições climáticas locais. Entre esses animais estão o gado Sindi, originário de áreas secas do Paquistão, e o Guzerá, nativo dos semidesertos indianos, ambos com alta capacidade de converter alimentos fibrosos em

leite e carne. Além das espécies asiáticas, a fazenda passou a selecionar animais “pé duro”, criados na Caatingas do Piauí desde os primórdios da colonização do interior do Nordeste, formando uma raça de gado bovino bastante resistente às condições climáticas semiáridas.

Também ocorreu na Carnaúba um importante trabalho de recuperação e melhoramento dos caprinos “nativos” do Nordeste Brasileiro. Esse trabalho aparece como um dos grandes méritos da fazenda no trabalho de seleção e melhoramento genético. Pois a cabra enquanto animal adaptado às áreas secas consegue viver e produzir no ambiente das Caatingas. Além do mais, é um animal mais acessível aos pequenos produtores rurais em razão de seu porte, rusticidade e eficiência na produção de leite, couro e queijo.

Os caprinos criados na fazenda são originários da Península Ibérica, no entanto, viveram por muitos anos nas Caatingas do Nordeste Brasileiro, tratados extensivamente. Esse fato permitiu, ao longo de mais de 200 anos, que esses animais se adaptassem ao ambiente semiárido, passando a ser chamados de “caprinos nativos”, em função de sua grande rusticidade.

O proprietário da Fazenda Carnaúba, Manuel Dantas Vilar Filho, juntamente com seu primo e escritor, Ariano Suassuna, saíram pelas feiras do Sertão em busca de animais “nativos” do Nordeste. Esse esforço resultou na seleção de um rebanho de alta produção, que chega a atingir uma média alta, para a região, de 2 kg leite/dia por cabra. Esses animais foram melhorados geneticamente para a produção leiteira através de um importante trabalho de seleção e cruzamento com as raças homólogas europeias das quais esses rebanhos “nativos” derivaram. Dessa maneira, os animais conservaram a rusticidade e melhoraram a produção leiteira.

Além das cabras, a fazenda desenvolveu um importante trabalho de seleção com raças de ovinos deslanados. Assim como os caprinos, esses animais são bastante rústicos, também originários de ambientes secos da África a Ásia, sendo utilizados principalmente para produzir carne.

Para desenvolver a atividade pecuária a fazenda buscou utilizar forregens com características xerófitas, com destaque para o Capim Buffel e palma forrageira, ambas exóticas, além de outras nativas como a Jureminha, Maria Preta, Feijão Bravo, Mororó, Juazeiro de Bode, Maniçoba (feno), Camaratuba, Quebra Faca, entre outras.

Durante o período seco do ano, que se estende de julho a dezembro, o pasto é escasso. Para resolver o problema de alimentação, a fazenda passou a estocar forragens a partir das técnicas de fenação e silagem. Tais técnicas são utilizadas para a alimentação do gado na estação seca em todos os anos e durante os períodos de secas excepcionais.

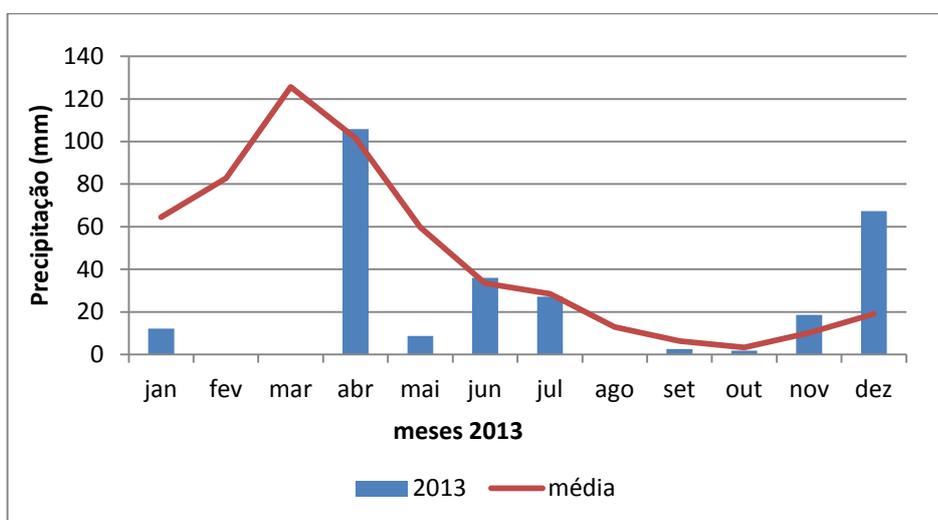
As áreas de Caatinga funcionam como importante fonte de alimentos para os animais em distintas épocas do ano, assim como são de extrema importância na manutenção do equilíbrio do sistema agrário da fazenda. A conservação de áreas estratégicas evita a perda rápida de nutrientes e empobrecimento dos solos, diante do regime de longos períodos secos intercalados por chuvas torrenciais.

9.2.2 O ritmo pluviométrico e os manejos agrários no ano de 2013

O ano de 2013 apresentou um comportamento pluviométrico bastante irregular devido à concentração das chuvas nos meses de abril e dezembro (figura 84). A precipitação acumulada nesses dois meses representou 61,8% do valor total registrado durante o ano. As chuvas do ano referido somaram 280 mm, o que representou um desvio percentual de -48% em relação ao valor médio de precipitação anual.

Os mecanismos produtores dos tipos de tempo sobre a Fazenda Carnaúba são bastante semelhantes àqueles observados na Fazenda Barra do Juá. Pela proximidade desses sítios experimentais, a escala de abordagem não permite uma diferenciação dos sistemas meteorológicos atuantes. Por essa razão, optou-se por manter o foco da análise atual sobre os manejos da terra empregados no convívio com a mudança sazonal dos valores de precipitação.

Figura 84 - Chuva mensal (2014) e média mensal (1978 - 2014) na Fazenda Carnaúba, Taperoá-PB



Fonte: acervo da fazenda adaptado. Organizado pelo autor

O ano de 2013 representou um grande desafio para o trabalho na fazenda, pois os valores deficitários de precipitação na quadra chuvosa, especialmente em fevereiro e março, acumularam efeitos negativos da seca que teve início no ano de 2012. Mesmo com as dificuldades de alimentação do rebanho, foi possível atravessar o ano produzindo. As estratégias para o convívio com condições de baixa disponibilidade de água incluíram ampliação do plantio de palma, utilização de cactáceas nativas (principalmente mandacaru), utilização dos campos de buffel para armazenar forragens e, no pico do período seco, utilização de bagaço de cana.

No início do ano, entre janeiro e março, a grande escassez de chuvas representou uma continuação no intenso período seco do ano anterior, forçando a fazenda a recorrer à utilização do bagaço de cana, comprado dos engenhos da Zona da Mata, consorciado ao mandacaru para alimentação do rebanho, principalmente dos bovinos e ovinos. Ao bagaço de cana, alimento bastante seco, é adicionado cal úmido para facilitar a digestão dos animais, obtendo-se o bagaço hidrolisado.

Nas figuras 85 (A) e (B) é possível observar o bagaço de cana a palma sendo preparados para servir aos animais. Por conta da escassez de pastagens, é preciso que o gado seja confinado para garantir o suprimento alimentar. Nas figuras 85 (C) e (D) observa-se um animal da raça Sindi se alimentando de pastagem de seca de Capim Buffel, e vacas Guzerá se alimentando de bagaço de cana hidrolisado no curral.

Figuras 85 - Bagaço de cana hidrolisado (A), palma (B), bezerro se alimentando de pastagem seca de Capim Buffel (C) e vacas se alimentando de bagaço de cana (D) durante o mês de janeiro de 2013 na Fazenda Carnaúba, Taperoá-PB





Fonte: acervo da fazenda. Fotos de novembro de 2013.

As chuvas retornaram durante o mês de abril, essencialmente por influência da ZCIT, que atuou em posições ao sul em sua banda dupla. Os principais eventos chuvosos estiveram concentrados nos dias 15 (49 mm) e 23 (22 mm), representando 67% do volume de chuva mensal (105 mm).

As precipitações registradas em abril amenizaram a escassez de alimentos a partir do rebrote das pastagens de Capim Buffel e da vegetação da Caatinga. Por essa razão, os animais puderam se alimentar nos pastos da fazenda, diminuindo a utilização das fontes alimentares emergenciais do bagaço da cana. No entanto, a produção de capim durante esse único mês chuvoso não gerou reservas para armazenamento de feno nos galpões da fazenda para o período climatologicamente seco.

As baixas precipitações observadas entre os meses de maio e julho, associadas à atuação de DOLs, não garantiram continuidade no desenvolvimento das pastagens iniciado com as chuvas de abril. Por isso, o retorno do período seco representou grande escassez na oferta de alimentos.

Apesar das dificuldades alimentares e emagrecimento dos animais, a fazenda manteve-se produzindo. Entre os meses de setembro e novembro os principais componentes da alimentação dos rebanhos foram o bagaço de cana e o mandacaru, exigindo uma adaptabilidade dos animais para digestão e aproveitamento de alimentos fibrosos.

O agravamento da seca que se estendia desde 2012, com valores de chuva muito abaixo dos registrados em períodos anteriores, indicavam que se iniciava um ciclo seco. Dessa maneira, era preciso planejar um reforço para a reserva alimentar dos rebanhos da fazenda. Foi então que se iniciou um trabalho de expansão dos campos cultivados com palma forrageira, planta bastante adaptada ao déficit hídrico e importante reserva alimentar na pecuária do semiárido.

A figura 86 demonstra que as palmas podem ser plantadas em tabletes, soltos no solo, os quais são obtidos dividindo as folhas em várias partes que darão origem a novos indivíduos. Dessa maneira, um único cladódio possui a capacidade de produzir novas plantas. Novos plantios foram feitos a partir de novembro de 2013, no intuito de garantir melhores condições alimentares para o gado no ano de 2014, e com o início das primeiras chuvas, em dezembro, os tabletes de palma começaram a se desenvolver.

Figura 86 - Estágios iniciais do plantio de palma em novembro de 2013 na Fazenda Carnaúba, Taperoá -PB



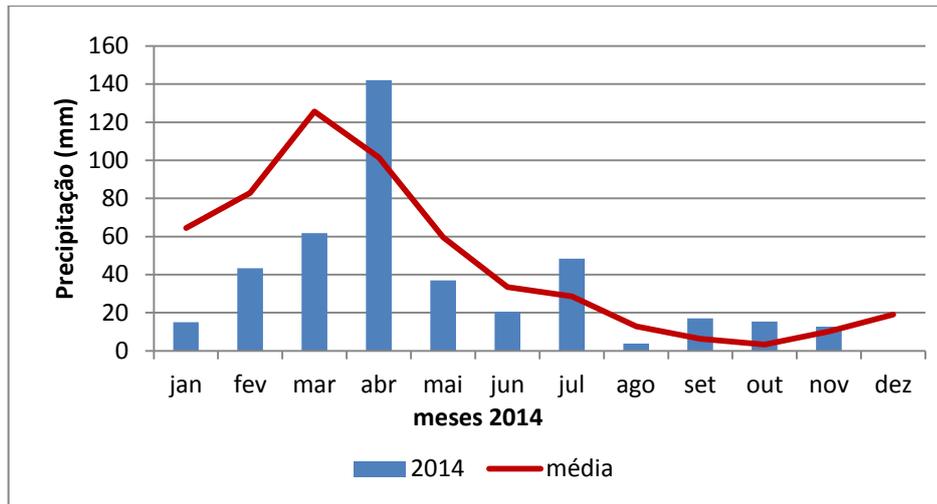
Acervo do autor.

9.2.3 O ritmo pluviométrico e os manejos agrários no ano de 2014

Em 2014 as chuvas voltaram a ocorrer com um pouco mais de intensidade, no entanto ainda estiveram abaixo da média (figura 87). As precipitações concentraram-se entre os meses de fevereiro e abril, com maiores volumes no mês de abril. A quantidade de chuva acumulada

nesses três meses representou 59,2% do valor registrado durante o ano. A precipitação de 417 mm desse ano apresentou desvio percentual de -23,9%.

Figura 87- Chuva mensal (2014) e média mensal (1978 - 2014) na Fazenda Carnaúba, Taperoá -PB

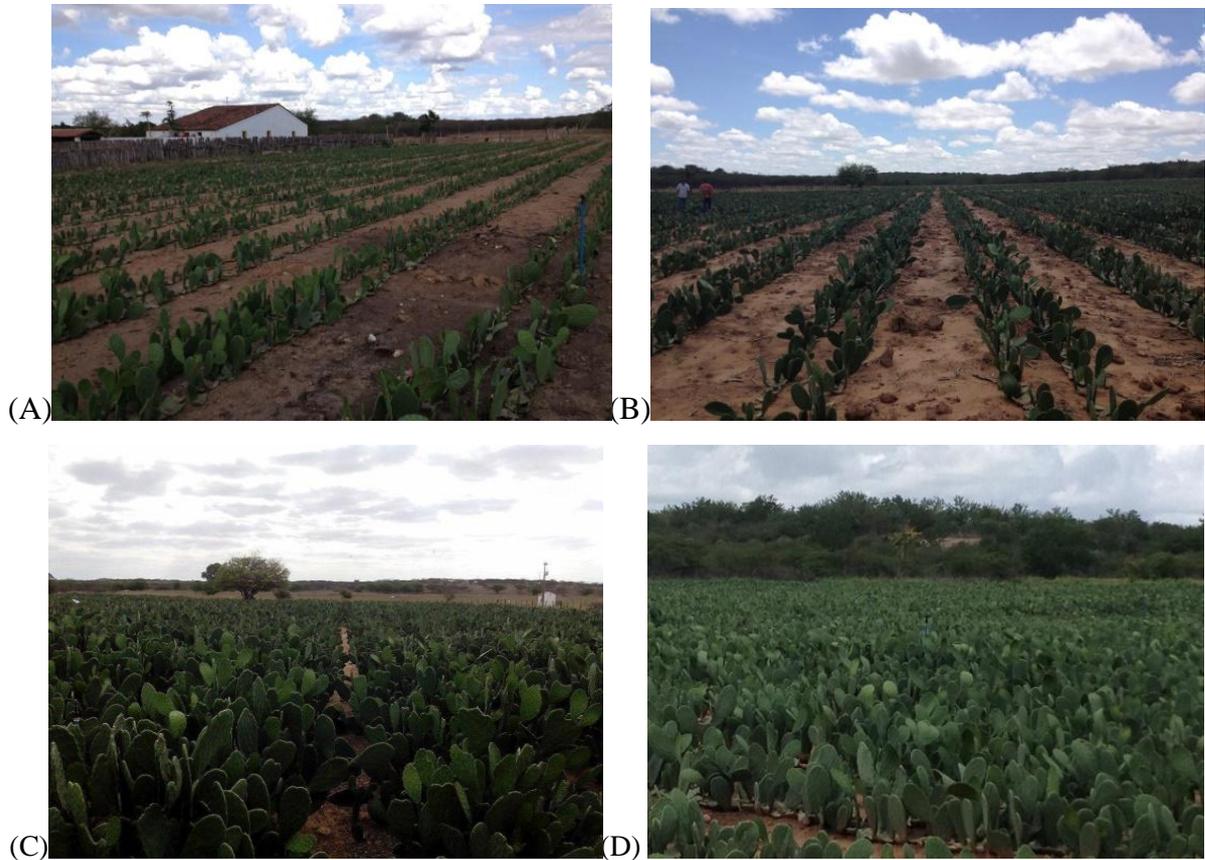


Fonte: acervo da fazenda adaptado. Organizado pelo autor

O maior volume de chuva em relação ao ano anterior e uma distribuição menos irregular gerou melhores condições para a produção de alimentos para os rebanhos. Durante os meses de março e abril, as chuvas ocasionadas pela ZCIT contribuíram para o desenvolvimento das pastagens e para os plantios de palma que iniciaram em novembro de 2013.

A figura 88 mostra o desenvolvimento progressivo do plantio de palma durante o ano, apesar da restrita disponibilidade de água. Esse cultivo ampliou a oferta de alimentos na fazenda para atravessar o período seco.

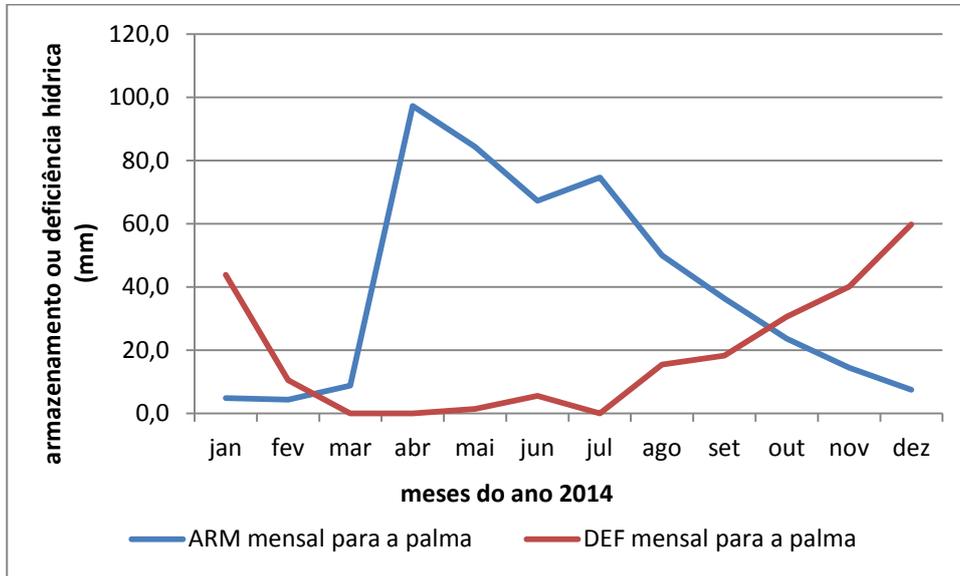
Figura 88 - Crescimento progressivo do palmal adensado em fevereiro (A), abril (B), setembro (C) e novembro (D) de 2014 na Fazenda Carnaúba, em Taperoá -PB



Fonte: acervo da Fazenda Carnaúba.

Os dados referentes ao balanço hídrico do cultivo da palma (figura 89), no posto da Fazenda Carnaúba, demonstram a alta capacidade dessa planta de absorver água e evitar perdas por evapotranspiração. O armazenamento de água solo disponível para a palma teve seus valores mais elevados nos meses de abril (97 mm), maio (84,3 mm), junho (67,3 mm), julho (74 mm) e agosto (50 mm), garantindo o desenvolvimento dos plantios do ano anterior. As maiores deficiências ocorreram no início do ano entre outubro e dezembro.

Figura 89 - Armazenamento mensal (ARM) e deficiência hídrica mensal (DEF) de água no solo durante o ano de 2014 para os cultivos de palma na Fazenda Carnaúba, Taperoá-PB



Fonte: adaptado AESA. Organizado pelo autor

Os pastos de Capim Buffel, especialmente aqueles localizados nos terrenos aluviais do Rio Taperoá, responderam às precipitações registradas entre abril e julho. Nesse ano, o volume de capim produzindo foi suficiente para ser armazenado na forma de feno, como pode ser observado na figura 83, garantindo o suprimento alimentar do gado em parte do período seco. Ao mesmo tempo, essas áreas de plantio do capim puderam ser utilizadas para pastejo direto durante a quadra chuvosa e início do período seco.

Figura 90 - Colheita do feno de Capim Buffel (A e B) e pastagem (C) no final de maio de 2014 na Fazenda Carnaúba, Taperoá- PB





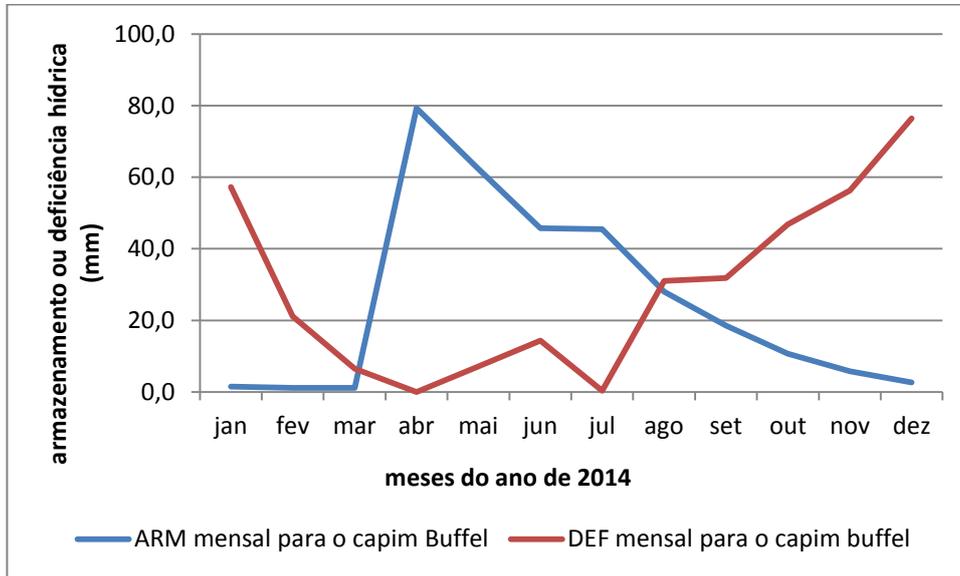
(C)

Fonte: acervo da Fazenda Carnaúba

O desenvolvimento das pastagens de Capim Buffel, apesar dos baixos índices pluviométricos, se deve ao seu mecanismo eficiente de absorver água e evitar perda por evapotranspiração. Dessa maneira, é uma gramínea tropical adaptada aos ambientes secos e quentes, com alta capacidade de resposta aos eventos pluviométricos.

A figura 91 é referente aos dados de armazenamento de água no solo e deficiência relativos ao cultivo de Capim Buffel na Fazenda Carnaúba, nela é possível observar que as chuvas proporcionaram recargas de água no solo utilizáveis pelo capim. Os maiores índices de armazenamento ocorreram nos meses com maior desenvolvimento das pastagens, com destaque para abril (79 mm), maio (62 mm), junho (45 mm) e julho (45 mm). As deficiências mais expressivas ocorreram nos dois primeiros meses do ano e durante todo o período seco, no mês de janeiro e entre agosto e dezembro.

Figura 91 - Armazenamento mensal e deficiência hídrica no solo para os cultivos de Capim Buffel na fazenda Carnaúba no ano de 2014, Taperoá-PB



Fonte: adaptado AESA. Organizado pelo autor

Apesar das dificuldades em consequência da seca que se estende desde o ano de 2012, a utilização de técnicas e elementos biológicos adaptados ao clima semiárido, foi possível continuar produzindo. Portanto, o planejamento que garanta um desenvolvimento adequado dos manejos agrários deve considerar o clima, seu ritmo e variabilidade nas variadas escalas temporais.

10 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A Bacia Hidrográfica do Rio Taperoá possui o clima condicionado por fatores dinâmicos da atmosfera, com seus principais centros de ação representados pela ZCIT e pelos anticiclones do Atlântico (ASAS e ASAN). Esses condicionantes da escala de circulação primária em consórcio com as características geográficas da bacia hidrográfica produzem diferenciações climáticas, principalmente quanto ao volume e distribuição espaço-temporal das chuvas.

A interação termodinâmica entre a atmosfera e os oceanos modifica os padrões de circulação e precipitação sobre a área estudada. Nesse contexto destacam-se fenômenos como o ENOS e GRADT, capazes de gerar variabilidade climática em escalas locais, regionais ou até mesmo globais. No presente estudo, os índices de correlação demonstraram maiores níveis de correlação entre as anomalias de TSM no Pacífico, especialmente as regiões 3 e 3.4 do El Niño, e a precipitação. O setor oriental da bacia hidrográfica foi o que apresentou maiores relações com as anomalias de TSM do Pacífico, coincidindo com as áreas mais secas da área de estudo.

Apesar de não ter sido encontrada correlação significativa entre os dados de TSM no Atlântico e a chuva sobre a bacia, não se descarta a influência do GRADT sobre a variabilidade pluviométrica sobre a bacia hidrográfica do Rio Taperoá. Como tipo de resposta da dinâmica atmosférica aos padrões térmicos dos oceanos nem sempre segue uma linearidade, o clima funciona como um sistema complexo e a tentativa de isolar as partes para melhor compreendê-las sempre ocasionará algum tipo de deficiência. Portanto, apesar de terem sido feitos esforços no sentido de compreender essas relações complexas, é importante reconhecer as limitações desse estudo de correlação linear e reforçar a necessidade de aprofundamentos sobre o tema.

A variabilidade do clima semiárido é um desafio para as atividades agropecuárias, na medida em que os longos períodos de estiagem são prejudiciais ao desenvolvimento de muitas espécies de plantas e animais que dependam de uma disponibilidade regular hídrica durante seu ciclo de desenvolvimento, como o milho e o feijão. Os dados referentes às necessidades hídricas das culturas agrícolas e dos balanços hídricos demonstram que a disponibilidade de água da chuva, e aquela armazenada no solo, são insuficientes para garantir o desenvolvimento de espécies que exijam grandes volumes e regularidade hídrica.

No entanto, fica evidente que o emprego de tecnologias apropriadas às características ecológicas locais permite que a convivência com o clima ocorra de maneira muito mais

harmônica. Algumas experiências de manejos que buscam utilizar elementos biológicos nativos e exóticos adaptados às condições ecológicas do ambiente semiárido têm tido maior êxito, conseguindo produzir e conservar melhor os recursos ambientais. Nessa perspectiva, destacam-se manejos agroecológicos e agrossilvipastoris os quais permitem melhores condições de conservação dos solos, e melhor utilização e aproveitamento das potencialidades da Caatinga.

Nas fazendas Barra do Juá e Carnaúba, localizadas no alto curso da Bacia Hidrográfica do Rio Taperoá, optou-se pelo manejo de elementos biológicos nativos e exóticos, ao ambiente, adaptados às condições climáticas locais, e mesmo em um período de seca extrema (2012 - 2014) foi possível manter as atividades das fazendas. A partir das experiências vivenciadas foi possível destacar alguns aspectos importantes quanto ao manejo da terra em climas semiáridos do Nordeste Brasileiro:

- 1) É essencial planejar as atividades agrárias conhecendo bem o ritmo climático, para que a produção não seja prejudicada nos períodos de escassez das chuvas;
- 2) Desenvolver estudos e manejos agrários que valorizem a utilização e conservação da vegetação da Caatinga;
- 3) O desmatamento desordenado pode acelerar os processos erosivos, decorrentes do regime torrencial de precipitação, diminuindo a fertilidade dos solos;
- 4) Aperfeiçoar o desenvolvimento de tecnologias coerentes com as características socioambientais.

Por essa razão, a compreensão do clima enquanto elemento essencial no processo produtivo é um caminho importante, na medida em que contribua com o aprimoramento técnico, assim como promova uma maior abrangência social das práticas de convivência. Portanto, é importante o desenvolvimento de iniciativas que promovam o aperfeiçoamento tecnológico (muitas vezes simples) através de um conhecimento construído a partir da lógica de convivência com as características geográficas das diferentes unidades de paisagem das distintas bacias hidrográficas do semiárido.

REFERÊNCIAS

- AB´SABER, A. N. O domínio morfoclimático semiárido das caatingas brasileiras. Série Geomorfológica 43. São Paulo: USP, 1974.
- _____. Sertões e Sertanejos: uma geografia humana sofrida. **Revista Estudos Avançados** (USP/IEA) v. 13, n. 36, p. 7-59 (1999).
- _____. **Os Domínios da Natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas**. São Paulo: Ateliê Editorial, 2003.
- AESA. Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba. Disponível em: <http://www.aesa.pb.gov.br>.
- ALMEIDA, E. **História de Campina Grande**. 2 ed. João Pessoa; ed. Universitária da UFPB, 1979.
- ALTIERI, M. A. **Agroecology: the science of sustainable agriculture**. Boulder CO: Estview Press; 1995.
- ANDRIUCCI, L. R., SANT´ANNA NETO, J. L., FERREIRA, M. E. C. Análise da variabilidade e tendência chuvas e a descrição da produção agrícola na bacia do Rio Pirapó –PR. **Boletim de Geografia**. 20 (2): 41-47, 2002.
- ANEAS DE CASTRO, S. D. Riesgos y peligros: una visión desde la Geografía. Scripta Nova: **Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales**, Barcelona, n.60, p.1-15, 2000.
- ARAGÃO, J.O.R. O impacto do ENOS e do Dipolo do Atlântico no Nordeste Brasil. **Bulletin Institute Français Études Andines**, Paris. V 27, n.3, p. 839-844 (1998).
- ARAÚJO FILHO JA, SOUSA FB, CARVALHO FC. Pastagens no semi-árido: pesquisa para o desenvolvimento sustentável. In: **Anais do Simpósio sobre Pastagens nos Ecossistemas Brasileiros: pesquisa para o desenvolvimento sustentável**; 1995, Brasília. Brasília/DF: SBZ; 1995. p.63-75.
- _____. Sistemas de produção agrossilvipastoril para o semi-árido nordestino. In: Carvalho MM, Bressan M, editores. **Sistemas agroflorestais pecuários na América do Sul**. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite; 2000.
- _____. O Bioma Caatinga. In: Falcão SOBRINHO, J.F.; FALCÃO, C.L.C. **Diversidades, fragilidades e potencialidades**. Sobral gráfica, 2006. p49-70.
- BARROS, J. R; ZAVATTINI, J. A. Bases conceituais em climatologia geográfica. Mercator – **Revista de Geografia da UFC**, ano 08, número 16, 2009.
- BRYANT, J.P.(1991). Natural Hazards. **Cambridge University Press**, Cambridge (1991).
- BROUWER,C.;HEIBLOEN, M. **Irrigation Water Manegment: Irrigation Water Needs**. In: Crop Water Needs. FAO, 1986. Disponível em: <http://www.fao.org/docrep/s2022e/s2022e00.HTM#Contents>
- CAMPANHA, M.M.,AGUIAR, M.I., MAIA, S.M.F., OLIVEIRA, T.S., MENDONÇA, E.S., ARAÚJO FILHO, J.A. Perdas de solo, água, e nutrientes pela erosão hídrica em diferentes sistemas de manejos agroflorestais no semiárido cearense. **Embrapa Caprinos e Ovinos – circular técnica** n.37. (2008).

CARVALHO, V. C. de; FREITAS, M. W. D. de. Mapeamento das paisagens em nível de geossistema de três áreas representativas do bioma Caatinga. In: **Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, 12, 2005, Goiânia. Anais. Goiânia: INPE, p.2087-2099, 2005.

CAVALCANTI, E.P. e SILVA, E.D.V. Estimativa da temperatura do ar em função das coordenadas locais. **VIII Congresso Brasileiro de Meteorologia e II Congresso Latino-Americano e Ibérico de Meteorologia**. Sociedade Brasileira de Meteorologia. Belo Horizonte, outubro de 1994. 154-157. 1994.

CHANG, T.J. (1991). Investigation of precipitation droughts by use of Kringing methodo. **J. Irrigation Drain Engineering**; ASCE, v.6, p.935-943 (1991).

CLAUSEN, B.; PEARSON, C.P. Regional frequency analysis of anual maximum streamflow drought. **Journal of Hidrology**. V.173, p.111-130 (1995).

CORRÊA, A. C. B.; TAVARES, B.A.C.; MONTEIRO, K.A.; CAVALCANTI, L.C.S.; LIRA, D.R. Megageomorfologia e morfoestrutura do Planalto da Borborema. *Revista do Instituto Geológico, São Paulo*. V.31 (1/2), p.35-52 (2010).

CORREA, B., SIMÕES, S.D.V., FILHO, J.M.P., AZEVEDO, S.S.A, MELO, D.B., BATISTA, J.A., NETO, E.G.M., CORREA, F.R. Sistemas reprodutivos de caprinocultura leiteira no semiárido paraibano: caracterização, principais limitantes e avaliação de estratégias de intervenção. **Revista de Pesquisa Veterinária Brasileira**. V.33, n.3, p.345-352. (2013)

DANTAS NETO, J. D. Necessidades hídricas e eficiência de uso de água pelo Capim Buffel. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**. V.4, n. 2, p. 25-28 (1996).

DOORENBOS, J.; KASSAM, A.H. Yield response to water. *FAO Irrigation and Drainage Paper N° 33*. Rome, **FAO**. 193 p., 1979. Efeito da água no rendimento das culturas. Campina Grande: UFPB, 306 p., 1994. Tradução de H.R.Gheyi, A.A. de Souza, F.A.V. Damasceno d J.F. de Medeiros.

DUQUE, J.G. **O Nordeste e as Lavouras Xerófilas**. Mossoró: Escola de Agricultura, 1980.

Ely, D.F. Teoria e métodos da climatologia geográfica brasileira: uma abordagem sobre seus discursos práticos. (Tese de Doutorado) Presidente Prudente, 2006.

EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2ª ed. Rio de Janeiro: Embrapa solos, 2006.

Food and Agriculture Organization, 1983. Guidelines: Land evolution for Rainfed Agriculture. **FAO soils Bulletin** 52, Rome.

FRANCISCO, P. R. M. **Classificação e mapeamento das terras para mecanização do Estado da Paraíba utilizando sistemas de informações geográficas**. 122f. Dissertação (Manejo de Solo e Água). Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba. Areia, 2010.

FRANCISCO, P. M. Modelo de mapeamento da deterioração do Bioma Caatinga da Bacia Hidrográfica do Rio Taperoá, PB. **Tese de Doutorado** – Programa de pós graduação em Engenharia Agrícola, Campina Grande, 2013.

FREITAS, M. A. S. A Previsão de Secas e a Gestão Hidroenergética: O Caso da Bacia do Rio Paraíba no Nordeste do Brasil. In: Seminário Internacional sobre Represas y Operación de Embalses, 2004, Puerto Iguazú. **Anais do Seminário Internacional sobre Represas y Operación de Embalses**. Puerto Iguazú: CACIER, v. 1, 2004.

_____. Um Sistema de Suporte à Decisão para o Monitoramento de Secas Meteorológicas em Regiões Semi-Áridas. **Revista Tecnologia**, Fortaleza, v. Suplem, 2005.

GIULIETTI, A.M., CONCEIÇÃO, A., QUEIROZ, L.P. **Diversidade e caracterização das fanerógamas do Semiárido Brasileiro**. Associação Plantas do Nordeste: Recife, 2006.

GUIMARÃES, A. P. **Dinâmica da resposta espectral da vegetação de caatinga na bacia hidrográfica do açude Soledade, utilizando técnicas de sensoriamento remoto**. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal da Paraíba. Areia, 2009.

GUTIÉRREZ, A. P. A.; ENGLE, L.N.; NYS, E.; MOLEJÓN C.; MARTINS; E.S. (2013). Drought preparedness in Brazil. **Weather and climate extremes**; v.3, p.95-106 (2014).

HASTENRATH, S. (2004). Circulation and teleconnection mechanisms of Northeast Brazil droughts. *Progress in Oceanography*, v.70, p.407-415 (2006)

HOLANDA J.R. E.V., ARAÚJO G.G.L. O papel dos caprinos e dos ovinos deslançados na agricultura familiar. In: **Anais de 41ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia**; 2004, Campo Grande. Campo Grande: SBZ; 2004. p.43-54.

HOWDEN, M.; SCHROETER, S.; CRIMP, S.; HANIGAN, I. (2014). The changing roles Science in managing Australian droughts: An agricultural perspective. **Weather and climate extremes**; v.3, p.80 - 89 (2014).

IBGE. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. 2010. Disponível em <http://www.ibge.gov.br>.

KAYANO, M. T.; ANDREOLI, R.V. Decadal variability of northern Brazil rainfall and its relation to tropical sea surface temperature and global sea level pressure anomalies. **J. Geophys. Res.** V.109, n C11011 (2004).

KAYANO, M. T.; ANDREOLI, R. V. Relationships between rainfall anomalies over northeastern Brazil and the El Niño – Southern Oscillation. **J. Geophys. Res.** V. 111, n. D13102 (2006).

KAYANO, M. T; ANDREOLI, R. V. Clima da região Nordeste do Brasil. In: CAVALCANTI, Iracema F. A. et al. **Tempo e clima no Brasil**. São Paulo: Oficina de textos, 2009.

KOGAN, F.N. (1997). Global Drought Watch from Space. **Am. Meteorol. Soc.** 78, 621-636. (1997).

LANDIM, P. M. B. **Introdução aos métodos de estimação espacial para confecção de mapas**. Rio Claro: UNESP, 2000. 20 p.

LIMA, G.F.C. Alternativas de produção e conservação de recursos forrageiros estratégicos no semi-árido nordestino [CD-ROM]. In: **Anais do 1º Encontro Nacional de Produção de Caprinos e Ovinos**; 2006, Campina Grande. Campina Grande: SEDAP; SEBRAE; INSA; ARCO; 2006.

MARANDOLA JR., E.; HOGAN, D. J. Natural hazards: o estudo geográfico dos riscos e perigos. *Ambiente & Sociedade*, Campinas, v. VII, n. 2, p. 95-110, 2004a.

MARENCO, J.A. Vulnerabilidade, impactos e adaptação à mudança do clima no semiárido do Brasil. **Parcerias Estratégicas**; Brasília, n. 27, p. 149-176 (2008).

MARTINS, J.C.R., MENEZES, R.S.C., SAMPAIO, E.V.S.B., SANTOS, A.F.S., NAGAI, M.A. (2012). Produtividade de biomassa em sistemas agroflorestais e tradicionais no Cariri Paraibano. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola**; v.17,n.6, p. 581-587 (2013).

MATALLO JUNIOR, H. A desertificação no mundo e no Brasil. In: SCHENKEL, C. S. e MATALLO JR, H (Org). **Desertificação**. Brasília: UNESCO, 2003.

MENDONÇA, F.; DANI-OLIVEIRA, I. M. **Climatologia: noções básicas e climas do Brasil**. Editora: oficina de textos, 2007.

MISHRA, A.K.; SIGH, V.P. A review of drought concepts. **Journal of hydrology**. V. 391, p.202-216 (2010).

MOLLION, L. C. B; BERNARDO, S. O. Uma revisão da dinâmica das chuvas no Nordeste brasileiro. **Revista Brasileira de Meteorologia**, Rio de Janeiro, V. 17, n. 1, p. 1-10, 2002.

MONTEIRO, C.A.F. Da necessidade de um caráter genético à classificação climática (algumas considerações metodológicas a propósito do estudo do Brasil Meridional) **Revolução Geográfica** – Rio de Janeiro, v.31, n.57, 1962.

_____. **A frente polar atlântica e as chuvas de inverno na fachada suloriental do Brasil: contribuição metodológica à análise rítmica dos tipos de tempo no Brasil**. São Paulo: Série Teses e Monografias (1).USP/IGEOG, 1969.

_____. **Análise Rítmica em Climatologia**. Climatologia, USP/IG, São Paulo, nº1,1971.

_____. Teoria e clima urbano. São Paulo, **Série Teses e Monografias**, 25 USP/IGEOG, 1976.

_____. De Tempos e Ritmos: entre o cronológico e o meteorológico para a compreensão geográfica dos climas. **Geografia**, Rio Claro, Vol. 26 (3): 131-154, dezembro 2001.

MOREIRA, E.; TARGINO, I. **Capítulos de geografia agrária da Paraíba**. João Pessoa: ed. Universitária da UFPB, 1979.

MOURA, A. D.; SHUKLA, J. On the dynamics of droughts in Northeast Brazil: observations, theory, and numerical experiments with a general circulation model. **Journal Atmospha Science**; v.38, n.12, p.2653-2675 (1981).

NEIVA, E.J.F. An investigation of wave-type disturbances over the Tropical South Atlantic. **Dissertação de mestrado em Meteorologia** – Naval Post Graduate School, Moterrey, California, USA, 1975.

PAES-SILVA, A. P.; CHAVES, I. B.; SAMPAIO, E. V. S. B. Cobertura vegetal da bacia hidrográfica do Açude Namorado no cariri oriental paraibano. **Agropecuária Técnica**. v. 24, n.1, p.47-59, 2003.

PARAÍBA. Secretaria de Estado da Ciência e Tecnologia e do Meio Ambiente. **Agência Executiva de Gestão de Águas do Estado da Paraíba, AESA**. PERH-PB: Plano Estadual de Recursos Hídricos: Resumo Executivo e Atlas. Brasília, 2006. 112p.

PINKAYAN, S. **Conditional probabilities of occurrence of Wet and Dry Years Over a Large Continental Area**. Colorado: State University, Boulder-Co, 1966. (Hidrology papers, n. 12).

PINKEYE, S. (1966). Conditional Probabilities of occurrence of wet and dry years over Callins, **Colorado** (1966).

QUEIROZ, M. G. Desempenho produtivo e parâmetros agrometeorológicos da palma forrageira, clone Orelha de Elefante Mexicana, no Semiárido Brasileiro. **Dissertação de Mestrado** – Programa de pós graduação em meteorologia agrícola, Viçosa, Minas Gerais, 2014.

- REIS, R.A.; MOREIRA, A.L.; PEDREIRA, M.S. Técnicas para a produção e conservação de fenos e forrageiras de alta qualidade. **Anais do Simpósio de Produção e Utilização de Forragens Conservadas**. Maringá: UEM/CCA/DZO, 2001.
- ROOY, M.P. VAN. **A Rainfall Anomaly Index Independent of Time and Space**, Notes, 14, 43, 1965.
- SAMPAIO, E.V.S.B.; ARAÚJO, M.S.B.; SALCEDO, I. H.; MENEZES, R.S.C. **Agricultura sustentável no Semiárido Nordeste**. 1 ed. Recife: UFPE, 2009, 152 P.
- SAMPAIO, E. V. S. B.; SAMPAIO, Y. S. B.; ARAÚJO, S. B.; SAMPAIO, G. R. Desertificação no Brasil: conceitos, núcleos e tecnologias de recuperação e convivência. Recife: Ed. Universitária, 2003. 202p.
- SANT'ANNA NETO, J.L. Clima e organização do espaço. **Boletim de Geografia**. V.16 n.1, São Paulo, 1998.
- _____. A gênese da climatologia no Brasil: o despertar de uma ciência. **Geografia**, Rio Claro, v. 28, n. 1, p. 5-27, jan./abr 2003.
- _____. Da climatologia geográfica à geografia do clima: gênese, paradigmas e aplicações do clima como fenômeno geográfico. **Revista da ANPEGE**. V.4,2008.
- SANTOS, P.M., VOLTOLINI, T.V., CAVALCANTI, A.C.R., PEZZOPANE, R.M., MOURA, M.S.B., DA SILVA, T.G.F., BETTIOL, G.M., CRUZ, P.G. (2011). Mudanças climáticas e a pecuária: cenários futuros para o semiárido brasileiro. **Revista Brasileira de Geografia Física**. V.06, p.1176-1196. (2011)
- SARAVANAN, R.; CHANG, P. Interaction between Tropical Atlantic variability and El Niño – Southern Oscillation. **Journal of climatology**. v.13, n.13, p. 2177-2194 (2000).
- SARMENTO, E. C.; WEBER, E.; HASENACK, H. **Avaliação da situação da cobertura florestal na Bacia do Rio Cadeia/Feitoria e identificação de áreas críticas usando técnicas de geoprocessamento**. UFRGS. Centro de Ecologia, 2001.
- SEABRA, V. S.; XAVIER, R. A.; DAMASCENO, J.; DORNELLAS, P. C. (2013) Mapeamento de uso e cobertura do solo na Bacia do Rio Taperoá: região semiárida do estado da Paraíba. **Revista Caminhos de Geografia**. V.15, n. 50, p. 127 – 137 (2014).
- SERVAIN, J. Simple climatic indices for the tropical Atlantic ocean and some applications. **J. Geophys. Res.** V.96, n. C8, p. 15137 – 15146 (1991).
- SILVA, Roberto Marinho Alves. **Entre o Combate a Seca e a Convivência com o Semi-Árido: transições paradigmáticas e sustentabilidade do desenvolvimento**. (Tese de Doutorado). Brasília: UNB, 2006, 298p.
- SINGH, N. P.; BYJESH, C.B. (2013). Vulnerability and policy relevance to drought in the semiarid tropics of asia – a retrospective analysis. **Weather and climate extremes**; v.3, p.54-61 (2014).
- SHIFERAW, B.; TESFAYE, K.; KASSIE, M.; ABATE, T.; PRASANNA, B.M.; MENKIR, A. (2013). Managing vulnerability to drought and enhancing livelihood resilience in sub-Saharan Africa: Technological, institutional, and policy options. **Weather and climate extremes**; v.3, p. 67-79 (2014).

SUASSUNA, J. (2007). Semiárido: proposta de convivência com a seca. **Caderno de estudos sociais**, v.23, n.1 -2, p 135-148 (2007).

SORRE, M. **Lês fondements de La Géographie humaine**. Paris: Armand Colin, 1951.

SOUZA, B. I. DE; SUERTEGARAY, D. M. A.; LIMA, E. R. V. de. Desertificação e seus efeitos na vegetação e solos do Cariri Paraibano. **Mercator**, v.8, n.16, p.217-232, 2009.

SOUZA, B.I. **Cariri paraibano: do silêncio do lugar à desertificação**. Tese de Doutorado. Programa de Pós-Graduação em Geografia – UFRGS, Porto Alegre, 2008.

THORNTHWAITE, C.W.; MATHER, J.R. **The water balance**. **Publications in Climatology**, New Jersey: Drexel Institute of Technology, 104p, 1955.

Wilhite, D.A.(2000). Drought: a global assessmet. **Routledge**, New York. Vol 1, p.1-18.(2000)

XAVIER, T. de M. B. S; XAVIER, A. F. S; ALVES, J. M. B. **Quantis e eventos extremos: aplicações em ciências da terra e ambientais**. Fortaleza: RDS, 2007.

YAMAZAKI, Y.;RAO, V.B. Tropical cloudiness over South Atlantic Ocean. **Journal of Meteorology Society Japan**, v.55, n.2, p. 205-207 (1977).