



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA**

YRVING BRANDÃO FERREIRA

**USO DO BALANÇO HÍDRICO CLIMATOLÓGICO COMO FERRAMENTE DE
GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS EM CANINDÉ - CE**

FORTALEZA - CE

2017

YRVING BRANDÃO FERREIRA

USO DO BALANÇO HÍDRICO CLIMATOLÓGICO COMO FERRAMENTA DE
GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS EM CANINDÉ - CE

Monografia apresentada ao Curso de Geografia do Centro de Ciências da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Geografia.

Orientadora: Prof. Dr. Marta Celina Linhares Sales

FORTALEZA

2017

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

F444u Ferreira, Yrving Brandão.

Uso do balanço hídrico climatológico como ferramenta de gestão dos recursos hídricos em Canindé - CE / Yrving Brandão Ferreira. – 2017.

91 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências, Curso de Geografia, Fortaleza, 2017.

Orientação: Profa. Dra. Marta Celina Linhares Sales.

1. Déficit. 2. Gestão dos recursos hídricos. 3. Canindé. 4. Balanço hídrico. I. Título.

CDD 910

YRVING BRANDÃO FERREIRA

USO DO BALANÇO HÍDRICO CLIMATOLÓGICO COMO FERRAMENTE DE
GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS EM CANINDÉ - CE

Monografia apresentada ao Curso de Geografia do Centro de Ciências da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Geografia.

Aprovada em: ___/___/_____.

BANCA EXAMINADORA

Prof^a. Dr. Marta Celina Linhares Sales (Orientadora)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Sullivan Pereira Dantas (Examinador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Antonio Ferreira Lima Junior (Examinador)
Universidade Estadual do Ceará (UFC)

A Deus.

Aos meus pais, Gilberto e Maria Augusta.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por ter me guiado e protegido durante toda a minha vida, e por ter me dado o maior presente de todos, uma família maravilhosa.

Aos meus pais, Gilberto Moreira Ferreira e Maria Augusta Brandão Ferreira, pelo amor incondicional, apoio em todas as minhas decisões, e pelos momentos inesquecíveis compartilhados.

A minha irmã, pelo carinho e compreensão em todos os momentos difíceis na minha vida.

A meu avô, Francisco Moreira de Souza (*in memoriam*), pelas lições de vida, exemplo de caráter e humildade, e pela alegria que sempre compartilhava com todos.

A minha companheira, Larisse Freitas Soares, pela dedicação e apoio em todos os dias desde que nos conhecemos, por seu carinho e amor sem tamanho, e por ter me ensinado que quando existe amor o impossível deixa de existir.

A todos os meus tios, tias, primos, que sempre me ajudaram e me orientaram a ser uma pessoa mais íntegra e de caráter.

Aos meus amigos de curso, por todos os bons momentos vividos, pelas discussões, e aprendizado compartilhado.

A Juliana Rodrigues, pela amizade sincera, pelos conselhos, e por todas as risadas que demos juntos.

A Prof^a Dr. Marta Celina Linhares Sales, por todas as orientações na Graduação, e pelo exemplo de profissionalismo e humildade sempre demonstrados.

A banca examinadora Prof. Dr. Sullivan Pereira Dantas e Prof. Antonio Ferreira Lima Junior, pelas orientações e pelo constante empenho nas sugestões de melhorias para a pesquisa.

A meus amigos, Jocelia, Nayane, e Moisés, por todas as broncas, e momentos felizes que passamos em toda a graduação.

O Nordeste é uma beleza,
mas a seca ainda racha,
só Jesus na sua grandeza,
nessa dor passa a borracha,
e quem protege a natureza,
nunca vai faltar na mesa,
nem que seja uma bolacha.

(Guibsom Medeiros)

RESUMO

Diante do quadro histórico e socioeconômico de grandes prejuízos e degradação ambiental ocasionados pela seca e pela má gestão dos recursos hídricos no Ceará. Muitas pesquisas e projetos com o intuito de compreender o regime hidroclimático dos seus municípios surgiram, como forma de entender as potencialidades e limitações das diferentes áreas, e dessa forma auxiliar a criação e a manutenção de políticas públicas de desenvolvimento socioeconômico e preservação ambiental. O objetivo deste trabalho foi estudar o regime hídrico do município de Canindé, através do cálculo do balanço hídrico climatológico, e da delimitação de anos padrão: seco, habitual, e úmido, em uma série histórica de 1974 a 2004. Foram definidas quatro estações pluviométricas dentro dos limites do município, onde foram obtidos os dados de precipitação correspondes aos anos padrão obtidos anteriormente. Os valores de temperatura foram estimados através do software Celina de acordo com a latitude, longitude, e altitude do município. Com esses dados de temperatura e precipitação como valores de entrada para o cálculo do balanço hídrico, foram geradas as variáveis evapotranspiração real, potencial, excedente, e déficit hídrico. Que através de um software SIG foram espacializadas, analisadas e discutidas. Foi possível concluir que a perda de água por evapotranspiração em Canindé é muito maior que o volume de entrada de precipitação durante o ano. E que mesmo durante os anos úmidos por conta da irregularidade espacial e temporal da precipitação Canindé ainda demonstra altos valores de déficit hídrico. Sendo um município que sofre constantemente com a falta de água, dificuldades no desenvolvimento de sua agricultura familiar, e de seus demais setores produtivos. Necessita de políticas públicas em caráter de urgência para evitar a degradação ambiental acelerada, uma gestão mais otimizada e eficiente dos recursos hídricos, e investimentos no desenvolvimento social, econômico, e técnico da população, para uma convivência mais harmoniosa e sustentável com o semiárido.

Palavras-chave: Déficit. Gestão dos Recursos Hídricos. Canindé. Balanço Hídrico.

ABSTRACT

In view of the historical and socioeconomic picture of great damages and environmental degradation caused by drought and the poor management of water resources in Ceará. Many researches and projects aimed at understanding the hydroclimatic regime of their municipalities have emerged as a way of understanding the potentialities and limitations of the different areas and thus help to create and maintain public policies for socioeconomic development and environmental preservation. The objective of this work was to study the water regime of the municipality of Canindé by calculating the climatological water balance and the delimitation of standard years: dry, usual, and humid, in a historical series from 1974 to 2004. Four rainfall stations were defined within the limits of the municipality, where precipitation data were obtained correspond to the standard years obtained previously. The temperature values were estimated using the software Celina according to the latitude, longitude, and altitude of the municipality. With these data of temperature and precipitation as input values for the calculation of the water balance, the variables evapotranspiration, potential, surplus, and water deficit were generated. That through GIS software were spatialized, analyzed and discussed. It was possible to conclude that the water loss due to evapotranspiration in Canindé is much larger than the precipitation input volume during the year. And that even during the wet years due to the spatial and temporal irregularity of the Canindé rainfall still shows high values of water deficit. Being a municipality that suffers constantly from lack of water, difficulties in the development of its family agriculture, and of its other productive sectors. It needs public policies as a matter of urgency to avoid accelerated environmental degradation, a more optimized and efficient management of water resources, and investments in the social, economic, and technical development of the population, for a more harmonious and sustainable coexistence with the semi-arid.

Keywords: Deficit. Management of Water Resources. Canindé. Hydric Balance.

LISTA DE FIGURAS

Figura – 1 Delimitação do município de Canindé	39
Figura – 2 Distribuição de solos em Canindé.....	42
Figura – 3 Drenagem hídrica em Canindé.....	48
Figura - 4. Etapas de desenvolvimento da pesquisa.....	52
Figura – 5 Mapa Hipsométrico de Canindé.....	62
Figura – 6 Valores de Temperatura de Canindé e sua distribuição.....	64
Figura – 7 Distribuição precipitação em Canindé no ano de 1983.....	65
Figura – 8 Distribuição evapotranspiração potencial Canindé em 1983.....	67
Figura – 9 Distribuição evapotranspiração real em Canindé no ano de 1983.....	68
Figura – 10 Excedente hídrico em Canindé no ano de 1983.....	69
Figura- 11 Deficiência hídrica em Canindé no ano de 1983.....	70
Figura – 12 Distribuição precipitação em Canindé no ano de 1984.....	72
Figura – 13 Distribuição evapotranspiração potencial Canindé em1984.....	73
Figura – 14 Distribuição evapotranspiração real em Canindé em1984.....	74
Figura – 15 Excedente hídrico em Canindé no ano de 1984.....	75
Figura – 16 Deficiência hídrica em Canindé no ano de 1984.....	76
Figura – 17 Distribuição precipitação em Canindé no ano de 1986.....	78
Figura – 18 Distribuição evapotranspiração potencial Canindé em 1986.....	80
Figura – 19 Distribuição evapotranspiração real em Canindé no ano de 1986.....	81
Figura – 20 Excedente hídrico em Canindé no ano de 1986.....	82
Figura – 21 Deficiência hídrica em Canindé no ano de 1984.....	83

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANA	Agência Nacional de Águas
BHC	Balanço Hídrico Climatológico
BNB	Banco do Nordeste do Brasil
CAD	Capacidade de Armazenamento de Água do Solo
CCM	Complexos Convectivos de Mesoescala
CHESF	Companhia Hidroelétrica do São Francisco
COGERH	Companhia de Gestão de Recursos Hídricos do Ceará
CONAMA	Conselho Nacional de Meio Ambiente
CVSF	Comissão do Vale do São Francisco
DNOCS	Departamento Nacional de Obras Contra a Seca
EIA/RIMA	Estudo de Impacto Ambiental/Relatório de Impacto Ambiental
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
EPIA	Estudo Prévio de Impacto Ambiental
FUNCEME	Fundação Cearense de Meteorologia
IFCOS	Inspetoria Federal de Obras Contra a Seca
IOCS	Inspetoria de Obras Contra a Seca
IPECE	Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará
LI	Linhas de Instabilidade
ONG	Organização Não Governamental
PAE-CE	Programa Estadual de Combate à Desertificação
PNM	Pressão Nível do Mar
SIG	Sistema de Informação Geográfica
SUDENE	Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste
TSM	Temperatura da Superfície do Mar
VCAN	Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis
ZCIT	Zona de Convergência Intertropical

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	13
2. REFERENCIAL TEÓRICO.....	16
2.1 Breve panorama dos recursos hídricos no Brasil.....	16
2.2 Evolução normativa da legislação Brasileira de recursos hídricos.....	18
2.3 Evolução das políticas públicas de gerenciamento de recursos hídricos no semiárido.....	26
2.4 A açudagem e as novas tecnologias de gerenciamento de recursos hídricos no Ceará.....	32
2.5 Balanço hídrico como ferramenta de gerenciamento de recursos hídricos.....	35
3. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	39
3.1 Aspectos geoambientais.....	40
3.1.1 <i>Distribuição de solos em Canindé.....</i>	<i>41</i>
3.1.1.2 <i>Clima e sistemas atmosféricos atuantes em Canindé.</i>	<i>44</i>
3.1.1.2.1 Recursos hídricos de Canindé.....	47
3.1.1.2.1.2 Aspectos históricos e socioeconômicos do município de Canindé....	49
4. METODOLOGIA.....	52
4.1 Eleição de anos padrão.....	53
4.2 Balanço Hídrico.....	54
4.2.1 <i>Evapotranspiração real (ETR).....</i>	<i>57</i>
4.3 Interpolação.....	58
4.4 Tratamento dos dados.....	59
5.0 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	62
5.1 Importância do relevo como fator de formação do clima.....	62
5.2 Variação de temperatura em Canindé.....	63
5.3 Balanço Hídrico de Canindé em 1983 (ano seco)	65

5.3.1 Precipitação.....	65
5.3.1.2 <i>Evapotranspiração Potencial.....</i>	66
5.3.1.2.1 Evapotranspiração Real.....	67
5.3.1.2.1.2 Excedente Hídrico.....	68
5.3.1.2.1.2.1 Deficiência Hídrica.....	69
5.4 Balanço Hídrico de Canindé em 1984 (ano habitual)	72
5.4.1 Precipitação.....	72
5.4.1.2 <i>Evapotranspiração Potencial.....</i>	72
5.4.1.2.1 Evapotranspiração Real.....	73
5.4.1.2.1.2 Excedente Hídrico.....	74
5.4.1.2.1.2 .1 Deficiência Hídrica.....	75
5.5 Balanço Hídrico de Canindé em 1986 (ano úmido)	78
5.5.1 Precipitação.....	78
5.5.1.2 <i>Evapotranspiração Potencial.....</i>	79
5.5.1.2.1 Evapotranspiração Real.....	80
5.5.1.2.1.2 Excedente hídrico.....	81
5.5.1.2.1.2 .1 Deficiência Hídrica.....	82
6. CONCLUSAO.....	84
REFERÊNCIAS.....	86

1 INTRODUÇÃO

O semiárido nordestino é caracterizado historicamente como uma região onde o conflito pelo acesso e uso da água sempre esteve presente no cotidiano de sua população. Por uma série de fatores como: escassez hídrica crônica gerada pelo padrão climático da região, estruturação fundiária que privilegia apenas o desenvolvimento econômico dos grandes proprietários de terra e seus projetos agropecuários, ineficiência do estado em promover políticas públicas de gestão e conservação dos recursos hídricos, e intervenções pontuais de mitigação dos efeitos da seca, apenas em episódios extremos de déficit hídrico, causando pouca efetividade na solução do quadro de miséria e abandono da população.

Em vista desta realidade, durante os últimos anos algumas estratégias de enfrentamento e convivência com a seca foram pensadas. A primeira consistia na construção de grandes obras hidráulicas, açudes, que tinham a função de acumular água durante os anos de grande volume de precipitação, e distribuí-la para a população durante os anos de seca severa. Em um segundo momento, com as obras hidráulicas já distribuídas por todo o Nordeste, a estratégia passou a ser a de criação de órgãos federais e estaduais que fizessem o gerenciamento, e a distribuição dos recursos hídricos para diversos fins produtivos (SOUSA; OLIVEIRA, 2015).

Por fim, a última medida tomada foi a criação de instituições de fomento de investimentos para a aceleração do crescimento econômico da região nordeste, e desta maneira garantir a construção de mais obras hidráulicas que garantiriam a segurança hídrica da população. (SOUSA; OLIVEIRA, 2015).

Essas medidas tiveram razoável nível de sucesso, mas, nunca conseguiram alcançar o seu real objetivo, pois esbarravam em interesses de grandes empresários, que entendiam a infraestrutura hídrica apenas como meio de desenvolvimento produtivo, o que gerava uma carência de oferta de água principalmente para a população mais pobre (MOLINAS, 1996).

Outro fator a se considerar, é a inexistência de uma estrutura hídrica interligada e compartilhada, sendo muitas vezes construções pontuais que solucionam apenas a demanda hídrica das comunidades próximas, e que em razão

disso são subaproveitadas, ocasionado uma distribuição extremamente desigual do potencial hídrico, e de desenvolvimento econômico.

Embora crescente, ainda é necessária a criação de novas pesquisas e projetos que analisem as condições físicas e climáticas do semiárido de forma complexa e interligada. Os estudos devem ir para além de previsões dos próximos anos secos e úmidos, e devem buscar entender o regime hídrico de cada local, suas especificidades climáticas, o grau de assoreamento dos rios, e erosão dos solos, contribuindo para uma gestão eficiente dos recursos hídricos, uso racional dos mesmos, e com isso servirem como um norte para o desenvolvimento sustentável e preservação do ecossistemas e meio ambiente local

O balanço hídrico climatológico é uma ferramenta que vem para servir de norte para o desenvolvimento e implementação desses projetos, através da quantificação de umidade que é armazenada e evapotranspirada pelo solo, caracteriza-se o regime hídrico local, suas principais potencialidades e limitações, sua melhor forma de uso, e quais projetos de desenvolvimento agrometeorológicos se encaixam melhor na região.

Como área de estudo foi escolhido o município de Canindé, que pertence ao estado do Ceará, em razão da grande falta de abastecimento de água que a população sofre, do constante aumento da degradação ambiental e desertificação que o município vem sofrendo nos últimos anos, e a carência da população por projetos de desenvolvimento socioeconômicos pautados no melhor aproveitamento do potencial dos seus recursos hídricos.

A pesquisa tem por objetivo analisar a partir do cálculo do balanço hídrico climatológico, o regime hídrico do município, auxiliando na gestão mais eficiente e otimizada dos seus recursos hídricos, identificando áreas com melhores potenciais agrícolas, e também mais susceptíveis a degradação ambiental. Almejando a criação de políticas públicas de desenvolvimento sustentável do município, manutenção da sua segurança hídrica, e a preservação dos seus recursos naturais.

Para a realização do cálculo do balanço hídrico foram delimitados anos padrão: seco, habitual, e úmido, como forma de análise mais precisa do regime climático do município, e conseqüentemente criação de estratégias de desenvolvimento e gestão adaptadas as especificidades de cada ano padrão definido.

Com os anos padrão já delimitados, foram obtidos os dados de precipitação de estações pluviométricas pertencentes aos limites do município para cada ano definido. Serão estimados através do software Celina os dados de temperatura da região.

Que em conjunto servirão como dados de entrada do balanço hídrico, e que após o cálculo, geraram as variáveis evapotranspiração real, potencia, déficit, e excedente hídrico. Que serão espacializadas com auxílio de um software de Sistema de Informação Geográfica (SIG), demonstrando de forma didática e objetiva o regime hídrico de Canindé.

A pesquisa foi estruturada da seguinte forma.

No primeiro capítulo são descritos a problemática da pesquisa, justificativa de sua implementação, seus objetivos gerais, sua relevância para a sociedade e academia, a metodologia realizada na pesquisa, e os principais resultados obtidos.

No segundo capítulo foi levantado informações sobre a qualidade e quantidade dos recursos hídricos no Brasil e no mundo. A importância da água para as civilizações antigas, e como elas se desenvolveram e se adaptaram conforme a complexidade do uso da água aumentou. A evolução das normatizações de recursos hídricos no Brasil e seus principais marcos. A evolução da gestão de políticas de recursos hídricos no semiárido. A açudagem e as novas tecnologias de gerenciamento de recursos hídricos no Ceará. E o balanço hídrico como ferramenta de gerenciamento de recursos hídricos.

No terceiro capítulo encontra-se a caracterização geral da área de estudo, dados socioeconômicos de Canindé, principais tipos de solos encontrados, sistemas atmosféricos atuantes na região, caracterização hídrica do município, e história de formação e desenvolvimento de Canindé.

No quinto capítulo são demonstrados os mapas obtidos através da espacialização das variáveis obtidas com o cálculo do balanço hídrico. E discussão sobre o comportamento de cada variável no município de acordo com os anos padrão.

No sexto capítulo se encontram as considerações finais acerca da pesquisa desenvolvida, principais aplicações, e propostas de expansão.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Breve panorama dos recursos hídricos no Brasil

A água é um dos elementos fundamentais que proporcionaram o surgimento e o desenvolvimento da vida na terra. Sua presença e abundância em nosso mundo é a principal característica que o diferencia do restante dos planetas em nossa galáxia.

Dessa forma, não podemos contar a história de nenhuma grande civilização humana sem mencionar a forma na qual se utilizavam da água para atender suas necessidades básicas, e como o aumento da diversificação e complexidade dos seus usos foi importante para o desenvolvimento e ascensão dessas comunidades.

Como exemplos desse processo histórico, temos as civilizações egípcia e mesopotâmica, que foram duas das mais importantes da antiguidade. Tanto pelo alto grau de desenvolvimento alcançado, como pela sua herança intelectual, cultural, religiosa e arquitetônica, deixada para todos os povos do mundo. Ambas tinham uma característica em comum, surgiram nas margens de grandes rios, o Nilo para os egípcios, e o Tigre e Eufrates para os mesopotâmicos. Toda agricultura era baseada nos períodos de cheia desses rios, que preenchiam os solos de minerais e nutrientes essenciais ao crescimento das plantas. Além desses mesmos rios também terem um papel fundamental no transporte de mercadorias e avanço do comércio para as diversas regiões do mundo (HÉMERY; BEBIER; DELÉAGE, 1993).

Sem a presença da água em quantidade e qualidade mínimas para a sobrevivência humana em tempos pretéritos, a história seria bem diferente da que estudamos hoje. Por isso é necessário conhecer com precisão e em grande nível de detalhes as reservas hídricas do mundo. Para desta maneira, melhor transportar e socializar a água com as comunidades que não a dispõem por características ambientais severas ou por falta de tecnologia para fazer sua correta prospecção (HÉMERY; BEBIER; DELÉAGE, 1993).

Segundo Setti (1994), a quantidade total de água que existe na terra é de aproximadamente 1.370 milhões de km³, onde 97,2% são de água salgada. A água que está retida em forma de gelo ou neve corresponde a 2,1%, restando apenas 0,6% de água doce que pode ser captada pelo homem.

Como podemos observar, a água não é distribuída de forma uniforme no planeta. Países como Canadá, China, Estados Unidos, e Brasil, possuem uma grande oferta de água em seus territórios. Em contrapartida, muitos países do continente Africano e Asiático não possuem toda essa potencialidade hídrica, e sofrem com conflitos crônicos de abastecimento e qualidade da água (ANA, 2009).

No contexto do Brasil, que apesar da grande oferta de água presente em seu território, também se insere nesse cenário de conflitos pela utilização dos corpos hídricos. Pois também possui irregularidade na concentração e disponibilidade de água. A distribuição das reservas hídricas do Brasil se dá da seguinte forma: região norte 68%, nordeste 3%, sudeste 6%, sul 7%, e centro-oeste 16% (ANA, 2009).

A distribuição da população brasileira também afeta de maneira substancial esse quadro de disponibilidade hídrica irregular. Que através de processos econômicos, históricos, e socioculturais não povoou o país de forma homogênea, gerando uma densidade populacional absurdamente contrastante em todo o território nacional.

Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística -IBGE (2010), a Região Norte possui densidade de 4.12h/km², a Nordeste 34.15h/km², Sudeste 86.92h/km², Sul 48.58h/km², e Centro-Oeste 8.75h/km². Tal panorama teve um peso decisivo no modo como a sociedade através dos anos se apropriou e se relacionou com os corpos hídricos.

Problemas ambientais complexos, e muitas vezes irreversíveis, foram se acumulando e se intensificando com esse quadro de irregularidades. As áreas que são mais densamente povoadas apresentam como marca problemas como: assoreamento dos corpos hídricos, desmatamento, poluição, inundações constantes, e propagação de doenças e agentes infecciosos.

Enquanto que em áreas onde a densidade populacional é menor, os danos ambientais, ora se assemelham, ora se diversificam. Em linhas gerais podemos pontua-los como: ocupação irregular de margens dos rios, desmatamento, estrutura de saneamento básico deficitária, queimadas regulares e, destruição de mata nativa para o avanço da pecuária e da fronteira agrícola.

Observando esse cenário, políticas públicas foram criadas para combater esse panorama de degradação continua dos recursos hídricos.

A principal delas foi a política de gestão de recursos hídricos, que segundo a Agência Nacional de Água -ANA (2001), é uma atividade analítica e criativa que tem por objetivo a formulação de princípios e diretrizes, para a criação de documentos orientadores e normativos, estruturação de sistemas gerenciais e tomadas de decisões que tem por meta final promover o uso, e proteção dos recursos hídricos.

2.2 Evolução normativa da legislação Brasileira de recursos hídricos

O Brasil como país com grande potencial hídrico possui um extenso legado de normas e órgãos destinados a promover o gerenciamento e controle desse patrimônio. Com leis que inspiraram vários países no mundo a editarem suas constituições e fomentassem suas políticas públicas acerca de seus corpos hídricos.

Desde o Império o tema hídrico tem sido discutido pelos legisladores, com objetivos como: proteção da saúde humana, preservação dos corpos hídricos de forma a manter e impulsionar o crescimento e o desenvolvimento da nação, e na contemporaneidade, como elemento vital a sobrevivência da espécie humana. Naquele tempo já existiam órgãos criados com o intuito de ordenar e fiscalizar o regime de águas existentes em nosso país (BRAGA, 2002).

De acordo com Henkes (2003), as leis acerca do nosso patrimônio hídrico se desenvolveram e se adaptaram de acordo com diversas necessidades e interesses do país durante os anos que se sucederam. As primeiras constituições brasileiras entendiam nosso potencial hídrico basicamente através da navegação e da pesca, que eram as atividades mais rentáveis para o país nessa época.

Outro marco para a evolução das leis referentes aos corpos hídricos do Brasil foi a constituição Republicana de 24/02/1891. Ela não discorria sobre o domínio hídrico, ou seja, de quem era a propriedade dos rios. Mas, definiu as normas para legislar sobre a navegação dos mesmos. Para o congresso nacional, foi dada a incumbência de legislar sobre “a navegação dos rios que perpassassem por mais de um estado ou se estendessem a territórios estrangeiros”. A união e aos estados delegou-se a competência para legislar sobre a navegação interior (GRANZIERIA, 2001).

Para Henkes (2003), o próximo passo na legislação de corpos hídricos do Brasil foi a lei 3.071, de 01/01/1916, está lei instituía o código civil brasileiro, que trazia em seus artigos normas para a regulamentação e utilização das águas no

pertinente ao direito da vizinhança. Que era uma regulamentação sobre o fundamento básico do direito de vizinhança e do uso das águas como bem essencialmente privado e de valor econômico limitado.

Avançando mais alguns anos nesse processo de evolução normativa, o ano de 1934 teve um grande destaque para o cenário hídrico nacional, foram divulgadas dois instrumentos legais para a regulamentação de políticas públicas e gerenciamento dos recursos hídricos. A palavra (recurso) aparece agora como sinônimo de todos os corpos hídricos do Brasil, e agora a água é vista como um bem finito e dotada de valor econômico (GRANZIEIRA, 2001).

Entretanto, esse reconhecimento pela quantificação monetária do uso da água ainda não era o bastante para combater os desperdícios nos mais variados setores produtivos do Brasil, que ainda transmitiam a cultura da água como bem infinito e que poderia ser utilizado livremente sem nenhuma consequência ambiental ou econômica.

Já a constituição republicana, de 16/07/1934 foi importante no que diz respeito a atualização das leis existentes sobre as riquezas hídricas subterrâneas, e na questão de elaboração de políticas públicas voltadas para o setor hídrico (GRANZIEIRA, 2001).

Ela declarava a necessidade de um plano integrador e contínuo contra os efeitos da seca em municípios com caracterização climática semiárida. A União teria que disponibilizar uma quantia superior a 4% de sua receita obtida dos impostos, a obras de combate à seca, e assistência nos anos de crise hídrica (GRANZIEIRA, 2001).

Em 10/07/1934, atendendo aos anseios de atualização e criação de uma legislação própria para os recursos hídricos, foi criado o Código das Águas. Que é um marco legal do gerenciamento de recursos hídricos no Brasil, pois as normatizações anteriores abordavam apenas aspectos como: domínio, propriedade e competências legislativas. Ele estabeleceu uma política hídrica bastante atual e complexa para a sua época, e com vários novos conceitos sendo incorporados como: aplicação de penalidades para infratores, propriedade, aproveitamento das águas, navegação, regras sob águas nocivas, força hidráulica e seu aproveitamento,

concessões e autorizações, fiscalização, relações com o solo e sua propriedade, desapropriação, derivações e desobstrução (GRANZIEIRA, 2001).

Braga (2002) aponta que o código de Águas é considerado mundialmente como uma das mais completas leis de águas já produzidas, suas bases e planos de ação são seguidas ainda nos dias de hoje por várias instituições internacionais. O princípio do poluidor-pagador é uma das seções deste código mais reproduzidas no mundo.

Essas medidas serviriam ao que tudo indicava como aparato para uma evolução sem precedentes na proteção, conservação, e na sustentabilidade dos recursos hídricos. Entretanto o que ficou mais evidente foi a implantação em larga escala das medidas do código relacionadas a exploração energética e hidráulica, funcionando como instrumento de aceleração do processo industrial no Brasil.

O motivo pelo qual os investimentos em recursos hídricos no Brasil na metade do século XX se concentravam na geração de energia através das hidroelétricas, objetivou-se como forma de o país alcançar um crescimento econômico intenso e de forma rápida, deixando de ser uma nação essencialmente agrícola para uma extensamente industrializada. E a legislação veio como base norteadora e legal para a obtenção dessa realidade (GRANZIEIRA, 2001).

Henkes (2003), discorre que muitos dos instrumentos legislativos criados pelo código das águas privilegiavam a conservação e recuperação dos recursos hídricos, e que não foram implementados devido ao pensamento desenvolvimentista e imediatista da época. E que foram utilizadas posteriormente por novas leis que buscavam um controle maior e mais participativo dos recursos hídricos do Brasil. Podemos citar alguns desses instrumentos, como: a responsabilização, penal, civil e administrativa, e princípios de usuário-pagador e poluidor-pagador.

Um dado importante de se destacar é que o código das águas de 1934 com mais de 70 anos que foi escrito e articulado ainda é utilizado nos dias de hoje, servindo como base complementar das leis hídricas atuais.

Outro importante órgão que surgiu após o Código da Águas foi o conselho nacional do meio ambiente (CONAMA), que foi decisivo no cenário ambiental nacional devido as suas resoluções que vinham para complementar e operacionalizar as leis ambientais já vigentes.

A Resolução do CONAMA 01/86 trouxe um avanço sem precedentes para a proteção dos ecossistemas ambientais, os EPIA, (Estudo Prévio de Impacto ambiental). Resguardando o meio ambiente de obras ou atividades que sejam prejudiciais ou causadoras de degradação ambiental. Posteriormente na constituição de 1988 o EPIA se tornou uma exigência e instrumento indispensável para a preservação e manutenção dos recursos hídricos (GRANZIEIRA, 2001).

Nos anos 80 várias ideias acerca da reformulação do sistema de gestão de recursos hídricos do Brasil foram propostas. Os setores técnicos e científicos do governo chegaram à conclusão de que era imperativo a modernização deste setor, que tinha como base de atuação o código das águas de 1934, que foi de grande importância para expansão das hidroelétricas do país, mas, que suas ações de preservação, manejo, e qualidade dos recursos hídricos, nunca foram realmente implementadas (ANA, 2002).

Esse debate se aprofundou nos anos seguintes com uma maior participação da população e de Organizações Não Governamentais (ONG's) de preservação do meio ambiente e dos recursos hídricos. As principais cobranças eram pelo uso múltiplo dos recursos hídricos, uma gestão descentralizada e participativa, criação de um sistema nacional de informação de recursos hídricos, unindo dados de várias instituições, como forma de planejamento de políticas públicas (ANA, 2002).

O estado de São Paulo em 1987 foi pioneiro em propor a criação de uma equipe técnica responsável pela criação do seu conselho estadual de recursos hídricos, com o objetivo de planejar a política estadual de recursos hídricos, e gerar ao fim das discussões o seu plano estadual de recursos hídricos (ANA, 2002).

O Ceará nesse mesmo ano em virtude das devastadoras e frequentes secas a qual seu território era submetido, e da crise de abastecimento de água na qual era comumente assolado. Já estava em estágios de debates e mobilização popular bem avançados a fim de captar recursos para projetos de combate e convivência com a seca (ANA, 2002).

Desse modo, foi criada a Secretaria Estadual de Recursos Hídricos do Ceará, que iniciou a elaboração do Plano Estadual de Recursos Hídricos no período de 1988 a 1991. Sendo um norte de desenvolvimento de políticas públicas e gestão de

recursos hídricos para outros estados do Brasil, influenciando de maneira decisiva o plano estadual de gerenciamento de recursos hídricos dos mesmos (ANA, 2002).

A constituição de 1988 seguindo o processo de modernização e discussões políticas sobre como legislar sobre o meio ambiente e os recursos hídricos, criou um capítulo exclusivo destinado ao meio ambiente, uma raridade até então no Brasil e no mundo (DRUMMOND, 1998/1999).

A principal inovação que a constituição de 1988 trouxe para o cenário nacional foi acabar com o domínio privado das águas do nosso território. A partir dela a posse e o controle das águas eram de domínio público.

Aos estados brasileiros foi dada a competência para legislar sobre o aproveitamento e a utilização dos recursos hídricos em seu território. Para a União, cabe legislar sobre o Direito de Águas, enquanto que aos Estados legislam sobre normas administrativas, e um maior poder de decisão e a autonomia de seus recursos hídricos subterrâneos (GRANZIEIRA, 2001).

Segundo Henkes (2003), a região Nordeste foi privilegiada com a nova constituição, pois durante um período de 15 anos, a União destinou mais de 50% dos investimentos em irrigação do país para esta região, como forma de alavancar seu desenvolvimento econômico e social.

O governo federal apesar de ter fornecido o aparato político e técnico para a criação de planos estaduais de recursos hídricos, ainda não tinha normatizado uma lei que criasse um sistema estadual de gerenciamento de recursos hídricos.

Um sistema de gerenciamento que produzisse dados com informações de clima, vegetação, solos e geologia, que seriam compilados para criação de modelos de evolução da paisagem, e que servissem como base para o gerenciamento do uso da água no Estado. Favorecendo dessa maneira o entendimento sobre a dinâmica dos recursos hídricos, criando ferramentas para melhor preservá-lo, garantindo sua qualidade e disponibilidade tanto temporal quanto espacial para todos.

Em vista dessa conjuntura, as unidades federativas começaram a instituir seus sistemas estaduais de gerenciamento de recursos hídricos. O Ceará foi um dos primeiros estados a consolidar o sistema estadual de gerenciamento de recursos hídricos, uma inovação no arranjo institucional do setor, que se concretizou com a

criação da COGERH (Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos do Ceará) em 1993 (ANA, 2002).

Para ANA (2002, p. 21), a COGERH se destacou no cenário nacional de recursos hídricos por:

Há que se destacar a experiência pioneira da COGERH em iniciar o processo de cobrança de água bruta nas áreas urbanas para os setores industriais e de abastecimento público. Os recursos arrecadados são utilizados para o funcionamento do próprio sistema de gestão, aplicados pela própria COGERH.

Embora muitos avanços tenham sido conquistados com a evolução da legislação de recursos hídricos no Brasil, ainda faltava uma lei que pudesse organizar e integrar todas as normatizações já criadas, amplia-las, e definir os instrumentos necessários à sua aplicação e fiscalização na sociedade. Era necessária a criação de uma política nacional de recursos hídricos, e não mais leis isoladas que atendiam de forma isolada e ineficiente os problemas de ordem hídrica do Brasil.

Em 8 de janeiro de 1997, o Presidente Fernando Henrique Cardoso sancionou a Lei 9.433 que definiu a Política Nacional de Recursos Hídricos e criou o Sistema Nacional de gerenciamento de Recursos Hídricos. Desde então, o país dispõe de um instrumento legal que quando efetivamente implementado garantirá às gerações futuras a disponibilidade de água em condições adequadas (ANA, 2002, p. 23).

Abaixo estão descritos em linhas gerais as principais inovações e normatizações acerca desta lei.

BRASIL (1997, p. 1), descreve o artigo primeiro:

Os princípios fundamentais descritos em seu Art. 1º colocam a água como: bem de domínio público; recurso natural limitado, e dotado de valor econômico; em situações de escassez, o uso prioritário dos recursos hídricos é o consumo humano e a dessedentação de animais; a gestão de recursos hídricos deve sempre proporcionar o uso múltiplo das águas; a bacia hidrográfica é uma unidade territorial para a implementação da política nacional de recursos hídricos e atuação do sistema nacional de gerenciamento de recursos hídricos; e pôr fim a gestão de recursos hídricos deve ser descentralizada e contar com a participação do poder público, dos usuários e das comunidades.

BRASIL (1997, p. 1), aborda o artigo segundo como:

Em seu Art. 2º sinaliza os seus principais objetivos, dentre eles: assegurar à atual e as futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos seus respectivos usos; a utilização racional e integrada dos recursos hídricos, incluindo o transporte aquaviário, com vistas ao desenvolvimento sustentável; a prevenção e a defesa contra eventos hidrológicos críticos de origem natural ou decorrentes do uso inadequado dos recursos naturais.

BRASIL (1997, p. 2), em seu artigo terceiro pontua diretrizes para a política nacional de recursos hídricos.

O Art. 3º sinaliza diretrizes a serem seguidas, podemos citar: a gestão sistemática dos recursos hídricos, sem dissociação dos aspectos de quantidade e qualidade; a adequação da gestão dos recursos hídricos as diversidades físicas, bióticas, demográficas, econômicas, sociais e culturais das diversas regiões do país; a integração da gestão de recursos hídricos com a gestão ambiental; a articulação do planejamento de recursos hídricos com o dos setores usuários e com os planejamentos regional, estadual e nacional; a articulação da gestão de recursos hídricos com a do uso do solo; a integração da gestão das bacias hidrográficas com a dos sistemas estuarinos e zonas costeiras.

BRASIL (1997, p. 2), em seu artigo quinto define os instrumentos para a implementação da política nacional de gerenciamento de recursos hídricos.

Já no Art. 5º, pontua os instrumentos que são utilizados para a implementação da política nacional de gerenciamento dos recursos hídricos, e o sistema nacional de gerenciamento dos recursos hídricos. Assim descritos: os planos de recurso hídricos; o enquadramento dos corpos de água em classes, segundo os usos preponderantes da água; a outorga dos direitos de uso de recursos hídricos; a cobrança pelo uso de recursos hídricos; a compensação a municípios; o sistema de informações sobre recursos hídricos.

BRASIL (1997, p. 6), argumenta em seu trigésimo segundo artigo sobre o ao sistema nacional de gerenciamento de recursos hídricos.

No que tange ao sistema nacional de gerenciamento de recursos hídricos a partir da nova lei, em seu Art. 32º define os seguintes objetivos: coordenar a gestão integrada das águas; arbitrar administrativamente os conflitos relacionados com os recursos hídricos; implementar a política nacional de recursos hídricos; planejar, regular e controlar o uso, a preservação e a recuperação dos recursos hídricos; promover a cobrança pelo uso dos recursos hídricos.

BRASIL (1997, p. 7), em seu trigésimo terceiro artigo as instituições que integram o sistema nacional de gerenciamento de recursos hídricos.

Em seu Art. 33º dispõe sobre as instituições que integram o sistema nacional de gerenciamento de recursos hídricos, que são: o conselho nacional de recursos hídricos; os conselhos de recursos hídricos dos Estados e do Distrito Federal; os comitês de bacia hidrográfica; os órgãos dos poderes públicos federal, estaduais e municipais, cujas competências se relacionem com a gestão de recursos hídricos; as agências de água.

A principal dificuldade enfrentada por essa lei era a carência de um órgão com uma atribuição executiva e centralizadora, com competência para implementar a política nacional de recursos hídricos.

Sobre essa dificuldade ANA (2002, p. 26), discorre.

Nesse sentido, a principal dificuldade observada nos anos subsequentes à aprovação da Lei 9.433/97, referia-se ao arranjo institucional do Sistema de

Gerenciamento de Recursos Hídricos, que carecia de um órgão com a atribuição executiva de implantar a Política Nacional de Recursos Hídricos. Concluiu-se que um sistema, baseado quase que exclusivamente na ação dos Comitês de Bacia, não poderia se estruturar para atender atividades essencialmente técnicas como a concessão de outorgas, ou mesmo para a implementação de sistemas complexos como a cobrança pelo uso da água.

Partindo desse princípio, seria necessário a criação de uma agência, que disporia autonomia, estabilidade e agilidade suficientes para estruturar toda a parte técnica e científica, e realizar a fiscalização e cobrança pela utilização da água bem como sua preservação.

O projeto de lei de criação da Agência Nacional de Águas (ANA) foi aprovado pelo Congresso Nacional em 20 de junho de 2000, que resultou na lei 9.984. Essa agência é ligada ao Ministério do Meio Ambiente e possui autonomia administrativa e financeira. Tendo como principais objetivos: fiscalizar a utilização dos rios, para controlar e combater os níveis de poluição, combater o desperdício e má utilização da água, e dessa forma garantir a perfeita disponibilidade de água para as gerações futuras (ANA, 2002).

Apesar da atuação recente em âmbito nacional a ANA já coleciona grandes resultados no gerenciamento e preservação dos recursos hídricos em ambientes semiáridos, e investimentos em programas de combate à poluição em bacias hidrográficas.

No estado do Ceará ela teve atuação decisiva por demonstrar alternativas de aumento da disponibilidade de água sem necessitar das tradicionais obras de engenharia hidráulica. O exemplo foi o programa de racionalização do uso da água de irrigação no vale do rio Jaguaribe. Neste programa, o pagamento pelo uso da água permitiu a liberação de água, que era utilizada para irrigação de arroz para uso em culturas perenes que possuem maior valor agregado (ANA, 2002).

No que tange a poluição segundo ANA (2002, p. 34), a sua contribuição foi:

No tema do combate à poluição, a Agência adotou a sistemática do pacto entre governo, setores usuários e sociedade civil organizada para a recuperação dos corpos hídricos degradados. Nas bacias hidrográficas cujos comitês já tenham pactuado a cobrança pelo uso da água e lançamento de efluentes, o Governo Federal, através da ANA, viabilizou financeiramente a construção de estações de tratamento de esgoto. Com o objetivo de estimular a despoluição de bacias hidrográficas nas áreas de maior densidade urbana e industrial do país, a Agência Nacional de Águas propôs a criação do Programa de Despoluição de Bacias Hidrográficas (PRODES). O PRODES foi considerado a marca da ANA em 2001. Com foco no resultado: esgoto tratado - objetiva despoluir os rios e induzir a

implantação do sistema de gerenciamento de recursos hídricos, mediante a constituição de comitês, agências de bacias hidrográficas e dos instrumentos de gestão: outorga; planos de bacia; e cobrança pelo uso dos recursos hídricos. O PRODES é inovador, não financia obras e nem equipamentos, mas paga pelos esgotos tratados, ou seja, pelos resultados de efetivo interesse da sociedade.

Teve ainda um papel fundamental na mediação de conflitos pelo uso da água. No ano de 2001 ela mediou o conflito entre a Hidrovia do Tietê-Paraná, que envolveu os setores de navegação e de geração de energia elétrica. Teve papel fundamental ainda no conflito entre e geração de energia e irrigação na bacia do rio São Francisco, causado pelo baixo nível de acumulação do reservatório de Sobradinho (ANA, 2002).

As principais dificuldades e desafios encontrados pela ANA ao longo de seus anos foram: a implementação de um sistema de gerenciamento de recursos hídricos extremamente complexo num cenário diverso, com peculiaridades regionais e, déficits de investimentos em diversos setores (ANA, 2002).

A falta de mão de obra capacitada também foi um dos grandes problemas encontrados para o avanço e desenvolvimento dessa agência. Que solucionou esse empecilho através de soluções criativas e inovadoras, além da constante disposição para a parceria e para a negociação. Criando acordos com a iniciativa privada para alavancar projetos que beneficiassem mutualmente os setores produtivos e o meio ambiente, com vista ao desenvolvimento econômico do estado, e o manejo sustentável dos seus recursos hídricos (ANA, 2002).

2.3 Evolução das políticas públicas de gerenciamento de recursos hídricos no semiárido

O semiárido nordestino possui características diferenciadas em relação as demais regiões do Brasil. Sua história é marcada por eventos severos de secas e cheias, bem como variabilidade climática e a escassez hídrica. Portanto para a convivência com o mesmo é necessário adaptar a sociedade a uma forma específica de manifestação do clima, e criar estratégias e medidas que possibilitem essa convivência de forma harmônica com sustentabilidade e desenvolvimento econômico (SOUSA FILHO, 2012).

Além das características físicas e ambientais do semiárido que estão sempre em intensa transformação. As atividades socioeconômicas dessa região há algum

tempo também vem sofrendo um intenso processo de reestruturação. Modelos tradicionais de subsistência são substituídas por novas práticas, com base na irrigação e industrialização (SOUZA FILHO, 2012).

O gerenciamento dos recursos hídricos para regiões semiáridas tem um imenso desafio no que tange a criação de estratégias de adaptabilidade ao regime hídrico adverso. E ao mesmo tempo a capacidade de concepção de políticas públicas que desenvolvam o setor socioeconômico de modo a atender desde os agricultores familiares até o mais alto escalão dos setores produtivos. Porém, para entender a política atual de gerenciamento de recursos hídricos no Nordeste, precisamos resgatar a história de intervenção do poder público nessa região.

A concepção de convivência com o semiárido é muito antiga. Já no século XX a base do discurso de convivência com esse regime climático era criada, propondo metas e objetivos para o enfrentamento e superação dos problemas sociais e econômicos. Essa proposta foi formulada como uma crítica ao tradicional discurso de combate à seca e aos seus efeitos (SILVA, 2006).

Na tentativa de amenizar as dificuldades postas em decorrências das secas foram desenvolvidas diversas estratégias ao seu combate distribuídas em duas linhas de políticas: à curto e à longo prazo. A primeira estava voltada ao atendimento imediato as vítimas das secas e a segunda, se volta à organização da produção no semiárido, a fim de minimizar os efeitos das estiagens. (SOUSA, OLIVEIRA, 2015, p. 2).

Segundo Pessoa (2002), no ano de 1845 surgem as primeiras iniciativas locais de socorro e atendimento as vítimas das secas. Entre os anos de 1845 a 1876 o Nordeste não passou por secas de grande repercussão, essa ausência de condições adversas proporcionou o aumento demográfico na zona semiárida. Porém, na seca do ano de 1877, os efeitos foram maiores do que o das secas passadas, pois uma maior parcela da população foi afetada. Esse acontecimento fez com que a esfera do poder Federal atentasse para o problema nordestino, criando estratégias de combate à seca.

Essas políticas, segundo Pessoa (2002), ocorreram segundo três grandes fases. A primeira, tinha como principais características as obras de engenharia e açudagem, a segunda tinha como objetivo o aproveitamento dos recursos hídricos existentes, e a terceira era voltada para o desenvolvimento econômico do Nordeste.

De acordo com Souza e Oliveira (2015, p. 2), a primeira grande fase se caracterizava por:

A primeira fase chamada de fase das soluções e obras de engenharia, mais comumente chamada de fase hidráulica ocorreu entre os anos de 1877 até 1945. Foi marcada pelo desenvolvimento de estudos básicos sobre a região, construção de açudagem e aberturas de estradas. Foi uma fase dominada pela engenharia. Antes da criação da Inspetoria de Obras contra as secas (IOCS), a construção dos açudes se dava com base em conhecimentos empíricos sem a realização de estudos prévios. Depois da IOCS, os estudos contribuíram para o fortalecimento das políticas de obras contra as secas sendo que os estudos realizados constituíram um acervo para que novas políticas fossem implementadas posteriormente. O Estado do Ceará foi contemplado com esta política tendo em Quixadá a construção do açude do Cedro, o qual representa um dos três primeiros açudes construídos no Nordeste.

De acordo com Molinas (1996, p. 72),

No Nordeste o poder público federal tem uma longa tradição de intervenção no setor hídrico. Essa intervenção se caracteriza pelo seu caráter centralizador e fragmentado. Já no começo do século, com a criação da Inspetoria Federal de Obras Contra as Secas (IFOCS), e durante décadas o DNOCS (Departamento Nacional De Obras Contra a Seca), limitou-se, em grande parte, a ampliar a oferta hídrica mediante a construção de reservatórios e a construção de projetos de irrigação sob os moldes da “política de colonização”

Para Molina (1996), as atuações do Estado com essa política centralizadora e fragmentada no setor hídrico, sempre foram unilaterais, e muitas vezes para atender interesses particulares ou setoriais, na construção de grandes barragens, ou em projetos de irrigação, na perfuração de poços, e construção de adutoras.

Segundo Molina (1996), na fase da implementação das políticas hidráulicas para a região, priorizou-se a construção de obras, entretanto sem permitir o uso público dos diversos açudes já construídos. Tornando “privados” os açudes que tinham sido todos construídos com dinheiro público, simplesmente por estarem em propriedade privada.

Quanto aos grandes reservatórios administrados pelo estado, foi garantido o uso da população, contudo, sem articular essa disponibilidade de água com políticas públicas, como: as agrárias, e agrícolas. Aumentado dessa forma a capacidade produtiva somente de dos proprietários da terra, ou das propriedades próximas dos açudes, perpetuando dessa maneira as desigualdades sócias e a concentração fundiária.

A segunda fase de políticas contra a seca perdurou de 1945 a 1958, foi compreendida como a fase do aproveitamento dos recursos hídricos, e do

estabelecimento de formas de melhor gerencia-lo. Várias instituições foram criadas como: Comissão do Vale do São Francisco (CVSF), Companhia Hidrelétrica do São Francisco (CHESF) e da criação do Banco do Nordeste do Brasil (BNB) (SOUSA; OLIVEIRA, 2015).

Outra mudança desta fase foi A Inspetoria de Obras Contra as Secas (IOCS), que foi transformada em Inspetoria Federal de Obras contra as Secas (IFOCS), a qual foi novamente reorganizada passando a se chamar Departamento nacional de obras Contra as Secas (DNOCS), em 1945, essa mudança implicava na aquisição de novos orçamentos junto à esfera federal.

Mesmo com a criação dessas instituições, a seca de 1958 foi especialmente devastadora, mostrando a ineficiência das ações tomadas, sendo necessária assistência da população através da velha política assistencialista (SOUSA; OLIVEIRA, 2015).

Tentando se redimir do fracasso dos últimos anos, em 1958 o governo inicia a terceira fase de políticas públicas no semiárido, que era basicamente a utilização de técnicas modernas de planejamento regional e de desenvolvimento programado. Nesta fase, o governo instituiu uma equipe técnica de peritos, liderados pelo então famoso economista Celso Furtado. Com o intuito de elaborar um relatório que explicitava as dificuldades em se criar medidas contra as secas, os principais fatores para o atraso do desenvolvimento econômico do Nordeste. E medidas para solucionar esses problemas (SOUSA; OLIVEIRA, 2015).

O relatório identificou questões importantes para o desenvolvimento regional, como a necessidade de criação de uma agencia fomentadora de investimentos específica para a região nordeste, para desse modo acelerar o seu desenvolvimento e se equiparar as demais regiões. E dessa forma foi proposta a criação da Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE).

Segundo o relatório, a industrialização era o principal veículo de desenvolvimento regional, entretanto, não aquela industrialização pautada no mercado internacional, e sim a reestruturação da indústria regional. Visando obter um reordenamento territorial e uma maior captação de investimentos (SOUSA; OLIVEIRA, 2015).

Paralelo as ações de combate à seca, medidas de convivência com o semiárido vem continuamente sendo estruturadas. Essas estratégias de convivência surgem do conhecimento empírico da população, e sua capacidade de adaptabilidade ao mais diversos desafios impostos pelo meio.

A população desenvolve técnicas de captação e armazenamento da água da chuva para o seu consumo e produção. Como exemplos, temos as cisternas de placas, as cisternas calçadão, barragem subterrânea, tanques de pedras, barreiro trincheira, poço amazonas, são algumas dessas estratégias mais utilizadas (SILVA, 2006).

Para Sousa e, Oliveira (2015), outras ações, de caráter mais ambiental, são desenvolvidas como forma de melhor conviver no semiárido. Práticas agroecológicas, manejo sustentável da caatinga, e criação de pequenos animais, são exemplos dessas ações.

A conceituação de convivência com o semiárido é muito diversificada e complexa. Pois vai muito além das medidas e estratégias mencionadas anteriormente. Ela preconiza que a principal mudança ocorrida não seja apenas no campo das atividades, mais sim uma mudança interna, estrutural e intelectual. É necessário a mudança nas formas de pensar, agir, de sentir, só dessa forma podemos conjecturar uma convivência plena com o semiárido. Por fim, a construção dessa ideia propõe um novo modelo de desenvolvimento para o Nordeste. Desenvolvimento esse, voltado para uma construção cultural com a população, que contextualize os saberes e os conhecimentos apropriados a semiaridez (SILVA, 2006).

A título de informação, vale ressaltar que no estado do Ceará existe um projeto inovador de combate aos efeitos da seca. O Programa Estadual de Combate à Desertificação (PAE-CE) apresenta algumas estratégias desenvolvidas no Nordeste e no Ceará na perspectiva de melhoria das condições de vida da população sertaneja. Se destacam programas de educação ambiental, gerenciamento e integração de recursos hídricos, desenvolvimento hidroambiental, convivência com a seca, prevenção, monitoramento, controle de queimadas e combate os incêndios florestais (CEARÁ, 2010).

Dos projetos que foram desenvolvidos especificamente para o Ceará se destacam: macrozoneamento agroecológico do Ceará; zoneamento ecológico-econômico das áreas susceptíveis à desertificação; mapeamento das áreas de entorno dos reservatórios Banabuiú, Araras, Orós, etc. (SOUSA, OLIVEIRA, 2015).

A partir dessas informações, nota-se que o legado de gestão de recurso hídricos no semiárido, se caracteriza por grandes obras de infraestrutura hídrica. Açudes e perímetros irrigados eram construídos de forma acelerada, mas, eram muito especializados entre si, não se constituíam em uma rede hídrica. Eram obras pontuais, que mudavam apenas a dinâmica local do lugar onde estavam inseridos.

E muitas dessas obras foram construídas em propriedades privadas, que favoreciam apenas a grandes latifundiários e comerciantes, que vinham nas obras hídricas uma oportunidade de desenvolvimento de suas atividades econômicas. Enquanto para a população em geral e para os pequenos agricultores do semiárido a água era distribuída em vias de atender suas mínimas necessidades, sem nenhuma oportunidade de ascensão social, apenas a manutenção daquela conhecida realidade (MOLINAS, 1996).

Essa realidade só teve uma alteração significativa nas últimas décadas, principalmente após o advento da lei 9.433 que institucionalizou a política e o plano nacional de recursos hídricos. Instrumentos como comitês de bacias hidrográficas, conselhos estaduais de recursos hídricos, concessão de outorga pelo uso da água, sistema nacional de gerenciamento de recurso hídricos, e o princípio do poluidor-pagador. Foram as principais ferramentas de reestruturação da rede hídrica nacional, e tornaram toda a gestão de recursos hídricos mais transparentes participativa e integradora (ANA, 2002).

A infraestrutura hídrica do semiárido agora não é mais reproduzida de forma fragmentada e unilateral, todas as decisões passam pelos usuários da bacia, comunidades locais, e representantes do poder público. Os conflitos pelo uso da água, que sempre existiram, são solucionados através de um intenso diálogo, objetivando responder as necessidades de todos os representantes sociais.

A cobrança pelo uso da água através da outorga, minimiza os desperdícios dos setores produtivos na utilização da água. As indústrias e os grandes latifundiários investem cada vez mais em técnicas de eficiência máxima na utilização

da água, e métodos de reaproveitamento da mesma para diversos fins, se protegendo de um futuro aumento de sua outorga por uso indevido ou ineficiente da água (ANA, 2002).

Todas essas medidas estão aos poucos desconstruindo a cultura dos desperdícios de água que nosso país sempre teve, e demonstrando que apesar do semiárido nordestino apresentar condições climáticas e ambientais mais severas ao desenvolvimento humano, podemos nos adaptar a ele, nos desenvolvermos socioeconomicamente através dele, mantendo sua riquíssima fauna e flora protegidos, e zelando pela sua proteção e conservação para as gerações futuras (ANA, 2002).

2.4 A açudagem e as novas tecnologias de gerenciamento de recursos hídricos no Ceará

O Estado do Ceará assim como a maioria dos demais estados do Nordeste, está inserido no semiárido brasileiro. E por conta disso, passou por diversas transformações políticas, sociais e econômicas nos últimos séculos como forma de se adequar as características físicas e climáticas extremas do semiárido. Partilhando com essa região os investimentos massivos em obras de infraestrutura hídrica e hidráulica, e tendo como principal desafio nos últimos anos, gerir de forma eficiente e integrada essas estruturas.

Segundo dados da Fundação Cearense de Meteorologia -Funceme (2014), atualmente o estado do Ceará conta com uma infraestrutura hídrica de aproximadamente 6.145 açudes, contando com açudes particulares e públicos, dos mais variados tamanhos, e capacidades de acumulo de água.

Entretanto, boa parte desses açudes não tem projetos de gerenciamento de recursos hídricos, e nem relatórios de impactos ambientais (EIA/RIMA), podendo causar grandes prejuízos aos rios que eles represam, em decorrência da alteração da vazão comum ao qual o rio era submetido.

O poder público buscando uma implementação mais efetiva e eficiente do gerenciamento dos recursos hídricos, encoraja vários debates para avaliar qual infraestrutura hidráulica é mais eficiente, a de grande ou pequena açudagem. E

também quais são as novas tecnologias que podem servir de base para esse gerenciamento, e a melhor forma de implementá-las.

No que se refere ao tamanho que o açude deve ter para ser mais eficiente em regiões semiáridas, Dantas e Rodrigues (2015) discorrem que para os estudiosos que defendem a implementação da pequena açudagem, tem como principal argumento a grande perda de água por parte dos grandes reservatórios em decorrência da alta evaporação. E que os grandes reservatórios demandam muitos investimentos do setor público, e ainda causam maiores impactos ambientais para sua construção.

Molle (1994), ainda ressalta que os pequenos açudes não têm grandes gastos com desapropriações e manutenção, pois os próprios proprietários são responsáveis pela operação dos mesmos.

Outro fato importante a considerar é que para (FAO/World Bank, apud ASSUNÇÃO; LIVIGSTONE, 1993), um acontecimento que prejudica a utilização mais eficiente dos grandes açudes e dos rios que por eles foram perenizados, se dá porque essas áreas estão em posse de grandes proprietários de terras que relutam em desapropriar suas fazendas para a construção dos grandes açudes, e dos perímetros irrigados próximos a esses açudes.

Como argumento contra os grandes reservatórios Assunção e Livigstone (1993), e Molle (1994) pontuam que a única vantagem a favor dos grandes açudes e que estes servem para o abastecimento de água em períodos de grandes estiagens, entretanto, afirmam que a combinação de distribuição de água captada em grandes açudes e transportadas por caminhões Pipa, tem pequena eficiência se comparamos o volume total de água acumulados nos reservatórios.

Para Dantas e Rodrigues (2015), já os defensores da grande açudagem usam como argumento, que os pequenos reservatórios são incapazes de oferecer uma oferta hídrica adequada à população em episódios de secas prolongadas.

Os defensores dos grandes açudes levantam dados em que demonstram que, se levarmos em consideração que a maior parte dos rios da região nordeste possuem caráter intermitente, e que em boa parte do ano eles permanecem secos. Logo os pequenos açudes são insuficientes como infraestrutura hídrica, pois não

podem ser utilizados para combater a principal característica do semiárido, que são as secas e cheias prolongadas (CEARÁ, 2008).

Segundo Dantas e Rodrigues (2015), podemos considerar ainda a interferência entre os açudes. Os barramentos de pequeno porte são construídos, na maioria das vezes, por particulares e sem estudos aprofundados acerca do impacto ambiental que instalação dos mesmos acarreta, sendo um grande limitador de um gerenciamento de recursos hídricos integrador e participativo.

Para Dantas e Rodrigues (2015, p. 171).

Observa-se que o único consenso que se tem sobre o tema é que os dois tipos de reservatórios trazem vantagens e desvantagens e que a construção de ambos foi disseminada no Nordeste. A questão agora é buscar estratégias que visem melhorar os usos dos mesmos e estudos mais aprofundados para definir a localização deles, tendo em vista que dependendo da localização se pode maximizar a eficiência destes. Nesse contexto, se faz necessário ampliar os estudos detalhados das condições naturais da região que irá receber tais infraestruturas hidráulicas.

Paralelo a discussão sobre qual tipo de infraestrutura hídrica, grandes ou pequenos açudes, seria mais adequada para o semiárido, e qual infraestrutura traz menos impactos ambientais, estão os crescentes investimentos em novas tecnologias de gerenciamento e preservação dos recursos hídricos. Tecnologias que visam entender o clima, relevo, geologia, solos, geomorfologia, e as paisagens como um todo, para deste modo melhor compreender a dinâmica ambiental da região. E dessa forma fomentar projetos de desenvolvimento econômico a nível regional e de forma sustentável.

Já podemos observar essas tecnologias em planos de manejo ecológico, planos de diagnósticos de desertificação, agroclimatologia, modelos de evolução das paisagens, e sistema de prevenção de riscos climáticos. Elas servem como aparato técnico de auxílio das grandes infraestruturas hídricas, indicando quando haverá mais chuvas, em que tipo de solo a captação de água é mais eficiente, que tipo de vegetação protege mais o entorno dos rios de assoreamento e inundações, e quais são as formas mais eficientes de irrigação.

Uma tecnologia em especial que já é muito conhecida dos pesquisadores, mas, que pelo seu caráter interdisciplinar, e sua aplicabilidade em várias escalas espaciais e temporais, e que tem sido cada vez mais utilizada no mundo, e o cálculo do balanço hídrico.

Que é o cálculo dos percentuais de entrada e saída de água no solo, visando compreender a dinâmica hídrica de uma região. E com os resultados obtidos pode se indicar: o tipo climático do local, seu índice de umidade e aridez, quais culturas são melhores adaptadas a condições hídricas específicas, a susceptibilidade do solo a erosão e desertificação, manejo da quantidade de água a ser distribuída para diferentes usos, e comportamento dos recursos hídricos como resposta a mudanças climáticas globais.

O balanço hídrico é uma das formas mais inovadoras e completas de entender a complexidade dos recursos hídricos associados ao clima e o perfil físico do local. Sendo uma ferramenta essencial para planejar políticas públicas de manejo e conservação dos recursos hídricos, e dar resposta sobre como devemos proceder diante de eventos de secas e inundações extremos, e como antever tais fenômenos.

2.5 Balanço hídrico como ferramenta de gerenciamento de recursos hídricos

A demanda contínua por água, associada com a limitação na capacidade de uso dos recursos hídricos, conflitos entre usos e os danos causados pelo excesso e pela escassez de água, exige a cada dia um planejamento regional e eficiente para o aumento do uso otimizado da água. O conhecimento a respeito da distribuição espacial e temporal da oferta hídrica permite instituir diretrizes para a implementação de políticas de gestão deste recurso (HORIKOSHI; FISCH, 2007).

É de conhecimento geral o quão difícil se torna o desenvolvimento socioeconômico das populações que se encontram em regiões de clima semiárido, e o volume de investimentos que se faz necessário para criação de políticas públicas de combate e convivência com a seca. Além da busca crescente por novas tecnologias que auxiliem nas tomadas de decisão referentes a gestão e preservação de recursos hídricos.

A partir dessa busca crescente por novas tecnologias que pudessem refletir o regime hídrico de um local surgiu o balanço hídrico, visando mensurar a chuva e a evapotranspiração em um ecossistema, identificando as necessidades de captação de água de diversas culturas mensalmente. O método de cálculo de balanço hídrico que obteve maior sucesso foi o de Thornthwaite & Mather (1955), por entender que a disponibilidade de água no solo é reduzida quando a capacidade de

armazenamento do mesmo também diminui, utilizando o solo como variável importante no cálculo do balanço hídrico.

O balanço hídrico climatológico foi criado por Thornthwaite e Mather (1955), como forma de determinar o regime hídrico de um local, sem o estudo de características aprofundadas sobre o solo local. Para seu cálculo é necessário definir o armazenamento total de água no solo (CAD – que é a Capacidade de Água Disponível), e obter os valores de precipitação total da sua área de estudo, bem como os valores de evapotranspiração potencial de cada período. A partir dessas informações básicas, o Balanço Hídrico Climatológico (BHC), retorna os valores de evapotranspiração real, deficiência e excedente hídrico, e a retirada de água do solo.

Vários modelos de cálculo do balanço hídrico são encontrados em toda a literatura científica e com múltiplas funcionalidades e aplicabilidades. O modelo que é mais utilizado na definição de projetos agroclimáticos é o desenvolvido por Thornthwaite & Mather (1955), que compara valores de precipitação e evapotranspiração, integrada há uma determinada capacidade de armazenamento de água no solo.

Para Pereira et al. (2002), a oferta hídrica de uma região pode ser quantificada pelo balanço hídrico climatológico (BHC), que demonstra as variações sazonais de excedente e deficiência hídricas através das entradas e saídas de água de uma condição de controle, principalmente precipitação pluvial (P) e evapotranspiração potencial (ETP).

O balanço hídrico tende a se manter estável em condições naturais da paisagem. Entretanto, com o aumento populacional, uso e ocupação predatórias do solo, uso intensivo dos recursos hídricos, queimadas, compactação do solo, e poluição, acabam interferindo ativamente no ciclo hidrológico. Alterando as variáveis de armazenamento de água do solo, da evapotranspiração, e do escoamento superficial e profundo.

Na agricultura, o balanço hídrico fornece dados sobre o regime hídrico da região em que as culturas serão plantadas, identificando a época mais propícia a ao preparo do solo durante o ano, data ideal para a semeadura e plantio, e se há a necessidade de instalação de sistemas de irrigação e drenagem, bem como a quantidade de água exata que deverá ser usada por essas técnicas.

Segundo Bergamaschi et al. (1992), quando realizado em sequência, em escala diária ou decenal, o balanço hídrico determina, através de monitoramento da água no solo, o momento ideal da semeadura dentro da estação de plantio e a lamina líquida a ser aplicada via irrigação suplementar.

O balanço hídrico também demonstra os períodos de deficiência e excesso hídricos, ajudando a criar estratégias de implementação de tecnologias de irrigação quando houver deficiência hídrica, e técnicas de captação de água, para uso da população, quando houver um excedente hídrico.

De acordo com Sentelhas (1998), o balanço hídrico climatológico tem como principal função a caracterização regional quanto a disponibilidade hídrica.

Para Tubelis (2001), o balanço hídrico pode ser utilizado na determinação o tempo de repouso necessário a algumas culturas perenes, que pode ser atingido com a seca, de forma a obter floradas intensas e conseqüentemente colheitas concentradas.

Já Aguilar et al., (1986), ressalta que os resultados obtidos de um balanço hídrico podem ser úteis para o zoneamento agroclimático de uma região, cálculo da demanda potencial de água das culturas irrigadas, prioridades de planejamento de pesquisas, e no conhecimento do regime hídrico.

Muitos estudos utilizando o balanço hídrico climatológico foram realizados no Nordeste brasileiro, em especial no Ceará, tendo como prioridade realizar a classificação climática da região (determinar índice de aridez, hídrico, e de umidade), criar modelos de evolução das paisagens frente as mudanças climáticas globais, e estudos sobre gestão de bacias e manejo de culturas irrigadas. Segundo Ometto (1981), a principal função deste balanço hídrico é servir como base para uma classificação climática.

Pequeno et al., (1974), realizaram um estudo utilizando o método do balanço hídrico climático em algumas microrregiões do estado do Ceará e verificaram que as mesmas apresentaram deficiência hídrica, as mais distantes do litoral e de pequena altitude apresentaram maiores deficiências, as regiões que estão mais próximas do litoral e situadas em médias altitudes apresentaram disponibilidade média regular de água.

Várias formas de representar o balanço hídrico são utilizadas constantemente nas pesquisas científicas, dentre elas estão os: gráficos, tabelas e mapas. Sua principal função é, melhor descrever os dados obtidos através do balanço hídrico, e um entendimento mais preciso e integrado do BHC, favorecendo o planejamento de políticas públicas, e o esclarecimento sobre a importância do conhecimento do regime hídrico para a população.

O sistema de informação geográfica (SIG) aparece como importante ferramenta na espacialização dos dados de evapotranspiração, deficiência e, excedente hídrico, obtidos através do cálculo do balanço hídrico. Através dessa ferramenta os dados podem ser demonstrados em diferentes escalas (municipal, estadual, regional), e também pode realizar comparações de dados em diferentes intervalos de tempo, sendo assim essencial para integrar os dados especializados em planos de gestão e preservação de recursos hídricos de forma complexa e abrangente.

Segundo Camelo (1999), o desenvolvimento tecnológico e científico proporcionou o acesso a diversas informações que compõem um grande volume de dados que serão interpretados e analisados. Este fato levou ao uso de sistemas informatizados que são importantes ferramentas de trabalho, tanto para análise quanto extração de novas informações. Desse modo, foram criados sistemas computacionais denominados Sistema de Informação Geográfica – SIG, que tem como objetivo é analisar informações espaciais e seus atributos descritivos.

O SIG também se destaca como ferramenta capaz de interpolar dados espaciais em locais onde não há uma grande disponibilidade de dados observáveis, e também possibilita a criação por parte do usuário da ferramenta de novas metodologias na abordagem dos dados.

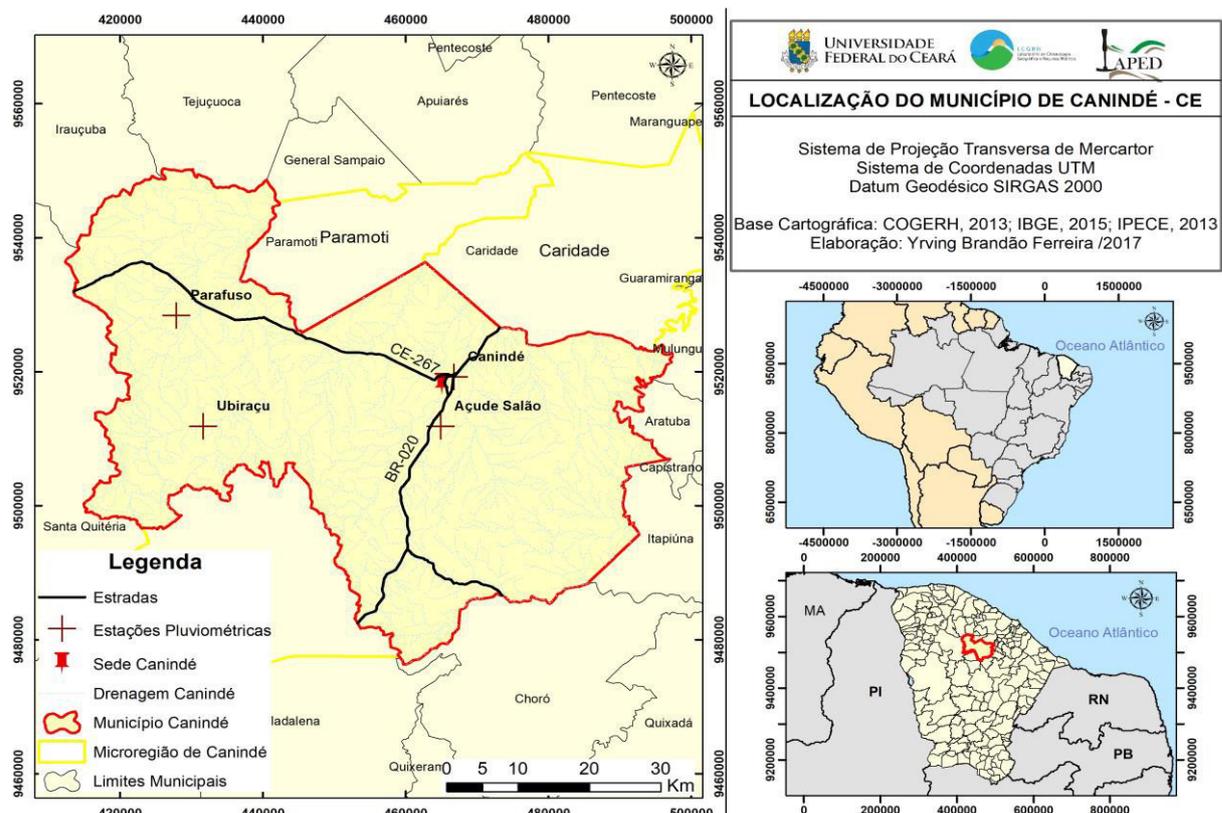
Através cálculo do balanço hídrico climatológico Giacomoni (2002), elaborou o sistema de Suporte a Outorga de Direito do Uso da Água – SODUA, de formar a descobrir a necessidade de água para determinada área cultivada e a disponibilidade de tal recurso no ponto de captação, de acordo com o sistema de irrigação utilizado.

3 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

Canindé é um município situado no nordeste Brasileiro e pertencente ao Estado do Ceará, e possui uma extensão territorial de aproximadamente 3.218,5 km², sendo o quinto maior município do Estado. Está inserido entre as coordenadas 4° 21' 32" Sul e 39° 18' 42" Oeste, se localizando na porção Centro-Norte do Ceará. Podemos ver na (Figura 1), a localização do município de Canindé. E possui uma altitude média de 149,73 metros, e sua distância em linha reta para a capital é de 114,0 Quilômetros. Suas principais estradas são a Br-020 e CE-267. (IPECE, 2016).

O município por possuir uma grande extensão territorial também apresenta uma grande quantidade de distritos, que são: Canindé, Bonito, Calçara, Campos, Capitão Pedro Sampaio, Esperança, Iguaçú, Ipueiras dos Gomes, Monte Alegre, Salitre e Targinos. Sua divisão regional ocorre da seguinte forma: região de planejamento é a de Sertão de Canindé, mesorregião do norte cearense, e microrregião de Canindé. (IPECE, 2016).

Figura 1: Delimitação do município de Canindé



Fonte: Companhia de gestão de recursos hídricos -COGERH, Limites municipais, 2013 Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, Limites Brasil, e América do Sul, 2013 Elaboração: Autor

Sua população em 2010 segundo IPECE (2016), era de cerca de 74.473 habitantes, sendo dividida em: urbana 46.875 h, e rural 27.598 h. O total de homens é de 36.912 h, e mulheres de 37.561 h. Possuindo uma densidade demográfica de 23,14 (hab./ km²).

A população residente em Canindé está dividida em um total de 19.980 domicílios, dos quais, 13.070 estão na zona urbana, e 6.910 estão na zona rural (IPECE, 2016).

No quesito índices de desenvolvimento Canindé está assim classificado: índice de desenvolvimento municipal (IDM) 30,86; índice de desenvolvimento humano (IDH) 0,612; índice de desenvolvimento social de oferta (IDS-O) 0,384; e índice de desenvolvimento social de resultado (IDS-R) 0,515 (IPECE, 2016).

O emprego e renda de Canindé apresentam grandes variações através dos setores produtivos. A atividade com o maior número de empregos formais é a de administração pública com 2.881 empregos, seguida pelo comércio com 1.187 empregos, e indústria de transformação com 841 empregos (IPECE, 2016).

Um dado a ser considerado para políticas públicas de gerenciamento e preservação dos recursos hídricos, e que apenas 36,59% dos domicílios do município possuem esgotamento sanitário. Esse resultado compromete bastante a qualidade de vida e saúde da população residente, aumentando a pressão negativa sobre o meio ambiente local (IPECE, 2016).

3.1 Aspectos geoambientais

Quanto as características físicas do município, este se encontra todo distribuído na depressão sertaneja, com geomorfologia de maciços residuais. O que implica em condições de pouca capacidade de infiltração da precipitação, ocasionando em associação com o clima semiárido rios com características intermitentes, e solos rasos a pouco profundos. (IPECE, 2016).

A vegetação de Canindé se apresenta como: Caatinga Arbustiva Aberta, Caatinga Arbustiva Densa, e Floresta Subcaducifólia Tropical Pluvial (IPECE,2016).

O clima é um grande influenciador das características hidrográficas de uma região, sendo em conjunto com a temperatura as principais variáveis definidoras do balanço hídrico local. A hidrografia de Canindé como a de qualquer lugar do mundo é formada pela relação integrada do clima e de vários outros fatores ambientais, dentre eles podemos destacar: geologia, geomorfologia, solos e vegetação.

A geologia define o padrão de escoamento e o grau de infiltração da precipitação na rede hidrográfica. O município de Canindé por estar inserido em uma região com geologia de origem cristalina, quando ocorre a precipitação está é pouco infiltrada e muito escoada por todo o seu território, dificultando muito acúmulo da mesma em subsuperfície. Sendo está uma das razões do regime intermitente dos rios deste município.

A geomorfologia influencia a orientação da drenagem, e no padrão de acúmulo de sedimentos nos leitos dos rios, além de ser fator importante para a navegação, ou como meio de produção de energia elétrica através de hidroelétricas.

O município de Canindé por estar situado em uma geomorfologia com padrão de Maciços Residuais e Depressão Sertaneja, possui grande competência para movimentar sedimentos em todo o seu território, favorecendo o assoreamento dos rios, e grandes inundações, caso medidas de planejamento ambiental e projetos de uso e ocupação eficazes não sejam implementados. Também deve ser levado em consideração o clima semiárido na ocorrência de todos esses processos (COGERH, 2009)

3.1.1 Distribuição de solos em Canindé

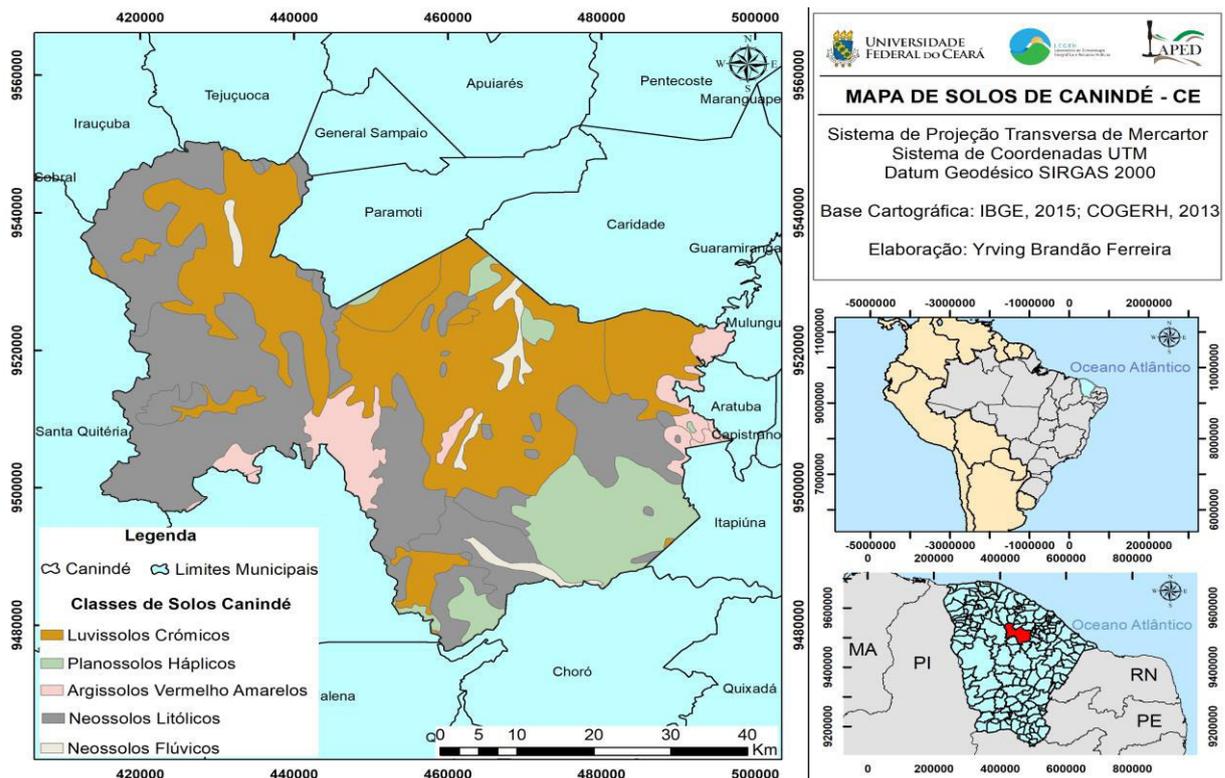
Quando falamos em solos pensamos em grandes faixas da superfície terrestre que por fatores de formação do solo (clima, relevo, tempo, organismos vivos, rocha mãe) semelhantes não haveria uma grande diferenciação na distribuição e na quantificação desses solos. No entanto, os solos são encontrados na grande maioria das vezes em associações, podendo estar associado a um único outro tipo de solo, ou há vários outros, dependendo das características ambientais do local.

Em razão da escala de análise os solos do município de Canindé aqui expostos, são os que são encontrados com uma maior frequência e em maior

quantidade, entretanto, esses solos aqui descritos como mencionado ocorrem em associações, e em razão da pequena escala de análise do mapa essa diversidade e complexidade pedológica não pode ser evidenciada em toda a sua abrangência.

Os principais tipos de solo do município de Canindé de acordo com a nova classificação brasileira de solos de 2006, estão descritos na (Figura 2).

Figura 2: Distribuição de solos em Canindé



Fonte: Companhia de gestão de recursos hídricos -COGERH, Limites municipais, distribuição de solos de Canindé, 2013; Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, Limites Brasil, e América do Sul, 2013; Elaboração: Autor

Os luvisolos crômicos compreendem solos minerais, não hidromórficos, com horizonte B textural com argila de atividade alta e saturação por bases alta, imediatamente abaixo de horizonte A ou horizonte E. São solos de cores bastante fortes, vermelhas ou amarelas, são eutróficos, são solos que favorecem o crescimento de raízes em profundidade. Se distribuem em regiões com elevada restrição hídrica, ocorrendo exclusivamente no nordeste do Brasil no semiárido. Se desenvolvem em condições de relevo suave e ondulado. São solos rasos e de difícil mecanização devido a quantidade de pedras no horizonte superficial. Ainda são muito vulneráveis a compactação e a erosão (EMBRAPA, 2006).

Para a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária -Embrapa- (2006, p. 87) os Planossolos Háplicos são:

Compreende a solos minerais imperfeitamente ou mal drenados, com horizonte superficial ou subsuperficial eluvial, de textura mais leve, que contrasta abruptamente com o horizonte B ou com transição abrupta conjugada com acentuada diferença de textura do A para o horizonte B imediatamente subjacente, adensado, geralmente de acentuada concentração de argila, permeabilidade lenta ou muito lenta, constituindo, por vezes, um horizonte pã, responsável pela formação de lençol d'água sobreposto (suspenso), de existência periódica e presença variável durante o ano.

Ocorrem em relevos planos a suaves e ondulados, onde as condições ambientais favorecem o excesso de água, mesmo que por um período curto de tempo, em regiões de estiagem prolongada, e sob condições de clima semiárido. São solos muito utilizados no plantio de arroz irrigado. Sua restrição está relacionada a sua permeabilidade lenta, devido ao acúmulo de argila em sua superfície. É geralmente necessário a correção de sua acidez e dos altos teores de alumínio, que são nocivos a grande parte das plantas (EMBRAPA, 2006)

Segundo Embrapa (2006, p. 76) argissolos vermelho amarelo são:

Compreende solos constituídos por material mineral, que têm como características diferenciais a presença de horizonte B textural de argila de atividade baixa, ou alta conjugada com saturação por bases baixa ou caráter alítico. O horizonte B textural (Bt) encontra-se imediatamente abaixo de qualquer tipo de horizonte superficial, exceto o hístico, sem apresentar, contudo, os requisitos estabelecidos para serem enquadrados nas classes dos Luvisolos, Planossolos, Plintossolos ou Gleissolos.

Ocorrem em maior proporção nos ambientes relacionados a rochas cristalinas, em áreas com climas mais secos. São solos com baixa fertilidade natural, necessitam de corretivos e fertilizantes, para se obter uma maior produtividade no plantio. (EMBRAPA, 2006).

A Embrapa (2006, p. 84) conceitua os Neossolos Litólicos como:

Compreendem solos rasos, onde geralmente a soma dos horizontes sobre a rocha não ultrapassa 50 cm, estando associados normalmente a relevos mais declivosos. As limitações ao uso estão relacionadas a pouca profundidade, presença da rocha e aos declives acentuados associados às áreas de ocorrência destes solos. Estes fatores limitam o crescimento radicular, o uso de máquinas e elevam o risco de erosão. Sua fertilidade está condicionada à soma de bases e à presença de alumínio, sendo maior nos eutróficos e mais limitada nos distrófios e alícos. Os teores de fósforo são baixos em condições naturais.

Já os Neossolos flúvicos para Embrapa (2006, p. 84) são aqueles que:

Os Neossolos Flúvicos (RY) são solos minerais não hidromórficos, oriundos de sedimentos recentes referidos ao período Quaternário. São formados por sobreposição de camadas de sedimentos aluviais recentes sem relações pedogenéticas entre elas, devido ao seu baixo desenvolvimento pedogenético. Geralmente apresentam espessura e granulometria bastante diversificadas, ao longo do perfil do solo, devido a diversidade e a formas de deposição do material originário. Geralmente a diferenciação entre as camadas é bastante nítida, porém, existem situações em que se torna difícil a separação das mesmas, principalmente quando são muito espessas. São solos profundos com um horizonte superficial A diagnóstico. Em função da heterogeneidade das propriedades físicas e químicas, estes solos podem ser de alto, médio, e até mesmo de baixo potencial agrícola, dependendo dos fatores restritivos que os mesmos podem apresentar. As principais restrições destes solos são: riscos de inundação, baixa fertilidade natural, excesso de umidade pela presença do lençol freático próximo à superfície e dificuldade no manejo mecanizado quando apresentam a textura muito fina.

3.1.1.2 Clima e sistemas atmosféricos atuantes em Canindé

O clima além de ser um dos principais fatores de formação do solo, é de suma importância para o desenvolvimento e qualidade de vida da população. Através de seus padrões de variação que temos os diferentes tipos de drenagem hídrica e vegetação em nosso planeta, além de ser um dos principais componentes para o desenvolvimento e expansão da agricultura.

E necessário que os estudos de clima sejam aprofundados e intensificados para conhecermos todos os mecanismos do seu funcionamento, e a partir disso sejam traçados projetos de preservação e desenvolvimento sustentável, de modo a garantir a qualidade de vida e o direito a interação com os ecossistemas para as gerações futuras.

O clima em qualquer região do nosso planeta é determinado em grande parte pela circulação geral da atmosfera. A mesma, é resultado do aquecimento diferencial do planeta pela radiação solar, da distribuição irregular dos oceanos e continentes e também da variedade topográfica continental complexa. Esses padrões de circulação gerados na atmosfera redistribuem o calor, umidade e momentum (quantidade de movimento) por todo o globo. Entretanto, essa redistribuição não é homogênea, agindo algumas vezes na diminuição das variações regionais dos elementos climáticos, como, temperatura e precipitação, as quais, têm enorme influência nas atividades humanas (Boletim de Monitoramento e Análise Climática-Climanálise-Número Especial, 1986).

Os principais sistemas atmosféricos atuantes no município de Canindé e no Ceará como um todo segundo Uvo e Berndtsson (1996) são: Eventos El Niño-

Oscilação Sul (ENOS); Temperatura da superfície do mar (TSM) na bacia do oceano Atlântico, Ventos Alísios, Pressão ao Nível do Mar (PNM); Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) sobre o oceano Atlântico, e Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis (VCAN). Além de sistemas atmosféricos de menor escala, como as linhas de Instabilidade (LI), ondas de leste (OL), e dos Complexos Convectivos de Mesoescala (CCM), e do efeito das brisas marítima e terrestre na precipitação.

A ZCIT segundo Ferreira e Mello (2005), é o fator mais importante na determinação de quão abundante serão as chuvas no Ceará, normalmente ela migra de posição no decorrer do ano de sua posição mais ao norte, aproximadamente 14° N em agosto-outubro para posições mais ao sul, aproximadamente 2° a 4° S entre fevereiro a abril. Esse deslocamento desse sistema atmosférico se relaciona com os padrões de temperatura da superfície do mar (TSM). No Ceará ela determina a quadra chuvosa do estado, que ocorrendo durante os meses de fevereiro a maio.

O Vórtice Ciclônico de Altos Níveis para Ferreira e Mello (2005, p. 20) se conceitua por:

Os Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis (VCAN) que penetram na região Nordeste do Brasil formam-se no oceano Atlântico, principalmente entre os meses de novembro e março, e sua trajetória normalmente é de leste para oeste, com maior frequência entre os meses de janeiro e fevereiro. São um conjunto de nuvens que, observado pelas imagens de satélite, têm a forma aproximada de um círculo girando no sentido horário. Na sua periferia há formação de nuvens causadoras de chuva e no centro há movimentos de ar de cima para baixo (subsistência), aumentando a pressão e inibindo a formação de nuvens.

Já as linhas de instabilidades, que ocorrem principalmente nos meses de verão no hemisfério sul, são caracterizadas por Ferreira e Mello (2005, p. 21) como:

As Linhas de Instabilidade são bandas de nuvens causadoras de chuva, normalmente do tipo cumulus, organizadas em forma de linha, daí o seu nome. Sua formação se dá basicamente pelo fato de que com a grande quantidade de radiação solar incidente sobre a região tropical ocorre o desenvolvimento das nuvens cumulus, que atingem um número maior à tarde e início da noite, quando a convecção é máxima, com consequentes chuvas. Outro fator que contribui para o incremento das LI, principalmente nos meses de fevereiro e março, é a proximidade da ZCIT.

No que se refere as ondas de leste segundo Ferreira e Mello (2005), são ondas que se formam no campo de pressão atmosférica, na faixa tropical do planeta, na área que é influenciada pelos ventos alísios, que se deslocam de oeste para leste, da costa da África até o litoral leste do Brasil. Quando as condições

oceânicas e atmosféricas são favoráveis, provocam chuvas no estado do Ceará nos meses de junho, julho e agosto, principalmente na parte centro-norte do estado.

Os Complexos Convectivos de Mesoescala (CCMs) são aglomerados de nuvens que se formam através de condições locais favoráveis como temperatura, relevo, pressão, etc., causam chuvas fortes e de pequena duração, acompanhadas de fortes rajadas de ventos, ocorrem preferencialmente durante os meses de primavera e de verão no hemisfério sul (Souza et al., 1998).

O fenômeno da brisa marítima e a brisa terrestre resulta do aquecimento e do resfriamento diferencias que ocorrem entre a terra e a água. Durante o dia o continente se aquece mais rapidamente que o oceano adjacente, fazendo com que a pressão sobre o continente seja mais baixa que sobre o oceano. Isto faz com que o vento à superfície sopra do oceano para o continente, vento esse denominado de brisa marítima. A brisa marítima chega a penetrar até 100 km para dentro do continente. Já na noite o continente perde calor mais rapidamente que o oceano, fazendo com que esse fique com temperaturas mais elevadas se comparadas às do continente. Dessa forma a pressão fica maior sobre o continente, fazendo com que o vento sopra do litoral para o oceano, vento esse chamado de brisa terrestre (FERREIRA; MELLO, 2005).

As brisas nem sempre são bem perceptíveis, como exemplo, onde os ventos alísios são persistentes e intensos durante todo o ano, quase sempre as brisas apenas contribuem para mudar um pouco a direção e a velocidade dessas. Dependendo da orientação da costa, a velocidade do vento, resultante da superposição alísio-brisa, pode ser maior ou menor que a do alísio (VAREJÃO, SILVA, 2001).

Todos esses sistemas atmosféricos em conjunto a temperatura e a geomorfologia de Canindé é que definem o padrão climático do município. Que segundo o IPECE (2016), é definido como Tropical Quente Semiárido, e Tropical Quente Semiárido Brando, com média de precipitação em torno de 756,1 (mm), e período chuvoso de fevereiro a abril.

3.1.1.2.1 Recursos hídricos de Canindé

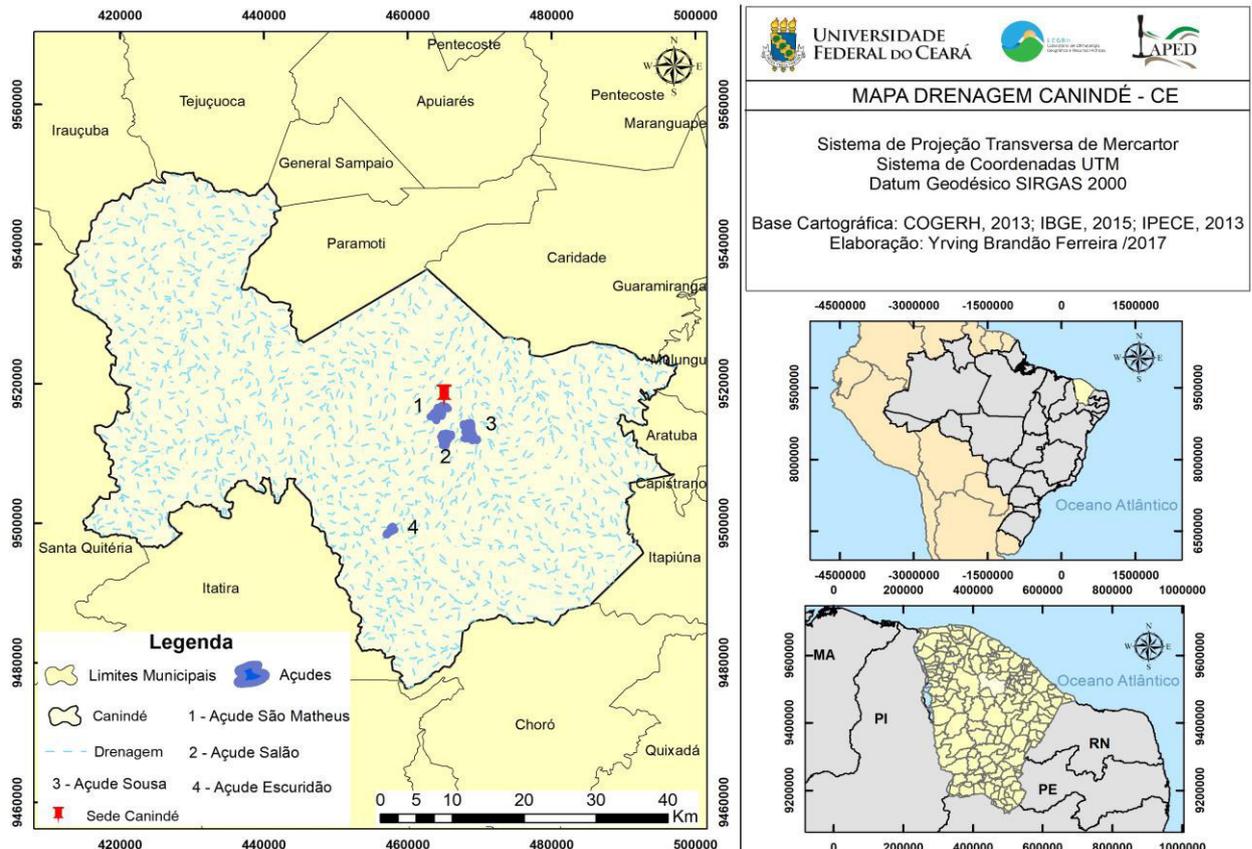
Para melhor entender a complexidade e ter maior eficiência na gestão dos recursos hídricos, estes foram divididos em bacias hidrográficas de acordo com suas características físicas e ambientais.

Para Barrella (2001), bacia hidrográfica um conjunto de terras drenadas por um rio e seus afluentes, formada nas regiões mais altas do relevo por divisores de água, onde as águas das chuvas, ou escoam superficialmente formando os riachos e rios, ou infiltram no solo para formação de nascentes e do lençol freático. As águas superficiais escoam para as partes mais baixas do terreno, formando riachos e rios, sendo que as cabeceiras são formadas por riachos que brotam em terrenos íngremes das serras e montanhas e à medida que as águas dos riachos descem, juntam-se a outros riachos, aumentando o volume e formando os primeiros rios, esses pequenos rios continuam seus trajetos recebendo água de outros tributários, formando rios maiores até desembocarem no oceano.

Canindé está situado entre duas grandes bacias hidrográficas Curu e Metropolitana. Quase que a totalidade de seu território está inserida na bacia do Curu, e apenas a porção leste e sudeste do município se encontra localizado na bacia metropolitana. Como mostra a (Figura 3).

De acordo com (CEARÁ, 1989), A bacia hidrográfica do rio Curu, localizada na porção noroeste do Estado do Ceará limita-se, ao norte, com o Oceano Atlântico, a leste, com a Bacia Metropolitana, a oeste, com a Bacia do Litoral, e ao sul com as bacias do Coreaú e Banabuiú. Tem como principais afluentes na margem esquerda os rios Tejuçuoca, Caxitoré e Frios e, na margem direita, os rios Canindé, Capitão-Mor e Melancia. Suas nascentes fluviais estão localizadas na Serra do Machado, com nível altimétrico entre 700 e 800 metros. Os principais divisores d'água da bacia são, além das nascentes, o Maciço de Baturité, a leste, e o de Uruburetama, a oeste.

Figura 3. Drenagem hídrica em Canindé



Fonte: Companhia de gestão de recursos hídricos -COGERH, Limites municipais, drenagem hídrica, 2013; Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, Limites Brasil, e América do Sul, 2013; Elaboração: Autor

As bacias metropolitanas para a COGERH (2009), localizam-se na porção nordeste do Estado limitadas ao sul pela bacia do rio Banabuiú, a leste pela bacia do rio Jaguaribe, a oeste pela bacia do rio Curu, e ao norte, pelo Oceano Atlântico. É constituída por uma série de bacias independentes onde se destacam as que têm os rios Choró, Pacoti, São Gonçalo, Pirangi, Ceará e Cocó, como coletores principais de drenagem e os sistemas Ceará/Maranguape e Cocó/Coaçu. Esta Bacia corresponde a uma área de 15.085 km², 10% do estado do Ceará.

Segundo a (COGERH, 2009) a bacia metropolitana drena aproximadamente (20,10%) do território do município de Canindé.

Os principais rios que drenam o município são: Canindé, Curu, Choró, Salão, Batoque, Cangati, Juriti; os riachos: dos Grossos, das Furnas, e da Conceição. Os açudes que mais se destacam em relação ao seu volume são: Souza 30,84 hm³,

São Mateus 10,33 hm³, Salão 6,04 hm³, e Escuridão 2,72 hm³. Também possui 1 adutora e 258 poços (COGERH, 2009).

Na data de produção dessa pesquisa os percentuais de volume dos açudes em relação a sua capacidade total de armazenamento são: Souza 0,34%, São Mateus 5,51%, Salão 0,44%, e Escuridão 0,44% (PORTAL HIDROLÓGICO DO CEARÁ, 2017).

3.1.1.2.1.2 Aspectos históricos e socioeconômicos do município de Canindé.

Os aspectos físicos de um ambiente são muito importantes para compreendermos como a sociedades se desenvolvem e se estruturam em seu um território. Entretanto, somente essas características ambientais não refletem a complexidade da sociedade que vivemos atualmente, necessitando assim compreender os processos históricos, culturais, políticos, e socioeconômicos do território. Para que entendo esse panorama socioambiental diverso o gerenciamento e ordenamento do território seja feito de forma a atender as necessidades de desenvolvimento econômico da população, aliado a proteção e manutenção dos ecossistemas.

Segundo Vieira (1997, p 23) o processo de formação do município de Canindé iniciou-se em meados do século dezoito, este era um aldeamento de índios vindos dos sertões de Monte-Mor;

Não passava assim, de um pequeno núcleo, lugarejo inexpressiva. Habitavam, todavia, a vasta região alguns fazendeiros que se estabeleciam nas cercanias, vindos na sua totalidade das ribeiras do Jaguaribe e cujas terras lhes foram doadas por sesmarias. Praticavam o pastoreio. A Ribeira de Canindé, local que veio a se originar na atual região onde fica o Santuário de São Francisco das Chagas de Canindé, teve sua origem como data o dia 27 de fevereiro de 1731, sob o livro 11 e a sesmaria de nº 108 em favor da nação Canindé.

O povoado foi oficialmente fundado pelo sargento-mor português Francisco Xavier de Medeiros em 1775, às margens do Rio Canindé, um pequeno rio que ainda atravessa a cidade atual. Em 1796, concluiu-se a construção de uma capela pequena dedicada a São Francisco das Chagas – o santo padroeiro da cidade –, a qual eventualmente foi elevada à dignidade de Basílica Menor em 1925. O povoado de Canindé foi elevado à categoria de vila no dia 29 de julho de 1846, e passou à posição de cidade no dia 2 de agosto de 1914 (VIEIRA, 1997).

Segundo Vieira (1997) um dos fatos mais importantes da formação histórica da Canindé foi a permanência, durante muitos anos, dos Frades Capuchinhos na cidade. Vieram eles da Província de São Carlos de Milão, por contrato celebrado entre o saudoso Bispo do Ceará, Dom Joaquim José Vieira e o Superior da Missão Lombarda. Chegaram a Canindé em 1898, num grupo de oito sendo Superior Frei David.

A cidade de Canindé é um centro religioso importante da região nordeste, ao qual chegam romeiros do país inteiro para pagar suas promessas a São Francisco na Basílica de São Francisco das Chagas. Cada ano, centenas de milhares de romeiros viajam a Canindé para participar da Festa de São Francisco, que culmina com as celebrações do Dia de São Francisco, no dia 4 de outubro.

De acordo com Silva (2007), a cidade de Canindé é conhecida mundialmente por ser foco da segunda maior peregrinação de fieis no mundo, que é realizada em devoção a São Francisco de Assis, chamado também de São Francisco das Chagas (de Canindé). O município só perde em romaria Franciscana para a cidade de Assis na Itália. Essa peregrinação de fieis gera divisas, não só para Canindé, como para aos demais municípios do Ceará e até outros Estados do país.

Em torno de dois milhões de pessoas se deslocam apenas pela área urbana do município durante os festejos do santo padroeiro e nos meses subsequentes ao novenário. A festa ocorre normalmente no período de trinta de setembro a quatro de outubro, dia de São Francisco (GOMES, 2012).

Em razão da romaria constante, o turismo religioso constitui uma das principais fontes de renda para os setores urbanos de Canindé, algo que marca de modo distinto a aparência visual da cidade. Além da basílica, outros pontos religiosos notáveis da cidade incluem a Casa dos Milagres, onde os romeiros depositam ex-votos, fotografias, e outros objetos a fim de registrar graças alcançadas; a gigantesca estátua de São Francisco das Chagas, inaugurada em 2005; e a Praça do Romeiro, cuja construção entre 1987 e 1989 foi iniciada pela então Secretaria de Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente como uma fonte de trabalho para flagelados atingidos pela seca prolongada de 1987 (VIERA, 1997).

Por ser um município localizado em pleno semiárido, o solo apresenta limitações de recursos hídricos que interferem diretamente no modo de vida de grande parte da população rural. Nos “assentamentos” e nas demais propriedades rurais, os agricultores dependem da estação chuvosa, pois, quando chove, cultivam lavouras de subsistência e, nos períodos sem chuvas, ficam à mercê de programas sociais de assistência do Governo Federal e Estadual.

De acordo com IPECE (2016) a produtividade agrícola de Canindé se dividiu entre dois setores: a agricultura de subsistência e a cultura do algodão. As pessoas ainda falam da época do algodão com nostalgia. Conhecido como ouro branco, o algodão gera uma porção substancial da renda regional, agindo como fator de ascensão financeira no Ceará. No final dos anos 1980, entretanto, a indústria algodoeira de Canindé se desmoronou. Embora o governo tenha procurado revitalizar a produção regional do algodão entre 1998 e 2001, no final o preço de venda do algodão não compensava as despesas da sua produção” e os empreendimentos falharam.

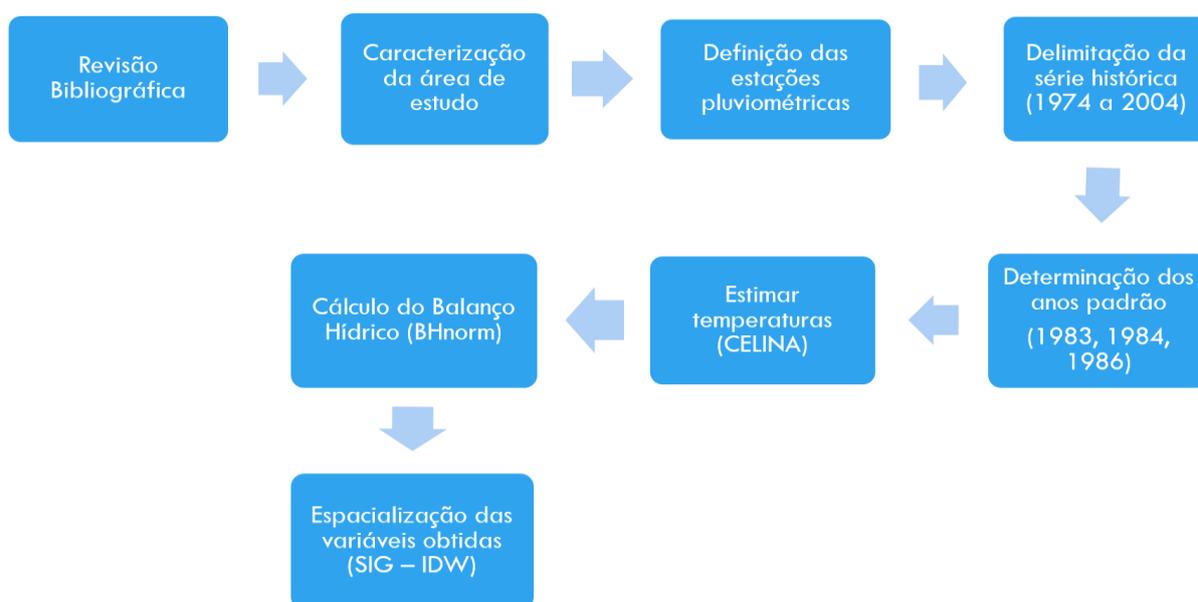
Segundo Vieira (1997), o declínio do algodão deixou uma carência notável nas fontes de renda regional. Houve algumas tentativas recentes de substituir a defunta economia algodoeira, que antes tanto prosperava, pelo cultivo de mamona, uma planta empregada na produção do biodiesel, porém, até agora essa permuta ainda não gerou um crescimento econômico semelhante.

4 METODOLOGIA

A pesquisa iniciou com uma revisão bibliográfica dos principais autores e obras que discorrem sobre a questão hídrica no Brasil, seu cenário no semiárido, gestão de recursos hídricos em regiões com grande escassez hídrica, e as principais estratégias de combate e convivência com a seca. O próximo passo da revisão, foi a caracterização da área de estudo, o município de Canindé. Onde foram levantadas informações sobre as características físicas, históricas, socioeconômicas e, políticas do município. Em seguida, foram definidas as estações pluviométricas dentro dos limites do município de Canindé, e a série histórica a ser utilizada na pesquisa. E a partir disso, foram delimitados os anos padrão, secos, habituais e úmidos.

Utilizando a delimitação dos anos padrão, foram obtidos os dados de temperatura e precipitação. Esses dados, após serem organizados e tabelados, foram usados no cálculo do balanço hídrico climatológico. Como resultado, foram obtidos dados de evapotranspiração real, potencial, excedente, e deficiência hídrica, que com auxílio de uma ferramenta SIG, foram espacializados e analisados de acordo com suas semelhanças e particularidades para os três anos padrão encontrados. Como demonstra a (Figura 4).

Figura 4. Etapas de desenvolvimento da pesquisa



Fonte: Elaborado pelo autor, 2017.

4.1 Eleição de anos padrão

A caracterização de períodos úmidos e secos há algum tempo já faz parte dos temas mais debatidos pelos pesquisadores da climatologia. Os autores F. Bognouls e H. Gaussen em 1953 deram grande passo quando da proposição do diagrama ombrotérmico de Gaussen como ficou conhecido. O mesmo relaciona as variáveis temperatura e precipitação de modo a caracterizar os períodos denominados de secos e úmidos. Esse diagrama não determinava o quanto seco/úmido é o mês e somente se o mesmo é seco ou úmido (GALVANI, 2004).

A escolha de anos-padrão como forma de entender a dinâmica atmosférica, teve início com Monteiro (1973), que propôs critérios para a escolha de anos-padrão, executando a análise rítmica, levando em conta a concepção sorreana do clima.

A metodologia do *Box Plot* de Galvani e Luchiari (2004), propõe que através da utilização de dados mensais de estações pluviométricas, pode-se realizar uma análise temporal e estatística dos dados, definindo valores médios e extremos de precipitação, que serão utilizados na caracterização dos anos-padrão.

Tavares (1976 p. 81), conceitua por anos-padrão “normais”, “secos” e “chuvosos”.

Entendemos que um ano padrão “normal” seria aquele em que a distribuição da precipitação anual em um determinado lugar fosse semelhante à distribuição das precipitações médias, obtidas através de vários anos para esse local. Como essa distribuição estaria de acordo com a típica circulação atmosférica regional, em um período de décadas, teria ocorrência maior do que os padrões extremos “secos” ou “chuvosos”. Anos padrão “secos” ou chuvosos” não se refere aos totais anuais de chuva, mas a distribuição delas no decorrer do ano. O ano padrão “seco” caracterizar-se-ia por uma distribuição das precipitações que apresentasse um grande desvio em relação aos dados médios, em função de períodos com intensa falta de chuvas, enquanto no ano padrão “chuvoso” deveria suas discrepâncias ao excesso de chuva em relação aos dados mais frequentes

O *Box Plot* de Galvani e Luchiari (2004), usa a técnica dos quartis, usando valores máximos, medianas, 1º, 2º e 3º quartis e valores mínimos. É importante conhecermos o significado de cada uma desses parâmetros para um entendimento mais claro dos dados no qual estamos trabalhando, e como se da sua variação ao longo da série histórica.

O valor máximo (v.máx) é o maior valor encontrado na nossa série, é aquele dado que se destaca pelo seu maior valor. Já o valor mínimo (v.mín) é o dado com

menor valor encontrado na série. Esses extremos demonstram o tamanho dos dados e o intervalo de medidas que serão trabalhadas.

A mediana pode ser definida como sendo a posição central dos dados, que devem estar descritos de forma decrescente. Esse parâmetro demonstra sua relevância na medida em que evidencia a dispersão de um grupo de dados e as diferenças que existem entre grupos. Ou seja, que “fogem da tendência central podendo subestimar ou superestimar a análise.” (GALVANI; LUCHIARI, 2004).

Para Galvani e Luchiarri (2004, p. 22), os quartis podem ser definidos como:

Os quartis dividem um conjunto de dados em quatro partes que contém, cada uma delas, 25% dos dados da série. Então existe o primeiro quartil (1o Q), o segundo quartil (2o Q) ou mediana e, o terceiro quartil (3o Q). Para determinação do primeiro e terceiro quartil proceda da mesma maneira quando da determinação da mediana, mas neste caso utiliza-se somente os valores entre o mínimo e a mediana para se determinar o primeiro quartil e, os valores entre a mediana e o valor máximo para se obter o terceiro quartil.

Depois de efetuado todo o método do Box Plot Galvani e Luchiarri (2004, p. 24), demonstram de que forma os dados devem ser analisados.

Para tanto será considerado um range de 5 a 95% da série. Àqueles meses em que o total de precipitação estiver entre os 5% dos menores valores serão denominados de meses super secos e, aqueles meses que encontrarem seus valores entre os 5% superiores da série serão denominados de super úmidos. Os valores que se encontrarem entre o valor mínimo e o 1o quartil serão considerados meses secos. Entre o 1o quartil e 3o quartil serão denominados de meses normais. E por fim aqueles entre o 3o quartil e valor máximo serão denominados de anos úmidos.

4.2 Balanço Hídrico

O balanço hídrico é um método contábil de estimativa de disponibilidade de água no solo e tem como base norteadora a aplicação do princípio de conservação de massa em uma área de solo vegetado, quantificando as entradas e saídas de água no solo (PEREIRA et al., 2002).

O balanço Hídrico pode ser determinado pela equação:

$$ETR = Pr + Ir + \Delta As - Pe - Es \quad (4.1)$$

Onde ETR é o valor da evapotranspiração real; Pr é a precipitação; Ir é a água de irrigação; ΔAs é a variação de umidade no solo; Pe é a percolação; e Es é o escoamento superficial, dados estão em mm (PAULA, 2011).

Se a capacidade de armazenamento de umidade do solo é conhecida, a equação do balanço hídrico se ajusta e pode-se ser resolvida apenas entre a comparação da água de irrigação com evapotranspiração. O cálculo do balanço hídrico pode ser realizado para uma escala temporal, diária, semanal e mensal. Tem sido utilizado para resolução de vários problemas, dentre eles, controle de intervalo de irrigação, planejamento dos recursos hídricos, previsão de rendimento de cultura e classificação climática (PAULA, 2011).

Para Paula (2011, p. 21), as variáveis, negativo acumulado (NAC) e armazenamento de água no solo (ARM) são:

calculadas simultaneamente, para ajudar no fechamento do balanço. Os primeiros cálculos para balanço hídrico anual com intervalo de tempo mensal são iniciados pelo último mês do período chuvoso, ou seja, o último mês em que a precipitação (Pr) é superior à evapotranspiração potencial (ETP). Considera-se, neste mês, denotado por j, o solo está plenamente abastecido de água, ou seja:

$$(Nac)_j = 0$$

$$(ARM)_j = \text{lâmina de máximo armazenamento de água (CA)}$$

Segundo Paula (2011, p. 22), a lâmina de máximo armazenamento de água é necessária pois:

A lâmina de máximo armazenamento de água (CA), necessária ao cálculo do balanço hídrico, foi tomada como sendo igual à máxima capacidade de retenção de água disponível pelo solo (CAD). O CAD é definido como sendo a diferença entre a quantidade de água existente no solo na capacidade de campo (cc) e a existente no ponto de murcha permanente (PMP), que representa a quantidade de água máxima retida em determinado tipo de solo que está disponível às plantas ou evaporação. O CAD decresce de solo barro-limoso para solos como areia grossa e pode ser determinado pela seguinte expressão:

$$CAD = [(CC\% - PMP\%)/100] * dg * Zr \quad (4.2)$$

Em que,

CC% = umidade da capacidade de campo em %,

PMP% = umidade do ponto de murcha, em %

dg = massa específica do solo

Zr = profundidade específica do sistema radicular, em mm

A equação (4.2) expressa o CAD em unidade de milímetros de água por cem milímetros de profundidade do solo.

Paula (2011, p. 22), define como capacidade de campo:

A capacidade de campo corresponde a um conteúdo de umidade do solo, em que a força para extraí-la seja apenas de -0,1 bars, e ocorre depois de uma chuva ou irrigação intensa haver cessado e a força ou potencial gravitacional ter deixado de predominar sobre a água do solo, o que faz com que o movimento da água decresça substancialmente no sentido vertical. A capacidade de campo pode ser determinada empiricamente ou em laboratório; no segundo caso, torrões do solo revestido de resina, através da qual os torrões podem entrar em contato com a areia úmida de uma mesa de tensão a serem equilibrados a 0,1 bars. Depois do equilíbrio, a janela pode ser fechada novamente e a umidade dos torrões determinadas gravimetricamente.

De acordo com Paula (2011, p. 22), umidade do ponto de murcha é:

As forças que retêm a água no solo aumentam com a diminuição de umidade. Assim, o solo pode atingir um estágio em que a água não mais passará do solo para as raízes. Logo, a perda por evaporação excederá a entrada de água e as plantas atingirão o estado de murchamento, a partir do qual não se recuperarão, mesmo com o restabelecimento da umidade do solo. Nesse estado, a planta atingiu o seu ponto de murcha permanente, que ocorre quando o conteúdo de umidade do solo é tão baixo que até mesmo forças de -15 bars 23 são incapazes de extrair umidade do solo. Para determinar o ponto de murcha permanente no laboratório, uma amostra do solo é trazida ao equilíbrio de umidade a 15 bars, no aparelho de membrana de pressão, e sua umidade determinada gravimetricamente.

Paula (2011, p. 23), pontua máxima capacidade de retenção de água disponível como:

A máxima capacidade de retenção de água disponível pelo solo pode ser grosseiramente avaliada, por método empírico, a partir do conhecimento da textura do solo; com prática, a composição do tamanho das partículas de um solo pode ser determinada friccionando-se uma amostra de solo úmido entre os dedos e decidindo-se subjetivamente sobre a proporção de material fino e grosso contido na amostra. A partir do conhecimento da classificação e espessura de cada horizonte de um solo, é possível estimar-se a capacidade máxima de retenção de água disponível, somando-se a capacidade de água disponível dos horizontes constituintes do solo

A partir do mês $j+1$, ou seja, no primeiro mês em que ocorre Nac , o solo começa a perder água. A água que está no solo é uma função do Nac e da máxima capacidade de água disponível, é dada pelas seguintes expressões: (PAULA ,2011).

$$(Nac)_{j+1}=(Nac)_j+(Pr-ETP)_{j+1} \quad (4.3)$$

$$(ARM)_{j+1} = CAD*\exp((Nac)_{j+1}/CAD) \quad (4.4)$$

conforme modificação sugerida por Krishan (1980).

Após o período em que $Pr-ETP$ é menor que zero, ou seja, no primeiro mês em que $(Pr-ETP)$ é positivo, inicia-se a reposição de água no solo. Nesses meses o armazenamento de água no solo ARM é obtido adicionando o valor de ARM do mês anterior ao valor de $Pr-ETP$ do mês considerado, ou seja: (PAULA ,2011).

$$(ARM)_j = (Pr-ETP)_j + (ARM)_{j-1} \quad (4.5)$$

Isto demonstra que um percentual de precipitação não consumida pela evapotranspiração do mês considerado, soma-se ao armazenamento já existente do mês anterior. Se $(ARM)_j$ for menor que CA, o $(Nac)_j$ é calculado pela seguinte equação, já incluídas as modificações sugeridas por Krishan (1980):

$$(Nac)_j = CAD \cdot \ln((ARM)_j / CAD) \quad (4.6)$$

Paula (2011, p. 24), comenta que:

Quando o resultado da equação (4.5) for igual ou superior à capacidade máxima de água disponível, o valor de $(ARM)_j$ será correspondente a essa capacidade, o excedente considerado excesso e o solo considerado plenamente abastecido. Neste caso $(Nac)_j$ é nulo. Nos casos em que, após o período mais chuvoso (meses consecutivos em que $(Pr-ETP) > 0$) a soma de $(Pr-ETP)$ deste período for inferior a CA, inicia-se o balanço no último mês em que $(Pr-ETP) > 0$, denominado mês k. $(ARM)_k$ é soma $(Pr-ETP)$ do período chuvoso e $(Nac)_k$ é calculado pela equação (4.6).

Paula (2011, p. 24), ressalta que:

Quando, pelo procedimento acima, o valor do armazenamento do mês k, $(ARM)_k$, não atinge a lâmina máxima considerada, deve-se repetir o balanço, partindo-se novamente do mês k com o valor de $(ARM)_k$ encontrado. Tal procedimento é repetido, até que o valor de $(ARM)_k$ encontrado seja igual àquele utilizado para se iniciar o balanço o que significa fechar o balanço.

A variação da quantidade de água armazenada no solo (ΔARM) é sempre igual à ARM do mês j menos ARM do mês j-1. (PAULA, 2011).

4.2.1 Evapotranspiração real (ETR)

A evapotranspiração real é a evapotranspiração em um intervalo de tempo nas condições reais de disponibilidade de água do solo e independente em que estágio de desenvolvimento está a cultura. A evapotranspiração real (ETR) é obtida da seguinte maneira: (PAULA, 2011).

a) A partir do primeiro mês em que houve água potencial perdida, isto é, em que $Pr - ETP < 0$, tem-se:

$$ETR = Pr + |\Delta ARM| \quad (4.7)$$

b) A partir do mês em que se reinicia a reposição da água no solo ($Pr - ETP < 0$) tem-se:

$$ETR = ETP \quad (4.8)$$

O excedente hídrico (EXC) é dado por:

$$EXC=(Pr-ETP)-(\Delta ARM)+DEF \quad (4.9)$$

Essa variável corresponde ao excesso de precipitação que não chega a ser absorvido pelo solo, pois sua capacidade de armazenamento de água já foi atingida, ou seja, só se caracteriza um excedente hídrico a partir do momento em que o armazenamento atinge a capacidade de água disponível. (PAULA, 2011).

A deficiência: É a água que deixa de ser evapotranspirada pela falta de umidade no solo; determina a quantificação de seca. A deficiência hídrica (DEF) é dada por:

$$DEF = ETP - ETR \quad (4.10)$$

4.3 Interpolação

O método de interpolação proposto neste trabalho foi o inverso da distância (IDW). - Inverse Distance Weighted é um tipo de interpolador que considera o inverso do peso da distância, dessa forma, ele calcula o valor de um ponto fazendo a média com os valores dos pontos mais próximos, dessa forma, fornece números estimados com base nos já conhecidos.

Nesse método de interpolação, o valor do ponto ou célula que se deseja interpolar é calculado através da média ponderada entre os valores dos pontos vizinhos, onde os pontos vizinhos amostrados mais próximos do ponto interpolado recebem um peso maior do que os pontos mais distantes. Vários programas que utilizam a interpolação IDW permitem que o usuário informe parâmetros tais como, número máximo de pontos amostrais vizinhos, raio máximo de busca a pontos amostrais e aumento da potência para elevar o peso da distância (ESRI, 2006; FERREIRA, 2003; MIRANDA, J., 2005).

Ele pode ser expresso pela seguinte fórmula:

$$\hat{Z} = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{1}{d_i^p} z_i}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{d_i^p}} \quad (4.11)$$

Onde:

- \hat{z} → valor interpolado;
- d → distância de um dado ponto conhecido i ;
- z → valor de z do ponto conhecido i ;
- p → expoente de ponderação da distância;
- n → número de pontos a serem incluídos na procura;
- i → número de pontos a conhecidos a serem tomados em conta.

4.4 Tratamento dos dados

Os dados referentes a precipitação, foram obtidos através do Sistema de Informações Hidrológicas (hidroweb), da Agência Nacional de Água (ANA). Todas as estações delimitadas se encontram dentro dos limites do município de Canindé. Sendo selecionados para esta pesquisa os seguintes postos: posto do Açude Salão de Latitude -4:25:0 e Longitude -39:19:0 e altitude 200 metros (DNOCS), posto Canindé de Latitude -4:21:0 e Longitude -39:18:0 e altitude 130 metros (FUNCEME), posto Parafuso de Latitude -4:16:0 e Longitude -39:39:0 e altitude 190 metros (DNOCS), e posto Ubiraçu de Latitude -4:25:0 e Longitude -39:37:0 altitude 300 metros (FUNCEME).

Não foram encontradas estações pluviométricas com dados de precipitação satisfatórios nos limites de Canindé com outros municípios, o que prejudicou a espacialização mais eficiente dos dados. Pois os postos de precipitação se encontram quase que exclusivamente no interior do município, e não refletem dessa forma as particularidades e dinâmica da precipitação em áreas mais afastadas desse núcleo.

Para definição da série histórica, foram utilizados os dados do posto Canindé, pois este detinha o maior número de dados pluviométricos ininterruptos entre todas as estações. A série histórica encontrada neste posto compreendia o período de 1974 a 2004. Com a série histórica definida, foi utilizado o método Box Plot Galvani e Luchiarri (2004), para determinação dos anos-padrão, que são: ano seco, ano

habitual, e ano úmido. Que foram os anos de 1983 (seco), 1984 (habitual), e 1986 (úmido). Com os anos padrão já encontrados, buscou-se nas demais estações os dados pluviométricos dos totais anuais correspondentes a esses anos-padrão.

Em virtude da deficiência de estações de medição de temperatura em todo o território cearense, necessita-se de programas computacionais que nos auxiliem nessa tarefa, estimando as temperaturas mensais a partir de variáveis como a latitude e a longitude do local, bem como sua altitude correspondente. Para estimar as temperaturas mensais da área utilizamos o software CELINA Versão 1.0 (UFC/2007), desenvolvido por Costa e Sales (2007), que é um Programa Computacional de Estimativa das Temperaturas Médias Mensais.

Foi inserido as coordenadas de Latitude e Longitude das quatro estações pluviométricas anteriormente mencionadas em conjunto com suas respectivas altitudes locais. O software a partir desses dados nos retorna as temperaturas mensais de acordo com os dados inseridos. E por fim foram tiradas as temperaturas mensais de cada estação.

Como os dados de temperatura foram estimados os valores serão os mesmos em qualquer série histórica delimitada, portanto, a espacialização da temperatura para o ano seco, habitual, e úmido, é exatamente a mesma.

A partir dos dados obtidos da precipitação pluviométrica a temperatura dos anos-padrão delimitados, a latitude do município, e os valores do CAD (capacidade de água disponível) foi realizado o cálculo do balanço hídrico climatológico empregando-se o método de Thornthwaite & Mather (1955), através do programa "BHnorm" elaborado em planilha EXCEL por Rolim et al. (1998). Para o CAD utilizou-se o valor 85, que foi o valor encontrado para o tipo de solo predominante em Canindé através da EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária). A evapotranspiração potencial (ETP) foi estimada pelo método de Thornthwaite (1948). Como resultado de saída, o balanço hídrico fornece as estimativas da evapotranspiração real (ETR), da deficiência hídrica na atmosfera (DEF), do excedente hídrico no solo (EXC) e do armazenamento de água no solo (ARM) para cada mês do ano, bem com os índices de aridez, umidade e efetivo de umidade

Estes dados foram interpolados nos limites do município de Canindé através de um SIG utilizando o algoritmo do inverso do quadrado da distância (IDW) da

extensão Geoestadistical Analyst do ArcGis 10.4.1. gerando assim os mapas com a espacialização das variáveis do balanço hídrico.

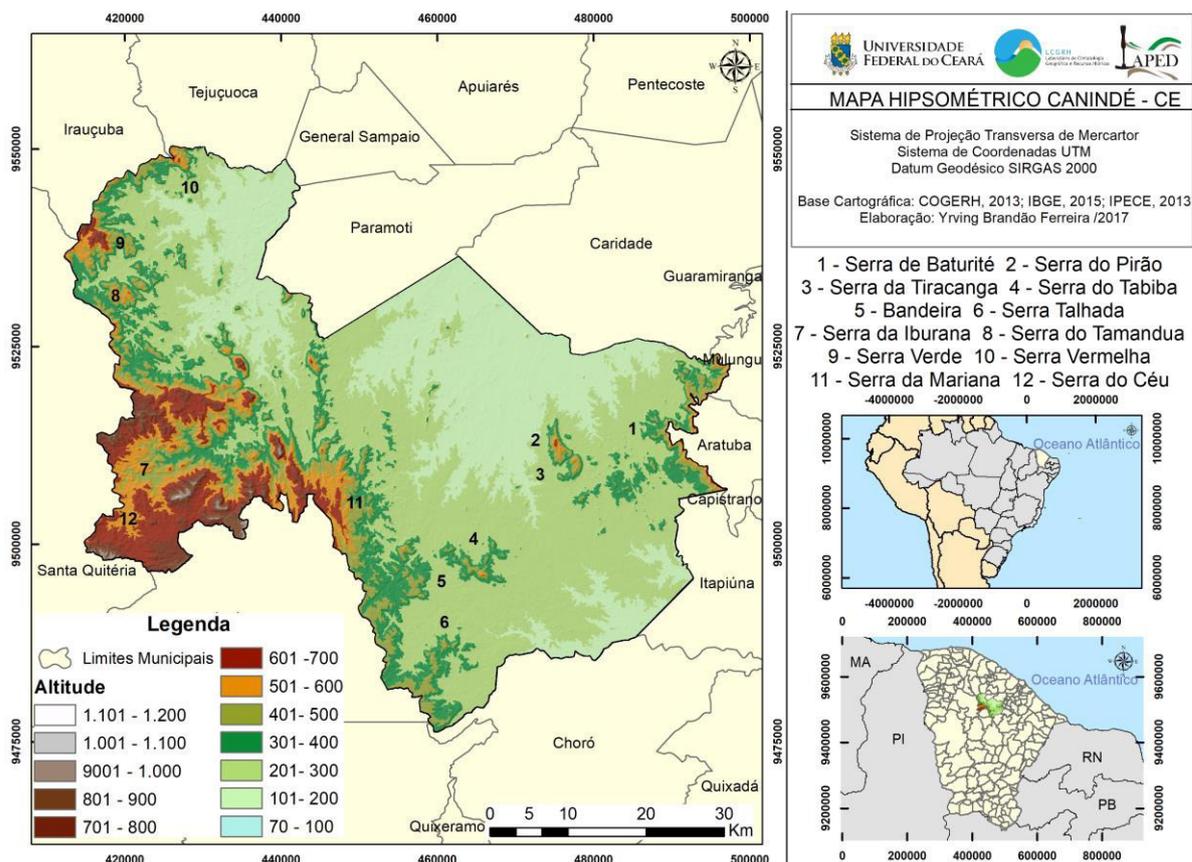
Por fim, com as variáveis do balanço hídrico climatológico interpoladas para os limites do município de Canindé, foram elaborados mapas, para um melhor diagnóstico do comportamento do balanço hídrico em todo o município, e elucidação dos locais onde as perdas hídricas ocorrem de forma mais intensa e constante. Ainda foram elaborados mapas, hipsométricos, drenagem, e de localização, de forma a complementar os diagnósticos realizados, e demonstrar de forma mais clara o regime hídrico de Canindé em toda sua complexidade e variabilidade.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Importância do relevo como fator de formação do clima.

O município de Canindé apresenta em seu território grande número de serras e maciços residuais, como demonstrado na (Figura 5), o que o torna bastante heterogêneo no que diz respeito a variação de sua altitude. Com isso, o relevo interage de diferentes maneiras com a precipitação e a radiação solar incidente no município. Logo, quando o relevo possui maior altitude, o local apresenta maior intensidade de precipitação e menores valores de temperatura, e quando sua altitude não é tão elevada, o local apresenta maiores valores de temperatura e menor quantidade de precipitação.

Figura 5. Mapa Hipsométrico de Canindé



Fonte: Companhia de gestão de recursos hídricos -COGERH, Limites municipais, drenagem hídrica, 2013; Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, Limites Brasil, e América do Sul, 2013; Imagem SRTM, Serviço Geológico dos Estados Unidos (USGS); Elaboração: Autor

Para Mendonça e Danni-Oliveira (2007, p.46), o relevo é importante como:

Outro fator que diversifica os padrões climáticos do globo é o relevo, em decorrência de sua variação de altitude, forma e orientação de suas

vertentes. No caso de dois lugares com a mesma latitude, porém com altitudes diferentes, aquele que estiver mais elevado terá sua temperatura diminuída na razão média de 0,6 °C para cada 100 metros de diferença do local mais baixo.

Segundo Mendonça e Danni-Oliveira (2007, p.47), os atributos do relevo são:

O relevo apresenta três atributos importantes na definição dos climas: posição, orientação de suas vertentes e declividade. A posição do relevo favorece ou dificulta os fluxos de calor e umidade entre áreas contíguas. Um sistema orográfico que se disponha latitudinalmente em uma região, como o Himalaia, por exemplo, irá dificultar as trocas de calor e umidade entre as áreas frias do interior da China e aquelas mais quentes da Índia. No caso da cordilheira dos Andes, por se dispor no sentido dos meridianos, não impede que as massas polares atinjam o norte da América do Sul e nem que as equatoriais cheguem ao sul do Brasil, entretanto, inibem a penetração de umidade proveniente do Pacífico para o interior do continente.

De acordo com Mendonça e Danni-Oliveira (2007, p.47), a orientação do relevo é importante pois:

Nas zonas mais carentes de energia solar (latitudes extratropicais), a orientação do relevo em relação ao sol irá definir as vertentes mais aquecidas e mais secas, e aquelas mais frias e mais úmidas. No hemisfério Sul, por exemplo, as vertentes mais quentes serão aquelas voltadas para o norte, pois nesse hemisfério, o sol estará sempre no horizonte Norte, deixando a sombra as vertentes voltadas para o hemisfério Sul.

Já o fator declividade do relevo para Mendonça e Danni-Oliveira (2007, p.47), atua da seguinte maneira:

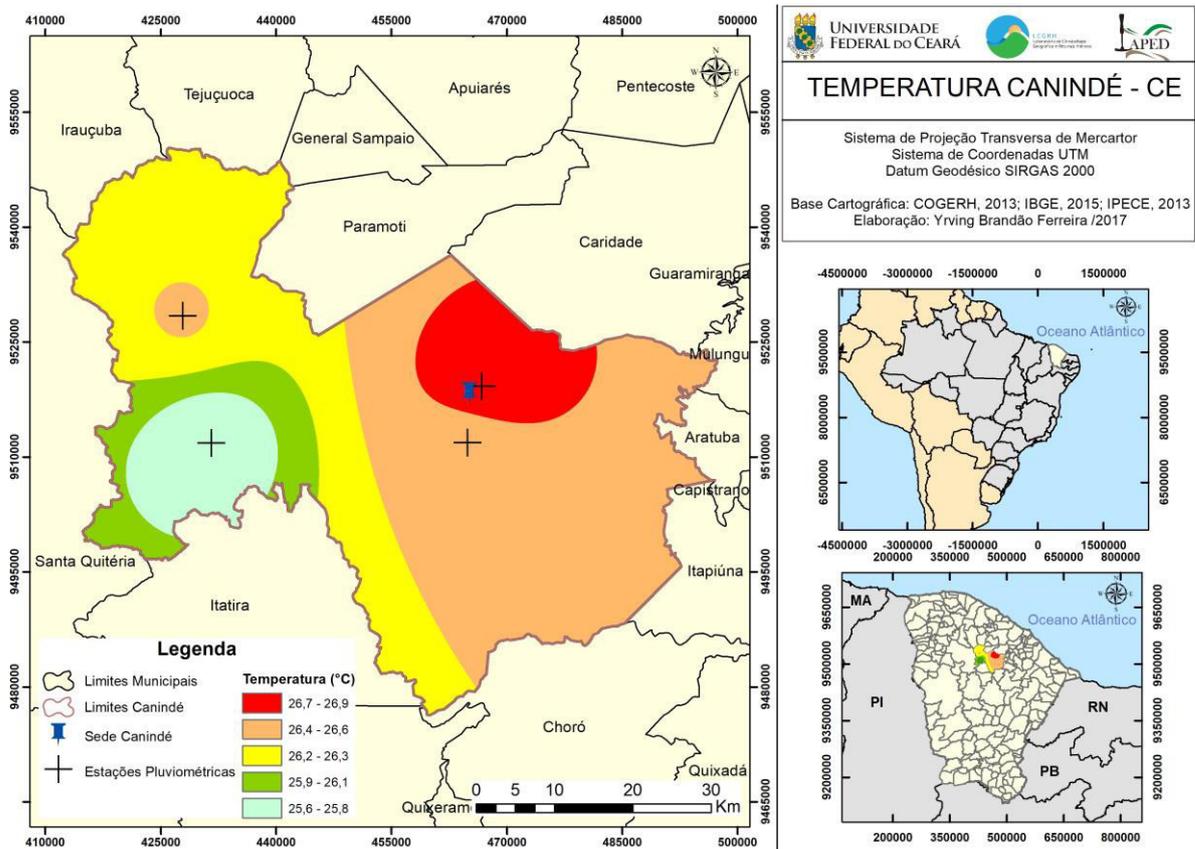
As regiões de superfície ondulada terão o fator declividade modificando a relação superfície/radiação incidente. A absorção dos raios solares por uma dada superfície dependerá das características físicas que ele apresenta, isto é, do tipo de cobertura que possui, podendo seu estudo ser organizado em coberturas vegetais e não vegetais.

5.2 Variação de temperatura em Canindé

A temperatura é um dos principais fatores para o cálculo do balanço hídrico climatológico de Thornthwaite e Mather (1955), através da análise dos valores de temperatura integrados aos de precipitação é que obtemos todas as variáveis resultantes do cálculo do balanço hídrico, como: evapotranspiração real, evapotranspiração potencial, excedente, e déficit hídrico.

No município de Canindé as temperaturas são caracterizadas como elevadas e com baixa amplitude térmica (Figura 6), em decorrência da proximidade do território com a linha do equador e por sua localização em uma zona Tropical.

Figura 6. Valores de Temperatura de Canindé e sua distribuição.



Fonte: Companhia de gestão de recursos hídricos -COGERH, Limites municipais, drenagem hídrica, 2013; Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, Limites Brasil, e América do Sul, 2013; Elaboração: Autor

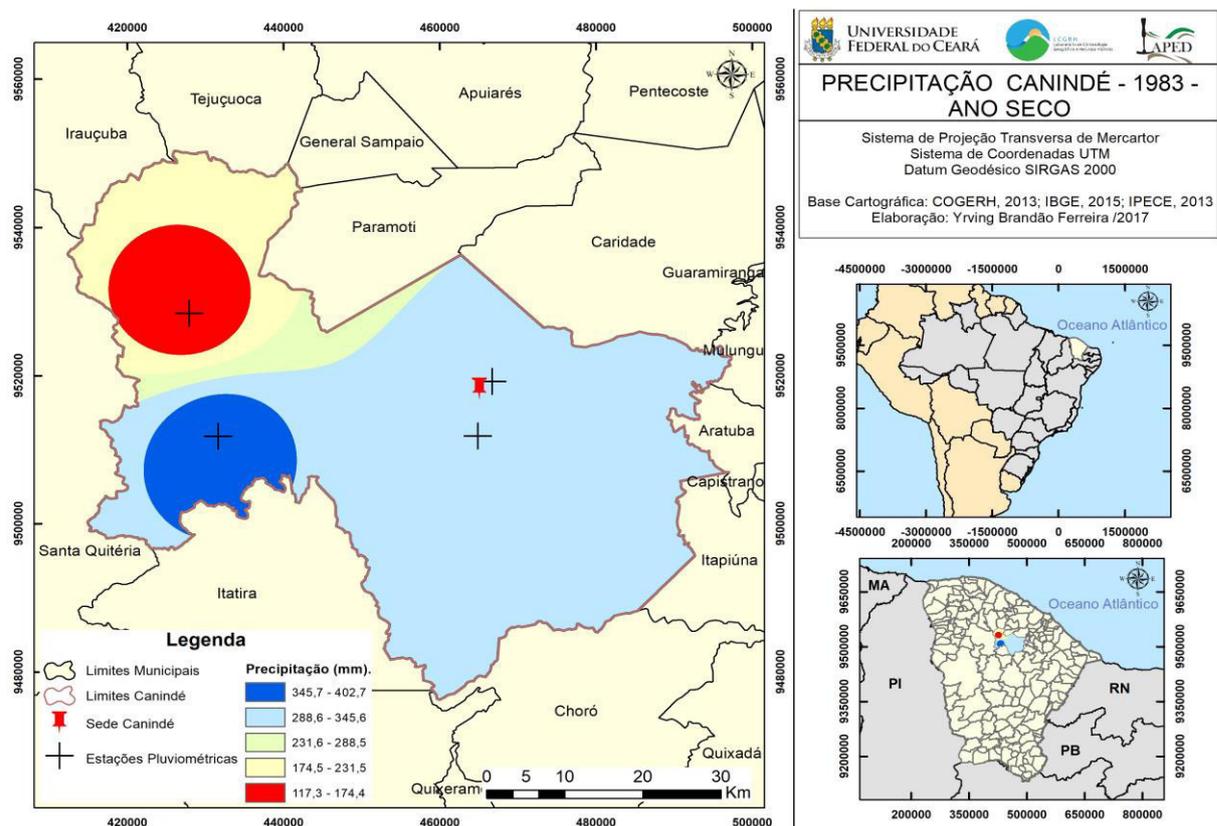
Pode-se inferir com a análise do mapa, que a temperatura no município varia em relação a sua latitude, longitude e altitude. Quanto menor a latitude maior será a temperatura. E em relação a altitude, quanto maior a altitude menor será a temperatura. As temperaturas têm uma baixa amplitude térmica, com temperatura máxima de 26,9 e mínima de 25,8 grau célsius. A região leste, norte, sudeste, e noroeste por apresentarem os menores valores de altitude do município possuem também os maiores valores de temperatura. Enquanto que, o extremo oeste do município por se localizar em uma área com grande concentração de serras, e com isso grandes altitudes, apresenta os menores valores de temperatura do território.

5.3 Balanço Hídrico de Canindé em 1983 (ano seco)

5.3.1 Precipitação

A precipitação no ano de 1983 em Canindé, apresentou pouca variabilidade e intensidade (Figura 7), sendo seu valor máximo de 402,7 e mínimo de 174,4 milímetros. A precipitação no município é condicionada por sistemas atmosféricos como: ZCIT, ondas de leste, e vórtices ciclônicos. Integrados a fatores locais de formação do clima, sendo o principal, a variabilidade do relevo. A partir dessa relação, são criadas as condições de barlavento e sotavento contrastantes em todo o município, e que nos ajudam a entender a distribuição da umidade no território.

Figura 7. Distribuição precipitação em Canindé no ano de 1983



Fonte: Companhia de gestão de recursos hídricos -COGERH, Limites municipais, drenagem hídrica, 2013; Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, Limites Brasil, e América do Sul, 2013; Elaboração: Autor

A direção dos ventos é um importante fator que devemos considerar quando analisamos a dinâmica de distribuição das precipitações no município. Através da sua associação com as massas de ar e o relevo criamos as condições de barlavento e sotavento por todo o território.

Para Silva et al. (2002), no Ceará, a direção dos ventos é muito variável, indo de Norte a Sul. Fortaleza, Acaraú, Jaguaruana e Guarani, apresentaram a direção Leste enquanto Sobral, Quixeramobim e Morada Nova, apresentaram direção Nordeste; Barbalha e Iguatu, Sul e apenas Crateús apresentou direção Sudeste. No Estado, a direção predominante foi a Leste.

Para Conti (2014, p. 241), barlavento e sotavento são:

As diferenças de altitude, a irregularidade e orientação do relevo também são fatores determinantes. Regiões deprimidas ou de fundos de vale tendem a ser mais secas que as elevadas, da mesma forma que as vertentes à barlavento ou sotavento são sempre contrastantes paisagisticamente. Neste caso, o fator responsável é a maior ou menor exposição à radiação solar ou aos ventos com diferentes teores de umidade ou de sentido de fluxo, sendo os ascendentes (barlavento), estimuladores da condensação e da chuva e os descendentes (sotavento), inibidores do processo, provocando ressecamento da atmosfera na escala local. Nas altas montanhas, as paisagens se organizam em “andares”, refletindo os fenômenos naturais característicos dos diferentes níveis.

O município neste ano apresentou um volume de precipitação muito baixo. Na região Leste, Norte, e Sul de Canindé a precipitação registrou valores médios. Pois nesta região o relevo não é muito acentuado e tem pouca altitude, logo não tem uma grande capacidade para reter umidade das massas de ar do entorno. Os extremos nos valores de precipitação ocorreram no oeste e noroeste do município.

Na porção oeste de Canindé, há grande concentração de serras e maciços residuais, e como a direção predominante dos ventos é a de leste e sudeste, as massas de ar úmidas chocam-se com essas barreiras orográficas, o barlavento da serra, e toda umidade fica retida, ocasionando uma maior precipitação nesta área.

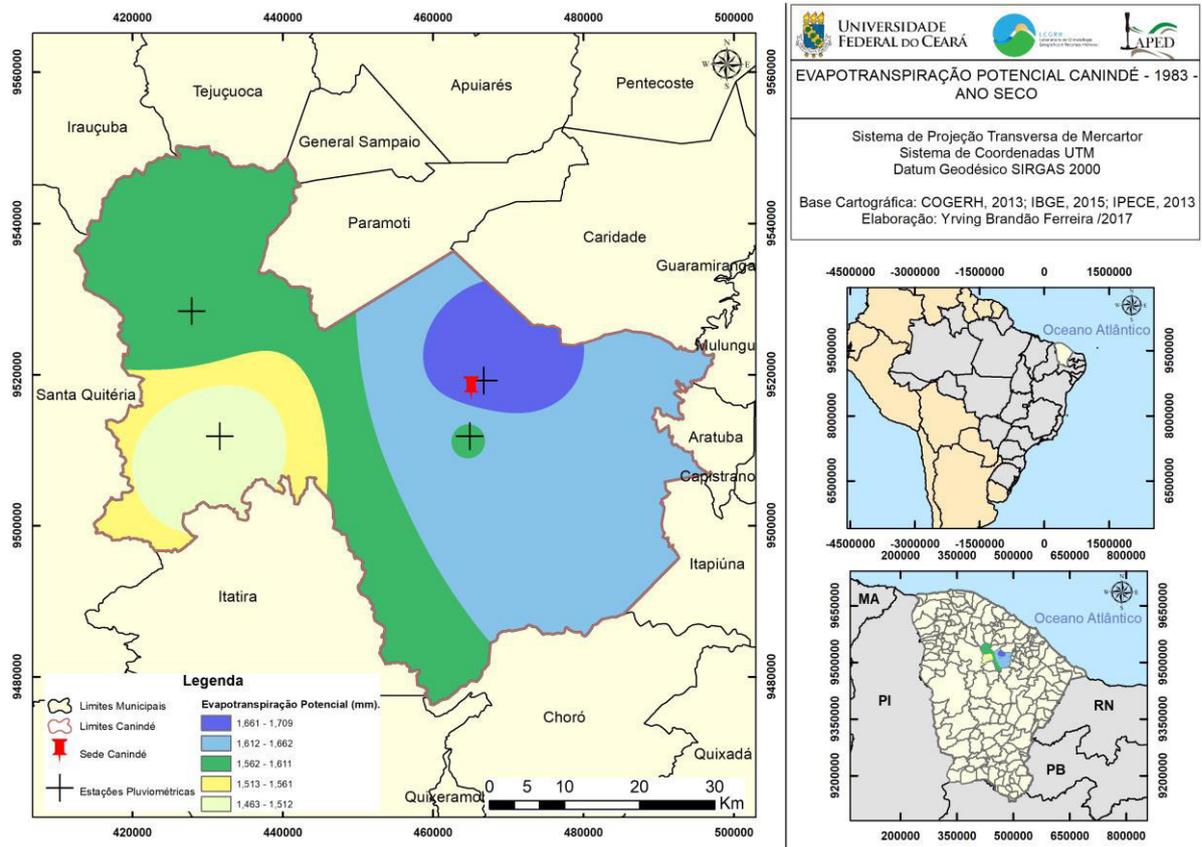
Enquanto que, na porção noroeste de Canindé, as massas de ar já perderam toda a sua umidade em decorrência das barreiras orográficas anteriores, e chegam com pouca umidade no noroeste do município. Essa área pode ser caracterizada como o sotavento das serras, e explica o baixo volume de precipitação nesta região.

5.3.1.2 Evapotranspiração Potencial

A evapotranspiração potencial no município (Figura 8), se distribui principalmente de acordo com a diferenciação dos valores de temperatura. Na porção norte de Canindé onde foram encontradas as maiores temperaturas, é onde também se encontra a maior potencialidade para a evapotranspiração. Já na porção oeste do município onde o valor da temperatura em decorrência da grande altitude é

menor, o potencial de evapotranspiração também diminui. Nas demais regiões a evapotranspiração potencial se mantém com valores médios. O valor máximo de evapotranspiração foi de 1,700 e o mínimo de 1,512 milímetros.

Figura 8. Distribuição evapotranspiração potencial Canindé no ano de 1983

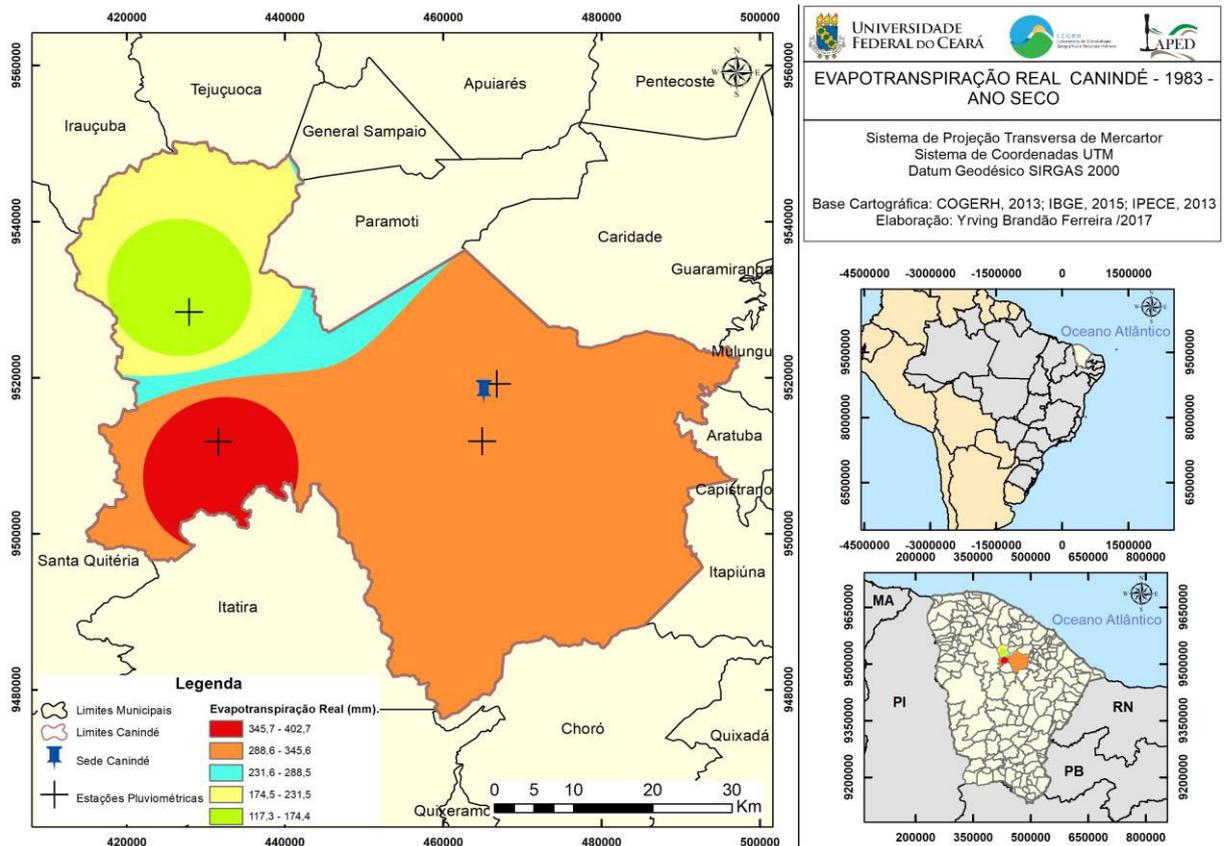


Fonte: Companhia de gestão de recursos hídricos -COGERH, Limites municipais, drenagem hídrica, 2013; Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, Limites Brasil, e América do Sul, 2013; Elaboração: Autor

5.3.1.2.1 Evapotranspiração Real

A evapotranspiração real é a variável obtida pelo cálculo do balanço hídrico climatológico de Thornthwaite e Mather (1955), que realmente indica a quantidade de água que está sendo evapotranspirada pelo sistema. Na maior parte do município (Figura 9), como os valores de precipitação se mantiveram constantes, a evapotranspiração real se manteve constante. Na porção mais a oeste do município, como a precipitação tem valores maiores em razão das barreiras orográficas e o barlavento das serras, a evapotranspiração real também foi intensificada registrando os maiores valores.

Figura 9. Distribuição evapotranspiração real em Canindé no ano de 1983



Fonte: Companhia de gestão de recursos hídricos -COGERH, Limites municipais, drenagem hídrica, 2013; Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, Limites Brasil, e América do Sul, 2013; Elaboração: Autor

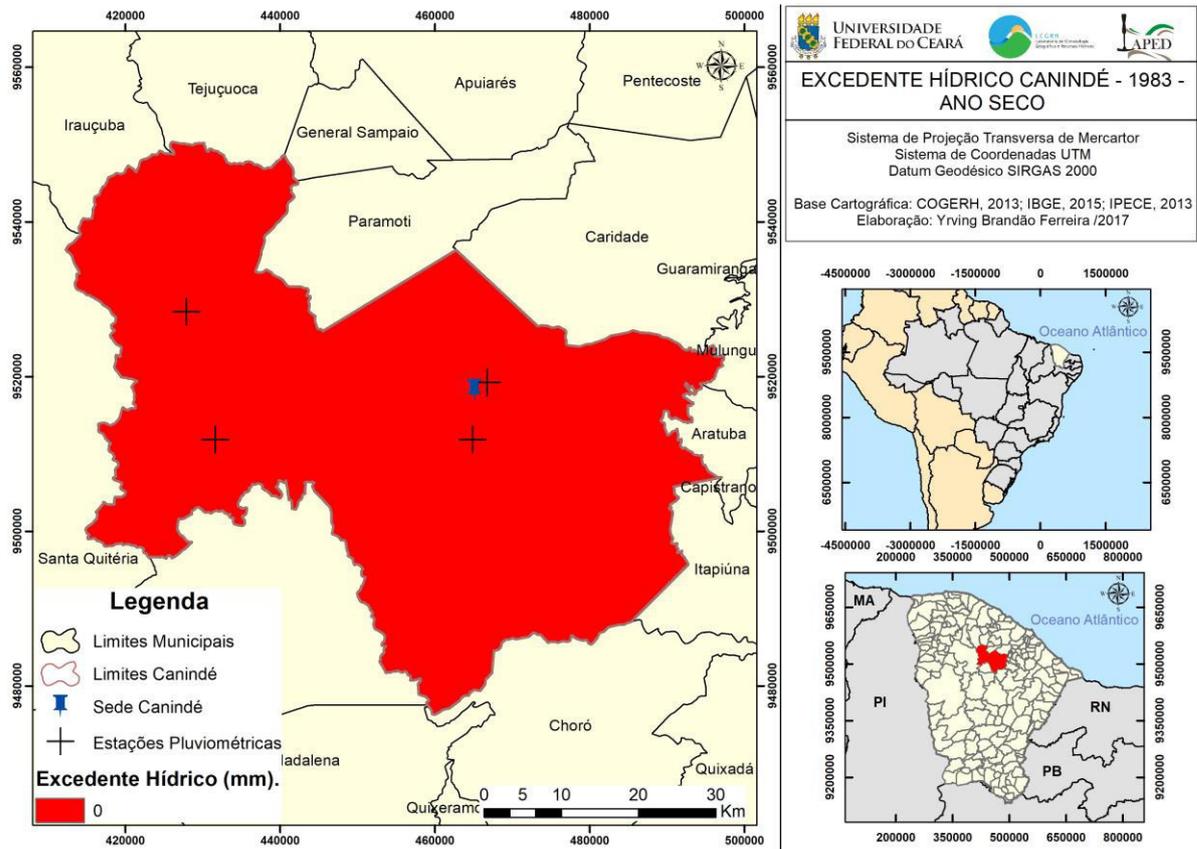
Já no noroeste de Canindé onde a precipitação é menor em razão das massas de ar já terem perdido grande parte de sua umidade para ao relevo de grande altitude do qual perpassaram, e a região ser caracterizar como de sotavento, os valores de evapotranspiração real são os menores.

Quanto maior a precipitação maior será a capacidade real de evapotranspiração do sistema, se a precipitação diminui, essa capacidade de evapotranspiração também é comprometida.

5.3.1.2.1.2 Excedente Hídrico

Neste ano, os valores de precipitação como foi descrito anteriormente, foram muito baixos, com valor máximo de 402,7 milímetros. O sistema perdeu mais água por evapotranspiração do que ganhou por precipitação (Figura 10). O solo não conseguiu reter umidade nesse período, por isso não houve nenhum excedente hídrico durante este ano.

Figura 10. Excedente hídrico em Canindé no ano de 1983



Fonte: Companhia de gestão de recursos hídricos -COGERH, Limites municipais, drenagem hídrica, 2013; Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, Limites Brasil, e América do Sul, 2013; Elaboração: Autor

Com esse quadro de alta perda de umidade do solo durante o ano, e pouca reposição hídrica, a degradação ambiental é acelerada. O solo em decorrência dessas condições severas, perde todos os seus nutrientes e a capacidade de sustentação da vegetação. O fenômeno da desertificação vai ganhando cada vez mais espaço, e as áreas que tem capacidade para serem cultivadas vão ficando cada vez mais difíceis de se encontrar.

Os recursos hídricos ficam incapazes de se reciclar e manter sobre essas condições, cabendo ao Estado prevenir através de estudos os anos de ocorrência desse maior déficit hídrico, e disponibilizar para a população as melhores ferramentas para a convivência e desenvolvimento com esse quadro adverso.

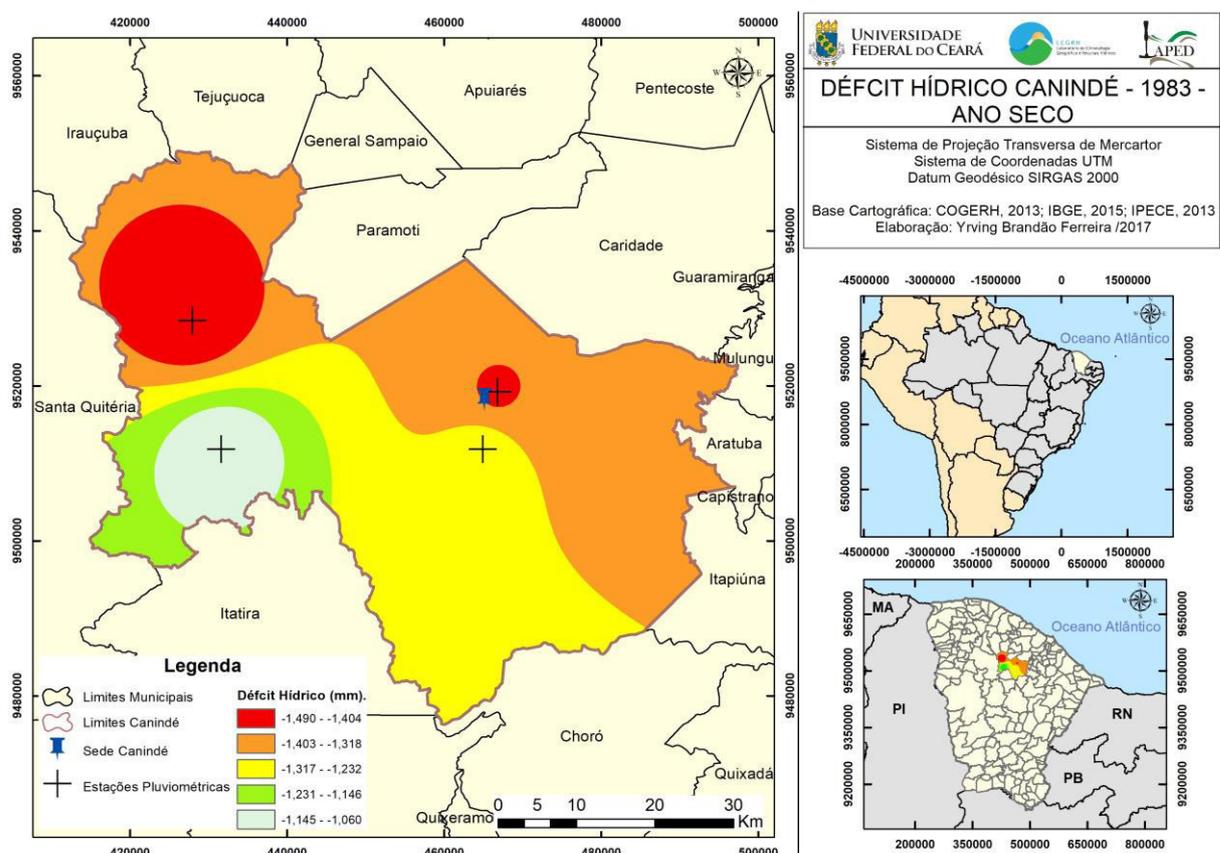
5.3.1.2.1.2.1 Deficiência Hídrica

A deficiência hídrica é calculada pela diferença da evapotranspiração potencial pela evapotranspiração real. Dessa forma, locais que tem uma grande

potencialidade de evapotranspiração, porém, uma baixa precipitação e conseqüentemente uma menor evapotranspiração real, são mais susceptíveis a terem uma maior deficiência hídrica.

Em Canindé, como podemos ver na (Figura 11), o maior valor de déficit hídrico alcançado foi de -1,490 milímetros na região noroeste do estado. Essa região apresentou temperaturas médias, e o pior volume de precipitação do município, logo é um dos locais com maior deficiência hídrica do território.

Figura 11. Deficiência hídrica em Canindé no ano de 1983



Fonte: Companhia de gestão de recursos hídricos -COGERH, Limites municipais, drenagem hídrica, 2013; Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, Limites Brasil, e América do Sul, 2013; Elaboração: Autor

A porção norte e leste de Canindé apresentaram altas temperaturas e precipitações médias, sendo também áreas com um acentuado déficit hídrico. No oeste do município as temperaturas são as menos elevadas e lá se encontram os maiores valores de precipitação, portanto, o déficit hídrico permanece em -1,060 milímetros, o menor do município. No restante do território os valores de déficit hídrico apresentam valores médios.

O valor do déficit hídrico deve ser levado em conta em qualquer planejamento ambiental, zoneamento agro climatológico, manejo de solos, e uso e ocupação. As regiões com alto déficit hídrico devem receber uma porção maior de cobertura vegetal, de modo que essa flora consiga reter mais a umidade do solo e conseqüentemente ajude na manutenção dos ecossistemas locais. Vegetação essa que seja adaptada as condições do semiárido, que não agrida a composição química e física do solo, e possa ser utilizada pela atividade de extrativismo para o bem-estar das comunidades próximas.

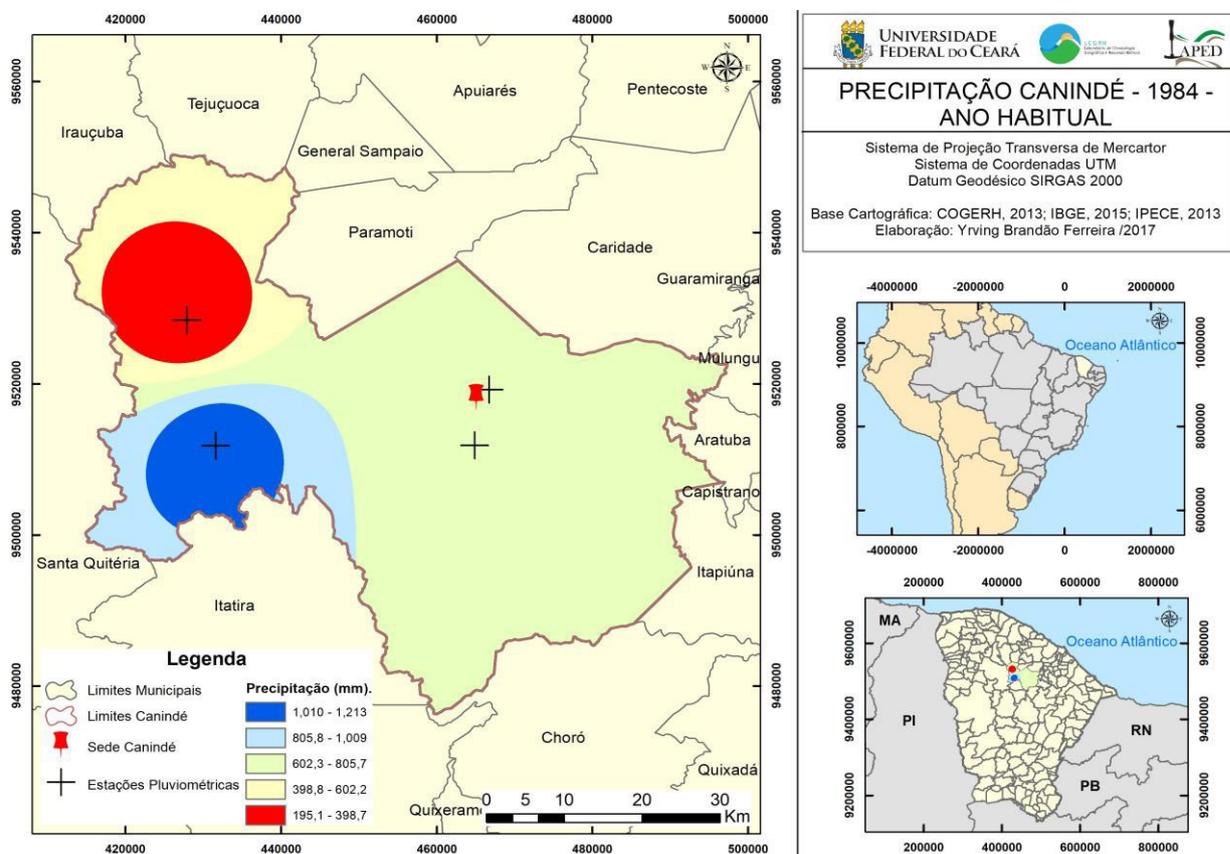
Já as regiões com menor déficit hídrico são vitais para o desenvolvimento da agricultura e fruticultura, além de serem as áreas onde os investimentos em agricultura familiar devem ocorrer com maior intensidade.

5.4 Balanço Hídrico de Canindé em 1984 (ano habitual)

5.4.1 Precipitação

Neste ano, as precipitações alcançaram valores médios na maior parte do território (Figura 12), e seguiram o mesmo padrão de distribuição do ano seco. Com alta concentração de precipitação na porção oeste do município, e volume de precipitação baixo no Noroeste do território. O valor máximo de precipitação alcançado foi de 1,213 e o mínimo de 308,7 milímetros.

Figura 12. Distribuição precipitação em Canindé no ano de 1984



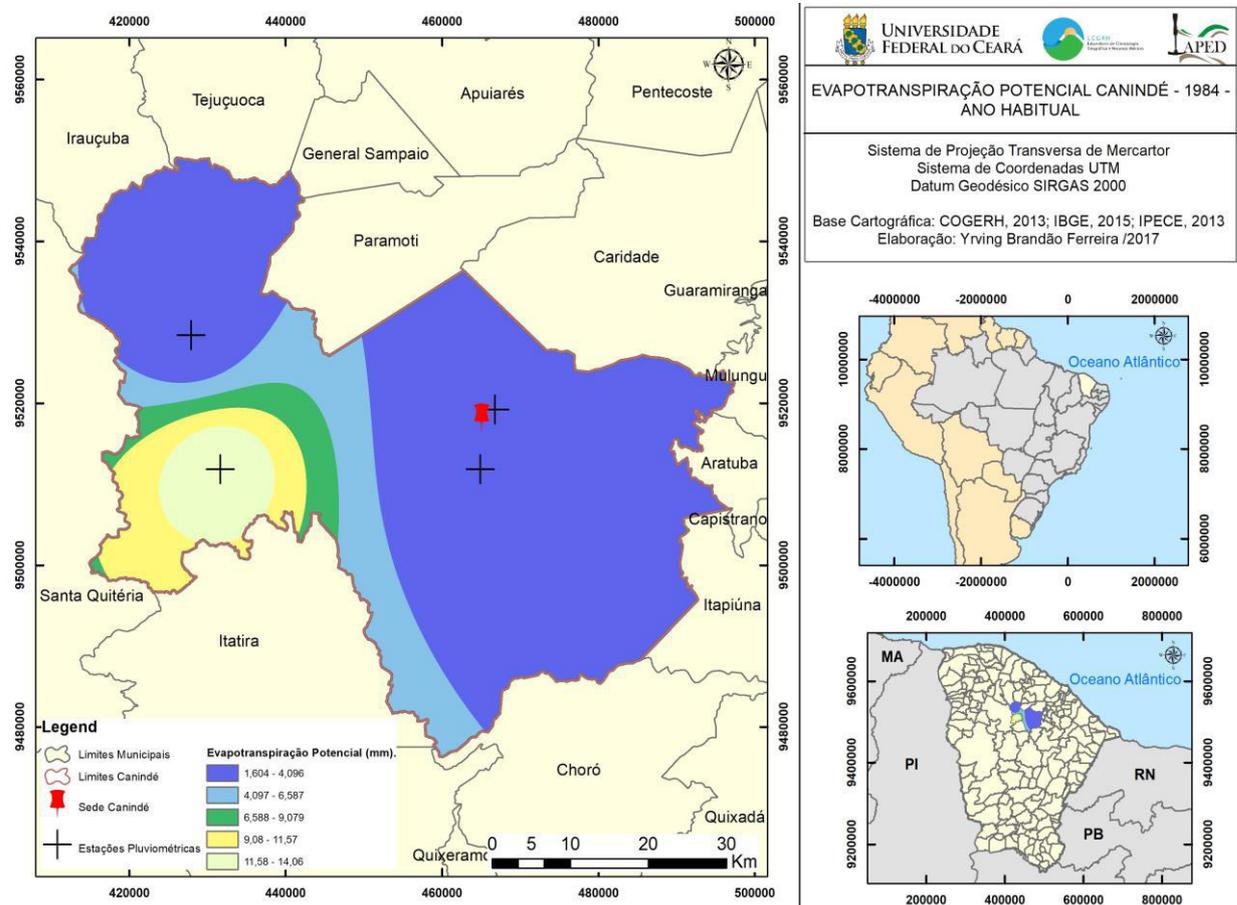
Fonte: Companhia de gestão de recursos hídricos -COGERH, Limites municipais, drenagem hídrica, 2013; Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, Limites Brasil, e América do Sul, 2013; Elaboração: Autor

5.4.1.2 Evapotranspiração Potencial

A evapotranspiração potencial durante o ano de 1984 (Figura 13), em razão do aumento do volume total de precipitação se tornou mais uniforme em todo o município. O potencial de evapotranspiração chegou ao seu máximo em quase todo o território. A região oeste de Canindé foi a única a não acompanhar esse aumento,

pois a temperatura nessa área é menor que nas outras localidades, diminuindo dessa forma o potencial de evapotranspiração.

Figura 13. Distribuição evapotranspiração potencial Canindé no ano de 1984

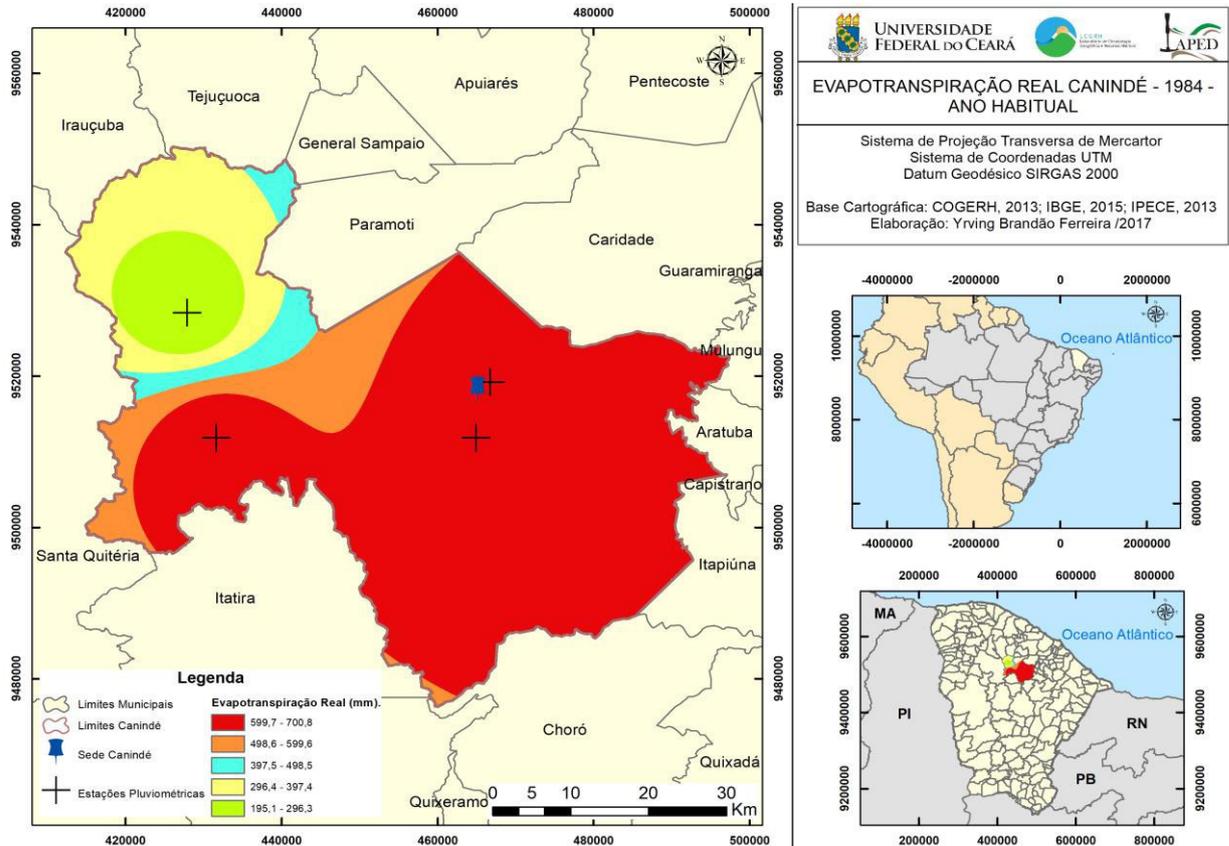


Fonte: Companhia de gestão de recursos hídricos -COGERH, Limites municipais, drenagem hídrica, 2013; Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, Limites Brasil, e América do Sul, 2013; Elaboração: Autor

5.4.1.2.1 Evapotranspiração Real

Outra forma de inferir que ocorreu aumento na entrada de precipitação no sistema, é analisar os valores de evapotranspiração real. Durante ano de 1984 (Figura 14), as áreas em que a evapotranspiração real chegou ao seu valor máximo aumentaram substancialmente, o acréscimo dos totais de precipitação é o principal motivo. Agora há umidade em boa parte do município, logo, a evapotranspiração pode ser realizada de forma contínua.

Figura 14. Distribuição evapotranspiração real em Canindé no ano de 1984



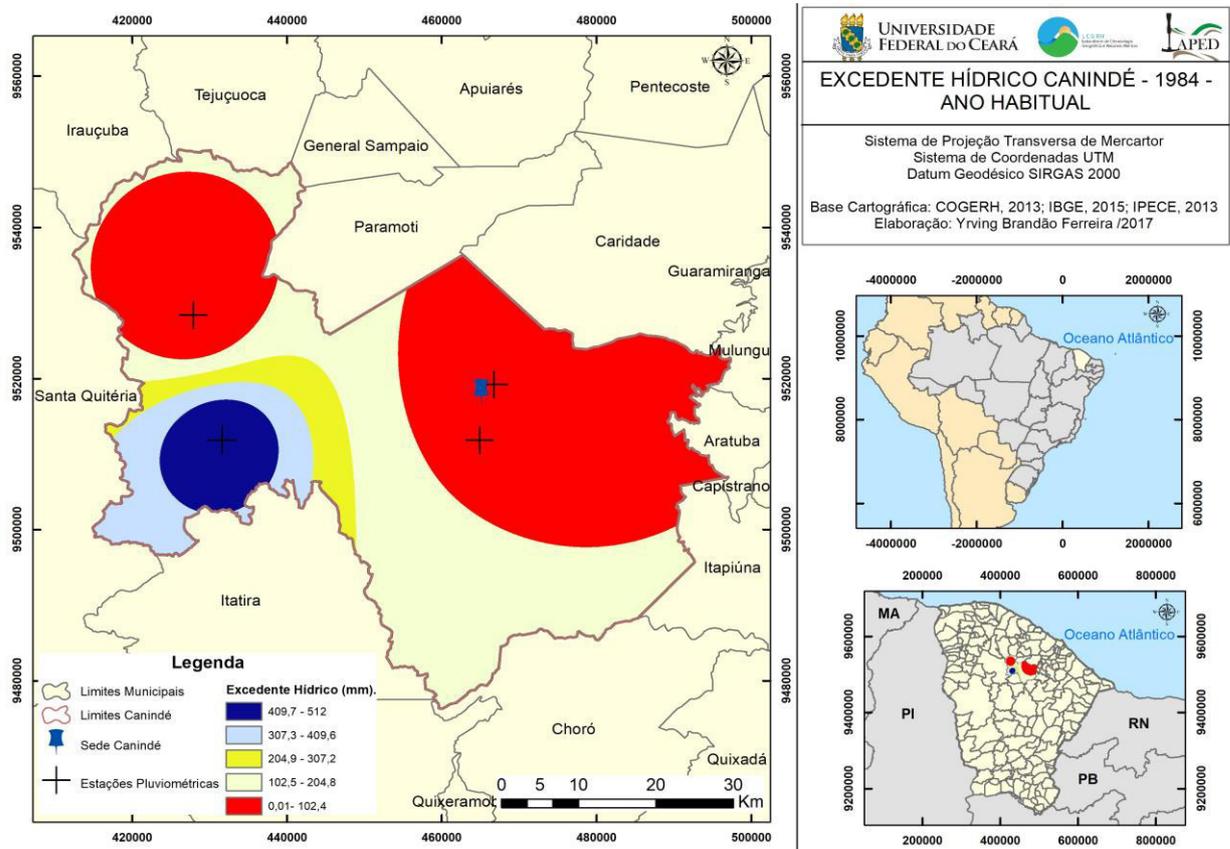
Fonte: Companhia de gestão de recursos hídricos -COGERH, Limites municipais, drenagem hídrica, 2013; Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, Limites Brasil, e América do Sul, 2013; Elaboração: Autor

A porção noroeste de Canindé foi a única região que não acompanhou esse crescimento, devido ao seu total de precipitação ainda permanecer inferior aos das demais localidades. O valor máximo de evapotranspiração real chegou a 700,8 e o mínimo 185 milímetros.

5.4.1.2.1.2 Excedente hídrico

Neste ano, devido ao aumento substancial dos totais pluviométricos, foi possível verificar excedente hídrico no município de Canindé (Figura 15). Em outras palavras, a entrada de precipitação no sistema foi maior que suas perdas por evapotranspiração. A distribuição do excedente hídrico seguiu o padrão de distribuição da precipitação. Sendo maior nas áreas onde há acúmulo de precipitação, e menor onde a precipitação não alcança um volume tão grande.

Figura 15. Excedente hídrico em Canindé no ano de 1984



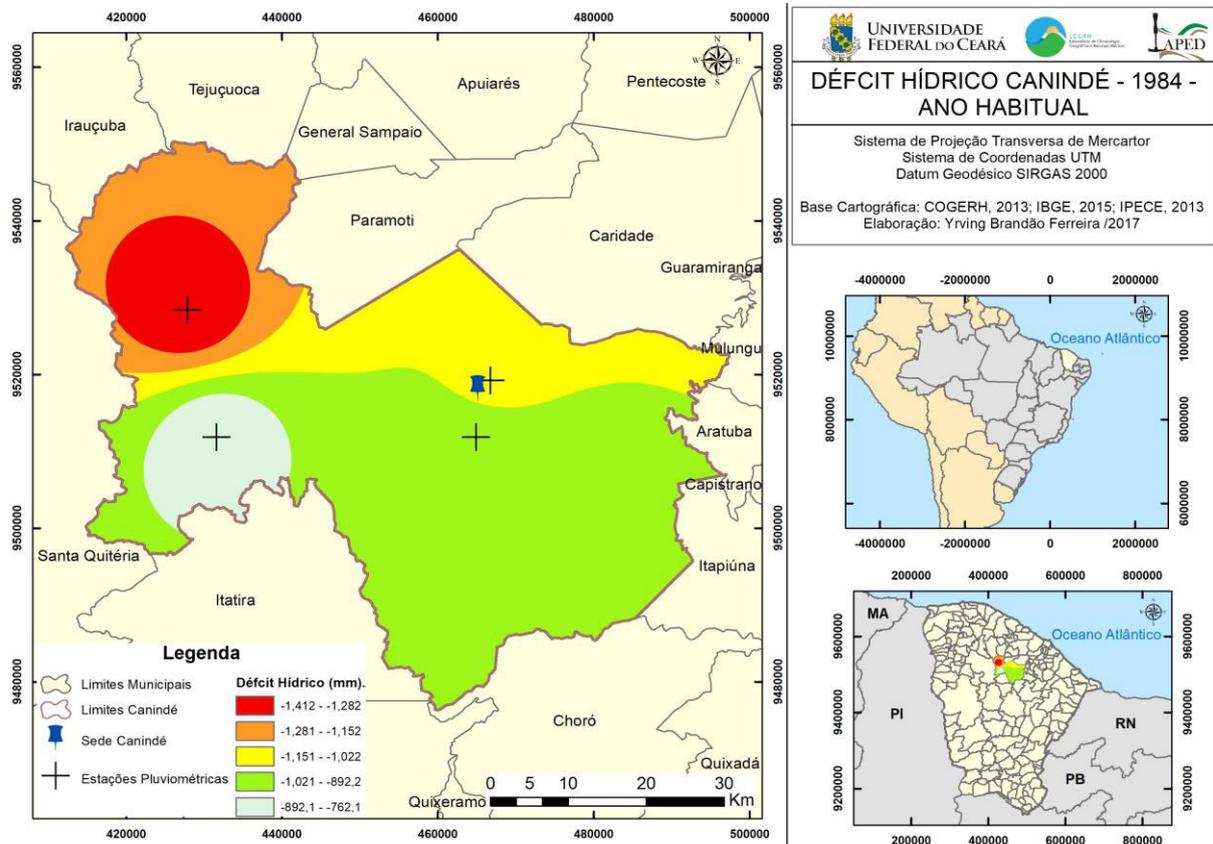
Fonte: Companhia de gestão de recursos hídricos -COGERH, Limites municipais, drenagem hídrica, 2013; Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, Limites Brasil, e América do Sul, 2013; Elaboração: Autor

No norte, noroeste, e leste do município, onde a precipitação é menor e o valor da temperatura é maior, foram observados os menores valores de excedente hídrico. Já no oeste de Canindé onde o relevo é mais acentuado e alcança maiores altitudes, favorecendo condições de barlavento e acúmulo de precipitação, o valor do excedente hídrico foi o maior encontrado. O excedente hídrico alcançou valor máximo de 512 e valor mínimo de 0,01 milímetros.

5.4.1.2.1.2 Deficiência Hídrica

A deficiência hídrica neste ano sofreu uma grande diminuição (Figura 16), permanecendo com altos valores apenas no noroeste do município, no restante do território a deficiência se homogeneizou em torno de valores abaixo da média.

Figura 16. Deficiência hídrica em Canindé no ano de 1984



Fonte: Companhia de gestão de recursos hídricos -COGERH, Limites municipais, drenagem hídrica, 2013; Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, Limites Brasil, e América do Sul, 2013; Elaboração: Autor

O alto índice de deficiência hídrica se manteve na porção noroeste de Canindé, apenas porque essa área e a de menor precipitação e uma das que possui temperatura mais elevada. O menor índice de deficiência hídrica foi de -702 e o maior de -1,412 milímetros.

Foi constatado que apesar dessa grande diminuição nos índices de deficiência hídrica no município, os valores ainda se mantem bem altos em comparação com as demais regiões do Brasil. Sendo demonstrado por esses dados a imperatividade de um crescente e continua manutenção de políticas públicas de convivência com o semiárido e uma melhor gestão e preservação dos recursos hídricos, pois o semiárido nordestino é muito vulnerável a processos de desertificação.

E que o solo do município precisa de um cuidado mais intenso e contínuo durante o ano. Além de ser raso e ser muito susceptível a erosão e a desertificação,

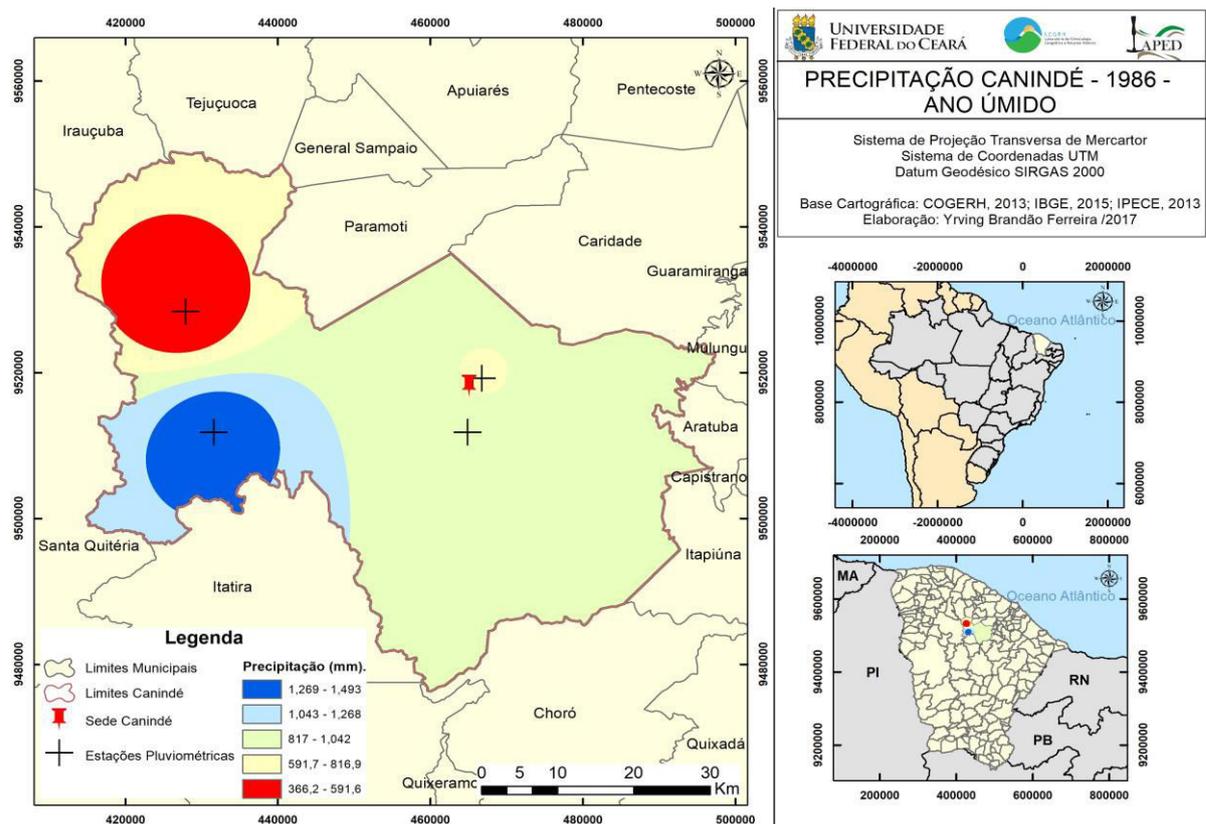
ele é continuamente usado de maneira indevida, queimadas, pecuária extensiva, e monocultura exploratória. Agravando mais ainda sua susceptibilidade natural a degradação. Com o preparo e manejo adequado aliado a incentivos governamentais, o solo pode ser preservado e protegido garantindo o sustento e a qualidade de vida dos sertanejos.

5.5 Balanço Hídrico de Canindé em 1986 (ano úmido)

5.5.1 Precipitação

Durante este ano, o padrão de precipitação permaneceu o mesmo dos anos habitual e seco, e se diferencia apenas pelo volume de precipitação maior. Valor máximo de 1,493 e mínimo 366,2 milímetros como mostra a (Figura 17). Fica evidente que o volume de água que entra no sistema não afeta o padrão de distribuição criado pela interação das massas de ar e dos fatores formadores do clima. Pois esse padrão de distribuição independentemente do volume de água precipitado se perpetuou entre os anos.

Figura 17. Distribuição precipitação em Canindé no ano de 1986



Fonte: Companhia de gestão de recursos hídricos -COGERH, Limites municipais, drenagem hídrica, 2013; Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, Limites Brasil, e América do Sul, 2013; Elaboração: Autor

A partir desse conhecimento da dinâmica climática local, estratégias de desenvolvimento sustentável e preservação do meio ambiente devem ser pensadas para atender as potencialidades e limitações das diferentes regiões do município.

Dessa maneira, políticas públicas devem ser criadas para o máximo aproveitamento das áreas do município em que são atingidas por um volume maior de precipitação. Sendo ideal para agricultura, e sua preservação essencial para a manutenção de nascentes dos corpos hídricos.

Já nas áreas onde o volume de precipitação é menor deve-se planejar de forma mais eficiente a gestão dos recursos hídricos, e dar assistência para que as comunidades que ali residem possam se desenvolver apesar das condições severas do clima.

5.5.1.2 Evapotranspiração Potencial

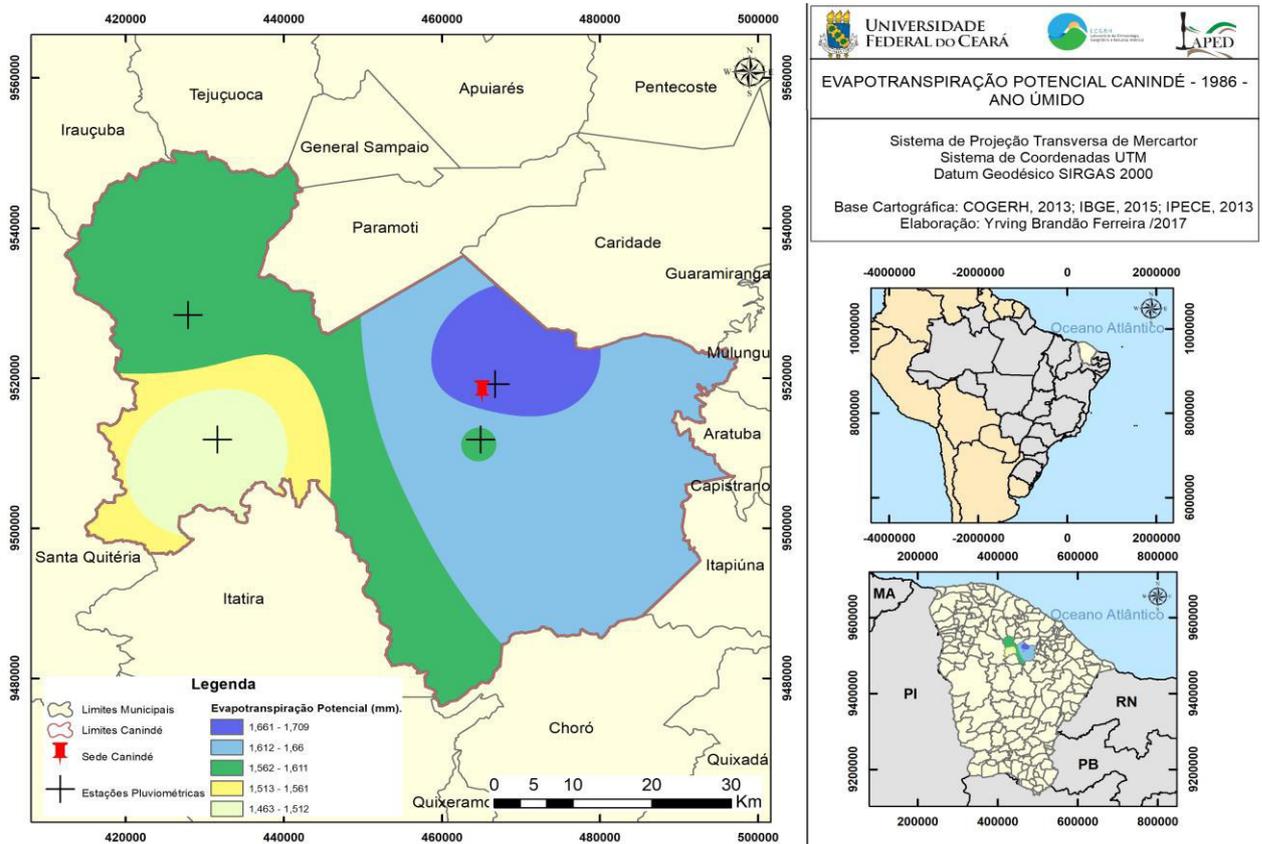
A evapotranspiração potencial neste ano (Figura 18), contrariando as expectativas de expansão de seus valores extremos no território em decorrência do acréscimo da precipitação, sofreu uma diminuição no seu potencial de evapotranspiração.

Os valores de evapotranspiração sofreram uma redução. No ano habitual, a maior parte do município estava inserida com a mais alta capacidade de evapotranspiração, entretanto, neste ano, uma boa parte do território teve uma diminuição desses valores extremos, e passou a apresentar apenas valores médios.

Essa diferença pode ser explicada através do volume de precipitação que entrou no sistema em cada região no município. Apesar de o volume total de precipitação neste ano ser superior, ele não é tão bem distribuído como no ano habitual.

A região leste do município teve um volume muito superior de precipitação em relação a porção oeste de Canindé. Como esse volume estava concentrado na sua maior parte em apenas uma região, a outra porção perdeu sua capacidade potencial de evapotranspiração, e que foi refletido através da espacialização dos dados.

Figura 18. Distribuição evapotranspiração potencial Canindé no ano de 1986



Fonte: Companhia de gestão de recursos hídricos -COGERH, Limites municipais, drenagem hídrica, 2013; Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, Limites Brasil, e América do Sul, 2013; Elaboração: Autor

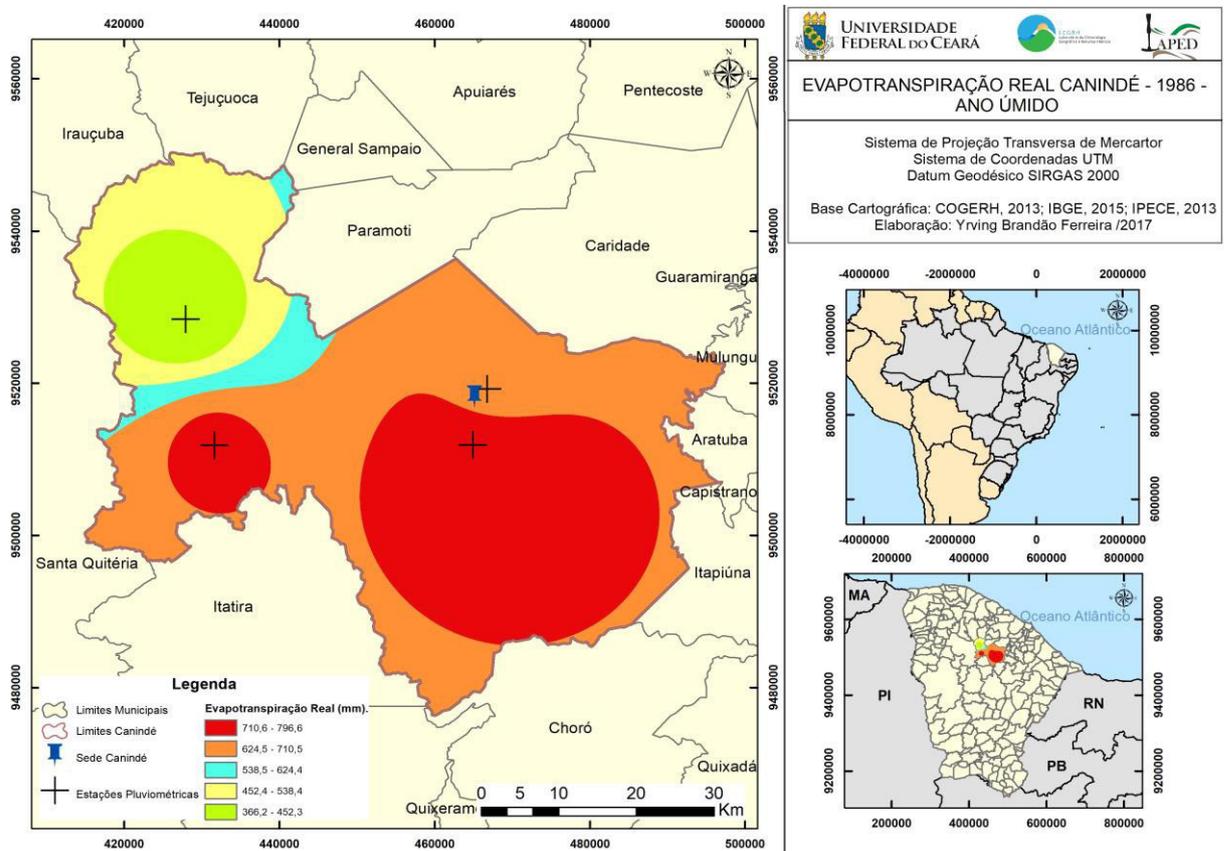
5.5.1.2.1 Evapotranspiração Real

A evapotranspiração real também reflete essa distribuição irregular de precipitação no ano de 1986 (Figura 19). Formando manchas com valores extremos de evapotranspiração real, demonstrando que na área compreendida por essas manchas houve uma maior precipitação, e conseqüentemente por haver mais umidade no sistema há uma maior evapotranspiração. O volume maior de precipitação ocorreu na porção centro-sul do município. O volume máximo de evapotranspiração foi de 710 e o mínimo de 366,2 milímetros.

Essa característica reflete o desafio que é a criação de estratégias e planejamento de convivência com o semiárido. Que apesar de se tratar de um ano úmido, em razão da umidade estar mal distribuída, ela acaba gerando

desigualdades em áreas bem próximas, podendo refletir no potencial agrícola e no desenvolvimento das comunidades.

Figura 19. Distribuição evapotranspiração real em Canindé no ano de 1986

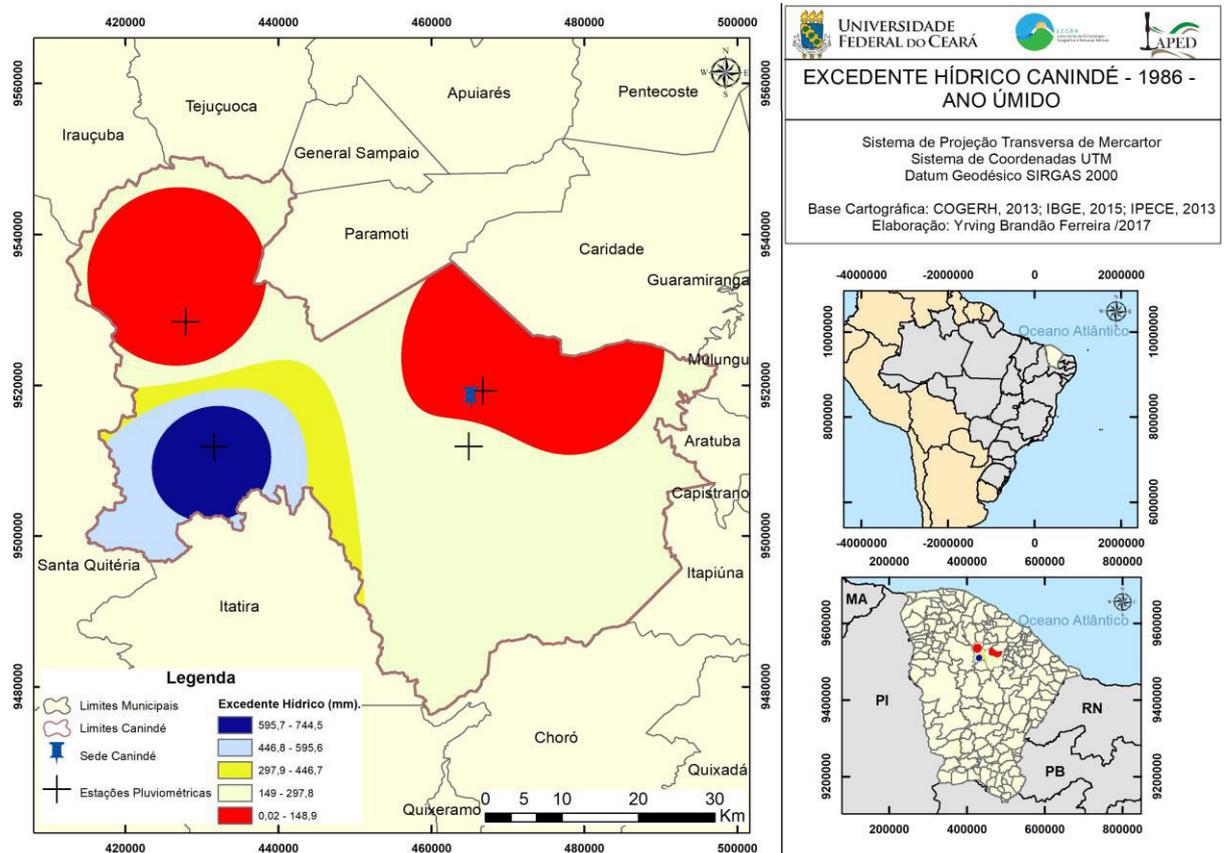


Fonte: Companhia de gestão de recursos hídricos -COGERH, Limites municipais, drenagem hídrica, 2013; Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, Limites Brasil, e América do Sul, 2013; Elaboração: Autor

5.5.1.2.1.2 Excedente hídrico

O excedente ao longo deste ano sofreu um aumento de seus valores médios em todo o território (Figura 20), principalmente na porção norte de Canindé. Gerando uma maior homogeneização desse excedente por todo o território. As áreas que por condições de alta temperatura e baixa precipitação, como a região noroeste do município, continuaram com os menores valores de excedente hídrico. E as áreas que apresentam maior índice de precipitação e baixas temperaturas, oeste do município, permaneceram com os maiores valores de excedente hídrico.

Figura 20. Excedente hídrico em Canindé no ano de 1986

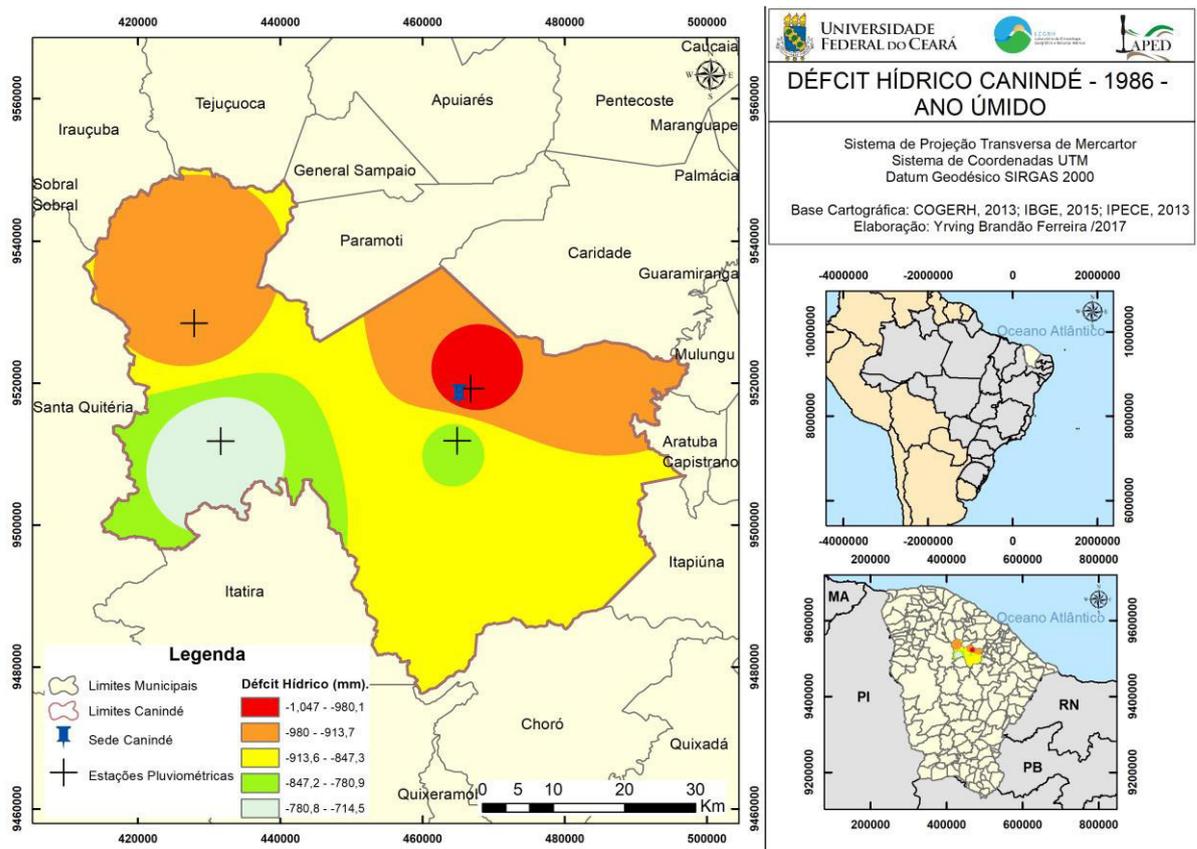


Fonte: Companhia de gestão de recursos hídricos -COGERH, Limites municipais, drenagem hídrica, 2013; Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, Limites Brasil, e América do Sul, 2013; Elaboração: Autor

5.5.1.2.1.2 Deficiência Hídrica

O déficit hídrico em comparação com o ano habitual foi maior (Figura 21). Em razão da irregularidade pluviométrica, a região norte do município teve um acréscimo de déficit hídrico, por ter sido a área em que o volume de precipitação foi menor em comparação com o ano habitual. As demais regiões do município mantiveram a estabilidade nos valores do déficit hídrico em comparação com os anos secos e habituais vistos anteriormente.

Figura 21. Deficiência hídrica em Canindé no ano de 1984



Fonte: Companhia de gestão de recursos hídricos -COGERH, Limites municipais, drenagem hídrica, 2013; Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, Limites Brasil, e América do Sul, 2013; Elaboração: Autor

6 CONCLUSÃO

A presente pesquisa contribuiu com os estudos hidroclimáticos em Canindé, onde foi evidenciado o regime hídrico do município, e com isso, identificou-se as potencialidades e limitações do território. As áreas onde existe maior déficit hídrico são mais susceptíveis a degradação ambiental. E nas áreas onde houve um pequeno excedente hídrico, pode ser utilizada como perímetro para a expansão da agricultura familiar no município.

Com a identificação dos valores de evapotranspiração real nos diferentes anos, temos uma noção do volume de água que é evapotranspirada no sistema. Essa informação pode ser utilizada na gestão dos açudes do município. Auxiliando na liberação apenas da água necessária para a dinâmica produtiva do município, realizando dessa forma uma gestão mais eficiente e otimizada dos recursos hídricos, e prologando o volume ideal de abastecimento de água para a população.

Com os valores de evapotranspiração potencial podemos inferir as áreas estratégicas para a implementação de infraestrutura hídrica, que tenha uma temperatura menos elevada e uma maior precipitação. Diminuindo significativamente a perda do volume de água do açude.

E com auxílio da agronomia podemos identificar quais culturas se adaptam melhor a determinado volume de água no sistema, e com isso aumentar a produção da agricultura, e paralelamente diminuir as perdas de culturas pela ausência da água em quantidades ideais.

O comportamento do balanço hídrico para os três anos padrão, foi muito semelhante. As diferenças ocorriam na quantidade de água que entrava no sistema, e no seu padrão de distribuição irregular.

Foi constatado que o município perde um grande volume de umidade por evapotranspiração, e que esse valor é muito maior que o volume precipitado anualmente. Em todos os anos-padrão há déficit hídrico, que varia apenas em intensidade.

A evapotranspiração potencial é muito alta em Canindé, em razão da sua constante alta temperatura, variando apenas quanto a altitude do local e o seu volume de precipitação.

A evapotranspiração real segue um padrão de distribuição no território, baseado nas zonas de barlavento e sotavento. Onde há barlavento as massas de ar

perdem umidade no contato com o relevo, logo há mais precipitação no local, gerando maior evapotranspiração real. Do contrário, em zonas de sotavento em decorrências das massas de ar já terem perdido boa parte da sua umidade, a precipitação não alcança grandes volumes, e por isso, o volume de evapotranspiração real é menor.

Entretanto, como a evapotranspiração real é a quantificação real da água que é evapotranspiração no sistema, na região onde houver maior precipitação, sendo por características climática ou apenas episódicas, haverá uma maior evapotranspiração real independente do padrão regional criado a partir da interação dos elementos e fatores climáticos.

O excedente hídrico registrado no ano habitual e úmido, apesar de parecer uma boa forma de demonstrar que o solo está retendo mais umidade do que perdendo por evapotranspiração. Este excedente é pontual e encontrado apenas durante a quadra chuvosa, e quando comparado ao déficit hídrico anual, não representa nenhuma melhora no quadro de escassez hídrica do município.

Outro fator que demonstra o quão severo são as condições climáticas em Canindé, e conseqüentemente o grande desafio que é a gestão de seus hídricos, foi o diagnóstico que o no ano úmido o município apresentou maior volume de deficiência hídrica do que no ano habitual.

O consenso é de que quanto maior a precipitação menor será o déficit hídrico, entretanto, apesar de neste ano ter precipitado um grande volume de água, está estava mal distribuída espacialmente e temporalmente. Houve áreas em a precipitação se concentrou de forma mais intensiva do que no resto da região, enquanto em outras regiões o volume precipitado foi menor até do que o do ano seco. O total pluviométrico era alto, mas por estar especialmente mal distribuído gerou deficiência em algumas áreas e um grande excedente em áreas muito próximas. Enquanto que no ano habitual, os valores de deficiência hídrica permaneceram medianos em quase todo o município.

A pesquisa será apresentada a prefeitura de Canindé para que os representantes do município possam discutir sua aplicabilidade e a melhor forma de apresenta-la a população e gestores dos recursos hídricos do município.

REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA. **Conjuntura dos recursos hídricos:** Informe 2009. Brasília: ANA, 2009. Disponível em: <http://www3.snirh.gov.br/portal/snirh/centrais-deconteudos/conjuntura-dos-recursos-hidricos/informe-conjuntura-2009.pdf>.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA. **Introdução ao gerenciamento de recursos hídricos:** Edição Multimídia. Brasília: ANA, 2001
- AGUILAR, D. J.; KRUKER, R. J. M.; CALHEIROS, R.. **Determinação da Evapotranspiração Potencial e Balanço Hídrico da Região da Grande Dourados.** Dourados: EMBRAPA-UEPAE, 1986. 150 p.
- ASSUNÇÃO, Luiz Márcio; LIVIGSTONE, Ian. **Desenvolvimento inadequado: construção de açudes e secas do Nordeste.** Revista Brasileira de Economia, Rio de Janeiro 1993.
- BARRELLA, W. et al. **As relações entre as matas ciliares os rios e os peixes.** In: RODRIGUES, R.R.; LEITÃO FILHO; H.F. (Ed.) Matas ciliares: conservação e recuperação. 2.ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2001.
- Bergamaschi, H. (Coordenador). **Agrometeorologia aplicada à irrigação.** 1.ed. Porto Alegre: Editora Universitária/UFRGS, 1992. 125p.
- Boletim de Monitoramento e Análise Climática** – Climanálise - Número Especial, 1986. INPE. São José dos Campos, SP. 125 págs.
- BRAGA, R; TUNDISI, J.G. **Águas Doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação.** São Paulo, Escrituras, 2002. cap.1, p.1-30.
- BRASIL. Agência Nacional de Águas – ANA. Edição Comemorativa do dia Mundial da Água: **A Evolução da Gestão dos Recursos Hídricos no Brasil.** S.l.: Agência Nacional de Águas – ANA, mar. 2002
- BRASIL. LEI Nº 9.433, DE 8 DE JANEIRO DE 1997. **Política Nacional de Recursos Hídricos,** Brasília,DF, jan 1997.
- Carmelo, A.C. **Desenvolvimento de uma metodologia de integração de dados geofísicos e de sensoriamento remoto para o estudo de aquíferos no domínio**

fissural, no quadrante nordeste do Distrito Federal. Brasília: UnB, 1999. 66p.
Exame de Qualificação.

CEARÁ. Assembleia Legislativa. **Caderno regional das bacias Metropolitanas.**
Fortaleza: INESP, 2009. Disponível em:
<<http://portal.cogerh.com.br/downloads/category/83-pacto-dasaguas-plano-estrategico>>. Acesso em: 20 set. 2017.

CEARÁ. **Cenário atual dos recursos hídricos do Ceará.** Fortaleza: INESP
(Coleção Pacto das Águas), 2008.

CEARÁ. INSTITUTO DE PLANEJAMENTO DO CEARÁ (IPLANCE). 1989. **Atlas do Ceará.** Escala 1: 1500.000. Fortaleza.

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

CONTI, J. B. **Geografia e Paisagem.** Ciência e Natura, v. 36, Ed. Especial. Santa Maria: 2014.

DANTAS, S. P. ; RODRIGUES, I. B. . **Alguns apontamentos sobre a política de açudagem no Nordeste brasileiro.** In: Maria Elisa Zanella; Marta Celina Linhares Sales. (Org.). **Clima e Recursos hídricos no Ceará na perspectiva geográfica.** 1ed.Fortaleza: Expressão Gráfica, 2015, v. 1, p. 161-180.

DINIZ, F. A.; BRABO, J. M. . **Sistemas Atmosféricos que Causaram Chuvas no Estado do Ceará. Período de janeiro a maio de 1991.** In: VII Congresso Brasileiro de Meteorologia - VIICBMET, 1991, São Paulo. ANAIS DO VII CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 1992.

DRUMMOND, J. A. 1999. **A legislação ambiental brasileira de 1934 a 1998: Comentários de um cientista político simpático ao conservacionismo.** Ambiente e Sociedade, ano II, n. 3 e 4, p. 127-150.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos.** Rio de Janeiro, 2006. 412 p.

ESRI. **ENVIRONMENTAL SYSTEMS RESEARCH INSTITUTE**, ArcGIS Professional GIS for the desktop, version 9.2. Software. 2006.

FERREIRA, Antonio Geraldo; MELLO, Namir Giovanni da Silva. **Principais sistemas atmosféricos atuantes sobre a região Nordeste do Brasil e a influência dos oceanos pacífico e atlântico no clima da região**. Revista Brasileira de Climatologia. v. 1, dez. 2005. Disponível em: <<http://revistas.ufpr.br/revistaabclima/article/view/25215>>. Acesso em: 19 jan. 2018.

GALVANI, E. **Considerações acerca dos estudos Bioclimáticos**. IN: CARLOS, A.F.A., OLIVEIRA, A. U. As “geografias” da Metrópole. São Paulo: Contexto, p. 221-230, 2004.

GALVANI, Emerson, LUCHIARI, Ailton. **Critérios para classificação de anos com regime pluviométrico normal, seco e úmido**. In: Org. GALVANI, Emerson, LIMA, Nádia Gilma Beserra de. Climatologia aplicada: Resgate aos estudos de caso. Curitiba: Editora CRV, 2012. 191p.

Giacomoni, M.H. **Utilização de sistemas de informação geográfica para subsidiar sistemas de outorga de direito de uso de recursos hídricos**. Brasília: UnB, 2002. 71p. Trabalho de conclusão de Graduação.

GOMES, Lucintha. **Começa em Canindé, peregrinação pelo santo milagreiro**. O Povo, 11 out. 2012. Disponível em: <<http://www.opovo.com.br/app/opovo/ceara/11/10/12noticiasjornalceara,2935057/comeca-em-caninde-peregrinacao-pelo-santo-milagreiro.shtml>>. Acesso em: 19 Non. 2017.

GRANZIEIRA, M.L.M. **Direito de Águas e Meio Ambiente**. São Paulo: Ícone, 1993. 136p.

GRANZIERA, Maria Luiza Machado. **Direito das águas**. São Paulo: Atlas, 2001.

HÉMERY, Daniel; BEBIER, Jean Claude; DELÉAGE, Jean-Paul. **Uma História da Energia**. Brasília: Editora Universidade de Brasília. 1993.

HENKES, SILVIANA LÚCIA. **Histórico legal e institucional dos recursos hídricos no Brasil**. Jus Navigandi, No. 66, Teresina, jun.2003. Disponível em:<<http://www1.jus.com.br/doutrina/texto.asp?id=4146>>.

HORIKOSHI, A. S.; FISCH, G. **Balanço hídrico atual e simulações para cenários climáticos futuros no município de Taubaté, SP, Brasil.** Revista Ambiente & Água, Taubaté, v. 2, n. 2, p. 32-46, jul./dez. 2007.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Densidade demográfica nos censos demográficos, segundo as grandes regiões e as unidades da federação** Brasília: IBGE, 2010. Disponível em <<https://censo2010.ibge.gov.br/sinopse/index.php>>. Público acesso em 05 de novembro de 2017.

KRISHAN, A. **Agroclimatic classification methods and their application in Índia.** In: Climatic classification: a consultant's Meeting. Patancheru: ICRISAT, p. 14-16, 1980.

MENDONÇA, Francisco; DANNI-OLIVEIRA, Ines M. **Climatologia: noções básicas e climas do Brasil.** v. 1. São Paulo: Oficina de Texto, 2007. 206 p.

MIRANDA, José Iguelmar. EMBRAPA INFORMAÇÃO TECNOLÓGICA. **Fundamentos de sistemas de informações geográficas.** Brasília: EMBRAPA Informação Tecnológica, 2005.- 425p.

MOLINAS, P.A. 1996. **A gestão dos recursos hídricos no semiárido nordestino: a experiência cearense.** RBRH: Revista Brasileira de Recursos Hídricos, São Paulo, v. 1,

MOLLE, François. **Marcos Históricos e reflexões sobre a açudagem e seu aproveitamento.** Recife: SUDENE, 1994.

MONTEIRO, C.A. de F. **Clima e excepcionalismo:** Conjecturas sobre o desempenho da atmosfera como fenômeno geográfico. Florianópolis. Ed. UFCS, 1991, p. 1-233.

OMETTO, José Carlos. **Bioclimatologia Vegetal.** São Paulo: Ceres, 1981. 435 p.

PAULA, R. K. **Cenários de Balanço Hídrico no Ceará Decorrentes de Mudanças Climáticas.** Dissertação (Dissertação em Meteorologia) – UFCG. Campina Grande, p. 80. 2011

PEQUENO, H.C.; SILVA, Z.R.; CAMPOS, J.L.D. **Balanço hídrico-climático de algumas microrregiões do Estado do Ceará, Brasil**. Ciência Agronômica, v4, n.1/2, p. 43-46, 1974.

PEREIRA, A. R. et al. **Agrometeorologia: fundamentos e aplicações práticas**. Guaíba: Agropecuária, 2002. 478 p.

PEREIRA, A. R., VILLA NOVA. Nilson Augusto, SEDIYAMA. Gilberto C. **Evapotranspiração**. Piracicaba: FEALQ, 1997. 183 p.

Perfil Básico Municipal Canindé 2016. Disponível em:

<http://www.ipece.ce.gov.br/publicação/anuario/publicacoes/perfil_basico> Acesso em: 30 de nov. 2017.

PESSOA, D. M. **Caráter e efeitos da seca nordestina de 1970**. Vol. 2. Série Estudo sobre as secas no Nordeste. Fortaleza: Banco do Nordeste; Recife: Fundação Joaquim Nabuco, 2002, 302 p

PORTAL HIDROLÓGICO DO CEARÁ. Disponível em: <<http://www.hidro.ce.gov.br/>>. Acesso em: 25 out. 2017.

ROLIM,G.S; SENTELHAS,P.C; BARBIERI, V. **Planilhas no ambiente EXCEL TM para os cálculos de balanços hídricos: normal, sequencial,de cultura e de produtividade real e potencial**. Revista Brasileira de Agrometeorologia, Santa Maria. V. 6. n.1. p133-137,1998.

Sentelhas, P.R.; Pereira, A.R.; Angelocci, L.R. **Meteorologia agrícola**. 1.ed. Piracicaba: ESALQ, 1998. 131p.

SETTI, A. A. **A necessidade do uso sustentável dos recursos hídricos**. Brasília: Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis, Ministério do Meio Ambiente e da Amazônia Legal, 1994.

SILVA, B.B. da; ALVES, J.J.A.; CAVALCANTI, E.P.; DANTAS, R.T. **Potencial eólico na direção predominante do vento no Nordeste brasileiro**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v.6, n.3, p.431-439, 2002.

SILVA, L. M. O. **Pedir, prometer e pagar: escritos, imagens e objetos dos romeiros de Canindé**. 2007. 193 f. Dissertação (Mestrado em História Social) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2007.

SILVA, R. M. A. da. **Entre o combate à seca e a convivência com o semiárido: Transições paradigmáticas e sustentabilidade do desenvolvimento.** Tese de Doutorado, Brasília – DF, 2006.

SOUSA, M. L. M.; OLIVEIRA, V. P. V. **Seca e Convivência Com o Semiárido No Ceará: Desafios e perspectivas.** In: II Workshop Internacional sobre Água no Semiárido Brasileiro, 2015, Campina Grande PB. Água das Chuvas: Captação, Armazenamento Distribuição, 2015. v. 1. p. 1-6.

Souza Filho, Francisco Assis. **Águas do futuro e o futuro das águas.** In: Antonio Rocha Magalhães. (Org.). A questão da água no Nordeste. Brasília: Centro de Gestão de Estudos Estratégicos (CGEE), Agência Nacional de Águas (ANA), 2012, v. 6 , p.181 -.218

SOUZA, E. B., e ALVES, J. M. B., 1998, “**Estudo diagnóstico de um complexo convectivo de mesoescala observado no norte do Nordeste Brasileiro**” In: Anais do X Congresso brasileiro de meteorologia e VIII Congresso da Federação Latino-Americana e Ibérica de Sociedades de Meteorologia. Brasília, DF.

TAVARES, Antonio Carlos. **Crêterios de escolha de anos padrões para análise rítmica.** Geografia, v.1, n.1, p.79-87, 1976.

THORNTHWAITE, C.W.; MATHER, J.R. **The water balance.** Centerton, NJ: Drexel Institute of Technology - Laboratory of Climatology, 1955. 104p. (Publications in Climatology, vol. VIII, n.1)

Thornthwaite, Warren. **An approach toward a rational classification of climate.** Geographical Review. v.38, n.1, 1948.

Tubelis, A. **Conhecimentos práticos sobre clima e irrigação.** Viçosa: Aprenda Fácil, 2001. 215p.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ. Biblioteca Universitária. **Guia de normalização de trabalhos acadêmicos da Universidade Federal do Ceará.** Fortaleza, 2013.

Uvo, C.R. B. e R. Berndtsson, 1996. Regionalization and Spatial Properties of Ceará State RaSouza, E.B., J.M.B. Alves e C.A Repelli, 1998. **Um Complexo Convectivo de Mesoescala Associado à Precipitação Intensa sobre Fortaleza-CE.** Rev. Bras.

de Meteor., v. 13, n. 2, 01-14. in fall in Northeast Brazil. J. Geoph. Res., vol. 101, no. D2, 4221-4233.

Varejão-Silva, M. A, 2001. **Meteorologia e Climatologia**. PAX Gráfica e Editora Ltda, 2ª Edição, 532 págs.

VIERA, Hélio Pinto. **Cronologia Canindé**. Fortaleza: Imprensa Universitária, 1997