

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

MET – UFAL – MS – 049

**PROBABILIDADE DE ATENDIMENTO DA DEMANDA  
HÍDRICA PARA CULTURA DA CANA-DE-AÇÚCAR  
(*Saccharum spp*) EM RIO LARGO – AL**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

FERNANDA CASAGRANDE

MACEIÓ, AL, BRASIL  
2008

**PROBABILIDADE DE ATENDIMENTO DA DEMANDA  
HÍDRICA PARA CULTURA DA CANA-DE-AÇÚCAR  
(*Saccharum spp*) EM RIO LARGO – AL**

Por

Fernanda Casagrande

Dissertação apresentada a Universidade Federal de Alagoas, para obtenção do título de Mestre em Meteorologia, Área de concentração Processos de Superfície Terrestre

Orientador: Dr. Manoel da Rocha Toledo Filho

MACEIÓ, AL, BRASIL  
2008

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

C334p Casagrande, Fernanda.  
Probabilidade de atendimento da demanda hídrica para a cultura da cana-de-açúcar (*Saccharum* spp) em Rio Largo-AL / Fernanda Casagrande. – Maceió, 2008.  
71 f. : grafs., tabs.

Orientador: Manoel da Rocha Toledo Filho.  
Dissertação (mestrado em Meteorologia : Processos de Superfície Terrestre) – Universidade Federal de Alagoas. Instituto de Ciências Atmosféricas. Maceió, 2008.

Bibliografia: f. 57-59.  
Anexos: f. 60-71.

1. Evaporação (Meteorologia). 2. Cana-de-açúcar – Evapotranspiração.  
3. Déficit hídrico. 4. Balanço hidrológico – Probabilidade. I. Título.

CDU: 551.573



### ATA DE APRESENTAÇÃO PÚBLICA DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Aos nove do mês de maio de dois mil e oito, às nove horas, no Laboratório de Multimídia ICAT, no Campus A. C. Simões da Universidade Federal de Alagoas (UFAL) perante Banca Examinadora composta pelo Prof. Dr. Manoel da Rocha Toledo Filho, Prof.ª Dr.ª Rita de Cássia Fraga Damé, membro externo - UFPel, e o Prof. Dr. Ricardo Ferreira Carlos de Amorim, a senhorita Fernanda Casagrande sob a orientação do Prof. Manoel da Rocha Toledo Filho apresentou publicamente uma dissertação intitulada "PROBABILIDADE DE ATENDIMENTO DA DEMANDA HÍDRICA PARA A CULTURA DA CANA-DE-AÇÚCAR (SACCHARUM SPP) EM RIO LARGO-AL" número de série MET-UFAL-MS-049, como requisito para a obtenção do Grau de Mestre em Meteorologia, área de concentração: Processos de Superfície Terrestre. Após a apresentação seguindo o regimento do Programa de Pós-Graduação em Meteorologia da UFAL no seu Artigo 19, a Banca examinadora considerou a Senhorita Fernanda Casagrande, **APROVADA**. Ainda de acordo com o parágrafo único do Artigo 19, o Diploma de Mestre em Meteorologia - área de concentração Processos de Superfície Terrestre, será expedido a requerimento do concluinte, anexado a no mínimo 10 (dez) cópias da versão definitiva da dissertação, satisfeitas as modificações indicadas pelos relatores e Banca Examinadora. Eu, Vladimir Levit, Coordenador do Curso de Mestrado em Meteorologia da UFAL, lavrei a presente ata, que vai assinada por mim e pelos componentes da Banca Examinadora.

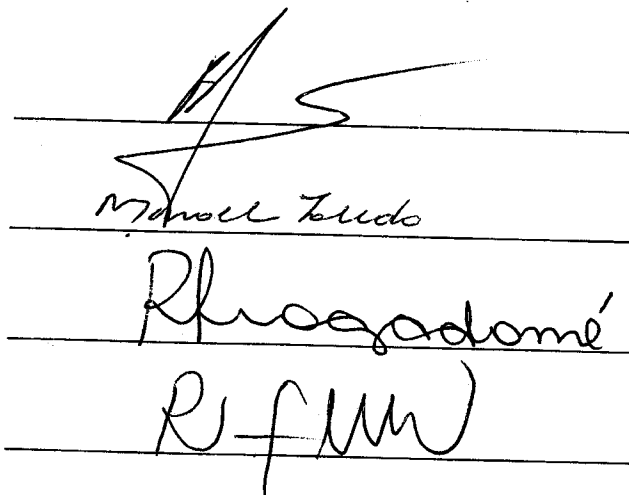
Maceió, 14 de agosto de 2008.

Prof. Dr. Vladimir Levit  
(Coordenador)

Prof. Dr. Manoel da Rocha Toledo Filho  
(Orientador)

Prof.ª Dr.ª Rita de Cássia Fraga Damé  
(Membro Externo)

Prof. Dr. Ricardo Ferreira Carlos de  
Amorim (Membro)



Dedico este trabalho aos meus pais, Jaime C. Casagrande e Zeni Nogueira Casagrande, por serem hoje e sempre meu porto seguro nos momentos mais complicados, por estarem sempre presente nas horas mais difíceis, pelo apoio, incentivo e esforço que tiveram para me dar condições necessárias para a realização dessa e de outras conquistas em minha vida.

## **AGRADECIMENTOS**

À Deus,

À Universidade Federal de Alagoas, Instituto de Ciências Atmosféricas, pela oportunidade de realizar o curso;

Ao amigo, orientador Prof Dr. Manoel da Rocha Toledo Filho, pela orientação, incentivo, colaboração e compreensão, durante todas as etapas do curso;

Ao Professor Dr. Leonaldo Souza pelos dados meteorológicos cedidos pela estação, ao Professor Dr. Sílvio, do Departamento de Matemática da UFAL, pela ajuda na parte estatística da dissertação, aos demais professores do curso de Mestrado, em especial o Professor Dr. Ricardo Amorim, pela compreensão, paciência, amizade, e conhecimento adquirido nesta área;

Aos colegas do Programa de Pós Graduação por me auxiliarem em diversos momentos no decorrer do curso;

Aos meus irmãos Henrique e Leandro Casagrande, pelo apoio incondicional, amizade e carinho. Aos amigos Delmar, Nura, Elis, Adriana, Cíntia e Fábio, pela inefável amizade, companheirismo, e por se mostrarem sempre presentes mesmo quando a distância era grande - valeu por tudo.

À Fundação de Apoio à Pesquisa do Estado de Alagoas (FAPEAL), pelo apoio financeiro;

Enfim a todos aqueles que, de uma maneira ou de outra, contribuíram para a realização deste trabalho.

## **PROBABILIDADE DE ATENDIMENTO DA DEMANDA HÍDRICA PARA A CULTURA DA CANA-DE-AÇÚCAR ( *Saccharum spp*) EM RIO LARGO – AL**

Autor: Fernanda Casagrande

Orientador: Prof. Dr. Manoel da Rocha Toledo Filho

### **RESUMO**

O Brasil é atualmente o maior produtor mundial de cana-de-açúcar, sendo o estado de Alagoas um dos principais produtores, e dependente economicamente do seu sistema agroindustrial. As expectativas futuras da cultura no Brasil são favoráveis à expansão, por meio de ganhos de produtividade, através de novas tecnologias, visando à maximização da produção, e à minimização dos custos. Por ser uma planta semi-perene, a cultura sofre a influência das variações climáticas durante todo o ano, sendo a disponibilidade de água o principal fator causador da variabilidade da produtividade, ano a ano. O objetivo do trabalho consistiu em identificar a demanda hídrica para a cultura nas diferentes fases do seu desenvolvimento (através de equações empíricas), identificando as fases onde a cultura será mais fortemente afetada pela ausência de água (déficit hídrico), efetuar o balanço hídrico climatológico, e calcular a probabilidade de atendimento da demanda hídrica. Os dados meteorológicos utilizados foram obtidos na Estação Meteorológica da Área Experimental do Campus Delza Gitaí, Rio Largo – AL. Levando-se em consideração as condições analisadas, os resultados do estudo permitiram obter as seguintes conclusões: (a) é possível estabelecer os déficits hídricos nas diferentes fases de desenvolvimento da cultura, podendo esses ser utilizados nas tomadas de decisões relacionadas aos períodos de plantio, otimização da irrigação, entre outros. (b) Foi possível através das equações empíricas, estabelecerem valores das variáveis necessárias como Evapotranspiração Potencial (ETP), Coeficiente de Cultura (KC), Evapotranspiração Máxima (ETM), bem como foi possível aplicar aos dados a distribuição de probabilidade gama incompleta, com resultados satisfatórios. (c) A probabilidade de atendimento da demanda hídrica para o plantio do mês de junho apresentou-se a mais viável considerando o ciclo da cana planta e da sua respectiva soca.

**Palavras – chaves** : déficit hídrico, evapotranspiração, distribuição de probabilidade.

## LIKELIHOOD OF SERVICE OF DEMAND HÍDRICA FOR CULTURE OF SUGAR CANE (*Saccharum spp*) IN RIO LARGO – AL

Author: Fernanda Casagrande  
Prof. Advisor. Dr. Manoel da Rocha Toledo Filho

### ABSTRACT

Brazil is currently the world's largest producer of sugar cane, and the state of Alagoas one of the main producers, and economically dependent on your system agroindustrial. The future expectations of the culture in Brazil are favorable to the expansion through increased productivity through new technologies, aiming to maximize the production and minimize costs. As a semi-perennial plant, culture suffers the influence of climate variations throughout the year, and the availability of water the main factor causing the variability in productivity, year by year. The objective of the study was to identify the demand water for the crop at different stages of their development (through empirical equations), identifying the phases where culture will be more strongly affected by the lack of water (water deficit), making the water balance, and calculate the probability of attendance water demand. The meteorological data were obtained from the Meteorological Station of the Experimental Area Campus Delza Gitaí, Rio Largo – AL. Taking into consideration the conditions analyzed, the results of the study allowed to obtain the following conclusions: (a) it is possible to establish the water deficits in the various stages of development of culture, these can be used in decision-making related to periods of planting, optimization of irrigation, among others. (B) It was possible through the empirical equations, establishes values of the variables necessary as Evapotranspiration Potential (ETP), coefficient of Culture (KC), Evapotranspiration Maximum (ETM), and could apply to data the distribution of probability range, with results satisfactory. (C) The probability of attendance of water demand for the planting of the month of June showed to be the most feasible considering the cycle of cane plant and their new cycle.

**keywords** : water deficit, evapotranspiration, distribution of probability



## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Curva do coeficiente de cultura ( $K_c$ ), durante o ciclo de desenvolvimento da cana-de-açúcar (cana-planta) .....7
- Figura 2.** Mapa de Localização do município de Rio Largo – AL .....17
- Figura 3.** Curvas de Precipitação Pluviométrica e a Evapotranspiração Potencial média mensal, no município de Rio Largo – AL, para o período de 1973 a 2001.....26
- Figura 4.** Curvas de Precipitação Pluviométrica e a Evapotranspiração Potencial média decendial, no município de Rio Largo – AL , para o período de 1973 a 2001.....27
- Figura 5.** Curva do Coeficiente de Cultura ( $K_c$ ) para a cana planta (45 decêndios) e soca (36 decêndios).....30
- Figura 6.** Curva da Precipitação pluviométrica (P), Demanda hídrica (ETM), e probabilidade de atendimento para o plantio da cana planta de janeiro (decêndio de 1 a 45), e sua respectiva cana soca (decêndio 46 a 81).....40
- Figura 7.** Curva da Precipitação pluviométrica (P), Demanda hídrica (ETM), probabilidade de atendimento para o plantio da cana planta de fevereiro (decêndio de 1 a 45), e sua respectiva cana soca (decêndio 46 a 81).....41
- Figura 8.** Curva da Precipitação pluviométrica (P), Demanda hídrica (ETM), probabilidade de atendimento para o plantio da cana planta de março (decêndio de 1 a 45), e sua respectiva cana soca (decêndio 46 a 81).....42

- Figura 9.** Curva da Precipitação pluviométrica (P), Demanda hídrica (ETM), probabilidade de atendimento para o plantio da cana planta de abril (decêndio de 1 a 45), e sua respectiva cana soca (decêndio 46 a 81).....43
- Figura 10.** Curva da precipitação Pluviométrica (P), Demanda hídrica (ETM), probabilidade de atendimento para o plantio da cana planta de maio (decêndio de 1 a 45), e sua respectiva cana soca (decêndio 46 a 81).....44
- Figura 11.** Curva da Precipitação pluviométrica (P), Demanda hídrica (ETM), probabilidade de atendimento para o plantio da cana planta de junho (decêndio de 1 a 45), e sua respectiva cana soca (decêndio 46 a 81).....46
- Figura 12.** Curva da Precipitação pluviométrica (P), Demanda hídrica (ETM), probabilidade de atendimento para o plantio da cana planta de julho (decêndio de 1 a 45), e sua respectiva cana soca (decêndio 46 a 81).....47
- Figura 13.** Curva da precipitação Pluviométrica (P), Demanda hídrica (ETM), probabilidade de atendimento para o plantio da cana planta de agosto (decêndio de 1 a 45), e sua respectiva cana soca (decêndio 46 a 81)..... 49
- Figura 14.** Curva da Precipitação pluviométrica (P), Demanda hídrica (ETM), probabilidade de atendimento para o plantio da cana planta de setembro (decêndio de 1 a 45), e sua respectiva cana soca (decêndio 46 a 81).  
..... 50
- Figura 15.** Curva da Precipitação pluviométrica (P), Demanda hídrica (ETM), probabilidade de atendimento para o plantio da cana planta de outubro (decêndio de 1 a 45), e sua respectiva cana soca (decêndio 46 a 81).....52

**Figura 16.** Curva da Precipitação pluviométrica (P), Demanda hídrica (ETM), probabilidade de atendimento para o plantio da cana planta de novembro (decêndio de 1 a 45),e sua respectiva cana soca (decêndio 46 a 81).....53

**Figura 17.** Curva da precipitação pluviométrica (P), Demanda hídrica (ETM), probabilidade de atendimento para o plantio da cana planta de dezembro (decêndio de 1 a 45), e sua respectiva cana soca (decêndio 46 a 81) .....55

## LISTA DE TABELAS

- Tabela 1.** Decêndio e suas fases de desenvolvimento correspondente para cana planta, e para cana soca.....18
- Tabela 2.** Fator de correção (Cor) da evapotranspiração em função do fotoperíodo e do número de dias no mês.....21
- Tabela 3.** Balanço hídrico climatológico decendial para Rio Largo – Alagoas, calculado pelo método de THORNTHWAITE e MATHER (1955).....29
- Tabela 4.** Valores de Kc calculados pela metodologia proposta por BARBIERI (1988).....31
- Tabela 5.** Valores das Demandas hídricas (ETM), Precipitações pluviométricas (P), e a diferença (P-ETP) média decendial, para o plantio da cana planta e sua respectiva cana soca, para os meses de janeiro a abril, nas diferentes fases da cultura.....34
- Tabela 6.** Valores das Demandas hídricas (ETM), Precipitações pluviométricas (P), e a diferença (P-ETP) média decendial, para o plantio da cana planta e sua respectiva cana soca, para os meses de maio a agosto, nas diferentes fases da cultura.....36
- Tabela 7.** Valores das Demandas hídricas (ETM), Precipitações pluviométricas (P), e a diferença (P-ETP) média decendial, para o plantio da cana planta e sua respectiva cana soca, para os meses de setembro a dezembro, nas diferentes fases da cultura.....38

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
<b>2. REVISÃO DE LITERATURA .....</b>	<b>3</b>
2.1 A cultura da cana-de-açúcar .....	3
2.2 Ecofisiologia da cana-de-açúcar .....	5
2.3 Aspectos agrometeorológicos para a cultura da cana-de-açúcar .....	8
2.4 Probabilidade de atendimento da demanda hídrica (ETM).....	14
2.5 Planejamento agrícola, período de plantio e colheita da cultura da cana-de-açúcar .....	15
2.6 Irrigação na cultura da cana-de-açúcar .....	16
<b>3. MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>17</b>
3.1 Área experimental.....	17
3.2 Considerações sobre a cultura da cana-de-açúcar .....	17
3.3. Dados Meteorológicos .....	18
3.4 Cálculo da Evapotranspiração Potencial (ETP) .....	19
3.5 Balanço Hídrico Climatológico .....	21
3.6 Obtenção do coeficiente de cultura (Kc).....	22
3.7 Cálculo da Demanda Hídrica (ETM) .....	23
3.8 Teste Estatístico .....	23
3.9. Cálculo da Probabilidade de atendimento da demanda hídrica.....	23
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>26</b>
4.1 Evapotranspiração Potencial (ETP).....	26
4.2 Balanço Hídrico Climatológico .....	28
4.3 Cálculo do coeficiente de cultura (Kc).....	30
4.4 Suprimento da demanda hídrica.....	32
4.5 Simulações das épocas de plantio e as probabilidades de suprimento da demanda hídrica .....	39
4.5.1 Plantio de janeiro.....	39
4.5.2 Plantio de fevereiro .....	41
4.5.3 Plantio de março .....	42
4.5.4 Plantio de abril .....	43

4.5.5 Plantio de maio .....	44
4.5.6 Plantio de junho .....	45
4.5.7 Plantio de julho.....	47
4.5.8 Plantio de agosto.....	49
4.5.9 Plantio de setembro .....	51
4.5.10 Plantio de outubro .....	52
4.5.11 Plantio de novembro .....	53
4.5.12 Plantio de dezembro .....	55
<b>5. CONCLUSÕES .....</b>	<b>57</b>
<b>6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>58</b>
<b>7. APÊNDICES .....</b>	<b>62</b>

## 1. INTRODUÇÃO

O Brasil é o maior produtor mundial de cana-de-açúcar, possuindo os maiores níveis de produtividade, rendimento e menores custos de produção. A cultura é cultivada em todo território brasileiro, no entanto, sua produção está concentrada na região Centro Sul e Nordeste. Na safra 2004/2005, o Brasil foi responsável por 19,8% da produção mundial de açúcar, seguido pela União Européia que produziu 15,2% e a Índia 9,7% (AGRIANUAL, 2006). Essa produção demonstra a grande importância da cultura canavieira para a economia brasileira.

A economia alagoana tem sido muito dependente do setor agrícola, e principalmente da produção da cana-de-açúcar. Localizada predominantemente em terras úmidas, a cana-de-açúcar ocupa quase a metade da área geográfica do estado, estendendo-se por quase todo litoral, além da maior parte dos tabuleiros costeiros e da Zona da Mata. As expectativas futuras da cultura no Brasil são favoráveis à expansão da cultura por meio de ganhos de produtividade através de novas tecnologias, visando a maximização da produção e à minimização dos custos.

Além de influir diretamente sobre o comportamento fenológico da cana-de-açúcar, influenciando assim sua produtividade, o clima tende a direcionar épocas de plantio e colheita. As maiores perdas nas safras agrícolas da zona canavieira alagoana ocorrem devido à deficiência hídrica (TOLEDO FILHO, 1988).

A Hipótese desse trabalho é que, a análise da probabilidade de atendimento da demanda hídrica, para a cultura da cana-de-açúcar, nos diferentes ciclos da cultura, está ligada a tomada de decisão nos planejamentos que levam em consideração aspectos referentes à disponibilidade hídrica, como por exemplo,

determinação do período de plantio e colheita, otimização da irrigação, modelos de precisão de produtividade, qualidade do produto final, entre outros.

O Objetivo do presente trabalho consistiu em identificar a demanda hídrica para a cultura nas diferentes fases do seu desenvolvimento (através de equações empíricas), identificando as fases onde a cultura será mais fortemente afetada pela ausência de água; efetuar o balanço hídrico climatológico da região; e calcular a probabilidade de atendimento da demanda hídrica para os diferentes meses de plantio.



## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 A cultura da cana-de-açúcar

A cana-de-açúcar (*Saccharum spp*) pertence à família Poaceae, é originária do Sudeste Asiático, na grande região da Nova Guiné e Indonésia (DOOREMBOS e KASSAM, 1979). É considerada uma planta tropical cultivada em uma ampla faixa, desde 36,7°N a 31,0°S, e em altitudes que variam do nível do mar, até 1500 m de altitude (EVERINGHAM et al., 2002).

É Considerada uma das principais culturas agrícolas do país, servindo como matéria prima para produção de açúcar, álcool e alimentação animal, ao final do século XX, o Brasil tornou-se o maior produtor mundial de cana-de-açúcar (BASALDI et al., 1996, apud TERRAMOTO, 2003), seu sistema agroindustrial é um dos mais antigos, e está ligado aos principais eventos históricos. A cultura é cultivada em todo o território brasileiro, no entanto, a produção está concentrada no Centro-Sul e Nordeste. Cada vez mais a cultura está sendo praticada, dados do IBGE (2007) mostram que no ano de 1980 existia uma área de 2,61 milhões de hectares plantados nos Brasil, ao final do ano de 2006, essa área passou a ocupar uma área de 7,04 milhões de hectares. O setor sucroalcooleiro do Brasil é o mais competitivo do mundo, possuindo maiores níveis de produtividade, rendimento e menores custos de produção.

No estado de Alagoas, o desenvolvimento de um parque agrícola e industrial moderno, a partir da década de 70, na chamada Zona da Mata de Alagoas foi resultado da grande expansão na exploração dessa cultura, que atingiu índices crescentes de produtividade, devido ao incremento de novas tecnologias como desenvolvimento de novas variedades adaptadas ao meio ambiente; melhor preparo

do solo; e também com o advento da irrigação. Além desses fatores, os subsídios financeiros ofertados pelo governo federal nos anos 70 com o surgimento do PRÁLCOOL (Programa Nacional do Álcool), projeto de fabricação de veículos automotores, movidos a álcool derivados da cana-de-açúcar, em resposta a uma série crise no comércio mundial de petróleo, impulsionaram a indústria canavieira alagoana, que se tornou o segmento sócio econômico mais importante do estado, sem precedentes em toda sua história (SANTIAGO et al., 2006).

A maneira de exploração dessa cultura vem sendo exercida por dois tipos de produtores: os proprietários de terras (que produzem a cana e vendem para as usinas), e os próprios proprietários das usinas do estado.

Segundo o IBGE (2007), em 2006, na região Nordeste do Brasil, o total de área plantada foi de 1.134.645 hectares, com uma quantidade produzida de 63.182.425 toneladas, e um rendimento médio de 56.385 ton./ha. Já na região Sudeste, o total de área plantada foi de 3.944.351 hectares, com uma quantidade produzida de 312.388.468 toneladas, e um rendimento médio de 79.458 ton./ha.

Segundo pesquisadores, a cultura está em processo de expansão, e ainda possui cerca de 90 milhões de hectares de área agricultável. Atualmente, o Brasil tem em torno de 6 milhões de hectares plantados, sendo que o país tem capacidade para produzir álcool e açúcar com preços altamente competitivos, se comparados ao resto do mundo. Além disso, a redução da produção de açúcar e o aumento da produção de álcool produziu um equilíbrio capaz de dar competitividade (BARBIERI, 2005).

## 2.2 Ecofisiologia da cana-de-açúcar

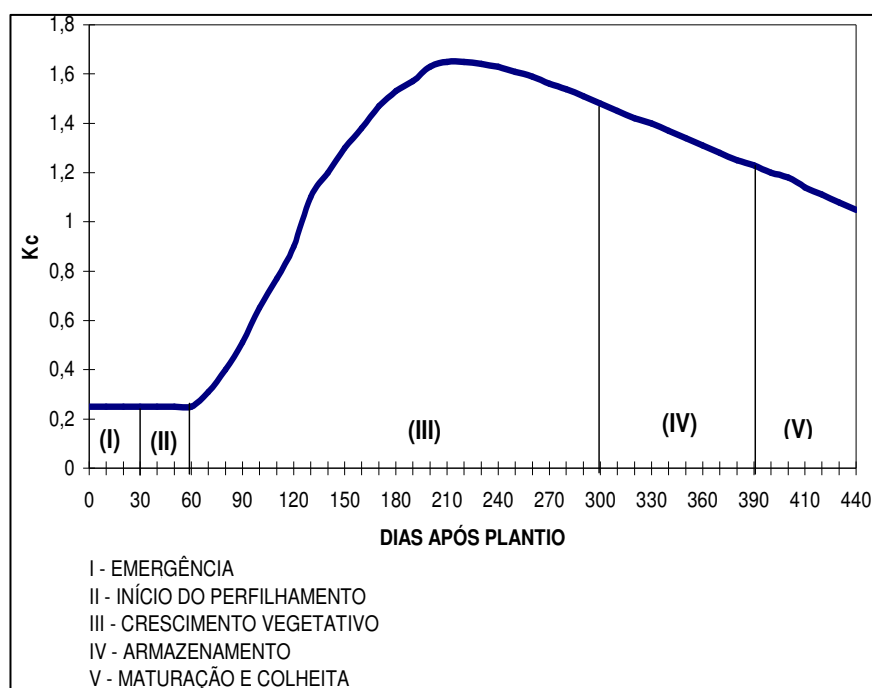
Em relação a sua ecofisiologia, segundo CÂMARA & OLIVEIRA (1993), nota-se que após o plantio, ocorrendo condições ambientais favoráveis, principalmente de temperatura e precipitação pluviométrica, inicia-se o entumescimento das gemas. Algumas células reiniciam sua atividade meristemática, desenvolvendo-se num pequeno broto que emerge pelo poro da gema em direção à superfície do solo. Simultaneamente, os meristemas dos primórdios radiculares, também em atividade, dão início ao desenvolvimento das raízes do tolete. Sendo o tolete o segmento de um colmo maduro, naturalmente contém feixes fibrovasculares (xilema e floema), que promovem a ligação fisiológica entre o broto e raízes em desenvolvimento inicial, com as reservas armazenadas nas células do tolete.

A emergência dos brotos de cana-de-açúcar ocorre por volta de 20 a 30 dias após o plantio. A partir deste estágio, as raízes do tolete já se apresentam maiores e com capacidade de absorver água e nutrientes do solo. O colmo, recém emergido, denominado colmo primário, contém uma sucessão de nós e entrenós muito próximos entre si, que continua crescendo verticalmente ao mesmo tempo em que se observa o desenvolvimento de novas raízes. Após determinado estágio de desenvolvimento, gemas localizadas na base do colmo primário se entumescem, originando novas brotações que se dirigem à superfície do solo. Aproximadamente 20 a 30 dias após a brotação inicial do colmo primário, observam-se novos brotos emergidos, que recebem o nome de colmos secundários, caracterizando, então, o início do perfilhamento. Observam-se novas brotações a partir das gemas localizadas na base dos primeiros perfilhos, que recebem o nome de colmos terciários, que também contribuirão para o incremento do sistema radicular. Entre 90 e 120 dias após o plantio, cerca de 100% do sistema radicular se encontra nos

primeiros 30 cm de solo (LUCCHESI, 1995). Por ocasião dos colmos terciários, a touceira não mais depende das reservas nutricionais armazenadas no tolete de plantio. A jovem touceira, em função das folhas existentes nos colmos primários e secundários, já é fotossinteticamente auto-suficiente, ocorrendo uma fase de perfilhamento intenso das touceiras, atingindo o máximo da produção de novos perfilhos, ao final do perfilhamento, os colmos mais desenvolvidos continuam o seu crescimento, em altura e espessura, acumulando cada vez mais sacarose em seus internós, à medida que vão amadurecendo até atingir seu tamanho final. O acúmulo de sacarose nos internós dos colmos é fortemente influenciado por condições ambientais ocorridas na fase do crescimento e desenvolvimento vegetativo. Esta fase ocorre aos 11 a 12 meses após o plantio, quando se observa a plena maturação dos colmos de cana-de-açúcar, momento em que se processa a colheita do canavial (CÂMARA & OLIVEIRA, 1993).

O ciclo da cana plantada, pela primeira vez, e que posteriormente sofrerá o primeiro corte, recebe o nome de cana-planta e tem duração média de 15 meses. O ciclo da cana-planta obedece às fases de desenvolvimento na zona canavieira de Alagoas, conforme a Figura 1.

Após o corte dos colmos industrializáveis da cana-de-açúcar, restam no campo as socas ou soqueiras, que permanecem ligadas ao sistema radicular bem desenvolvido, formado pela cana-planta. Em torno de 20 a 30 dias após o corte, observa-se profusa brotação das soqueiras, as quais posteriormente, apresentarão as seguintes fases do ciclo fenológico: brotação, perfilhamento, crescimento vegetativo, acúmulo inicial de sacarose (armazenamento), maturação e colheita. O ciclo da cana-soca dura, em média, 12 meses.



**Figura 1.** Curva do coeficiente de cultura ( $K_c$ ), durante o ciclo de desenvolvimento da cana-de-açúcar (cana-planta). Fonte: TOLEDO FILHO (1988).

CÂMARA & OLIVEIRA (1993), apresenta cinco diferentes estádios para a fenologia da cana-de-açúcar: 1º estágio: brotação e emergência dos brotos (colmos primários); 2º estágio: perfilhamento e estabelecimento da cultura (da emergência dos brotos ao final do perfilhamento); 3º estágio: período de grande crescimento (do final do perfilhamento ao início de acumulação da sacarose) e 4º estágio: armazenamento (intensa acumulação de sacarose nos colmos). 5º estágio: maturação e colheita.

Conforme o mesmo autor, a base de uma boa cultura, ou seja, estabelecimento inicial de plantas no campo, reside no primeiro estágio fenológico, isto é, na boa brotação e enraizamento dos toletes e subsequente emergência dos brotos primários. Por outro lado, é o segundo estágio fenológico (perfilhamento) que permitirá o estabelecimento da cultura em condições de campo, e fornecerá às touceiras o número de colmos adequados à produção, que determinará a futura produção de fitomassa. Por último, a qualidade da matéria-prima produzida e

riqueza em açúcar dos colmos industrializáveis, serão decorrentes das condições ambientais durante o terceiro e principalmente, quarto estágio fenológico.

O crescimento da planta, em relação à massa seca da parte aérea, pode ser dividido em três etapas: fase inicial, em que o crescimento é lento, vai até 200 dias após o plantio; fase de crescimento rápido, dos 200 dias após o plantio aos 400 dias, período que a planta acumula 75% da massa total, e fase final de crescimento lento, de 400 dias após o plantio, até os 500 dias de desenvolvimento da planta, nesse período o acúmulo corresponde a 11% da massa total, no ciclo de cana-planta (MACHADO et al., 1982). BARBIERI (1993) relata o desenvolvimento da cultura da cana-de-açúcar de acordo com a velocidade de crescimento, iniciando lentamente no período de brotação, aumentando a velocidade de crescimento até um ponto máximo, quando ocorre uma diminuição gradual, estabilizando o desenvolvimento da cultura, fase que corresponde ao período de maturação da planta.

O número de cortes, e a variedade da cana, são fatores que podem influenciar fortemente a produtividade, entretanto nota-se, que as diferentes variedades de solo nem sempre influenciam a produtividade (TERRAMOTO, 2003).

### **2.3 Aspectos agrometeorológicos para a cultura da cana-de-açúcar**

Grande parte da área plantada com cana-de-açúcar no Nordeste Brasileiro (NEB) localiza-se no ecossistema dos tabuleiros costeiros, que se caracterizam por apresentar distribuição de chuvas concentradas no Outono/Inverno, solos com horizontes coesos e com baixa capacidade de retenção de água (SANTOS, 2005).

Segundo LAMEIRAS (1985), o grande problema da região, quanto à precipitação pluviométrica, não é o total anual, que em média é elevado, mas sim, a irregularidade da distribuição da mesma durante o ano. Cerca de 50% do total anual

ocorre em três meses: maio, junho, e julho. As regiões mais secas (sul e centro sul da zona canavieira), com totais anuais baixos são altamente prejudicadas. Convém salientar também, a variação existente de um para outro, o que põe em risco a cultura da cana-de-açúcar sem irrigação, principalmente em regiões mais secas.

Existem pelo menos seis sistemas atmosféricos que interferem diretamente nas condições de tempo sobre o NEB, cuja ação conjunta ou não, produz precipitação pluviométrica significativa na região: A Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), as bandas de nebulosidade associadas a Sistemas Frontais, os Distúrbios de Leste, os Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis (VCAN), as Brisas Terrestre e Marítima, e um mecanismo de escala planetária conhecido como Oscilação 30 – 60 dias. Também se observa o impacto causado pelo fenômeno El Niño – Oscilação Sul (ENOS), um exemplo de perturbação climática de escala global, onde pode ser sentido mudança no total pluviométrico, que dependendo da intensidade pode resultar em secas severas (MOLION & BERNARDO, 2002; KOUSKY, 1979).

A análise da variabilidade interanual de chuvas, na região do Tabuleiro Costeiro de Maceió – AL, mostra uma variação de chuva entre 991,7 mm (ano 1993) e 2954,7 (ano de 1989). Somente dois anos, 1983 e 1993, foram de chuvas abaixo de 1300 mm, essas variações são associadas à ocorrência dos eventos de El Niño e La Niña.

A cana-de-açúcar por ser uma planta semi-perene, sofre a influência das variações climáticas durante todo o ano, os diferentes ciclos da cultura (cana planta ou soca), e estádios de desenvolvimento (ciclo fenológico), apresentam diferentes necessidades hídricas, é importante contar com uma quantidade ideal de água durante todo seu período vegetativo para obter rendimentos máximos.

Do plantio à colheita, inúmeros são os fatores que podem afetar os estádios fenológicos da cana-de-açúcar. TOLEDO FILHO (1988), resume em seu trabalho que o crescimento pode ser retardado por duas condições climáticas, o frio e a seca, enquanto que a maturação é prejudicada por um excesso de chuvas. De uma forma geral, todos os períodos de desenvolvimento vegetal serão mais ativos quando houver água à disposição da cultura. A maturação por outro lado, não se realiza se a cana não sofrer um pequeno período de seca. Resumindo, a quantidade de água exata para as necessidades da cana, varia consideravelmente, dependendo de cada estágio de desenvolvimento (FALCONNIER & BASSEREAU, 1975)..

A Luminosidade, também é muito importante para o desenvolvimento da cultura, pois está diretamente ligada ao processo de síntese fotossintética e cuja fonte de energia é a radiação solar. A redução na luminosidade determina menor armazenamento de açúcares, e acumulação de amido nas folhas, portanto, altera todo processo de síntese, prejudicando a eficiência da planta (HUMBERT, 1968; OMETTO, 1978; BARBIERI, 1993).

A cultura da cana-de-açúcar, não necessita de um tipo especial de solo, os melhores são aqueles com mais de 1,0 m de profundidade. O solo deve estar preferencialmente bem arejado, e possuir uma quantidade total de água disponível de 15% ou mais. A Temperatura média do ar ideal para seu desenvolvimento é entre 20°C e 30°C, e é determinada por alguns autores como fator de maior importância para a maturação fisiológica da cana. Dependendo do clima, as necessidades de água (Evapotranspiração Máxima - ETM) para cultura são de 1500 a 2500mm distribuídos de maneira uniforme durante a temporada de desenvolvimento. Os Coeficientes de Cultivo (Kc), que relacionam a Evapotranspiração Máxima (ETM), e



a Evapotranspiração Potencial (ETP), variam de 0,4 a 1,3 (DOREMBOS & KASSAM, 1979; HUMBERT, 1968; ALEXANDER, 1973).

As maiores perdas nas safras agrícolas da zona canavieira alagoana ocorrem devido à deficiência hídrica. Estudando as potencialidades de uma região em relação ao seu regime pluviométrico, podem-se enquadrar as fases críticas das culturas quanto as suas exigências hídricas aos períodos com maiores probabilidades dessas exigências serem atendidas naturalmente, através da precipitação pluviométrica, ou ainda, definirem os períodos onde as condições naturais não atendem as necessidades da cultura, tornando-se imprescindível o uso da irrigação (TOLEDO FILHO, 1988).

A análise da evapotranspiração é o processo mais indicado para se estimar as perdas por transpiração da planta e por evaporação do solo. Existem diversos métodos para estimar evapotranspiração, segundo PEREIRA et al. (1997), os métodos podem ser agrupados em cinco categorias: Empírico, Aerodinâmico, Balanço de Energia, Combinados e Correção entre os Turbilhões.

De acordo com SANTOS et al (1994), a escolha do método para a estimativa da evapotranspiração de uma cultura agrícola baseia-se na precisão da estimativa, na resolução temporal mínima, e na disponibilidade de dados meteorológicos para sua solução. TOLEDO FILHO (1988) utilizou o Método de Thornthwaite (1948) para estimar Evapotranspiração Potencial (ETP), no estado de Alagoas. Esse Método utiliza apenas a temperatura do ar como variável independente.

O método de Thornthwaite (1948) tem sido bastante criticado por utilizar apenas a temperatura do ar como variável independente. Essa crítica é injusta, pois inúmeros outros métodos também utilizam a temperatura do ar como condicionante da evapotranspiração. PEREIRA & CAMARGO (1989), apud PEREIRA et al. (1997),

concluíram que o método de Thornthwaite é apropriado para estimativa da ETP, se as condições da área de bordadura forem consideradas. No entanto, ele não é adequada para condições de oásis, resultando em subestimação, e essa última condição é a mais freqüente em condições experimentais. Resultados experimentais com lisímetros gramados mostram que a fórmula de Thornthwaite estima bem a ETP nas condições de Toronto, no Canadá, e do estado de São Paulo na escala mensal (PEREIRA et al., 1997).

MOTTA (1983) faz observações ao uso deste método, quanto a sua validade para períodos mensais ou menores, dizendo que para o períodos mensais fornece estimativas menores.

O conceito de evapotranspiração aplicado à cultura da cana-de-açúcar, segundo CHANG et al. (1967), apud SOUZA (1976), possibilita seu uso para avaliar as necessidades da água para uma determinada área de cana em crescimento, devido a uma excelente correlação existente entre a evaporação do tanque e o uso consuntivo da cana-de-açúcar. Isto pode ser obtido estabelecendo-se um Balanço Hídrico que contenha os seguintes parâmetros: quantidade de água armazenada no solo, tempo e quantidade de chuva, tempo e quantidade das irrigações, evaporação do tanque. Quando esses valores são conhecidos é possível se estimar: 1- precipitação efetiva; 2- evapotranspiração atual (total de água efetiva usada pela cultura); 3- possível excesso de água e; 4- déficits de água.

Conforme citação de SCARDUA (1985), o desenvolvimento ideal de um vegetal se verifica em condições de perfeita concordância entre a umidade do solo e reações da planta quanto as suas solicitações. O coeficiente da cultura ( $K_c$ ), nada mais é que um fator de ajuste entre as condições climáticas locais e as condições de máxima necessidade em água da cultura. Teoricamente, o  $K_c$  pode ser decomposto

em dois componentes: um, devido a planta, também chamado de basal; outro devido ao solo ( WRIGHT, 1982; BURMAN et al., 1983).

Segundo VILLA NOVA et al. (1986), diferentes culturas expostas às mesmas condições climáticas e sem restrição de água, deverão sofrer diferentes perdas de água em função das diferentes áreas foliares, estádios fisiológicos, sistema radicular, etc. Desta maneira, observa-se que o  $K_c$  é dependente do tipo de cultura, estágio de desenvolvimento, condições ambientais e, do método escolhido para estimar a evapotranspiração potencial, pois:

$$K_c = \frac{ETM}{ETP} \quad (1)$$

Partindo-se do princípio de que os cálculos para estimativa da evapotranspiração potencial foram desenvolvidos segundo o método de Thornthwaite (1948), nada mais justo do que se calcularem os valores dos coeficientes de cultura também segundo Thornthwaite (1948). BARBIERI (1988), apud TOLEDO FILHO (1988), desenvolveu equações de regressão polinomial utilizando os valores dos coeficientes da cultura obtidos a partir do método de Thornthwaite(1948). Ele obteve três equações de  $K_c$ , onde eram utilizados as suas médias. Dessa forma, foram obtidos os valores médios do  $K_c$  em relação aos diferentes dias do ciclo da cultura. Esse coeficiente, multiplicado pela evapotranspiração potencial, fornecerá a estimativa da evapotranspiração máxima (ETM) por decêndio, ou seja, a demanda hídrica da cultura em cada decêndio, na região considerada.

## 2.4 Probabilidade de atendimento da demanda hídrica (ETM)

Combinando dados de evapotranspiração máxima, com os valores de precipitação pluviométrica, podem-se estimar as probabilidades de atendimento da demanda hídrica nos diferentes estádios fenológicos da cultura em uma região.

TOLEDO FILHO (1988), utilizou a função de distribuição gama incompleta com dois parâmetros ( $\gamma$  e  $\beta$ ) no estudo de probabilidade de chuvas decendiais ( $P > ETM$ ), por ser a que melhor se ajusta para representar dados de precipitação pluviométrica.

SILVA et al. (2007), estudando sobre a distribuição de chuvas para Santa Maria (RS), analisou as seguintes funções de distribuição de probabilidades: Gama, Weibull, Normal, Log-normal e exponencial, e em seus resultados mostrou que as funções que melhor descreveram as distribuições das probabilidades foram a distribuição Gama, e a Weibull.

Segundo MORAIS et al. (2001), dados de precipitação pluviométrica, agrupados em vários períodos ajustam-se a distribuição gama incompleta, e podem ser usados no planejamento de sistemas de irrigação na região de Lavras (MG).

ARAÚJO et al. (2001), estudando sobre a precipitação pluviométrica mensal provável em Boa Vista (RO), afirma que a distribuição gama de probabilidade é a mais utilizada para ajustar totais de chuva de períodos mensais ou menores.

TOLEDO FILHO et al. (2000), afirma em seu artigo técnico que o regime pluviométrico sazonal para as localidades do Sertão Alagoano foi representado satisfatoriamente pela distribuição de probabilidade Gama, a qual permitiu a estimativa de probabilidades de precipitação pluviométrica que podem ser utilizadas no planejamento dimensional dos sistemas de irrigação, aproveitando racionalmente os recursos hídricos da região.

## **2.5 Planejamento agrícola, período de plantio e colheita da cultura da cana-de-açúcar**

Além de influir diretamente no comportamento fenológico, o clima tende a direcionar épocas de plantio e colheita, que visam proporcionar as melhores condições para o desenvolvimento da lavoura, de modo a reduzir os riscos de perdas por excesso ou déficit hídrico, dando maior segurança aos planos de desenvolvimento agrícola e aos agentes financeiros envolvidos no fomento (ARAÚJO, 2000; IAA, 1974).

O período de plantio e colheita da cana-de-açúcar varia nas diferentes regiões do Brasil, devido a grande variabilidade climática, possibilitando assim dois períodos anuais de colheita: de setembro a abril no Norte e Nordeste, e de junho a dezembro no Centro-Sul (BARBIERI, 1981).

GEMENTE et al. (1986), definem o clima como determinante principal das restrições impostas pelo ambiente físico, constituído pela interação dos componentes do clima, solo e planta, que influenciam respectivamente, a época de colheita, o número programado de cortes, e a eleição das variedades.

De acordo com PINAZZA (1985), a elevação dos índices de produtividade agrícola é beneficiada ou prejudicada pela ação de quadro fatores básicos: físicos, estruturais, institucionais e de desenvolvimento. Os fatores físicos representam as condições edafoclimáticas de uma determinada região, e a aptidão para a exploração deste, ou daquele produto agrícola, enquanto os institucionais envolvem a ação governamental através das políticas agrícolas implantadas (créditos, preço, comercialização, incentivos, etc.). Já o fator de desenvolvimento manifesta-se através do sistema de pesquisa, face à capacidade dos conhecimentos gerados possibilitarem incrementos na produtividade. O fator estrutural é um sistema

gerencial adotado, e influi decisivamente no desempenho operacional, e estratégico de uma empresa.

## **2.6 Irrigação na cultura da cana-de-açúcar**

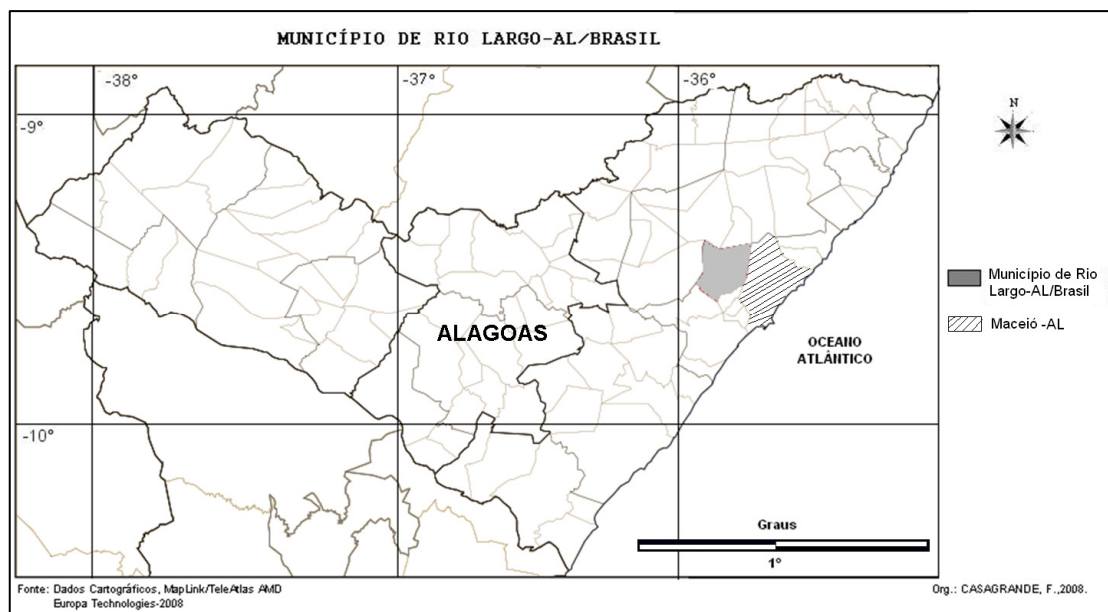
A tradição do cultivo exclusivo de cana-de-açúcar de sequeiro é alicerçada no paradigma de que não tem recursos hídricos suficientes para irrigação no Estado de Alagoas, e que para os pequenos produtores de cana-de-açúcar é economicamente inviável a irrigação devido ao alto custo da implantação, e manutenção de um projeto. Esse paradigma, foi formado ao longo dos anos, através de ensinamentos transmitidos de pais para filhos, que via de regra, analisavam os custos de irrigação, em comparação única com o benefício direto do aumento de produtividade proporcionado pela irrigação. Nessas condições, a viabilidade econômica da tecnologia da irrigação de cana-de-açúcar nunca se mostrou evidente para os produtores açucareiros.

A irrigação é uma técnica altamente benéfica para a agricultura, pois proporciona condições adequadas de umidade no solo durante todo ciclo da cultura, garantindo melhor desenvolvimento, o que se traduz em maior produção, e com um produto de melhor qualidade. A irrigação suplementar da cana-de-açúcar no Estado de Alagoas propicia excelentes resultados, desde que conduzida dentro da técnica e com sistema adequado. Algumas pesquisas foram conduzidas no Brasil visando detectar os benefícios da cana-de-açúcar irrigada, apresentando como resultado altos índices de produção. Todavia, há grande variação nos resultados, o que indica a importância das condições locais de clima, solo, manejo da cultura e da própria irrigação ( SANTOS, 2005).

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Área experimental

O estudo foi desenvolvido utilizando dados meteorológicos obtidos na Estação Meteorológica da Área Experimental do Campus Delza Gitaí, pertencente ao Centro de Ciências Agrárias - CECA, da Universidade Federal de Alagoas - UFAL, no município de Rio Largo –AL. As coordenadas geográficas de referência são: Latitude Sul 9°29'45" e Longitude Oeste 35°49'54". A altitude do local do experimento é 165m com 3%de declividade (Figura 2).



**Figura 2.** Mapa de Localização do município de Rio Largo – AL.

#### 3.2 Considerações sobre a cultura da cana-de-açúcar

Foram simulados plantios da cana-de-açúcar para todos os meses do ano, considerando um período de 27 meses, que são divididos entre 15 meses desde o plantio até o primeiro corte, chamada essa de cana planta. Após essa etapa, ocorre

a rebrota da cana, denominada cana soca, tem ciclo de 12 meses até seu corte. Na zona canavieira adota-se geralmente um regime de 3 a 5 cortes.

O ciclo da cana planta de 15 meses, foi dividido em decêndios (Tabela 1), ficando com aproximadamente 42 decêndios, mais 3 decêndios do mês de plantio, ao todo são 45 decêndios, desde o plantio até seu primeiro corte. Já a cana soca, que tem ciclo de 12 meses, foi dividida em 36 decêndios, totalizando 81 decêndios entre o plantio da cana planta, e o corte da cana soca.

**Tabela 1.** Decêndios e suas fases de desenvolvimento correspondente para cana planta, e para cana soca.

Decêndios	Fases de Desenvolvimento
<b>CANA PLANTA</b>	
1 – 3	Plantio
3 – 6	Emergência
6 – 30	Crescimento Vegetativo
30 – 39	Armazenamento
39 – 45	Maturação e Colheita
<b>CANA SOCA</b>	
45 – 48	Emergência
48 – 72	Crescimento Vegetativo
72 – 81	Maturação e Colheita

### 3.3. Dados Meteorológicos

Foram utilizados dados diários de precipitação pluviométrica e temperatura do ar do período de 1973 a 2001. Os valores de precipitação pluviométrica diária foram



manipulados de maneira a serem utilizados em níveis decendiais, assim como os valores de temperatura do ar.

### 3.4 Cálculo da Evapotranspiração Potencial (ETP)

Foi feito um algoritmo em FORTRAN 90 para o cálculo da ETP, e do Balanço Hídrico climatológico, baseado no método de Thornthwaite (1948), para cada decêndio dos ciclos considerados, ficando assim entre o plantio da cana planta e o corte da cana soca um total de 81 decêndios, ou seja, 81 valores de ETP. De acordo com PEREIRA et al. (2002), esse método empírico, foi um dos primeiros métodos desenvolvidos para estimar ETP. Inicialmente calcula-se a evapotranspiração potencial padrão ( $ET_p$ , mm/mês) pela fórmula empírica:

$$ET_p = 16 * \left( \frac{10 * T_n}{I} \right)^a \quad (2)$$

Considerando  $0 < T_n < 26,5^\circ\text{C}$ , e sendo  $T_n$  a temperatura média do mês, em  $^\circ\text{C}$ ; e  $I$  um índice que expressa o nível de calor disponível na região. O Subscrito  $n$  representa o mês, ou seja,  $n=1$  é janeiro;  $n=2$  é fevereiro; etc. No caso de  $T_n > 26,5^\circ\text{C}$ , a ETP será dada por:

$$ET_p = -415,85 + 32,24 * T_n - 0,43 * T_n^2 \quad (3)$$

O valor de I depende do ritmo anual da temperatura do ar (preferencialmente com valores normais), integrando o efeito térmico de cada mês, sendo calculado pela fórmula:

$$I = \sum_{n=1}^{12} (0,2 * T_n)^{1,514} \quad (4)$$

O expoente a, da equação (2), sendo função de I, também é um índice térmico regional, e é calculado pela função polinomial:

$$a = 6,75 * 10^{-7} I^3 - 7,71 * 10^{-5} I^2 + 1,7912 * 10^{-2} I + 0,49239 \quad (5)$$

Esses coeficientes, I e a, calculados com as normais climatológicas, são característicos da região e tornam-se constantes, sendo independentes do ano de estimativa de  $ET_p$ .

O valor de  $ET_p$  calculado, representa o total mensal de evapotranspiração que ocorreria naquelas condições térmicas, mas para um mês padrão de 30 dias, em que cada dia teria 12 horas de fotoperíodo. Portanto, para se obter a ETP do mês correspondente, esse valor de  $ET_p$  deve ser corrigido em função do número real de dias e do fotoperíodo do mês, ou seja:

$$ETP = ET_p * Cor \quad (6)$$

$$Cor = \left( \frac{ND}{30} \right) * \left( \frac{N}{12} \right) \quad (7)$$

Sendo ND, o número de dias no mês em questão, N é o fotoperíodo médio daquele mês. O valor médio mensal do Cor, é dado pela Tabela 2.

**Tabela 2.** Fator de correção (Cor) da evapotranspiração em função em função do fotoperíodo e do número de dias no mês. Fonte: THORNTHWAITE (1948).

Lat S	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
0	1,04	0,94	1,04	1,01	1,04	1,01	1,04	1,04	1,01	1,04	1,01	1,04
5	1,06	0,95	1,04	1,00	1,02	0,99	1,02	1,03	1,00	1,05	1,03	1,06
10	1,08	0,97	1,05	0,99	1,01	0,96	1,00	1,01	1,00	1,06	1,05	1,10
15	1,12	0,98	1,05	0,98	0,98	0,94	0,97	1,00	1,00	1,07	1,07	1,12
20	1,14	1,00	1,05	0,97	0,96	0,91	0,95	0,99	1,00	1,08	1,09	1,15
22	1,14	1,00	1,05	0,97	0,95	0,90	0,94	0,99	1,00	1,09	1,10	1,16
23	1,15	1,00	1,05	0,97	0,95	0,89	0,94	0,98	1,00	1,09	1,10	1,17
24	1,16	1,01	1,05	0,96	0,94	0,89	0,93	0,98	1,00	1,10	1,11	1,17
25	1,17	1,01	1,05	0,96	0,94	0,88	0,93	0,98	1,00	1,10	1,11	1,18
26	1,17	1,01	1,05	0,96	0,94	0,87	0,92	0,98	1,00	1,10	1,11	1,18
27	1,18	1,02	1,05	0,96	0,93	0,87	0,92	0,97	1,00	1,11	1,12	1,19
28	1,19	1,02	1,06	0,95	0,93	0,86	0,91	0,97	1,00	1,11	1,13	1,20
29	1,19	1,03	1,06	0,95	0,92	0,86	0,90	0,96	1,00	1,12	1,13	1,20
30	1,20	1,03	1,06	0,95	0,92	0,85	0,90	0,96	1,00	1,12	1,14	1,21
31	1,20	1,03	1,06	0,95	0,91	0,84	0,89	0,96	1,00	1,12	1,14	1,22
32	1,21	1,03	1,06	0,95	0,91	0,84	0,89	0,95	1,00	1,12	1,15	1,23

### 3.5 Balanço Hídrico Climatológico

O cálculo do Balanço Hídrico foi feito através de um algoritmo em FORTRAN 90, conforme a metodologia proposta por THORNTHWAITE e MATHER (1955), representado por uma tabela, onde são colocados os dados de entrada (precipitação pluviométrica e ETP), e através de equações e deduções se obtém valores da evapotranspiração real (ETR), armazenamento (ARM), negativo acumulado (NEG ACUM), períodos de déficit (DEF) e excesso de água (EXC). O balanço hídrico

climatológico calculado com valores normais, como foi o caso deste estudo, torna se um indicador climatológico da disponibilidade hídrica da região. A capacidade máxima de armazenamento de água no solo (CAD) da região é de 100 mm.

### 3.6 Obtenção do coeficiente de cultura (Kc)

O coeficiente de cultura, para a cana-de-açúcar, foi obtido através de três equações de regressão fornecidas por BARBIERI (1981), apud TOLEDO FILHO (1988), onde foi possível traçar uma curva, com  $x = 10$  dias e obter os valores médios de Kc para cada decêndio, levando em consideração o ciclo e as fases de desenvolvimento da cultura na região.

As equações propostas são:

$$Kc_1 = 0,1474 - 3,10 * 10^{-3} * x + 4,30 * 10^{-5} * x^2 + 5,05 * 10^{-7} * x^3 - 3,88 * 10^{-9} * x^4 + 8,57 * 10^{-12} * x^5 - 6,16 * 10^{-15} * x^6 \quad (8)$$

$$Kc_2 = 0,6147 + 1,68 * 10^{-2} * x - 4,20 * 10^{-5} * x^2 + 3,06 * 10^{-8} * x^3 \quad (9)$$

$$Kc_3 = 0,2853 + 1,07 * 10^{-2} * x - 1,58 * 10^{-5} * x^2 \quad (10)$$

$$Kc_{\text{médio}} = \frac{(Kc_1 + Kc_2 + Kc_3)}{3} \quad (11)$$

### 3.7 Cálculo da Demanda Hídrica (ETM)

A demanda hídrica foi estimada para os 81 decêndios, considerando os plantios de janeiro a dezembro. Essa variável foi calculada através do produto da ETP, e pelo Kc de cada decêndio.

$$ETM = Kc * ETP \quad (12)$$

Onde:

ETM é a evapotranspiração máxima ou Demanda Hídrica (mm),

Kc é o coeficiente da cultura

ETP é a evapotranspiração potencial (mm).

### 3.8 Teste Estatístico

Os dados de precipitação pluviométrica foram usados para verificar o seu ajustamento com a distribuição gama, mediante a utilização do teste de aderência *chi quadrado*.

### 3.9. Cálculo da Probabilidade de atendimento da demanda hídrica

Combinando os dados de precipitação pluviométrica, e da ETM, foi possível estimar, a probabilidade de atendimento da demanda hídrica nas diferentes fases de desenvolvimento da cultura. Para o estudo ( $P \geq ETM$ ), utilizou-se a função de distribuição gama incompleta com dois parâmetros ( $\alpha$  e  $\beta$ ), por ser a que melhor se

ajusta para representar dados de precipitação pluviométrica (TOLEDO FILHO, 1988).

A distribuição gama incompleta tem como função de distribuição acumulada:

$$F(X) = \frac{1}{\Gamma(\alpha)\beta^\alpha} \int_0^x X^{\alpha-1} e^{-X/\beta} d(x) \quad (13)$$

Onde:

$x$ =variável aleatória contínua que representa a grandeza do evento;

$F(x)$ = probabilidade de ocorrência de um valor  $X=x$

$\Gamma(\alpha)$ = função gama incompleta;

$\beta$  = parâmetro de escala;

$\alpha$  = parâmetro de forma;

$e$  = base do logaritmo neperiano;

$x$ = limite inferior da classe

$0$  = origem.

A estimativa dos parâmetros  $\beta$  e  $\alpha$ , foram obtidas através do método da máxima verossimilhança

$$\alpha = \frac{1}{4A} \left[ 1 + \sqrt{1 + \frac{4A}{3}} \right] \quad (14)$$

$$\beta = \frac{\bar{X}}{\alpha} \quad (15)$$

Onde:

$\bar{X}$  = media mensal de precipitação pluviométrica (mm);

$X_i$  = valor da precipitação pluviométrica do período considerado (mm);

$N$  = número de dados

$$A = \ln \bar{X} - X_g \quad (16)$$

$$\bar{X} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N X_i \quad (17)$$

$$X_g = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \ln(X_i) \quad (18)$$

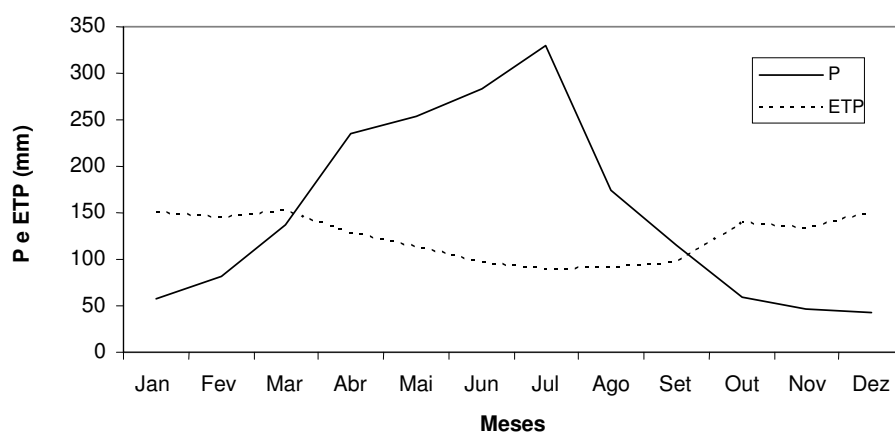
Os valores de  $\alpha$  e  $\beta$  foram obtidos para cada decêndio.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Evapotranspiração Potencial (ETP)

Observou-se haver dois períodos distintos em relação à disponibilidade de água na região em estudo, conforme mostra a Figura 3. Durante os anos estudados, o período compreendido entre setembro a março, as precipitações foram baixas e menores do que a evapotranspiração potencial. Em dezembro, por exemplo, esperase, em anos normais, precipitação pluviométrica em torno de 50 mm contra uma evapotranspiração de 150 mm, indicando, neste mês, uma deficiência hídrica com (P-ETP) negativo.

No período correspondente a abril a agosto, as precipitações médias foram altas e ultrapassaram a evapotranspiração potencial, indicando período com excedente hídrico, com (P-ETP) positivo.



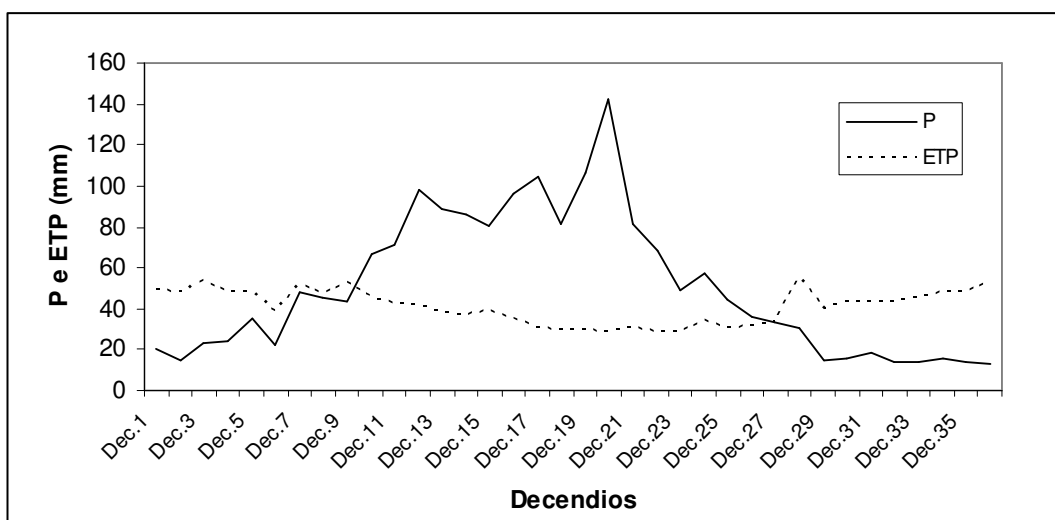
**Figura 3.** Curvas de Precipitação Pluviométrica, e Evapotranspiração Potencial média mensal, no município de Rio Largo – AL, para o período de 1973 a 2001.

Na Figura 4, pode-se observar os valores de precipitação pluviométrica e de evapotranspiração potencial, no nível decendial. Os períodos que apresentam maiores valores de precipitação pluviométrica ocorreram entre o 10º decêndio até o



28<sup>o</sup>, apresentando picos que podem chegar até 143 mm. Após o 28<sup>o</sup> decêndio, houve uma queda nos valores de precipitação pluviométrica, apresentando valores baixos de até 13 mm como é o caso do 36<sup>o</sup> decêndio. Esses valores concordam com os propostos por SOUZA (2003), que analisando precipitação pluviométrica para região dos Tabuleiros Costeiros de Maceió - AL, observou que a partir do 10<sup>o</sup> decêndio, a média da precipitação pluviométrica começa a aumentar, diminuindo após o 20<sup>o</sup> decêndio, também verificou que, o período chuvoso inicia na primeira quinzena de abril, e se estende até a segunda quinzena de agosto, correspondendo a 70% das chuvas anuais.

A ETP, calculada pelo método de Thornthwaite (1948), conforme a Figura 4, apresentou valores altos nos intervalos entre o 1<sup>o</sup> decêndio até o 9<sup>o</sup> decêndio, seguido de uma queda não muito acentuada entre 10<sup>o</sup> decêndio e o 28<sup>o</sup> decêndio. Após esse período percebeu-se um aumento nos valores de ETP que podem chegar a ordem de 54 mm (36<sup>o</sup> decêndio). A variação da ETP ficou entre 28 mm (decêndio 22), e 55 mm (decêndio 28).



**Figura 4.** Curvas de Precipitação Pluvial, e Evapotranspiração Potencial média decendial, no município de Rio Largo – AL, para o período de 1973 a 2001.

## 4.2 Balanço Hídrico Climatológico

A Tabela 3 mostra o resultado do balanço hídrico climatológico decendial, conforme observado, o total pluviométrico anual (1815,4mm) supera o total da evapotranspiração potencial (1469,9mm), indicando que a região, climatologicamente e em anos normais, não sofre problemas de deficiência hídrica. Esse resultado está de acordo com os obtidos por LAMEIRAS (1985), que afirma que o grande problema da região, quanto à precipitação pluviométrica, não é o total anual, que em média é elevado, mas sim, a irregularidade da distribuição da mesma durante o ano.

A partir do 1° decêndio, até o 9°, a região apresenta deficiência hídrica, devido aos baixos valores de precipitação nesse período de verão. Com a chegada do período chuvoso, a partir de Abril (10° e 11° decêndio), a região passou por um período de restabelecimento, quando o solo chegou ao armazenamento máximo de água.

Do 12° decêndio (abril) até o decêndio 26 (meados de setembro), os valores de (P-ETP) são positivos, indicando um período onde não existe déficit hídrico, ou seja, um período úmido na região, com o armazenamento do solo próximo ao seu valor máximo (CAD = 100 mm).

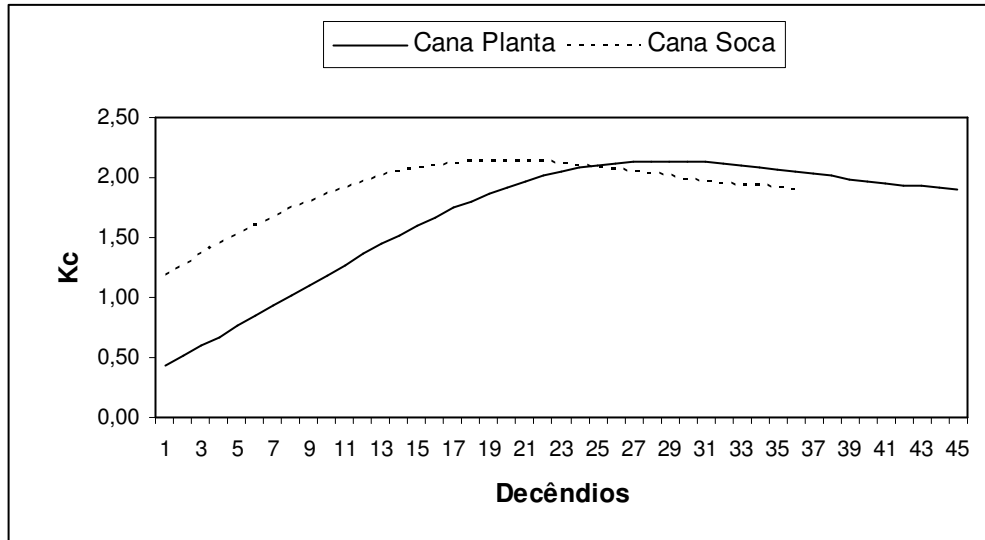
Do primeiro decêndio de outubro até o último decêndio de dezembro, os valores de (P-ETP) são negativos, indicando déficit hídrico. Esse período foi caracterizado como período seco na região.

**Tabela 3.** Balanço hídrico climatológico decendial para Rio Largo – AL, calculado pelo método de THORNTHWAITE e MATHER (1955).

	<b>Mês</b>	<b>ETP</b>	<b>P</b>	<b>P-ETP</b>	<b>NEG.AC.</b>	<b>ARM</b>	<b>ALT</b>	<b>ER</b>	<b>DEF</b>	<b>EXC</b>
<b>Dec.1</b>	Jan	48,6	20,5	-28,1	-300,5	4,95	-1,61	22,06	26,5	0
<b>Dec.2</b>		48,5	14,4	-34,1	-334,7	3,52	-1,43	15,81	32,7	0
<b>Dec.3</b>		53,5	22,7	-30,8	-365,5	2,59	-0,93	23,60	29,9	0
<b>Dec.4</b>	Fev	47,9	24,4	-23,6	-389,0	2,04	-0,54	24,89	23,0	0
<b>Dec.5</b>		47,7	35,1	-12,6	-401,6	1,80	-0,24	35,38	12,3	0
<b>Dec.6</b>		38,4	22,7	-15,7	-417,3	1,54	-0,26	22,92	15,5	0
<b>Dec.7</b>	Mar	51,7	47,7	-4,0	-421,4	1,48	-0,06	47,78	4,0	0
<b>Dec.8</b>		47,5	45,0	-2,5	-423,9	1,44	-0,04	45,04	2,5	0
<b>Dec.9</b>		52,4	43,7	-8,7	-432,6	1,32	-0,12	43,80	8,6	0
<b>Dec.10</b>	Abr	44,9	66,3	<b>21,4</b>	-148	23	21,40	44,9	0	0,00
<b>Dec.11</b>		42,4	70,9	<b>28,5</b>	-67	51	28,52	42,4	0	0,00
<b>Dec.12</b>		41,2	97,9	<b>56,7</b>	0	100	48,76	41,2	0	7,89
<b>Dec.13</b>	Mai	38,1	88,4	<b>50,4</b>	0	100	0,00	38,1	0	50,36
<b>Dec.14</b>		37,0	85,6	<b>48,6</b>	0	100	0,00	37,0	0	48,58
<b>Dec.15</b>		38,5	80,0	<b>41,5</b>	0	100	0,00	38,5	0	41,52
<b>Dec.16</b>	Jun	35,5	96,5	<b>60,9</b>	0	100	0,00	35,5	0	60,94
<b>Dec.17</b>		30,9	104,4	<b>73,5</b>	0	100	0,00	30,9	0	73,53
<b>Dec.18</b>		29,8	81,7	<b>51,9</b>	0	100	0,00	29,8	0	51,90
<b>Dec.19</b>	Jul	29,6	106,0	<b>76,4</b>	0	100	0,00	29,6	0	76,37
<b>Dec.20</b>		28,3	142,6	<b>114,3</b>	0	100	0,00	28,3	0	114,35
<b>Dec.21</b>		30,2	81,6	<b>51,4</b>	0	100	0,00	30,2	0	51,41
<b>Dec.22</b>	Ago	28,2	68,7	<b>40,5</b>	0	100	0,00	28,2	0	40,49
<b>Dec.23</b>		28,3	48,7	<b>20,4</b>	0	100	0,00	28,3	0	20,37
<b>Dec.24</b>		33,9	57,0	<b>23,1</b>	0	100	0,00	33,9	0	23,08
<b>Dec.25</b>	Set	30,5	44,6	<b>14,0</b>	0	100	0,00	30,5	0	14,00
<b>Dec.26</b>		31,8	36,5	<b>4,7</b>	0	100	0,00	31,8	0	4,67
<b>Dec.27</b>		33,4	33,4	<b>0,0</b>	0	100	0,02	33,4	0	0,00
<b>Dec.28</b>	Out	55,1	30,1	-25,0	-25	78	-22,14	52,2	2,8	0,0
<b>Dec.29</b>		39,8	14,6	-25,2	-50,2	61	-17,37	32,0	7,9	0,0
<b>Dec.30</b>		43,6	15,4	-28,2	-78,4	46	-14,87	30,2	13,3	0,0
<b>Dec.31</b>	Nov	43,6	18,3	-25,3	-103,8	35	-10,21	28,5	15,1	0,0
<b>Dec.32</b>		43,7	13,9	-29,8	-133,5	26	-9,12	23,0	20,6	0,0
<b>Dec.33</b>		45,6	13,7	-31,9	-165,4	19	-7,18	20,9	24,7	0,0
<b>Dec.34</b>	Dez	47,8	16,1	-31,7	-197,1	14	-5,20	21,3	26,5	0,0
<b>Dec.35</b>		48,1	13,5	-34,6	-231,8	10	-4,08	17,5	30,6	0,0
<b>Dec.36</b>		53,8	13,1	-40,7	-272,4	7	-3,29	16,4	37,4	0,0
<b>Σ</b>		<b>1469,8</b>	<b>1815,4</b>	<b>345,6</b>	<b>-4959,2</b>	<b>1989,9</b>	<b>0,0</b>	<b>1135,9</b>	<b>333,9</b>	<b>679,5</b>

### 4.3 Cálculo do coeficiente de cultura (Kc)

A Figura 5 mostra o comportamento da curva do coeficiente da cultura (Kc), para a cana planta e soca. A curva obtida está de acordo com o padrão fisiológico. Para a cana planta, seus valores variaram entre 0,43, na fase inicial do plantio, chegando a um valor máximo de 2,14 no 39º decêndio (fase armazenamento), onde a partir daí, os valores decresceram até 1,91, este período é referente ao período de colheita (Tabela 4). Já a cana soca apresentou um valor inicial de 1,19, apresentando também um pico de 2,14, no 30º decêndio. Os resultados encontrados foram coerentes com a FAO (1977 a 1979), apud MATIOLI (1998), para os primeiros estádios de desenvolvimento, onde se verificou um valor inicial do Kc de 0,4. A diferença dos valores obtidos para os outros estádios deve-se provavelmente a diferença entre os dados utilizados. O comportamento da curva do Kc está de acordo com Pereira et al., (1997), que afirma que inicialmente o Kc é baixo pois a cultura cobre uma pequena porcentagem do terreno, com o crescimento das plantas, essa porcentagem aumenta, e Kc também aumenta, até atingir o valor máximo quando as plantas cobrem totalmente o solo. No período de senescência das folhas, Kc volta a decrescer.



**Figura 5.** Curva do Coeficiente de Cultura (Kc) para a cana planta (45 decêndios) e soca (36 decêndios).

**Tabela 4.** Valores de Kc calculados pela metodologia proposta por BARBIERI (1988).

Decêndio	Kc (cana planta)	Kc (cana soca)	Decêndio	Kc (cana planta)	Kc (cana soca)
1	0,4	1,2	24	2,1	2,1
2	0,5	1,3	25	2,1	2,1
3	0,6	1,4	26	2,1	2,1
4	0,7	1,4	27	2,1	2,0
5	0,8	1,5	28	2,1	2,0
6	0,8	1,6	29	2,1	2,0
7	0,9	1,7	30	2,1	2,0
8	1,0	1,7	31	2,1	2,0
9	1,1	1,8	32	2,1	2,0
10	1,2	1,9	33	2,1	1,9
11	1,3	1,9	34	2,1	1,9
12	1,4	2,0	35	2,1	1,9
13	1,4	2,0	36	2,0	1,9
14	1,5	2,0	37	2,0	
15	1,6	2,1	38	2,0	
16	1,7	2,1	39	2,0	
17	1,7	2,1	40	2,0	
18	1,8	2,1	41	2,0	
19	1,9	2,1	42	1,9	
20	1,9	2,1	43	1,9	
21	2,0	2,1	44	1,9	
22	2,0	2,1	45	1,9	
23	2,0	2,1			

#### 4.4 Suprimento da demanda hídrica

A Tabela 5, mostra para as diferentes fases de desenvolvimento os valores das demandas hídricas (ETM), das Precipitações pluviométricas (P), e da sua respectiva diferença (P-ETM) para as médias decendiais, considerando inicialmente o plantio da cana planta e sua respectiva cana soca, para os meses de janeiro a abril.

Numa primeira análise, notou-se haver fases da cultura onde a precipitação pluviométrica esperada foi menor do que o valor da demanda hídrica, nesse caso observou-se valores negativos, indicando deficiência hídrica na cultura nesse período.

Para o plantio de janeiro da cana planta, conforme a Tabela 5, o déficit hídrico no período de emergência foi de - 19,8mm, e para o início do perfilhamento de - 18,8mm. Já o período de crescimento vegetativo foi beneficiado com as chuvas de maio, junho e julho. Nesse período, a diferença (P-ETM) foi de +77,3 mm, o que indica água além do necessário para a cultura nesse período. Pode-se observar na Tabela 5 que os valores de (P-ETM) no período de armazenamento, maturação e colheita são -746,5mm e -334,6mm, respectivamente, sendo necessário o uso de irrigação e acompanhamento constante de seu desenvolvimento aliado a um bom manejo. Para a respectiva cana soca, do plantio da cana planta de janeiro, na fase do crescimento vegetativo, observou-se um déficit hídrico na ordem de - 804,4 mm, e para o período de armazenamento de - 334,6mm, confirmando assim a necessidade de irrigação nesse período. SANTOS (2005), em seu trabalho sobre um modelo de análise de decisão para irrigação suplementar da cana-de-açúcar em Alagoas, verificou que existe um grande potencial de viabilidade da tecnologia de irrigação do

início do ano (janeiro), considerando os benefícios diretos e indiretos de aumento de produtividade agrícola, maior longevidade das soqueiras, redução de preparo do solo, tratos culturais e transporte da cana-de-açúcar.

Para o plantio da cana planta de fevereiro, conforme a Tabela 5, o valor de (P-ETM) para a fase armazenamento foi de -714,7mm. Durante o ciclo da cana soca, observou-se deficiência hídrica na fase do crescimento vegetativo e armazenamento, na ordem de -1089,2 mm, -225 mm, respectivamente.

Para o plantio da cana planta de março (Tabela 5), o déficit hídrico no período de crescimento vegetativo foi de - 292,5 mm, seguido de - 624,1mm para o período do armazenamento. O déficit hídrico dessa cana em todo ciclo caso não haja irrigação é de -669,9 mm. O ciclo da cana soca com plantio em março, também apresentou déficit hídrico no período do crescimento vegetativo (1411,8 mm) que continua no período de armazenamento. Segundo SANTOS (2005), os valores obtidos com os benefícios diretos e indiretos demonstram que a irrigação suplementar da cana soca de março não apresentou potencial significativo de viabilidade econômica da tecnologia de irrigação em Alagoas.

No plantio de abril, o déficit hídrico referente aos períodos de crescimento vegetativo e armazenamento, foram da ordem de - 581,7mm e - 401,6mm, respectivamente. O déficit hídrico total ao final do ciclo deverá ser - 529,2 mm. Para o ciclo da cana soca observou-se, que o período do crescimento vegetativo ficou fortemente comprometido, pois apresentou um déficit hídrico de -1422,9 mm, apresentando um total, ao final do seu ciclo, da ordem de -1038,7mm.

**Tabela 5.** Valores das Demandas hídricas ideais (ETM), Precipitações pluviométricas (P), e diferença (P-ETP) média decendial para o plantio da Cana Planta, e sua respectiva Cana Soca, para os meses de Janeiro a Abril, nas diferentes fases da cultura.(cana planta:I: emergência,II: início do perfilhamento,III: crescimento vegetativo,IV: armazenamento,V: maturação e colheita, cana soca: I: brotação, II: início do perfilhamento, III: crescimento vegetativo, IV: armazenamento,maturação,e colheita).

		<b>ETM</b>	<b>P</b>	<b>P-ETM</b>
<b>Cana Planta Janeiro</b>	I	77,4	57,5	-19,8
	II	100,9	82,1	-18,8
	III	1509,9	1587,2	77,3
	IV	892,5	146,1	-746,5
	V	553,1	218,6	-334,6
	Σ	3133,8	2091,4	-1042,4
<b>Cana Soca</b>	I	163,4	235,0	71,6
	II	172,8	254,0	81,2
	III	1912,1	1107,8	-804,4
	IV	553,1	218,6	-334,6
	Σ	2801,4	1815,4	-986,1
<b>Cana Planta Fevereiro</b>	I	67,7	82,1	14,4
	II	115,2	136,4	21,2
	III	1520,3	1496,6	-23,7
	IV	897,0	182,3	-714,7
	V	543,0	371,4	-171,6
	Σ	3143,3	2269,0	-874,3
<b>Cana Soca</b>	I	144,8	254,0	109,3
	II	145,9	282,6	136,7
	III	1996,6	907,4	-1089,2
	IV	619,4	394,1	-225,3
	Σ	2906,7	1838,0	-1068,6
<b>Cana Planta Março</b>	I	77,6	136,4	58,8
	II	97,2	235,0	137,8
	III	1596,8	1304,3	-292,5
	IV	900,1	276,1	-624,1
	V	469,1	489,1	20,0
	Σ	3140,8	2440,9	-699,9
<b>Cana Soca</b>	I	122,1	282,6	160,5
	II	134,1	330,3	196,1
	III	2125,3	713,5	-1411,8
	IV	573,3	532,7	-40,6
	Σ	2954,9	1859,1	-1095,8
<b>Cana Planta de Abril</b>	I	65,4	235,0	169,7
	II	86,2	254,0	167,8
	III	1689,5	1107,8	-581,7
	IV	855,1	453,6	-401,6
	V	331,6	448,2	116,6
	Σ	3027,8	2498,6	-529,2
<b>Cana Soca</b>	I	112,4	330,3	217,9
	II	138,1	174,4	36,3
	III	2197,0	774,1	-1422,9
	IV	406,6	536,6	130,0
	Σ	2854,1	1815,4	-1038,7



Para a cana planta com plantio em maio, conforme a Tabela 6, o período de maior déficit hídrico foi o de crescimento vegetativo e armazenamento ( -850,1 mm e -189 mm respectivamente). O total do déficit hídrico durante todo ciclo da cultura foi de - 377,5mm (menor valor encontrado quando comparado com os outros meses de plantio), isso devido ao excesso encontrado nas outras fases do ciclo. O total de déficit hídrico para a cana soca é de -1024 mm, sendo essa fortemente prejudicada no período do crescimento vegetativo (-1307,0 mm).

No plantio de junho (Tabela 6), o crescimento vegetativo é prejudicado pela ausência de chuvas a uma magnitude de -1145 mm. Durante todo ciclo, o total do déficit hídrico foi de -417,1mm. Para o ciclo da soca, observou-se que o total de déficit hídrico ao final do ciclo foi de -218,1 mm, apresentando pequenos déficits ao longo do ciclo.

Em julho (Tabela 6), para a cana planta o déficit hídrico na fase do crescimento vegetativo foi de - 1120 mm, que pode ser plenamente corrigido com o uso da irrigação. O total de déficit hídrico, durante todo ciclo conforme a Tabela 6, foi de -550,5mm. Para o ciclo da cana soca, observou-se déficit hídrico em todas as fases de desenvolvimento da cultura, totalizando -936,3 mm ao final do ciclo da soca.

Para a cana planta com plantio em agosto, o déficit hídrico para o período do crescimento vegetativo, foi de -967 mm, e para o período todo considerando perdas e ganhos foi na ordem de de - 840,4mm (Tabela 6). O ciclo da cana soca apresentou deficiência hídrica em todas as fases de desenvolvimento, ou seja, em nenhuma das fases o total de chuvas foi suficiente para suprir a demanda hídrica necessária, essa cana soca apresentou um total de déficit hídrico na ordem de - 945,8 mm.

**Tabela 6.** Valores das Demandas hídricas (ETM), Precipitações pluviométricas (P), e diferença (P-ETP) média decendial para o plantio da cana planta, e sua respectiva cana coca, para os meses de maio a agosto, nas diferentes fases da cultura. (cana planta: I: emergência, II: início do perfilhamento, III: crescimento vegetativo, IV: armazenamento, V: maturação e colheita, cana soca: I: brotação, II: início do perfilhamento, III: crescimento vegetativo, IV: armazenamento, maturação e colheita)

		$\Sigma$ ETM	$\Sigma$ P	$\Sigma$ P – $\Sigma$ ETM
<b>Cana Planta de Maio</b>	I	58,1	254,0	195,9
	II	72,5	282,6	210,0
	III	1757,5	907,4	-850,1
	IV	814,5	625,5	-189,0
	V	357,2	612,8	255,6
	$\Sigma$	3059,8	2682,2	-377,5
<b>Cana Soca</b>	I	115,8	174,4	58,6
	II	145,8	114,4	-31,4
	III	2220,8	913,8	-1307,0
	IV	357,2	612,8	255,6
	$\Sigma$	2839,6	1815,4	-1024,2
<b>Cana Planta de Junho</b>	I	48,7	282,6	233,8
	II	66,9	330,3	263,3
	III	1858,5	713,5	-1145,0
	IV	699,8	771,6	71,9
	V	345,8	504,7	158,9
	$\Sigma$	3019,7	2602,6	-417,1
<b>Cana Soca</b>	I	122,2	57,5	-64,7
	II	209,8	82,1	-127,6
	III	2134,0	1949,3	-184,7
	IV	345,8	504,7	158,9
	$\Sigma$	2811,7	2593,6	-218,1
<b>Cana Planta de Julho</b>	I	45,1	330,3	285,2
	II	69,1	174,4	105,3
	III	1894,2	774,1	-1120,1
	IV	616,1	866,9	250,7
	V	360,3	288,8	-71,5
	$\Sigma$	2984,9	2434,4	-550,5
<b>Cana Soca</b>	I	175,5	60,1	-115,4
	II	202,2	45,9	-156,3
	III	2035,2	1420,6	-614,5
	IV	420,4	370,4	-50,0
	$\Sigma$	2833,3	1897,0	-936,3
<b>Cana Planta de Agosto</b>	I	46,7	174,4	127,7
	II	72,9	114,4	41,5
	III	1880,7	913,8	-967,0
	IV	567,2	787,2	220,0
	V	392,6	129,9	-262,7
	$\Sigma$	2960,1	2119,7	-840,4
<b>Cana Soca</b>	I	169,4	45,9	-123,6
	II	228,3	42,7	-185,6
	III	1910,6	1552,3	-358,3
	IV	452,8	174,5	-278,4
	$\Sigma$	2761,1	1815,4	-945,8

No plantio de setembro (Tabela 7), a cana sofreu déficit hídrico no início do perfilhamento, crescimento vegetativo, maturação e colheita, na ordem de - 44,1 mm, - 651,4 mm, - 419,8mm, respectivamente. O total de déficit hídrico para esse período foi de - 996,4 mm. A cana soca desse plantio, sofreu déficit hídrico em todas as fases do seu desenvolvimento, e o total foi na ordem de -950,7mm.

Para o plantio da cana planta de outubro, verificou-se novamente déficit hídrico em todas as fases de desenvolvimento, apresentando um total de - 1103 mm. Para a respectiva cana soca, observou-se novamente valores negativos de (P-ETM) em todas as fases de desenvolvimento, sendo a fase de maturação e colheita a mais afetada com - 458,4 mm de deficiência hídrica. O total de déficit hídrico para essa cana soca foi de - 928,4 mm (Tabela 7).

Para o plantio da cana planta de novembro, o período do crescimento vegetativo apresentou um pequeno déficit hídrico na ordem de -19,1 mm, e - 535,2 mm para o período de armazenamento. O total de déficit hídrico para esse ciclo foi na ordem de - 1129,2 mm. Para cana soca observou-se que todos os períodos apresentaram déficit hídrico totalizando - 939,7 mm ao final do ciclo (Tabela 7). Segundo SANTOS (2005), a irrigação suplementar da cana soca de novembro apresenta um bom potencial de viabilidade econômica em Alagoas.

Para o plantio da cana planta de dezembro, observou-se que o crescimento vegetativo não foi afetado pela ausência de chuvas, porém o período de armazenamento sofreu um déficit de - 719,5 mm, O ciclo da cana soca apresentou grande deficiência no período do crescimento vegetativo, e armazenamento, na ordem de - 521,2 mm, e - 411,8 mm (Tabela 7).

**Tabela 7.** Valores das Demandas hídricas (ETM), Precipitações pluviométricas (P), e diferença (P-ETP) média decendial para o plantio da cana planta, e sua respectiva cana soca, para os meses de setembro a dezembro, nas diferentes fases da cultura. (cana planta: I: emergência, II: início do perfilhamento, III: crescimento vegetativo, IV: armazenamento, V: maturação e colheita, cana soca: I: brotação, II: início do perfilhamento, III: crescimento vegetativo, IV: armazenamento, maturação e colheita).

		$\Sigma$ ETM	$\Sigma$ P	$\Sigma$ P - $\Sigma$ ETM
<b>Cana Planta de Setembro</b>	I	49,2	114,4	65,2
	II	104,1	60,1	-44,1
	III	1787,7	1136,3	-651,4
	IV	565,4	619,1	53,6
	V	525,7	106,0	-419,8
	$\Sigma$	3032,1	2035,7	-996,4
<b>Cana Soca</b>	I	193,4	42,7	-150,7
	II	195,1	57,5	-137,6
	III	1826,2	1609,2	-217,0
	IV	551,4	106,0	-445,5
	$\Sigma$	2766,1	1815,4	-950,7
<b>Cana Planta de Outubro</b>	I	69,9	60,1	-9,8
	II	101,0	45,9	-55,1
	III	1682,1	1420,6	-261,5
	IV	667,4	348,9	-318,5
	V	546,8	88,6	-458,3
	$\Sigma$	3067,2	1964,0	-1103,2
<b>Cana Soca</b>	I	192,2	57,5	-134,7
	II	203,1	82,1	-121,0
	III	1801,6	1587,2	-214,4
	IV	546,8	88,6	-458,3
	$\Sigma$	2743,8	1815,4	-928,4
<b>Cana Planta de Novembro</b>	I	68,1	45,9	-22,2
	II	114,2	42,7	-71,5
	III	1571,4	1552,3	-19,1
	IV	755,6	220,4	-535,2
	V	581,4	100,2	-481,2
	$\Sigma$	3090,6	1961,5	-1129,2
<b>Cana Soca</b>	I	170,0	82,1	-87,8
	II	230,8	136,4	-94,4
	III	1773,0	1496,6	-276,3
	IV	581,4	100,2	-481,2
	$\Sigma$	2755,1	1815,4	-939,7
<b>Cana Planta de Dezembro</b>	I	77,0	42,7	-34,4
	II	114,7	57,5	-57,1
	III	1481,8	1609,2	127,4
	IV	868,2	148,6	-719,5
	V	455,7	119,2	-336,5
	$\Sigma$	2997,3	1977,3	-1020,1
<b>Cana Soca</b>	I	193,4	136,4	-56,9
	II	195,1	235,0	39,9
	III	1826,2	1304,3	-521,9
	IV	551,4	139,7	-411,8
	$\Sigma$	2766,1	1815,4	-950,7

#### **4.5 Simulações das épocas de plantio e as probabilidades de suprimento da demanda hídrica**

Os resultados obtidos para os diferentes meses de plantio da cana planta, e da sua respectiva soca, nos diferentes estádios fenológicos, permitiram identificar as fases onde a cultura sofreu mais fortemente com a ausência de água, possibilitando assim melhores planejamentos que visam minimizar o impacto desse déficit hídrico. Vale ressaltar, que essas simulações levaram em consideração apenas a disponibilidade hídrica da região, não se caracterizando como um método de determinação do período de plantio, e sim como um parâmetro a ser considerado, e que os resultados para determinação do período de plantio podem ser alterados quando acrescentados parâmetros como radiação solar, vento, variedades da cultura, manejo do solo, viabilidade econômica desse período de plantio para a região, entre outros.

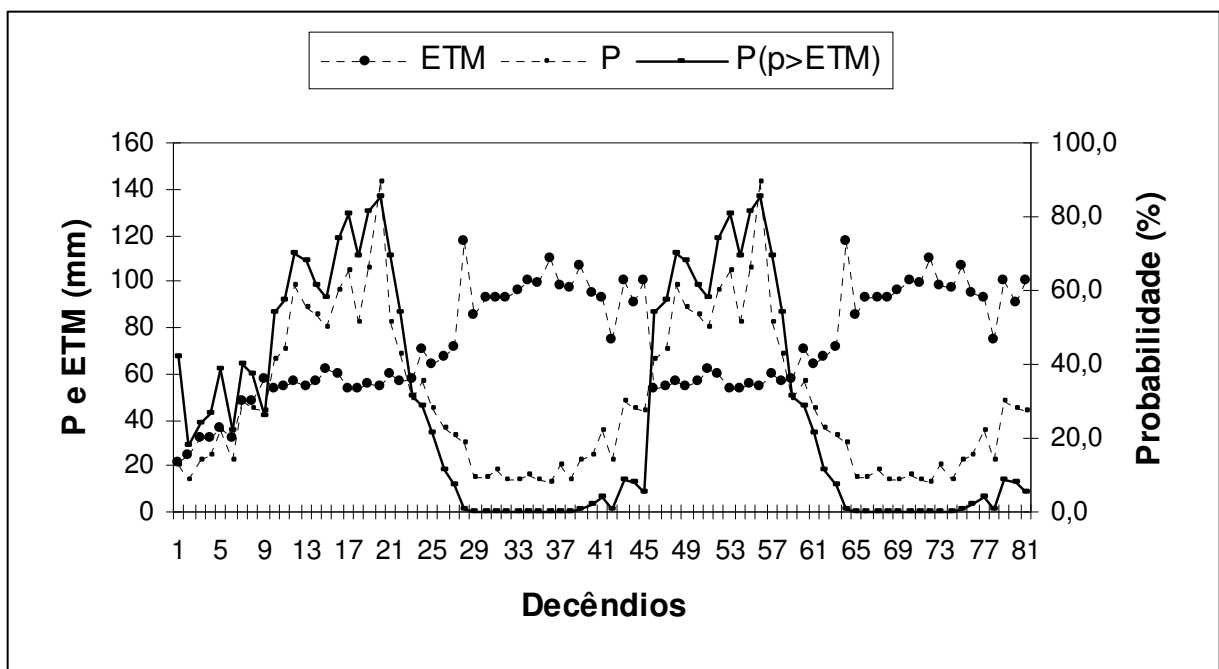
##### **4.5.1 Plantio de janeiro**

Para o plantio da cana planta de Janeiro, no período da emergência e início do perfilhamento (decêndio 1 a 6), a probabilidade de atendimento da demanda hídrica foi baixa, apresentando valores em sua maioria inferiores a 40% (Figura 6)

A partir do decêndio 15, quando a cana está em pleno desenvolvimento vegetativo, até o final do ciclo, a cana apresentou baixos valores de probabilidade de atendimento da demanda hídrica, exceto nos decêndios 16 ao 21, onde as probabilidades apresentam altos índices, que oscilam entre 69% e 80%, esses altos índices são resultantes da contribuição de chuvas dos meses de junho e julho ( Anexo A).

No período de armazenamento, maturação e colheita, os índices de probabilidade apresentaram valores muito baixos, em sua maioria, valores próximos de zero.

O ciclo da cana soca, que iniciou no decêndio 46 (abril), apresentou alta probabilidade de atendimento da demanda hídrica durante o período de brotação, início do perfilhamento, e início do crescimento vegetativo. Observou-se no decêndio 48( terceiro decêndio da cana soca), probabilidade de 70,1% (Anexo A). No período de armazenamento, maturação e colheita, os índices de probabilidade apresentam valores muito baixos, em sua maioria, valores próximos de zero (Figura 6). No Anexo A pode-se observar uma sequência de baixos valores de atendimento da demanda hídrica que se estende do decêndio 62 até a colheita da cana soca.



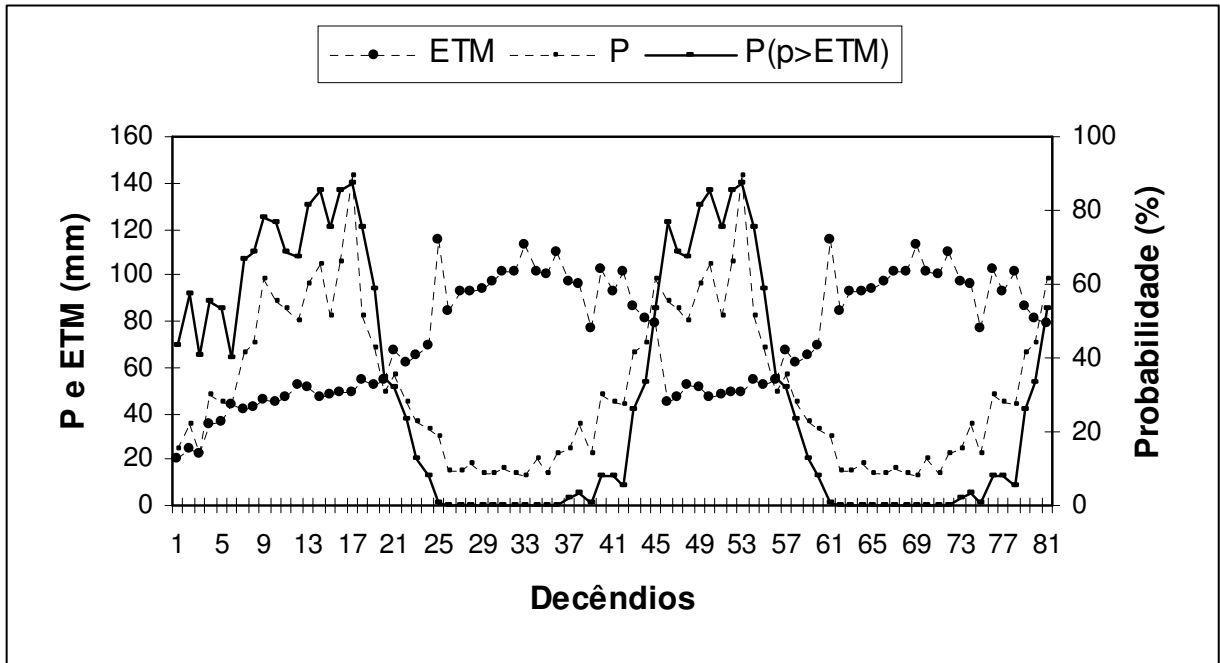
**Figura 6.** Curva da precipitação pluviométrica (P), Demanda Hídrica (ETM), e probabilidade de atendimento para o plantio da cana planta de janeiro (decêndio de 1 a 45) e sua respectiva cana soca (decêndio 46 a 81).

#### 4.5.2 Plantio de fevereiro

Para o plantio de Fevereiro (Figura 7), as probabilidades de atendimento da demanda hídrica para o período de emergência, início do perfilhamento, e parte do crescimento vegetativo foram em sua maioria altas, suprimindo a necessidade de água da planta nesse período. Picos de valores de probabilidade foram encontrados nos decêndios 16 e 17, na ordem de 85,4% e 87,5%)

A partir do decêndio 21, os valores das probabilidades decrescem e ficam próximos a zero, prejudicando parte do crescimento vegetativo e todo período de armazenamento. O maior valor de probabilidade encontrado nesse período foi de 3,5 % no decêndio 38, onde a precipitação média decencial é de 35,1 mm e a ETM de 95,8mm. A partir do decêndio 43, as probabilidades começaram a apresentar valores superiores (Anexo B). Para que a cana planta com plantio em fevereiro tenha um bom desenvolvimento, seria necessário o uso da irrigação a partir do decêndio 20 até o final do ciclo.

Para a cana soca (Figura 7), a probabilidade de atendimento da demanda hídrica no período de brotação, início do perfilhamento e parte do crescimento vegetativo apresentou (acima de 60% - Anexo B), suprimindo assim a demanda hídrica necessária para o bom desenvolvimento da cana. Baixos valores de probabilidade de atendimento da demanda hídrica foram encontrados a partir do decêndio 55, indicando a necessidade do uso de irrigação suplementar até o final do ciclo (Anexo B).



**Figura 7.** Curva da precipitação pluviométrica (P), Demanda Hídrica (ETM), e probabilidade de atendimento para o plantio da cana planta de fevereiro (decêndio de 1 a 45), e sua respectiva cana soca (decêndio 46 a 81).

#### 4.5.3 Plantio de março

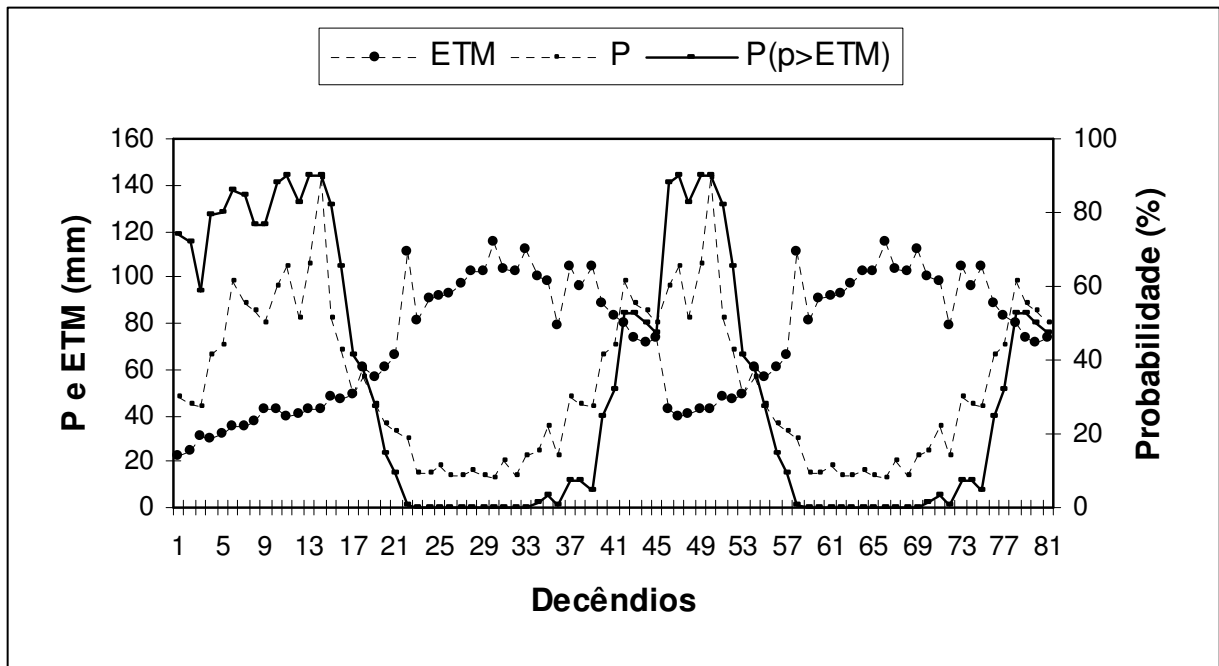
Para o ciclo da cana planta com plantio em março (Figura 8), observou-se que desde o início do plantio até o decêndio 16, a probabilidade de atendimento a demanda hídrica apresentou valores elevados, em torno de 80% na maioria dos decêndios, mostrando que o período de emergência, início do perfilhamento, e boa parte do crescimento vegetal, têm alta probabilidade de não serem afetados pela ausência de chuvas.

A partir desse decêndio, as probabilidades apresentaram valores próximos a zero, comprometendo o crescimento vegetativo, e o armazenamento.

O período de maturação, e colheita, apresentou boas probabilidades de suprir a demanda hídrica (Figura 8). Dessa forma, a cana planta com plantio em março deve ser mais fortemente prejudicada pela ausência de chuvas no período do armazenamento.



Já cana soca, que se inicia no mês de junho, representado pelo decêndio 46 (Anexo C), apresentou altos valores de probabilidades apenas nos 7 primeiros decêndios, ficando no restante dos períodos, com valores que colocam em risco o cultivo sem irrigação.

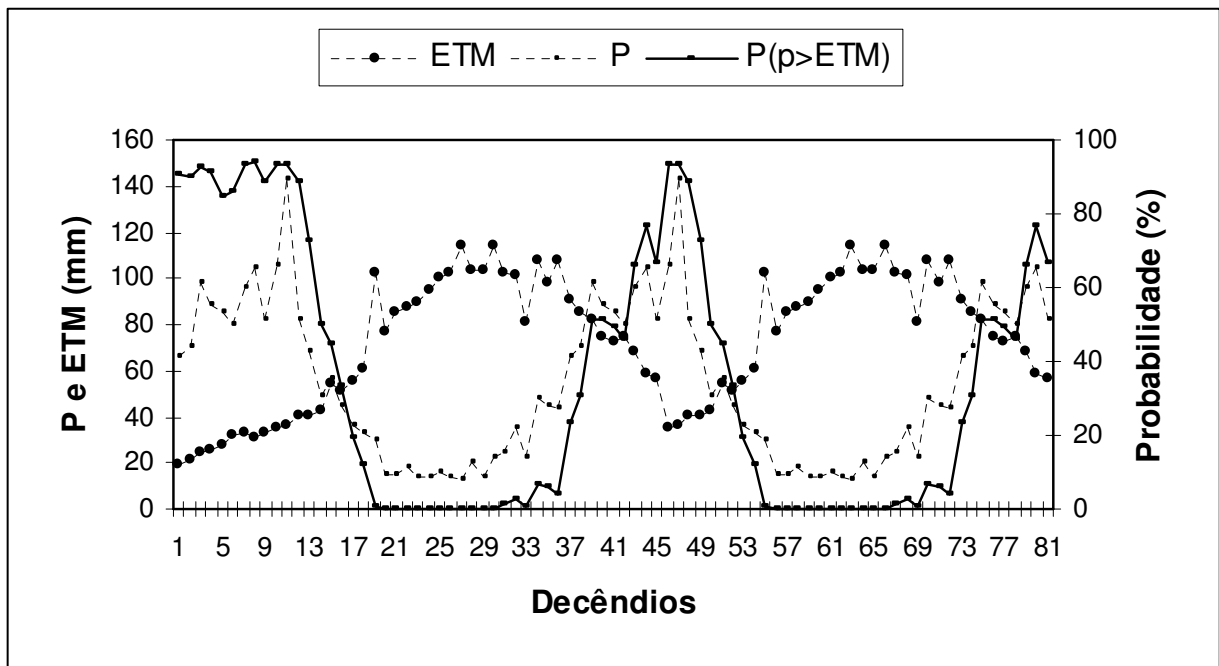


**Figura 8.** Curva da precipitação pluviométrica (P), Demanda Hídrica (ETM), e probabilidade de atendimento para o plantio da cana planta de março (decêndio de 1 a 45), e sua respectiva cana soca (decêndio 46 a 81).

#### 4.5.4 Plantio de abril

Para o ciclo da cana planta com plantio em abril (Figura 9), observou-se altas probabilidades de atendimento a demanda hídrica nos 14 primeiros decêndios, seguido de uma grande seqüência de baixos valores de atendimento da demanda hídrica, que segue até o decêndio 39, onde a probabilidade começa a aumentar. Notou-se, que o período de emergência, início do perfilhamento e parte do crescimento vegetativo não foram afetado pela ausência de chuvas, devido a ocorrência do período chuvoso na região.

Já o ciclo da cana soca, que se inicia no mês de junho, representado pelo decêndio 46, apresentou altos valores de probabilidades apenas nos 4 primeiros decêndios, com valor de 93,6% no primeiro decêndio, onde a ETM equivale a 35,2mm e a precipitação média decendial é de 106 mm (Anexo D). O restante dos períodos apresentou valores muito baixos, comprometendo todo crescimento vegetativo e o armazenamento. Os períodos de maturação e colheita foram beneficiados pelas chuvas de junho e apresentaram altos valores de probabilidade de atendimento da demanda hídrica.



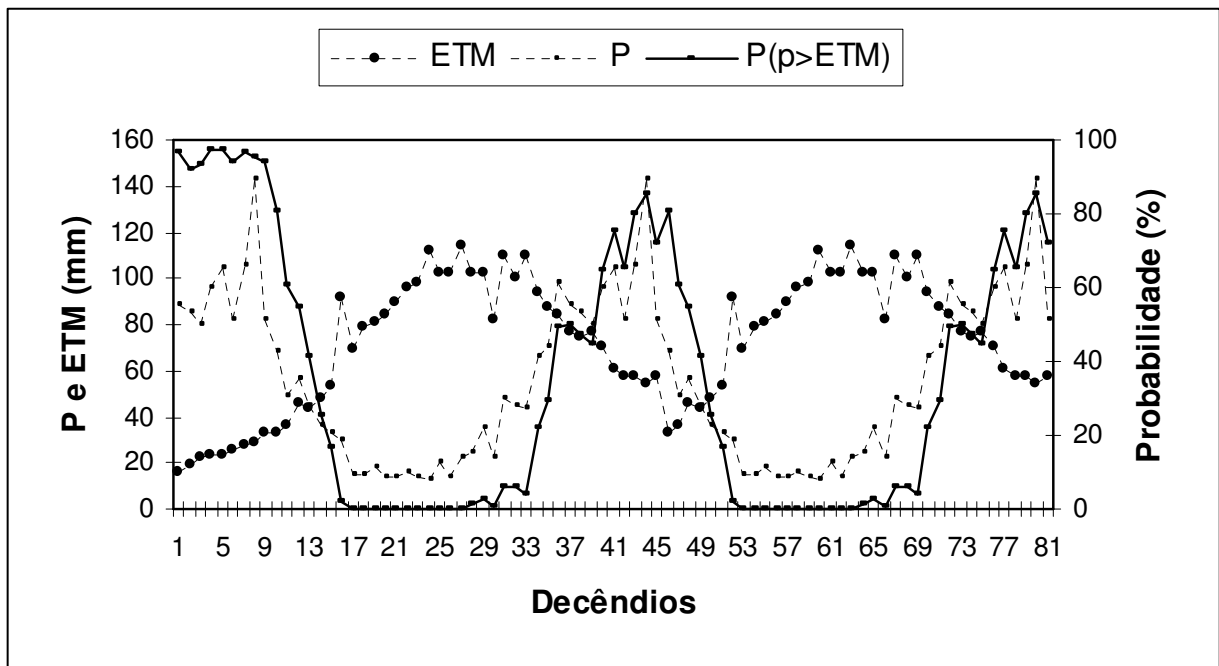
**Figura 9.** Curva da precipitação pluviométrica (P), Demanda Hídrica (ETM), e probabilidade de atendimento para o plantio da cana planta de abril (decêndio de 1 a 45), e sua respectiva cana soca (decêndio 46 a 81).

#### 4.5.5 Plantio de milho

Para o ciclo da cana planta com plantio em maio, pode-se observar conforme a Figura 10, altas probabilidades de atendimento a demanda hídrica nos doze primeiros decêndios (acima de 70%), seguido de uma grande seqüência de baixos

valores de atendimento da demanda hídrica, essa baixa probabilidade continuou até o decêndio 36, onde a probabilidade começou a aumentar. Entre os decêndios 1 ao 9 as probabilidades registradas foram superiores a 90% (Anexo E).

Já a cana soca, representada pelo decêndio 46, na Figura 10, apresenta altos valores de probabilidades apenas nos 3 primeiros decêndios, o restante dos períodos apresenta valores baixos (inferiores a 2% - Anexo E), comprometendo todo crescimento vegetativo e o armazenamento. O período de maturação e colheita apresenta altos valores de probabilidade de atendimento da demanda hídrica.



**Figura 10.** Curva da precipitação pluviométrica (P), Demanda Hídrica (ETM), e probabilidade de atendimento para o plantio da cana planta de Maio (decêndio de 1 a 45), e sua respectiva cana soca (decêndio 46 a 81).

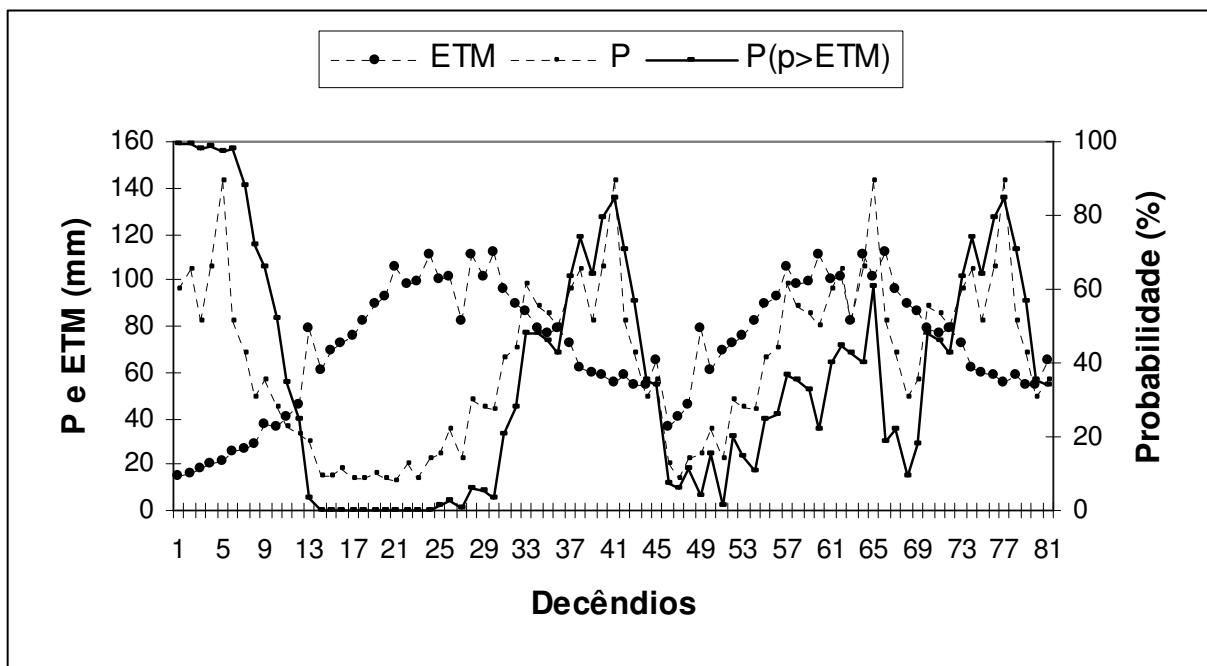
#### 4.5.6 Plantio de junho

Para o ciclo da cana planta com plantio em junho, conforme a Figura 11, os 10 primeiros decêndios apresentaram altos valores de probabilidades de atendimento da demanda hídrica (maiores do que 80% - Anexo F), ou seja, o

período de emergência e início do perfilhamento dificilmente sofrem déficit hídrico, após esses 10 primeiros decêndios, ocorreu uma queda nos valores das probabilidades, podendo a chegar a valores próximos de zero, no entanto essa queda pode ser corrigida com o uso da irrigação suplementar.

A partir do decêndio 33, até o decêndio 44 (Figura 11), ocorreu um aumento na probabilidade, contribuindo para o período do armazenamento, maturação e colheita, observou-se também nos dois últimos decêndios uma baixa probabilidade de atendimento da demanda hídrica, o não atendimento nessa fase tem efeito positivo, pois aumenta a quantidade de açúcar na planta, e facilita a colheita.

Dessa forma, para a cana planta com plantio em junho, seria necessário o uso da irrigação, apenas no período do crescimento vegetativo. Já a cana soca, apesar de não apresentar um número grande de valores altos de probabilidade de atendimento da demanda hídrica (Anexo F), apresentou poucos valores próximos de zero, ou seja, durante a maior parte do ciclo existe a necessidade da irrigação, porém, essa não necessariamente deve ser a única fonte de água para a planta, pois a precipitação também contribui de forma significativa. A baixa probabilidade de atendimento da demanda hídrica nos dois últimos decêndios observada foi favorável à colheita. Esses resultados, confirmam os obtidos por TOLEDO FILHO (1988), que afirma que a deficiência hídrica para o plantio de junho, ocorre principalmente no período do crescimento vegetativo, apresentando altas probabilidades de atendimento nos demais estádios.



**Figura 11.** Curva da precipitação pluviométrica (P), Demanda Hídrica (ETM), e probabilidade de atendimento para o plantio da cana planta de junho (decêndio de 1 a 45) e sua respectiva cana soca (decêndio 46 a 81).

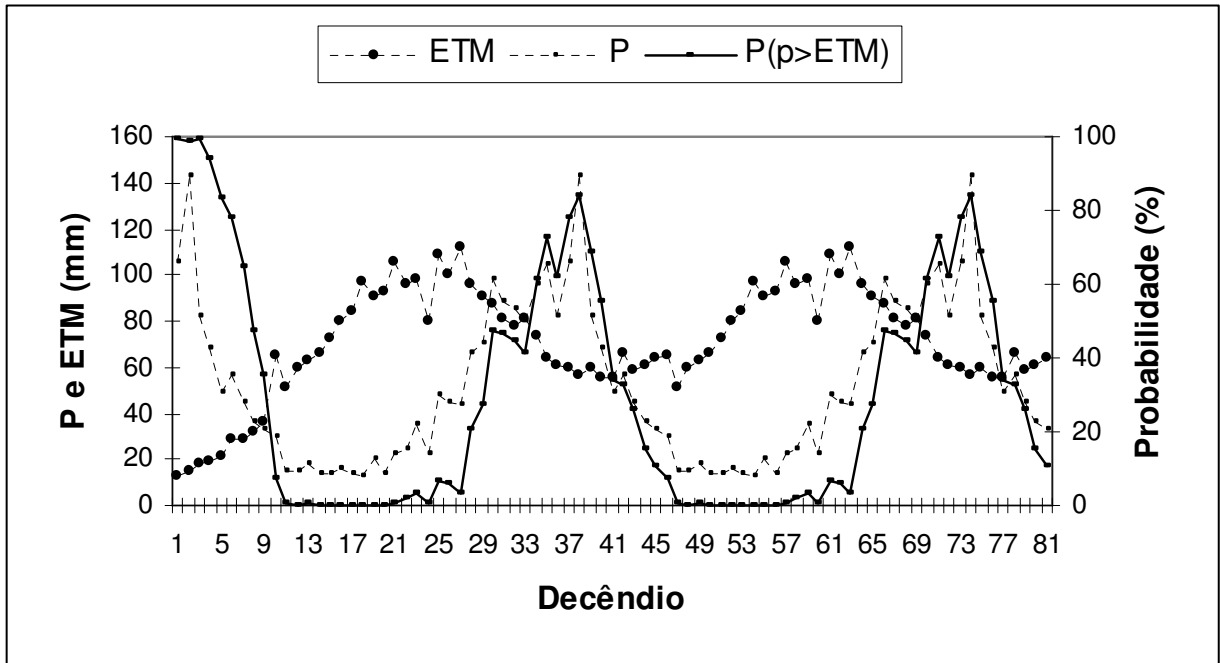
#### 4.5.7 Plantio de julho

Para o ciclo da cana planta com plantio em julho (Figura 12), observou-se que no período de emergência e início do perfilamento ocorreram altas probabilidades de suprimento da demanda hídrica (1 a 7 decêndio), isso devido aos altos valores de precipitação pluviométrica encontrados nesse período, que foi segundo o balanço hídrico climatológico, o período úmido da região. O crescimento vegetativo ficou comprometido em vários decêndios, caso não houvesse irrigação suplementar, como exemplo pode-se citar o decêndio 18 em que a ETM é de 97,2 mm, e a média da precipitação pluviométrica decendial nesse período é de 13,1mm (Anexo E). Esses valores são próximos aos encontrados por TOLEDO FILHO (1988), que mostrou em seu trabalho, sobre suprimento da demanda hídrica para cultura da

cana-de-açúcar na região, que próximo ao decênio 14 a probabilidade de atendimento é baixa.

Os decênio 30<sup>o</sup> ao 40<sup>o</sup>, também apresentaram boas probabilidades de atendimento da demanda hídrica, esse período corresponde a fase do armazenamento que deverá ocorrer em boas condições. O período de maturação e colheita apresentou valores médios e baixos de probabilidades (55% e 10,4 % - Anexo G), que nesse período podem ser favoráveis ao acúmulo de sacarose e a colheita.

Para o ciclo da cana soca, que se inicia no decênio 46, observou-se que nos primeiros decênios devido à baixa precipitação pluviométrica, e alta ETM, a probabilidade de suprimento da demanda hídrica foi baixa (Figura 12). Essa probabilidade, começou a aumentar a partir do decênio 21, devido ao início do período chuvoso na região, e onde a cana se encontrava em seu pleno desenvolvimento vegetativo. Nos últimos decênios a probabilidade de atendimento da demanda hídrica diminuiu conforme visto no Anexo G. .



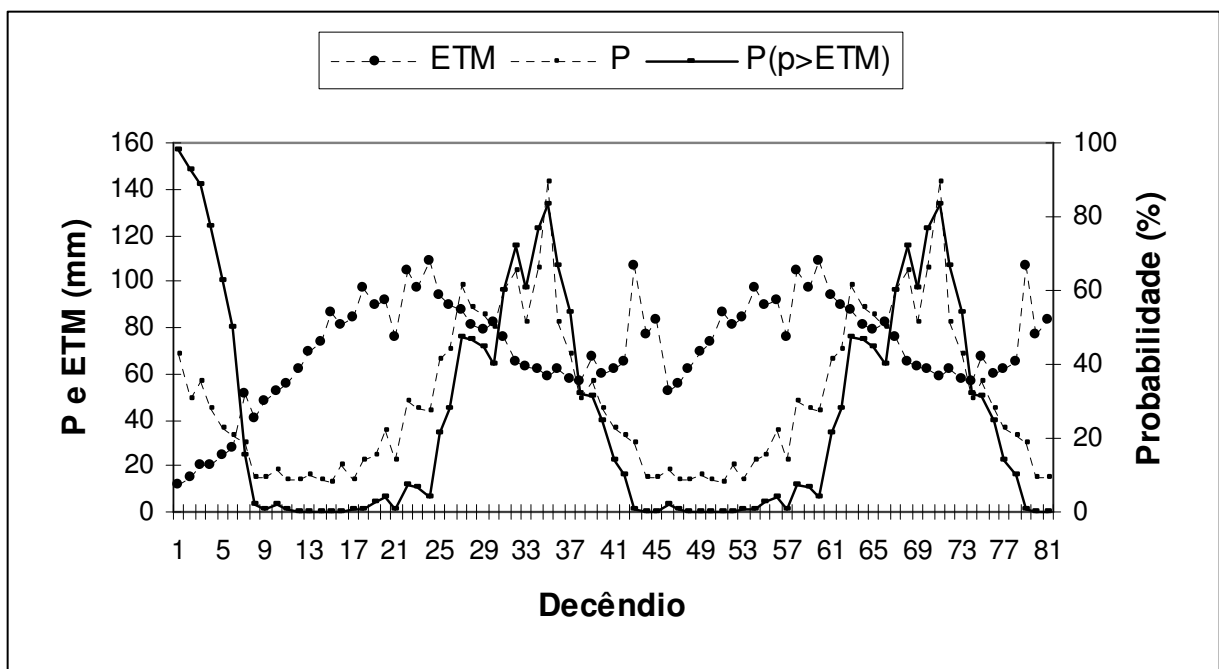
**Figura 12.** Curva da precipitação pluviométrica (P), Demanda Hídrica (ETM), e probabilidade de atendimento para o plantio da cana planta de julho (decêndio de 1 a 45), e sua respectiva cana soca (decêndio 46 a 81).

#### 4.5.8 Plantio de agosto

Para o plantio da cana planta de agosto (Figura 13 e Anexo H), observou-se que o período de emergência e início do perfilhamento, apresentou altas probabilidades de atendimento da demanda hídrica, não necessitando o uso de irrigação suplementar. A partir do decêndio 6, nota-se valores muito baixos de probabilidade de atendimento da demanda hídrica, como é o caso do decêndio 15, onde a cana necessita de 86,1 mm de água e ocorre apenas 13,1mm (Anexo H). Nessa fase, a cana estava em pleno crescimento vegetativo, que é prejudicado pela falta de água caso não se utiliza irrigação suplementar. A partir do decêndio 31, observou-se que a probabilidade começa a aumentar, e se mantém com valores acima de 60% até o decêndio 36, onde a probabilidade começou a diminuir. Baixas probabilidades de chuva no período de colheita são favoráveis, e no caso da cana um déficit hídrico no final do ciclo tem efeito positivo, pois aumenta a quantidade de

açúcar na planta, que foi o caso desse plantio de agosto. Os resultados estão de acordo com os encontrados por TOLEDO FILHO (1988), que observou baixas probabilidades de atendimento da demanda hídrica no período de colheita para o plantio de julho.

Para o ciclo da cana soca, que se inicia no decêndio 46, observou-se baixa probabilidade de atendimento da demanda hídrica desde o decêndio 1 até o 21, afetando assim o período de emergência, início do perfilhamento e boa parte do crescimento vegetativo. A partir do decêndio 22, a probabilidade começou a apresentar maiores valores, chegando a 83,1% no decêndio 26, altos índices seguem até o decêndio 28. Os decêndio referentes a maturação e colheita, podem ser plenamente beneficiados pela ausência de chuvas (Anexo H).



**Figura 13.** Curva da precipitação pluviométrica (P), Demanda Hídrica (ETM), e probabilidade de atendimento para o plantio da cana planta de agosto (decêndio de 1 a 45), e sua respectiva cana soca (decêndio 46 a 81).

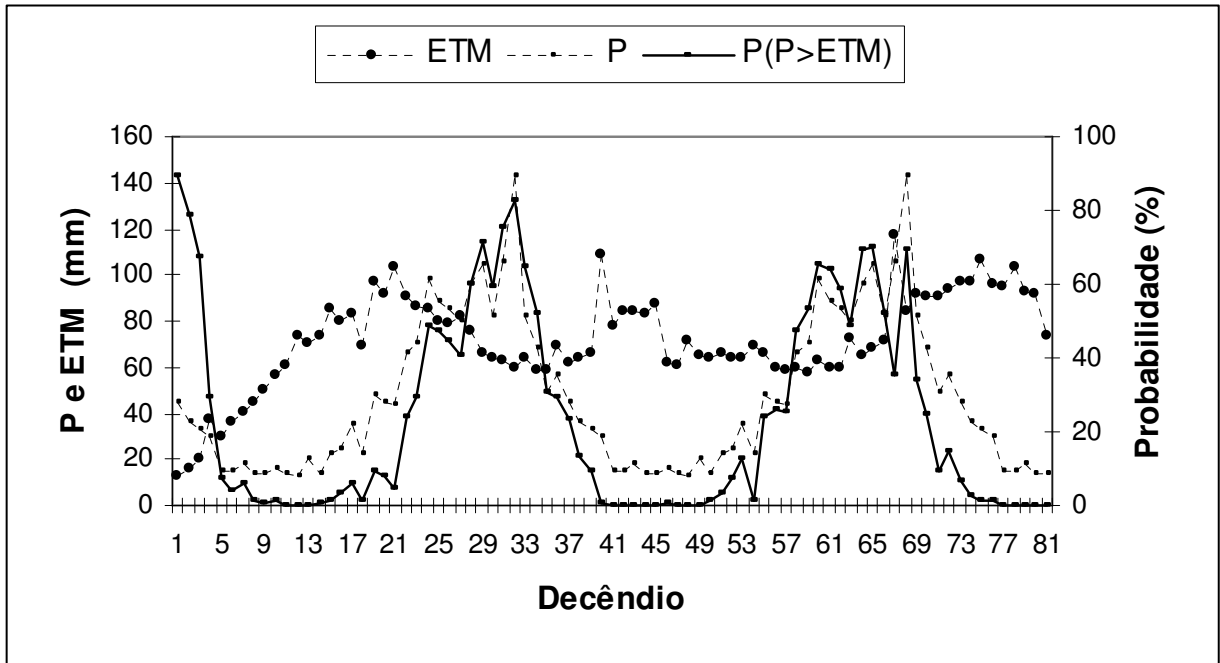


#### 4.5.9 Plantio de setembro

Para o plantio da cana planta de setembro, observou-se pela Figura 14, que o período de emergência, apresentou altos valores de atendimento da demanda hídrica, esses valores concordam com os encontrados por TOLEDO FILHO (1988). No início do perfilhamento, e, em quase todo crescimento vegetativo, os valores de atendimento da demanda hídrica foram baixos (em sua maior parte valores menores que 40%). A partir do decêndio 28, até o 34, os valores da probabilidade de atendimento da demanda hídrica foram altos (acima de 60%), isso se explica, pois esses decêndios correspondem aos meses de junho e julho, que são os meses mais chuvosos da região, ou seja, o período do armazenamento, o que corresponde a esse decêndio foi beneficiado com altos valores de chuvas na região (Anexo I).

Após esse período chuvoso, as probabilidades começaram a apresentar valores mais baixos (decêndios: 41, 42, 44, 45), conforme mostra a Figura 14. Esses últimos decêndios podem ser beneficiados com a ausência de chuvas, pois aumentam a quantidade de açúcar na planta e facilitam a colheita.

Para o ciclo da cana soca, observou-se, de um modo geral, valores baixos de probabilidade de atendimento da demanda hídrica. Decêndios entre 14 e 23 apresentaram valores médios de probabilidade que ocorrem devido ao período chuvoso da região. Não foi observado nenhum valor de probabilidade acima de 70%, durante todo o ciclo. Indicando a necessidade do uso de irrigação para não ocorrer perdas em função das chuvas. As baixas probabilidades no período de maturação e colheita observadas no Anexo I, podem ser benéficas à cultura.



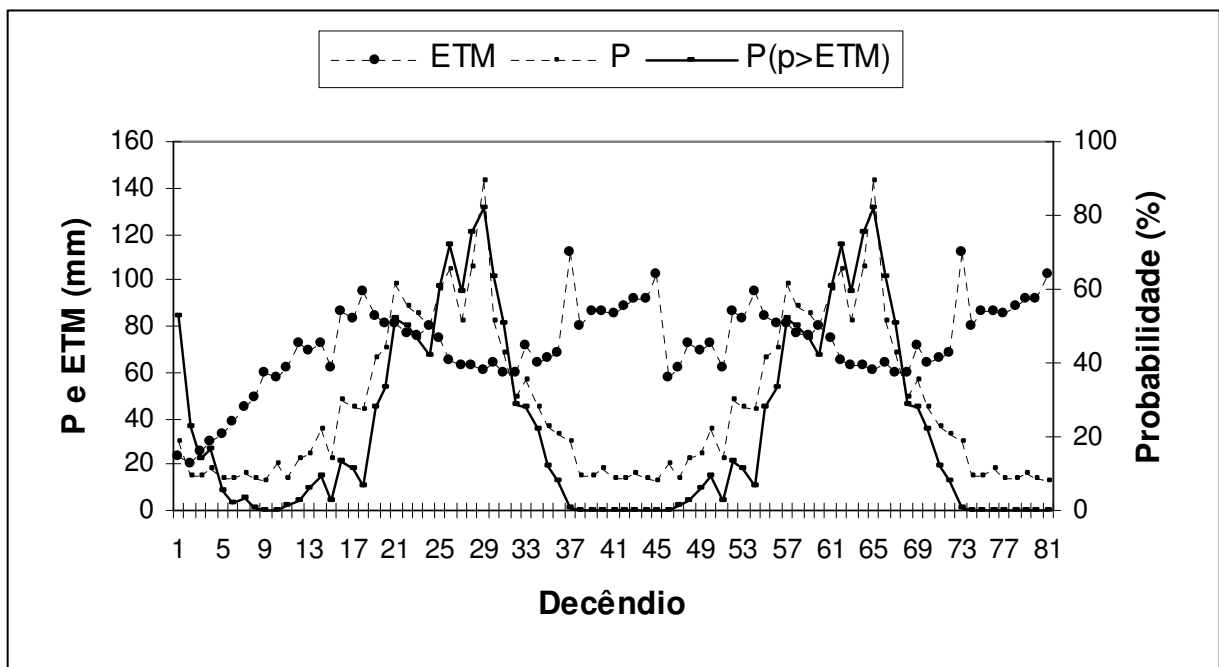
**Figura 14.** Curva da precipitação pluviométrica (P), Demanda Hídrica (ETM), e probabilidade de atendimento para o plantio da cana planta de Setembro (decêndio de 1 a 45), e sua respectiva cana soca (decêndio 46 a 81).

#### 4.5.10 Plantio de outubro

Para a cana planta com plantio em outubro, conforme a Figura 15, observou-se até o decêndio 21, baixos valores de probabilidades. A partir desse decêndio, os valores de probabilidades aumentaram chegando a 82% no decêndio 29. Todo o ciclo dessa cana necessita de irrigação suplementar, no entanto podemos perceber que parte do crescimento vegetativo se beneficia, pois ocorre no período chuvoso dessa região (decêndio de 22 a 30). A partir do decêndio 32, os valores da probabilidade de atendimento da demanda hídrica são muito baixos, como é o caso do decêndio 38, onde a ETM é de 80 mm e a precipitação pluviométrica média é, em torno de 14,6mm, apresentando uma probabilidade baixa de atendimento da demanda hídrica ( Anexo J).

Para a cana soca, conforme a Figura 15, é necessário irrigação nos primeiros decêndios, onde a probabilidade foi baixa, (evidencia-se nesses dados o caso do

primeiro decêndio onde a ETM foi de 57,7mm e a precipitação pluviométrica foi de 20,5mm, apresentando uma probabilidade de 0,3% de atendimento da demanda hídrica, conforme o Anexo J). O crescimento vegetativo aconteceu no período chuvoso da região (decêndio de 13 a 21), sendo assim benéfico para a otimização do uso de água. Pode-se observar que, a partir do decêndio 28 o valor das probabilidades se aproximou muito de zero, prejudicando parte do crescimento vegetativo, armazenamento, maturação e colheita (Figura 15).



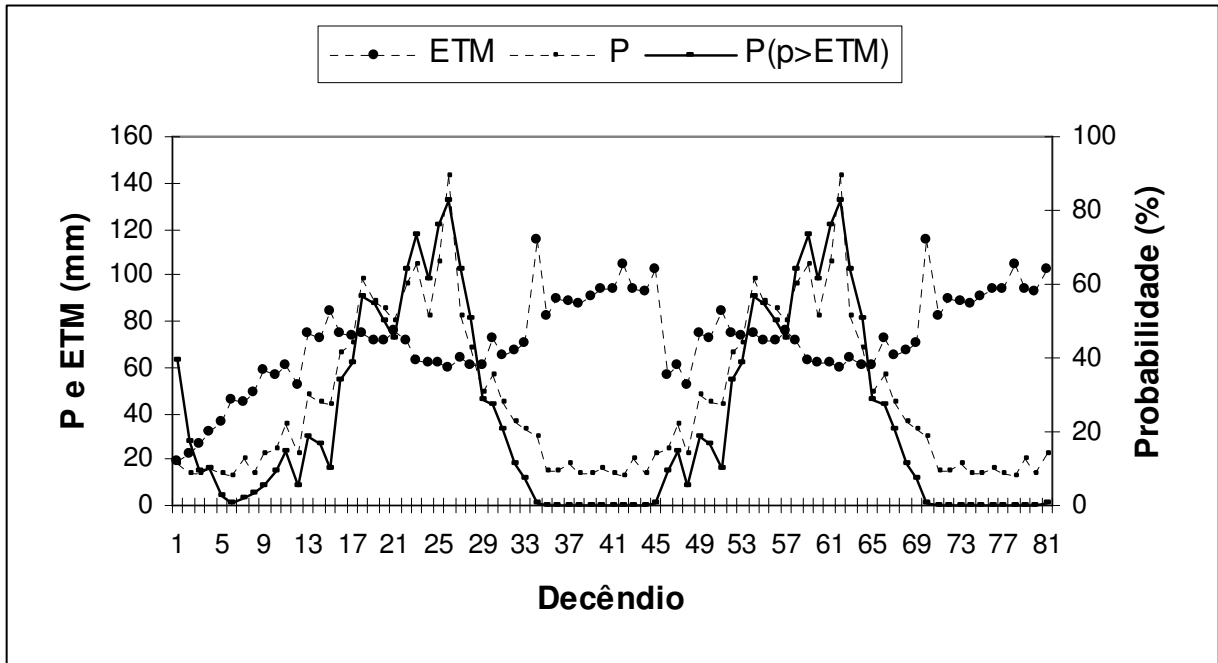
**Figura 15.** Curva da precipitação pluviométrica (P), Demanda Hídrica (ETM), e probabilidade de atendimento para o plantio da cana planta de outubro (decêndio de 1 a 45), e sua respectiva cana soca (decêndio 46 a 81).

#### 4.5.11 Plantio de novembro

Para o plantio da cana planta de novembro, conforme a Figura 16, observou-se, que até o início do período chuvoso em maio (decêndio de 1 a 18), as probabilidades de atendimento da demanda hídrica são baixas, apresentando valores inferiores a 40%, prejudicando dessa forma o período de emergência, início

do perfilhamento e parte do crescimento vegetativo. A partir do decêndio 19, até 28, os valores das probabilidades aumentaram, como no decêndio 26, onde a probabilidade é de 82,3%, de atendimento da demanda hídrica, associado ao período chuvoso da região, beneficiando o restante do período de crescimento vegetativo. A partir do decêndio 34, os baixos valores de probabilidade podem prejudicar o período de armazenamento, maturação e colheita, como o caso do decêndio 42, onde ETM foi de 104 mm e a precipitação pluvial foi de 13,1mm (Anexo K).

Para a cana soca que inicia no decêndio 46, observa-se que as probabilidades de atendimento da demanda hídrica no período de emergência e início do perfilhamento são maiores do que para a cana planta, no entanto continuam não sendo suficientes como no decêndio 3 onde a ETM foi de 52,2 mm e a precipitação foi de 22,7mm, apresentando uma probabilidade de 5%. A partir do decêndio 10, inicia-se o período chuvoso na região (maio), que beneficia boa parte do crescimento vegetativo. Nesse período, podem-se observar bons índices de probabilidade, como é o caso do decêndio 17, que apresenta uma probabilidade de atendimento da demanda hídrica de 82,3%. A partir do decêndio 25 observou-se uma seqüência (decêndio de 25 a 36) de valores próximos a zero de probabilidade, indicando assim a necessidade de irrigação nesse período.



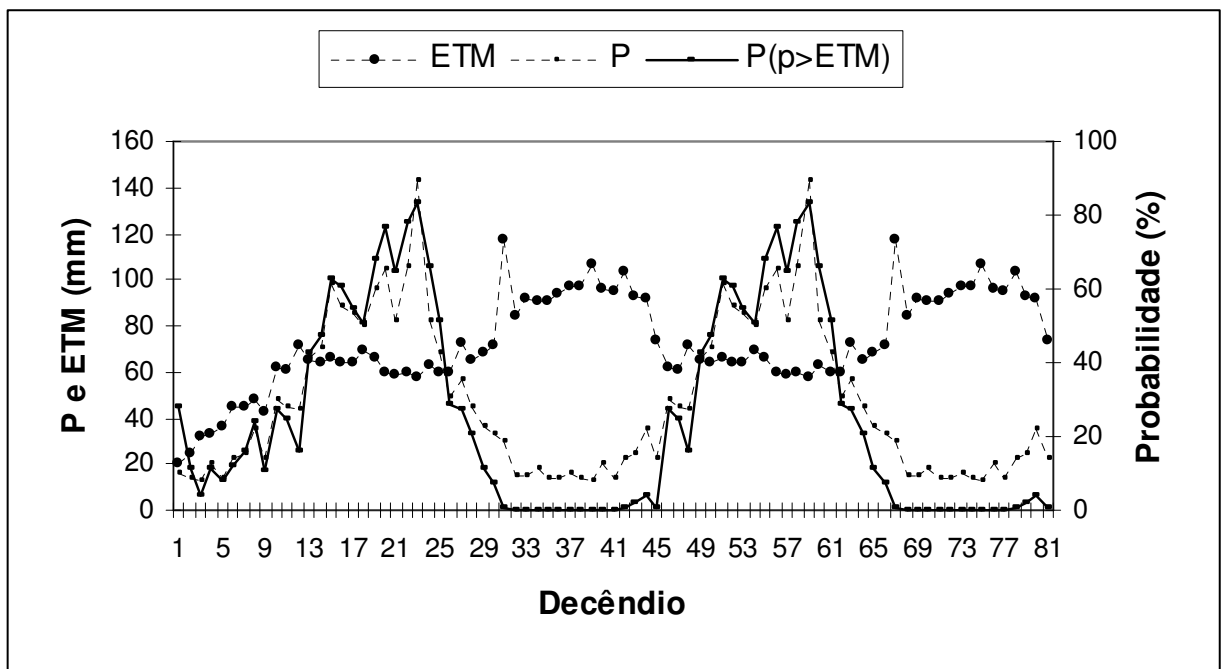
**Figura 16.** Curva da precipitação pluviométrica (P), Demanda Hídrica (ETM), e probabilidade de atendimento para o plantio da cana planta de Novembro (decêndio de 1 a 45) e sua respectiva cana soca (decêndio 46 a 81).

#### 4.5.12 Plantio de dezembro

Para o plantio da cana planta de dezembro, conforme a Figura 17 observou-se, que os períodos de emergência e início do perfilhamento ficaram comprometidos pelas baixas probabilidades (abaixo de 40%) de atendimento da demanda hídrica, necessitando o uso suplementar de irrigação. Parte do crescimento vegetativo se beneficia pelas chuvas do período úmido, que ocorre a partir de maio (corresponde ao decêndio 16 – Anexo L). A partir do decêndio 31, valores de probabilidades próximos a zero podem ser prejudiciais ao período de armazenamento maturação e colheita.

Para o ciclo da cana soca, que se inicia a partir do decêndio 46, pode-se observar que no período de emergência, as probabilidades são baixas necessitando o uso de irrigação, no entanto os índices de probabilidades começam a aumentar a partir desse período chegando a valores altos, como no decêndio 59, onde a

probabilidade de atendimento da demanda hídrica foi de 83,4%. A partir do decêndio 62, quando a cultura está no auge do seu crescimento vegetativo, os valores das probabilidades foram em sua maioria próximos de zero, colocando em risco a safra, pois esses baixos valores seguem até o fim do ciclo, ou seja, prejudicam também o período de armazenamento, maturação e colheita (Anexo L).



**Figura 17.** Curva da precipitação pluviométrica (P), Demanda Hídrica (ETM), e probabilidade de atendimento para o plantio da cana planta de Dezembro (decêndio de 1 a 45), e sua respectiva cana soca (decêndio 46 a 81).

## 5. CONCLUSÕES

A análise da probabilidade de atendimento da demanda hídrica para a cultura da cana-de-açúcar, nos diferentes ciclos da cultura da cana-de-açúcar, na região de Rio Largo – AL permitiu concluir que:

- A Hipótese deste trabalho foi confirmada: é possível estabelecer os déficits hídricos nas diferentes fases de desenvolvimento da cultura da cana-de-açúcar, podendo esses ser utilizados nas tomadas de decisões relacionadas a períodos de plantio, e otimização da irrigação, uma vez que foram identificadas as fases críticas da cultura para os diferentes meses de plantio.

- Foi possível, através das equações empíricas, estabelecerem valores das variáveis necessárias como Evapotranspiração Potencial, Coeficiente de Cultura, Evapotranspiração Máxima. E foi possível aplicar aos dados a distribuição de probabilidade gama, com resultados satisfatórios.

- A probabilidade de atendimento da demanda hídrica para o plantio do mês de junho apresentou-se a mais viável considerando o ciclo da cana planta e da sua respectiva soca.

## 6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGRIANUAL, **Anuário Estatístico do Brasil**. São Paulo, FNP, 2006.

ALEXANDER, A. G. **Sugarcane physiology: a comprehensive study of the Saccharum source-to-sink system**. Amsterdam: Elsevier, 1973. 725p.

ARAÚJO, A. E. et al. Municípios aptos e épocas de plantio para o cultivo da mamoeira no estado da Paraíba. **Revista de Oleaginosas e Fibrosas**, Campina Grande, v.4, n.2, p. 103-110, maio- agosto- 2000.

ARAÚJO, W. F. et al. Precipitação pluviométrica mensal provável em Boa Vista- Estado de Roraima, Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v.5,n.3,p.563-567, 2001, Campina Grande- PB.

BARBIERI, V. **Curso intensivo em cana-de-açúcar**. Programa Nacional de Melhoramento da cana-de-açúcar. PLANALSUCAR. 1981.

\_\_\_\_\_. **Condicionamento climático da produtividade potencial da cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*): um modelo matemático fisiológico de estimativa**. Piracicaba, 1993, 142p. Tese (Doutorado em Agronomia, Solos e Nutrição de Plantas) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.

\_\_\_\_\_. **Medidas e estimativa de consumo hídrico em cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*)**. Piracicaba, 1981. 82p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.

BARBIERI, J. 3 anos de Próalcool, **Jornal da Unicamp**, Unicamp – São Paulo, Novembro de 2005.

BASALDI, O. V. et al. Considerações sobre a dinâmica recente do complexo sucroalcooleiro no estado de São Paulo. **Informações Econômicas**. v.26, n.4, p. 21-29, 1996.

BURMAN, et al. *Techniques for estimating irrigation water requirements*. Advances in Irrig., 2:335-394, 1983

CÂMARA, G.M.S & OLIVEIRA, E.A.M. **Produção da cana-de-acucar**. Piracicaba: FEALQ, 1993. 242p. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.

DOOREMBOS, J. & KASSAM, A.H. **Efectos del agua sobre el rendimiento de los cultivos**. Boletim n. 33. Roma: FAO, 1979. 212p. (FAO. Riego y Drenaje, 33).



EVERINGHAM, Y. L. et al. Enhanced risk management and decision-making capability across the sugarcane industry value chain based on seasonal climate forecasts. **Agricultural Systems**.74 (2002) 459–477.

FACOUNNIER, R. & BASSEREAU, O. **La Cana de Azucar**. Barcelona, Ed. Blume, 1975. 419p.

GEMENTE, A. C. et al. Planejamento agrícola. In. BRUGNARO. C. & SBRAGIA, R. **Gerência Agrícola em destilarias de álcool**. 2. ed. Piracicaba:

IAA/PLANALSUCAR, 1986. p. 29-83 (Coleção PLANALSUCAR, 1).

HUMBERT, H. P, **The growing of sugar cane**. Amsterda: Elsevier, 1968.

IAA/ Instituto do Açúcar e do Álcool – Programa Nacional de Melhoramento da Cana-de-açúcar. **Relatório Anual – 1974**. Estações experimentais. Piracicaba, PLANALSUCAR, 1974. 68p.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br>. Acesso em: 15/11/2007.

KOUSKY, V. E. **Frontal influences on northeast Brazil**. Mon Wea. Rev., v.107, p. 1140-1153, 1979.

LAMEIRAS, A.T. de M. Análise do sistema de coleta de informações climáticas do PLANALSUCAR. In: SIMPÓSIO DE AVALIAÇÃO DA AGROINDÚSTRIA DA CANA-DE-AÇÚCAR NO ESTADO DE ALAGOAS, 2, Rio Largo – AL, 1985. **ANAI...** p.25-45, Rio Largo-AL, 1985.

LUCCHSI, A.A. Processos fisiológicos da cultura da cana-de-açúcar (*Ssccharum spp*). **Boletim técnico ESALQ/CENA, Piracicaba**,1995.

MACHADO, E. C. et al. Índices biométricos de duas variedades de cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v.17, n.9, p.1323-1329, 1982.

MATIOLI, C. S, **Irrigação suplementar de cana-de-açúcar: modelo de análise de decisão para o Estado de São Paulo** Piracicaba, 1998, 122p. Tese (Doutorado em Agronomia, Solos e Nutrição de Plantas) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.

MOLION, L. B. & BERNARDO, S. O. Uma revisao da dinamica das chuvs no Nordeste Brasileiro. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.17, n.1,1- 10,2002

MORAIS, A. R. et al. Estimativa da precipitação provável em Lavras (MG) através da distribuição gama. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.9, n.2, p.305-310, 2001. Santa Maria - RS.

MOTTA, F.S. **Meteorologia Agrícola**. São Paulo, Nobel, 1983. 376p.

OMETTO, J. C. An equation for the estimation of agro-industrial sugar cane yield in the Piracicaba region. In: INTERNATIONAL SOCIETY OF SUGAR CANE TECHNOLOGIST CONGRESS, 16., São Paulo, 1978. **Anais...** São Paulo: Editora Ceres, 1978. p. 899-905.

PEREIRA, A. R. et al. **Evapo(transpi)ração**. Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários – Luiz de Queiroz, 1997. 183 p.

PEREIRA, A. R. et al. **Agrometeorologia: Fundamentos e Aplicações práticas**. Guaíba: Agropecuária, 2002.

PINAZZA, A. H. Implicações da gerencia agrícola nas usinas e destilarias. Brasil Açucareiro, v. 103, p.26.27, 1985

SANTIAGO, A. D. et al. Impulsionando a produtividade e a produção agrícola da cana-de-açúcar no Brasil. INTERNATIONAL WORKSHOP ON TROPICAL AGRICULTURE DEVELOPMENT. Brasília, 2006, **Anais...** Brasília, 2006

SANTOS, A.O; et al. Avaliação de métodos para estimativa da evapotranspiração máxima da alfafa. **Revista Brasileira de Agrometeorologia, Santa Maria**, v.2,n.1, 1994)

SANTOS, M. A. L. **Irrigação suplementar da cana-de-açúcar ( Saccharum ssp): Um modelo de análise de decisão para o estado de Alagoas**. Piracicaba, 2005. 100p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Universidade de São Paulo.

SCARDUA, R. **O clima e a irrigação na produção agroindustrial da cana-de-açúcar ( Saccharum spp)**. Piracicaba, 1985. 122p. Tese (Livre Docência) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – USP.

SILVA, J. C. et al. Análise de distribuição de chuva para Santa Maria, RS. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v.11,n.1,p.67-72, 2007, Campina Grande- PB.

SOUSA, J. G. C. **Estudo do consumo de água pela cultura da cana-de-açúcar (Saccharum spp)**. Piracicaba, 1976. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.

SOUZA, L. J. et al. Análise da precipitação pluvial e temperatura do ar do Tabuleiro Costeiro de Maceió, AL, período 1972 – 2001. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v.11,n.2 p.131-141, 2007, Campina Grande- PB.

TERRAMOTO, E. R. **Avaliação e aplicação de modelos de estimativa de produção de cana-de-açúcar (saccharum spp.) baseados em parâmetros do solo e do clima**. Piracicaba - SP, 2003. Tese (Doutorado em Agronomia). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.

TOLEDO FILHO, M. R. **Probabilidade de suprimento da demanda hídrica ideal da cultura da cana-de-açúcar (saccharum spp) através da precipitação pluvial**

**na zona canavieira do estado de Alagoas.** Piracicaba, 1988. 72p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.

THORNTHWAITE, C. W. An approach toward a rational classification of climate. **Geogr. Review.** 38:55-94, 1948.

\_\_\_\_\_ & MATHER, J. R. The water balance. Publications in Climatology. New Jersey, Drexel Inst. of Technology, 104 p. 1955.

VILA NOVA, N. et al. **Agrometeorologia.** Piracicaba, 1986, CALQ, 109p.

WRIGHT, J.L., New evapotranspiration crop coefficients. *J. Irrigation and Drainage*, 108:57-74, 1982

## **7. APÊNDICES**

**Anexo A** – Valores das Demandas Hídricas (ETM), Precipitações pluviométricas (P), e Probabilidades de suprimento das demandas hídricas ( $P(P>ETM)$ ) médias decendiais, para o plantio da cana planta em janeiro com colheita em março, e sua respectiva cana soca.

Cana Planta					Cana Soca				
DEC.	MÊS	ETM	P	$P(P>ETM)$	DEC.	MÊS	ETM	P	$P(P>ETM)$
1	Jan	20,9	20,5	42,1	46	Abr	53,4	66,3	53,8
2		24,8	14,4	18,1	47		54,0	70,9	57,1
3		31,7	22,7	24,3	48		56,0	97,9	70,1
4	Fev	32,3	24,4	26,6	49	Mai	54,9	88,4	68,2
5		36,2	35,1	38,4	50		56,4	85,6	61,2
6		32,4	22,7	21,7	51		61,6	80,0	58,1
7	Mar	48,1	47,7	39,7	52	Jun	59,4	96,5	74,3
8		48,3	45,0	37,0	53		53,8	104,4	80,5
9		57,8	43,7	25,8	54		53,8	81,7	69,4
10	Abr	53,4	66,3	53,8	55	Jul	55,3	106,0	81,4
11		54,0	70,9	57,1	56		54,3	142,6	85,1
12		56,0	97,9	70,1	57		59,5	81,6	69,6
13	Mai	54,9	88,4	68,2	58	Ago	56,8	68,7	54,3
14		56,4	85,6	61,2	59		57,9	48,7	31,0
15		61,6	80,0	58,1	60		70,4	57,0	28,8
16	Jun	59,4	96,5	74,3	61	Set	64,2	44,6	21,5
17		53,8	104,4	80,5	62		67,3	36,5	11,4
18		53,8	81,7	69,4	63		71,1	33,4	7,2
19	Jul	55,3	106,0	81,4	64	Out	117,7	30,1	0,4
20		54,3	142,6	85,1	65		85,2	14,6	0,0
21		59,5	81,6	69,6	66		93,0	15,4	0,0
22	Ago	56,8	68,7	54,3	67	Nov	92,7	18,3	0,0
23		57,9	48,7	31,0	68		92,4	13,9	0,0
24		70,4	57,0	28,8	69		95,8	13,7	0,0
25	Set	64,2	44,6	21,5	70	Dez	99,7	16,1	0,0
26		67,3	36,5	11,4	71		99,4	13,5	0,0
27		71,1	33,4	7,2	72		110,2	13,1	0,0
28	Out	117,7	30,1	0,4	73	Jan	98,5	20,5	0,0
29		85,2	14,6	0,0	74		97,4	14,4	0,1
30		93,0	15,4	0,0	75		106,4	22,7	0,3
31	Nov	92,7	18,3	0,0	76	Fev	94,5	24,4	2,0
32		92,4	13,9	0,0	77		93,3	35,1	3,9
33		95,8	13,7	0,0	78		74,5	22,7	0,8
34	Dez	99,7	16,1	0,0	79	Mar	99,8	47,7	8,7

35		99,4	13,5	0,0	80		91,1	45,0	8,3
36		110,2	13,1	0,0	81		100,0	43,7	5,5
37	Jan	98,5	20,5	0,0					
38		97,4	14,4	0,1					
39		106,4	22,7	0,3					
40	Fev	94,5	24,4	2,0					
41		93,3	35,1	3,9					
42		74,5	22,7	0,8					
43	Mar	99,8	47,7	8,7					
44		91,1	45,0	8,3					
45		100,0	43,7	5,5					

**Anexo B** – Valores das Demandas Hídricas (ETM), Precipitações pluviométricas (P), e Probabilidades de suprimento das demandas hídricas ( $P(P>ETM)$ ) médias decendiais, para o plantio da cana planta em fevereiro, com colheita em abril, e sua respectiva cana soca.

Cana Planta					Cana Soca				
DEC.	MÊS	ETM	P	$P(P>ETM)$	DEC.	MÊS	ETM	P	$P(P>ETM)$
1	Fev	20,6	24,4	43,3	46	Mai	45,2	88,4	76,5
2		24,4	35,1	57,6	47		47,2	85,6	68,8
3		22,8	22,7	40,7	48		52,3	80,0	67,0
4	Mar	34,9	47,7	55,6	49	Jun	51,2	96,5	81,1
5		36,1	45,0	53,2	50		47,0	104,4	85,3
6		44,2	43,7	40,1	51		47,6	81,7	75,6
7	Abr	41,7	66,3	66,7	52	Jul	49,6	106,0	85,4
8		43,0	70,9	68,7	53		49,3	142,6	87,5
9		45,4	97,9	78,2	54		54,6	81,6	75,2
10	Mai	45,2	88,4	76,5	55	Ago	52,7	68,7	58,9
11		47,2	85,6	68,8	56		54,3	48,7	35,0
12		52,3	80,0	67,0	57		66,8	57,0	32,0
13	Jun	51,2	96,5	81,1	58	Set	61,4	44,6	23,6
14		47,0	104,4	85,3	59		65,0	36,5	12,6
15		47,6	81,7	75,6	60		69,3	33,4	7,9
16	Jul	49,6	106,0	85,4	61	Out	115,7	30,1	0,5
17		49,3	142,6	87,5	62		84,4	14,6	0,0
18		54,6	81,6	75,2	63		92,8	15,4	0,0
19	Ago	52,7	68,7	58,9	64	Nov	93,1	18,3	0,0
20		54,3	48,7	35,0	65		93,3	13,9	0,0
21		66,8	57,0	32,0	66		97,3	13,7	0,0
22	Set	61,4	44,6	23,6	67	Dez	101,7	16,1	0,0
23		65,0	36,5	12,6	68		101,8	13,5	0,0
24		69,3	33,4	7,9	69		113,1	13,1	0,0
25	Out	115,7	30,1	0,5	70	Jan	101,3	20,5	0,0
26		84,4	14,6	0,0	71		100,2	14,4	0,1
27		92,8	15,4	0,0	72		109,5	22,7	0,3
28	Nov	93,1	18,3	0,0	73	Fev	97,2	24,4	1,7
29		93,3	13,9	0,0	74		95,8	35,1	3,5
30		97,3	13,7	0,0	75		76,4	22,7	0,7
31	Dez	101,7	16,1	0,0	76	Mar	102,0	47,7	8,1
32		101,8	13,5	0,0	77		92,9	45,0	7,7
33		113,1	13,1	0,0	78		101,7	43,7	5,1
34	Jan	101,3	20,5	0,0	79	Abr	86,5	66,3	26,1
35		100,2	14,4	0,1	80		81,2	70,9	33,4
36		109,5	22,7	0,3	81		78,6	97,9	53,4
37	Fev	97,2	24,4	1,7					
38		95,8	35,1	3,5					
39		76,4	22,7	0,7					
40	Mar	102,0	47,7	8,1					
41		92,9	45,0	7,7					
42		101,7	43,7	5,1					
43	Abr	86,5	66,3	26,1					
44		81,2	70,9	33,4					
45		78,6	97,9	53,4					

**Anexo C** – Valores das Demandas Hídricas (ETM), Precipitações pluviométricas (P), e Probabilidades de suprimento das demandas hídricas ( $P(P>ETM)$ ) médias decendiais, para o plantio da cana planta em março, com colheita em maio, e sua respectiva cana soca.

Cana Planta					Cana Soca				
DEC.	MÊS	ETM	P	P(P>ETM)	DEC.	MÊS	ETM	P	P(P>ETM)
1	Mar	22,3	47,7	74,0	46	Jun	42,2	96,5	87,8
2		24,3	45,0	72,0	47		39,4	104,4	90,1
3		31,1	43,7	59,0	48		40,5	81,7	82,4
4	Abr	30,3	66,3	79,6	49	Jul	42,7	106,0	89,7
5		32,1	70,9	80,3	50		43,1	142,6	90,2
6		34,8	97,9	86,0	51		48,3	81,6	81,9
7	Mai	35,4	88,4	84,7	52	Ago	47,2	68,7	65,1
8		37,6	85,6	76,9	53		49,3	48,7	41,1
9		42,4	80,0	76,7	54		61,3	57,0	37,2
10	Jun	42,2	96,5	87,8	55	Set	57,0	44,6	27,4
11		39,4	104,4	90,1	56		61,0	36,5	15,0
12		40,5	81,7	82,4	57		65,7	33,4	9,4
13	Jul	42,7	106,0	89,7	58	Out	110,7	30,1	0,6
14		43,1	142,6	90,2	59		81,5	14,6	0,0
15		48,3	81,6	81,9	60		90,4	15,4	0,0
16	Ago	47,2	68,7	65,1	61	Nov	91,5	18,3	0,0
17		49,3	48,7	41,1	62		92,5	13,9	0,0
18		61,3	57,0	37,2	63		97,1	13,7	0,0
19	Set	57,0	44,6	27,4	64	Dez	102,2	16,1	0,0
20		61,0	36,5	15,0	65		102,8	13,5	0,0
21		65,7	33,4	9,4	66		114,8	13,1	0,0
22	Out	110,7	30,1	0,6	67	Jan	103,3	20,5	0,0
23		81,5	14,6	0,0	68		102,6	14,4	0,1
24		90,4	15,4	0,0	69		112,4	22,7	0,2
25	Nov	91,5	18,3	0,0	70	Fev	99,9	24,4	1,6
26		92,5	13,9	0,0	71		98,6	35,1	3,1
27		97,1	13,7	0,0	72		78,7	22,7	0,6
28	Dez	102,2	16,1	0,0	73	Mar	104,9	47,7	7,4
29		102,8	13,5	0,0	74		95,5	45,0	7,0
30		114,8	13,1	0,0	75		104,3	43,7	4,6
31	Jan	103,3	20,5	0,0	76	Abr	88,5	66,3	24,9
32		102,6	14,4	0,1	77		82,8	70,9	32,2
33		112,4	22,7	0,2	78		80,0	97,9	52,5
34	Fev	99,9	24,4	1,6	79	Mai	73,4	88,4	52,7
35		98,6	35,1	3,1	80		71,0	85,6	50,1
36		78,7	22,7	0,6	81		73,4	80,0	47,4
37	Mar	104,9	47,7	7,4					
38		95,5	45,0	7,0					
39		104,3	43,7	4,6					
40	Abr	88,5	66,3	24,9					
41		82,8	70,9	32,2					
42		80,0	97,9	52,5					
43	Mai	73,4	88,4	52,7					
44		71,0	85,6	50,1					
45		73,4	80,0	47,4					



**Anexo D** – Valores das Demandas Hídricas (ETM), Precipitações pluviométricas (P), e Probabilidades de suprimento das demandas hídricas ( $P(P>ETM)$ ) médias decendiais, para o plantio da cana planta em abril, com colheita em junho, e sua respectiva cana soca.

Cana Planta					Cana Soca				
DEC.	MÊS	ETM	P	$P(P>ETM)$	DEC.	MÊS	ETM	P	$P(P>ETM)$
1	Abr	19,3	66,3	90,8	46	Jul	35,2	106,0	93,6
2		21,6	70,9	90,3	47		36,1	142,6	93,0
3		24,4	97,9	92,5	48		41,1	81,6	88,6
4	Mai	25,7	88,4	91,6	49	Ago	40,7	68,7	72,7
5		28,1	85,6	84,9	50		43,1	48,7	49,7
6		32,5	80,0	85,8	51		54,3	57,0	44,8
7	Jun	33,0	96,5	93,4	52	Set	51,1	44,6	33,3
8		31,4	104,4	94,2	53		55,4	36,5	19,1
9		32,8	81,7	88,9	54		60,3	33,4	12,2
10	Jul	35,2	106,0	93,6	55	Out	102,8	30,1	1,0
11		36,1	142,6	93,0	56		76,5	14,6	0,0
12		41,1	81,6	88,6	57		85,7	15,4	0,0
13	Ago	40,7	68,7	72,7	58	Nov	87,6	18,3	0,1
14		43,1	48,7	49,7	59		89,4	13,9	0,0
15		54,3	57,0	44,8	60		94,7	13,7	0,0
16	Set	51,1	44,6	33,3	61	Dez	100,4	16,1	0,0
17		55,4	36,5	19,1	62		101,9	13,5	0,0
18		60,3	33,4	12,2	63		114,6	13,1	0,0
19	Out	102,8	30,1	1,0	64	Jan	103,7	20,5	0,0
20		76,5	14,6	0,0	65		103,7	14,4	0,1
21		85,7	15,4	0,0	66		114,1	22,7	0,2
22	Nov	87,6	18,3	0,1	67	Fev	101,9	24,4	1,4
23		89,4	13,9	0,0	68		100,9	35,1	2,8
24		94,7	13,7	0,0	69		80,7	22,7	0,5
25	Dez	100,4	16,1	0,0	70	Mar	107,9	47,7	6,7
26		101,9	13,5	0,0	71		98,3	45,0	6,3
27		114,6	13,1	0,0	72		107,3	43,7	4,1
28	Jan	103,7	20,5	0,0	73	Abr	91,0	66,3	23,4
29		103,7	14,4	0,1	74		85,1	70,9	30,7
30		114,1	22,7	0,2	75		82,0	97,9	51,1
31	Fev	101,9	24,4	1,4	76	Mai	75,0	88,4	51,4
32		100,9	35,1	2,8	77		72,4	85,6	49,0
33		80,7	22,7	0,5	78		74,7	80,0	46,3
34	Mar	107,9	47,7	6,7	79	Jun	68,5	96,5	66,3
35		98,3	45,0	6,3	80		59,2	104,4	76,5
36		107,3	43,7	4,1	81		56,8	81,7	66,4
37	Abr	91,0	66,3	23,4					
38		85,1	70,9	30,7					
39		82,0	97,9	51,1					
40	Mai	75,0	88,4	51,4					
41		72,4	85,6	49,0					
42		74,7	80,0	46,3					
43	Jun	68,5	96,5	66,3					
44		59,2	104,4	76,5					
45		56,8	81,7	66,4					

**Anexo E** – Valores das Demandas Hídricas (ETM), Precipitações pluviométricas (P), e Probabilidades de suprimento das demandas hídricas ( $P(P>ETM)$ ) médias decendiais, para o plantio da Cana Planta em maio, com colheita em julho, e sua respectiva cana soca.

Cana Planta					Cana Soca				
DEC.	MÊS	ETM	P	$P(P>ETM)$	DEC.	MÊS	ETM	P	$P(P>ETM)$
1	Mai	16,4	88,4	96,7	46	Ago	33,6	68,7	80,7
2		18,9	85,6	91,9	47		36,1	48,7	60,4
3		22,8	80,0	93,2	48		46,1	57,0	54,6
4	Jun	24,0	96,5	97,3	49	Set	44,1	44,6	41,5
5		23,4	104,4	97,3	50		48,4	36,5	25,6
6		25,1	81,7	94,2	51		53,4	33,4	17,0
7	Jul	27,5	106,0	96,7	52	Out	92,1	30,1	1,8
8		28,7	142,6	95,6	53		69,4	14,6	0,0
9		33,3	81,6	94,2	54		78,7	15,4	0,0
10	Ago	33,6	68,7	80,7	55	Nov	81,3	18,3	0,1
11		36,1	48,7	60,4	56		83,8	13,9	0,0
12		46,1	57,0	54,6	57		89,8	13,7	0,0
13	Set	44,1	44,6	41,5	58	Dez	96,2	16,1	0,0
14		48,4	36,5	25,6	59		98,5	13,5	0,0
15		53,4	33,4	17,0	60		111,7	13,1	0,0
16	Out	92,1	30,1	1,8	61	Jan	102,0	20,5	0,0
17		69,4	14,6	0,0	62		102,7	14,4	0,1
18		78,7	15,4	0,0	63		113,9	22,7	0,2
19	Nov	81,3	18,3	0,1	64	Fev	102,3	24,4	1,4
20		83,8	13,9	0,0	65		102,0	35,1	2,7
21		89,8	13,7	0,0	66		82,0	22,7	0,5
22	Dez	96,2	16,1	0,0	67	Mar	110,1	47,7	6,3
23		98,5	13,5	0,0	68		100,6	45,0	5,8
24		111,7	13,1	0,0	69		110,2	43,7	3,7
25	Jan	102,0	20,5	0,0	70	Abr	93,6	66,3	22,0
26		102,7	14,4	0,1	71		87,6	70,9	29,0
27		113,9	22,7	0,2	72		84,4	97,9	49,5
28	Fev	102,3	24,4	1,4	73	Mai	77,2	88,4	49,7
29		102,0	35,1	2,7	74		74,4	85,6	47,7
30		82,0	22,7	0,5	75		76,6	80,0	44,7
31	Mar	110,1	47,7	6,3	76	Jun	70,0	96,5	64,9
32		100,6	45,0	5,8	77		60,4	104,4	75,6
33		110,2	43,7	3,7	78		57,8	81,7	65,3
34	Abr	93,6	66,3	22,0	79	Jul	57,1	106,0	80,1
35		87,6	70,9	29,0	80		54,2	142,6	85,1
36		84,4	97,9	49,5	81		57,6	81,6	71,7
37	Mai	77,2	88,4	49,7					
38		74,4	85,6	47,7					
39		76,6	80,0	44,7					
40	Jun	70,0	96,5	64,9					
41		60,4	104,4	75,6					
42		57,8	81,7	65,3					
43	Jul	57,1	106,0	80,1					
44		54,2	142,6	85,1					
45		57,6	81,6	71,7					

**Anexo F** – Valores das Demandas Hídricas (ETM), Precipitações pluviométricas (P), e Probabilidades de suprimento das demandas hídricas ( $P(P>ETM)$ ) médias decendiais, para o plantio da cana planta em junho, com colheita em agosto, e sua respectiva cana soca.

Cana Planta					Cana Soca				
DEC.	MÊS	ETM	P	P(P>ETM)	DEC.	MÊS	ETM	P	P(P>ETM)
1	Jun	15,3	96,5	99,3	46	Set	36,3	20,5	7,1
2		15,8	104,4	99,1	47		40,5	14,4	6,3
3		17,6	81,7	97,7	48		45,4	22,7	11,5
4	Jul	20,0	106,0	98,7	49	Out	79,4	24,4	3,7
5		21,5	142,6	97,6	50		60,7	35,1	15,0
6		25,5	81,6	97,7	51		69,7	22,7	1,3
7	Ago	26,2	68,7	88,2	52	Nov	72,9	47,7	19,7
8		28,7	48,7	72,2	53		76,1	45,0	14,4
9		37,4	57,0	66,1	54		82,4	43,7	10,7
10	Set	36,3	44,6	52,2	55	Dez	89,3	66,3	24,4
11		40,5	36,5	35,0	56		92,4	70,9	26,1
12		45,4	33,4	24,4	57		105,9	97,9	36,6
13	Out	79,4	30,1	3,5	58	Jan	97,6	88,4	35,5
14		60,7	14,6	0,1	59		99,2	85,6	32,6
15		69,7	15,4	0,1	60		111,0	80,0	22,1
16	Nov	72,9	18,3	0,3	61	Fev	100,6	96,5	39,8
17		76,1	13,9	0,0	62		101,0	104,4	44,8
18		82,4	13,7	0,0	63		81,8	81,7	42,5
19	Dez	89,3	16,1	0,0	64	Mar	110,5	106,0	39,8
20		92,4	13,5	0,0	65		101,6	142,6	60,5
21		105,9	13,1	0,0	66		111,9	81,6	18,8
22	Jan	97,6	20,5	0,0	67	Abr	95,5	68,7	21,8
23		99,2	14,4	0,1	68		89,6	48,7	9,4
24		111,0	22,7	0,3	69		86,6	57,0	17,8
25	Fev	100,6	24,4	1,5	70	Mai	79,4	88,4	48,0
26		101,0	35,1	2,8	71		76,5	85,6	46,2
27		81,8	22,7	0,5	72		78,8	80,0	42,8
28	Mar	110,5	47,7	6,2	73	Jun	72,0	96,5	63,2
29		101,6	45,0	5,5	74		62,0	104,4	74,3
30		111,9	43,7	3,4	75		59,3	81,7	63,9
31	Abr	95,5	66,3	21,0	76	Jul	58,4	106,0	79,1
32		89,6	70,9	27,7	77		55,3	142,6	84,6
33		86,6	97,9	48,1	78		58,6	81,6	70,5
34	Mai	79,4	88,4	48,0	79	Ago	54,5	68,7	56,9
35		76,5	85,6	46,2	80		54,2	48,7	35,1
36		78,8	80,0	42,8	81		64,7	57,0	33,9
37	Jun	72,0	96,5	63,2					
38		62,0	104,4	74,3					
39		59,3	81,7	63,9					
40	Jul	58,4	106,0	79,1					
41		55,3	142,6	84,6					
42		58,6	81,6	70,5					
43	Ago	54,5	68,7	56,9					
44		54,2	48,7	35,1					
45		64,7	57,0	33,9					

**Anexo G** – Valores das Demandas Hídricas (ETM), Precipitações pluviométricas (P), e Probabilidades de suprimento das demandas hídricas ( $P(P>ETM)$ ) médias decendiais, para o plantio da cana planta em julho, com colheita em setembro, e sua respectiva cana soca.

Cana Planta					Cana Soca				
DEC.	MÊS	ETM	P	P(P>ETM)	DEC.	MÊS	ETM	P	P(P>ETM)
1	Jul	12,7	106,0	99,7	46	Out	65,5	30,1	7,3
2		14,5	142,6	99,0	47		50,8	14,6	0,5
3		17,9	81,6	99,4	48		59,2	15,4	0,2
4	Ago	19,1	68,7	94,1	49	Nov	62,8	18,3	0,7
5		21,5	48,7	83,5	50		66,5	13,9	0,1
6		28,6	57,0	78,0	51		72,9	13,7	0,0
7	Set	28,4	44,6	64,6	52	Dez	80,0	16,1	0,1
8		32,3	36,5	47,5	53		83,8	13,5	0,0
9		36,8	33,4	35,4	54		97,2	13,1	0,0
10	Out	65,5	30,1	7,3	55	Jan	90,6	20,5	0,0
11		50,8	14,6	0,5	56		93,1	14,4	0,2
12		59,2	15,4	0,2	57		105,2	22,7	0,4
13	Nov	62,8	18,3	0,7	58	Fev	96,3	24,4	1,8
14		66,5	13,9	0,1	59		97,6	35,1	3,2
15		72,9	13,7	0,0	60		79,7	22,7	0,5
16	Dez	80,0	16,1	0,1	61	Mar	108,7	47,7	6,6
17		83,8	13,5	0,0	62		100,7	45,0	5,7
18		97,2	13,1	0,0	63		111,6	43,7	3,5
19	Jan	90,6	20,5	0,0	64	Abr	95,9	66,3	20,8
20		93,1	14,4	0,2	65		90,5	70,9	27,2
21		105,2	22,7	0,4	66		88,0	97,9	47,2
22	Fev	96,3	24,4	1,8	67	Mai	80,9	88,4	46,9
23		97,6	35,1	3,2	68		78,3	85,6	45,0
24		79,7	22,7	0,5	69		80,9	80,0	41,2
25	Mar	108,7	47,7	6,6	70	Jun	74,1	96,5	61,4
26		100,7	45,0	5,7	71		63,8	104,4	72,9
27		111,6	43,7	3,5	72		61,0	81,7	62,1
28	Abr	95,9	66,3	20,8	73	Jul	60,1	106,0	77,9
29		90,5	70,9	27,2	74		56,8	142,6	83,9
30		88,0	97,9	47,2	75		60,1	81,6	68,8
31	Mai	80,9	88,4	46,9	76	Ago	55,7	68,7	55,5
32		78,3	85,6	45,0	77		55,3	48,7	33,8
33		80,9	80,0	41,2	78		65,8	57,0	32,9
34	Jun	74,1	96,5	61,4	79	Set	58,9	44,6	25,7
35		63,8	104,4	72,9	80		60,9	36,5	15,1
36		61,0	81,7	62,1	81		63,7	33,4	10,4
37	Jul	60,1	106,0	77,9					
38		56,8	142,6	83,9					
39		60,1	81,6	68,8					
40	Ago	55,7	68,7	55,5					
41		55,3	48,7	33,8					
42		65,8	57,0	32,9					
43	Set	58,9	44,6	25,7					
44		60,9	36,5	15,1					
45		63,7	33,4	10,4					

**Anexo H** – Valores das Demandas Hídricas (ETM), Precipitações pluviométricas (P), e Probabilidades de suprimento das demandas hídricas ( $P(P>ETM)$ ) médias decendiais, para o plantio da cana planta em agosto, com colheita em outubro, e sua respectiva cana soca.

Cana Planta					Cana Soca				
DEC.	MÊS	ETM	P	$P(P>ETM)$	DEC.	MÊS	ETM	P	$P(P>ETM)$
1	Ago	12,1	68,7	98,0	46	Nov	51,8	18,3	2,1
2		14,5	48,7	92,7	47		55,7	13,9	0,4
3		20,1	57,0	88,5	48		62,0	13,7	0,1
4	Set	20,6	44,6	77,5	49	Dez	69,0	16,1	0,3
5		24,1	36,5	62,5	50		73,2	13,5	0,0
6		28,2	33,4	50,1	51		86,1	13,1	0,0
7	Out	51,2	30,1	15,1	52	Jan	81,2	20,5	0,0
8		40,5	14,6	1,9	53		84,5	14,4	0,3
9		48,0	15,4	1,0	54		96,6	22,7	0,6
10	Nov	51,8	18,3	2,1	55	Fev	89,4	24,4	2,4
11		55,7	13,9	0,4	56		91,6	35,1	4,2
12		62,0	13,7	0,1	57		75,6	22,7	0,8
13	Dez	69,0	16,1	0,3	58	Mar	104,0	47,7	7,6
14		73,2	13,5	0,0	59		97,3	45,0	6,5
15		86,1	13,1	0,0	60		108,8	43,7	3,9
16	Jan	81,2	20,5	0,0	61	Abr	94,3	66,3	21,6
17		84,5	14,4	0,3	62		89,7	70,9	27,7
18		96,6	22,7	0,6	63		87,8	97,9	47,3
19	Fev	89,4	24,4	2,4	64	Mai	81,3	88,4	46,6
20		91,6	35,1	4,2	65		79,1	85,6	44,4
21		75,6	22,7	0,8	66		82,2	80,0	40,2
22	Mar	104,0	47,7	7,6	67	Jun	75,5	96,5	60,1
23		97,3	45,0	6,5	68		65,3	104,4	71,7
24		108,8	43,7	3,9	69		62,6	81,7	60,5
25	Abr	94,3	66,3	21,6	70	Jul	61,8	106,0	76,6
26		89,7	70,9	27,7	71		58,5	142,6	83,1
27		87,8	97,9	47,3	72		61,9	81,6	66,7
28	Mai	81,3	88,4	46,6	73	Ago	57,3	68,7	53,8
29		79,1	85,6	44,4	74		56,8	48,7	32,2
30		82,2	80,0	40,2	75		67,5	57,0	31,4
31	Jun	75,5	96,5	60,1	76	Set	60,2	44,6	24,6
32		65,3	104,4	71,7	77		62,1	36,5	14,3
33		62,6	81,7	60,5	78		64,8	33,4	9,8
34	Jul	61,8	106,0	76,6	79	Out	106,2	30,1	0,8
35		58,5	142,6	83,1	80		76,4	14,6	0,0
36		61,9	81,6	66,7	81		83,1	15,4	0,0
37	Ago	57,3	68,7	53,8					
38		56,8	48,7	32,2					
39		67,5	57,0	31,4					
40	Set	60,2	44,6	24,6					
41		62,1	36,5	14,3					
42		64,8	33,4	9,8					
43	Out	106,2	30,1	0,8					
44		76,4	14,6	0,0					
45		83,1	15,4	0,0					

**Anexo I** – Valores das Demandas Hídricas (ETM), Precipitações pluviométricas (P), e Probabilidades de suprimento das demandas hídricas ( $P(P>ETM)$ ) médias decendiais, para o plantio da cana planta em setembro, com colheita em novembro, e sua respectiva cana soca.

Cana Planta					Cana Soca				
Dec.	MÊS	ETM	P	$P(P>ETM)$	Dec.	MÊS	ETM	P	$P(P>ETM)$
1	Set	13,1	44,6	89,2	46	Dez	61,5	16,1	0,6
2		16,2	36,5	78,4	47		60,6	13,5	0,1
3		19,8	33,4	67,4	48		71,2	13,1	0,0
4	Out	37,2	30,1	29,4	49	Jan	64,7	20,5	0,1
5		30,2	14,6	7,1	50		64,5	14,4	1,3
6		36,7	15,4	4,0	51		65,9	22,7	3,6
7	Nov	40,5	18,3	6,1	52	Fev	63,7	24,4	7,2
8		44,3	13,9	1,4	53		64,5	35,1	12,9
9		50,3	13,7	0,5	54		69,6	22,7	1,3
10	Dez	56,9	16,1	1,0	55	Mar	66,3	47,7	23,9
11		61,3	13,5	0,1	56		59,3	45,0	25,8
12		73,1	13,1	0,0	57		58,6	43,7	25,0
13	Jan	70,0	20,5	0,0	58	Abr	59,6	66,3	47,5
14		73,8	14,4	0,7	59		57,9	70,9	53,3
15		85,5	22,7	1,2	60		62,7	97,9	65,0
16	Fev	80,1	24,4	3,6	61	Mai	59,3	88,4	64,3
17		83,1	35,1	6,0	62		59,9	85,6	58,4
18		69,4	22,7	1,3	63		72,3	80,0	48,4
19	Mar	96,6	47,7	9,6	64	Jun	65,3	96,5	69,1
20		91,3	45,0	8,2	65		67,9	104,4	69,7
21		103,2	43,7	4,8	66		71,3	81,7	52,0
22	Abr	90,2	66,3	23,8	67	Jul	117,2	106,0	35,7
23		86,7	70,9	29,6	68		84,3	142,6	69,6
24		85,6	97,9	48,7	69		91,5	81,6	34,1
25	Mai	79,9	88,4	47,6	70	Ago	90,8	68,7	24,6
26		78,4	85,6	44,9	71		90,3	48,7	9,2
27		82,0	80,0	40,4	72		93,4	57,0	14,4
28	Jun	75,9	96,5	59,8	73	Set	97,0	44,6	6,4
29		66,0	104,4	71,2	74		96,6	36,5	2,9
30		63,6	81,7	59,5	75		107,1	33,4	1,1
31	Jul	63,0	106,0	75,6	76	Out	95,8	30,1	1,5
32		59,8	142,6	82,4	77		94,8	14,6	0,0
33		63,5	81,6	64,8	78		103,8	15,4	0,0
34	Ago	58,9	68,7	52,0	79	Nov	92,4	18,3	0,0
35		58,5	48,7	30,4	80		91,4	13,9	0,0
36		69,5	57,0	29,7	81		73,3	13,7	0,0
37	Set	62,0	44,6	23,2					
38		63,8	36,5	13,3					
39		66,4	33,4	9,1					
40	Out	108,6	30,1	0,7					
41		77,9	14,6	0,0					
42		84,5	15,4	0,0					
43	Nov	84,0	18,3	0,1					
44		83,7	13,9	0,0					
45		87,0	13,7	0,0					

**Anexo J** – Valores das Demandas Hídricas (ETM), Precipitações pluviométricas (P), e Probabilidades de suprimento das demandas hídricas ( $P(P>ETM)$ ) médias decendiais, para o plantio da cana planta em outubro, com colheita em dezembro, e sua respectiva cana soca.

Cana Planta					Cana Soca				
DEC.	MÊS	ETM	P	P(P>ETM)	DEC.	MÊS	ETM	P	P(P>ETM)
1	Out	23,7	30,1	52,7	46	Jan	57,7	20,5	0,3
2		20,4	14,6	22,6	47		61,8	14,4	1,5
3		25,8	15,4	14,1	48		72,7	22,7	2,4
4	Nov	29,4	18,3	16,5	49	Fev	69,1	24,4	5,7
5		33,1	13,9	5,3	50		72,6	35,1	9,2
6		38,5	13,7	2,3	51		61,4	22,7	2,4
7	Dez	44,4	16,1	3,3	52	Mar	86,6	47,7	13,1
8		48,9	13,5	0,4	53		82,8	45,0	11,3
9		59,3	13,1	0,1	54		94,7	43,7	6,7
10	Jan	57,7	20,5	0,3	55	Abr	83,8	66,3	27,8
11		61,8	14,4	1,5	56		81,3	70,9	33,3
12		72,7	22,7	2,4	57		81,1	97,9	51,7
13	Fev	69,1	24,4	5,7	58	Mai	76,5	88,4	50,2
14		72,6	35,1	9,2	59		75,8	85,6	46,7
15		61,4	22,7	2,4	60		79,9	80,0	42,0
16	Mar	86,6	47,7	13,1	61	Jun	74,6	96,5	60,9
17		82,8	45,0	11,3	62		65,4	104,4	71,7
18		94,7	43,7	6,7	63		63,4	81,7	59,7
19	Abr	83,8	66,3	27,8	64	Jul	63,3	106,0	75,4
20		81,3	70,9	33,3	65		60,5	142,6	82,1
21		81,1	97,9	51,7	66		64,5	81,6	63,6
22	Mai	76,5	88,4	50,2	67	Ago	60,1	68,7	50,8
23		75,8	85,6	46,7	68		59,9	48,7	29,0
24		79,9	80,0	42,0	69		71,3	57,0	28,1
25	Jun	74,6	96,5	60,9	70	Set	63,7	44,6	21,8
26		65,4	104,4	71,7	71		65,7	36,5	12,2
27		63,4	81,7	59,7	72		68,4	33,4	8,3
28	Jul	63,3	106,0	75,4	73	Out	111,7	30,1	0,6
29		60,5	142,6	82,1	74		80,0	14,6	0,0
30		64,5	81,6	63,6	75		86,7	15,4	0,0
31	Ago	60,1	68,7	50,8	76	Nov	85,9	18,3	0,1
32		59,9	48,7	29,0	77		85,4	13,9	0,0
33		71,3	57,0	28,1	78		88,5	13,7	0,0
34	Set	63,7	44,6	21,8	79	Dez	92,2	16,1	0,0
35		65,7	36,5	12,2	80		92,2	13,5	0,0
36		68,4	33,4	8,3	81		102,6	13,1	0,0
37	Out	111,7	30,1	0,6					
38		80,0	14,6	0,0					
39		86,7	15,4	0,0					
40	Nov	85,9	18,3	0,1					
41		85,4	13,9	0,0					
42		88,5	13,7	0,0					
43	Dez	92,2	16,1	0,0					
44		92,2	13,5	0,0					
45		102,6	13,1	0,0					

**Anexo K** – Valores das Demandas Hídricas (ETM), Precipitações pluviométricas (P), e Probabilidades de suprimento das demandas hídricas ( $P(P>ETM)$ ) médias decendiais, para o plantio da cana planta em novembro, com colheita em janeiro, e sua respectiva cana soca.

Cana Planta					Cana Soca				
DEC.	MÊS	ETM	P	$P(P>ETM)$	DEC.	MÊS	ETM	P	$P(P>ETM)$
1	Nov	18,7	18,3	39,4	46	Fev	57,0	24,4	9,5
2		22,3	13,9	17,3	47		60,8	35,1	14,9
3		27,0	13,7	9,4	48		52,2	22,7	5,0
4	Dez	32,3	16,1	10,1	49	Mar	74,6	47,7	18,7
5		36,5	13,5	2,4	50		72,4	45,0	16,4
6		45,4	13,1	0,6	51		83,8	43,7	10,1
7	Jan	45,1	20,5	2,1	52	Abr	75,1	66,3	34,0
8		49,2	14,4	3,5	53		73,8	70,9	39,0
9		58,9	22,7	5,4	54		74,5	97,9	56,4
10	Fev	57,0	24,4	9,5	55	Mai	71,0	88,4	54,5
11		60,8	35,1	14,9	56		71,1	85,6	50,0
12		52,2	22,7	5,0	57		75,8	80,0	45,4
13	Mar	74,6	47,7	18,7	58	Jun	71,4	96,5	63,7
14		72,4	45,0	16,4	59		63,2	104,4	73,4
15		83,8	43,7	10,1	60		61,8	81,7	61,3
16	Abr	75,1	66,3	34,0	61	Jul	62,2	106,0	76,3
17		73,8	70,9	39,0	62		59,9	142,6	82,3
18		74,5	97,9	56,4	63		64,3	81,6	63,8
19	Mai	71,0	88,4	54,5	64	Ago	60,3	68,7	50,5
20		71,1	85,6	50,0	65		60,5	48,7	28,4
21		75,8	80,0	45,4	66		72,4	57,0	27,3
22	Jun	71,4	96,5	63,7	67	Set	65,0	44,6	20,9
23		63,2	104,4	73,4	68		67,2	36,5	11,4
24		61,8	81,7	61,3	69		70,2	33,4	7,6
25	Jul	62,2	106,0	76,3	70	Out	114,9	30,1	0,5
26		59,9	142,6	82,3	71		82,4	14,6	0,0
27		64,3	81,6	63,8	72		89,2	15,4	0,0
28	Ago	60,3	68,7	50,5	73	Nov	88,4	18,3	0,1
29		60,5	48,7	28,4	74		87,7	13,9	0,0
30		72,4	57,0	27,3	75		90,7	13,7	0,0
31	Set	65,0	44,6	20,9	76	Dez	94,3	16,1	0,0
32		67,2	36,5	11,4	77		94,1	13,5	0,0
33		70,2	33,4	7,6	78		104,4	13,1	0,0
34	Out	114,9	30,1	0,5	79	Jan	93,6	20,5	0,0
35		82,4	14,6	0,0	80		93,0	14,4	0,2
36		89,2	15,4	0,0	81		102,0	22,7	0,4
37	Nov	88,4	18,3	0,1					
38		87,7	13,9	0,0					
39		90,7	13,7	0,0					
40	Dez	94,3	16,1	0,0					
41		94,1	13,5	0,0					
42		104,4	13,1	0,0					
43	Jan	93,6	20,5	0,0					
44		93,0	14,4	0,2					
45		102,0	22,7	0,4					



**Anexo L** – Valores das Demandas Hídricas (ETM), Precipitações pluviométricas (P) e Probabilidades de suprimento das demandas hídricas ( $P(P>ETM)$ ) médias decendiais, para o plantio da cana planta em dezembro, com colheita em fevereiro, e sua respectiva cana soca.

Cana Planta					Cana Soca				
DEC.	MÊS	ETM	P	$P(P>ETM)$	DEC.	MÊS	ETM	P	$P(P>ETM)$
1	Dez	20,6	16,1	27,8	46	Mar	61,5	47,7	27,4
2		24,6	13,5	11,4	47		60,6	45,0	24,7
3		31,9	13,1	3,9	48		71,2	43,7	16,1
4	Jan	32,8	20,5	11,3	49	Abr	64,7	66,3	42,7
5		36,8	14,4	8,1	50		64,5	70,9	47,0
6		45,1	22,7	11,7	51		65,9	97,9	62,6
7	Fev	44,5	24,4	16,0	52	Mai	63,7	88,4	60,6
8		48,4	35,1	24,3	53		64,5	85,6	54,8
9		42,3	22,7	10,7	54		69,6	80,0	50,7
10	Mar	61,5	47,7	27,4	55	Jun	66,3	96,5	68,2
11		60,6	45,0	24,7	56		59,3	104,4	76,4
12		71,2	43,7	16,1	57		58,6	81,7	64,5
13	Abr	64,7	66,3	42,7	58	Jul	59,6	106,0	78,3
14		64,5	70,9	47,0	59		57,9	142,6	83,4
15		65,9	97,9	62,6	60		62,7	81,6	65,7
16	Mai	63,7	88,4	60,6	61	Ago	59,3	68,7	51,6
17		64,5	85,6	54,8	62		59,9	48,7	28,9
18		69,6	80,0	50,7	63		72,3	57,0	27,4
19	Jun	66,3	96,5	68,2	64	Set	65,3	44,6	20,7
20		59,3	104,4	76,4	65		67,9	36,5	11,1
21		58,6	81,7	64,5	66		71,3	33,4	7,2
22	Jul	59,6	106,0	78,3	67	Out	117,2	30,1	0,4
23		57,9	142,6	83,4	68		84,3	14,6	0,0
24		62,7	81,6	65,7	69		91,5	15,4	0,0
25	Ago	59,3	68,7	51,6	70	Nov	90,8	18,3	0,0
26		59,9	48,7	28,9	71		90,3	13,9	0,0
27		72,3	57,0	27,4	72		93,4	13,7	0,0
28	Set	65,3	44,6	20,7	73	Dez	97,0	16,1	0,0
29		67,9	36,5	11,1	74		96,6	13,5	0,0
30		71,3	33,4	7,2	75		107,1	13,1	0,0
31	Out	117,2	30,1	0,4	76	Jan	95,8	20,5	0,0
32		84,3	14,6	0,0	77		94,8	14,4	0,2
33		91,5	15,4	0,0	78		103,8	22,7	0,4
34	Nov	90,8	18,3	0,0	79	Fev	92,4	24,4	2,1
35		90,3	13,9	0,0	80		91,4	35,1	4,2
36		93,4	13,7	0,0	81		73,3	22,7	0,9
37	Dez	97,0	16,1	0,0					
38		96,6	13,5	0,0					
39		107,1	13,1	0,0					
40	Jan	95,8	20,5	0,0					
41		94,8	14,4	0,2					
42		103,8	22,7	0,4					
43	Fev	92,4	24,4	2,1					
44		91,4	35,1	4,2					
45		73,3	22,7	0,9					



