



**UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE  
FACULDADE DE AGRONOMIA E ENGENHARIA FLORESTAL  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA RURAL**

**TESE DE LICENCIATURA**

**Estratégias de Conservação de Água no Solo para a Produção  
de Milho em Regime de Sequeiro no Distrito do Chókwè.**

**Autor: Maria Odete Menezes Camba**

**Supervisor: Prof. Doutor Rui Miguel C. L. Brito**

**Maputo, Setembro de 2007**

## DEDICATÓRIA

*Com muito amor dedico este trabalho*

*Aos meus Pais*

*meus irmãos, em especial à minha Irmã Ana Cristina, a cassusa, que  
este trabalho sirva de exemplo à ela e*

*À Lindywe, minha filha*

## **AGRADECIMENTO**

Aos meus Pais **Carlos V. Menezes Camba** e **Maria Olinda F. N`gano**, pela educação, dedicação e carinho;

Aos meus irmãos, pelo apoio incondicional que sempre souberam dar;

Ao meu supervisor, **Prof. Dr Rui Brito**, pela paciência, e ensinamentos por ele transmitidos;

Aos Engenheiros **Paiva Munguambe, Sebastião Famba** e **João Nuvunga**, pelo apoio moral e dicas importantes que souberam prestar;

Um agradecimento especial ao **Cesário Cambaza**, pela grande amizade e apoio que sempre soube prestar nos momentos mais difíceis da minha formação;

Á **Celma Niquice**, amiga de coração, que mesmo a distância, conseguiu dar grandes contributos para realização do presente trabalho.

Aos meus colegas de grupo da T1: **Leocádio Mucipo, Jaime Gado** e **José Filipe**, pelo companheirismo;

Um agradecimento especial ao **Mário Neves Chilundo**, pela amizade e apoio que me prestou durante a realização do trabalho;

Ao meu querido esposo **Leonardo Xerinda**, pelo amor, apoio, força e muita dedicação;

Ao **Dr Fato**, (INIA), pelo apoio;

Á **Deus**, pela vida.

## RESUMO

O presente trabalho debruça-se sobre a influência do *mulch* no rendimento da cultura de milho como estratégia de conservação de água no solo em regime de sequeiro, de modo a melhorar o rendimento desta cultura na zona Sul de Moçambique, mais concretamente no Distrito de Chókwè, Província de Gaza. Em Moçambique a irregularidade das chuvas conduzem a ocorrência de baixos rendimentos agrícolas que influenciam negativamente na segurança alimentar.

No estudo é feito o balanço hídrico diário de água no solo para a cultura de milho, que nos permitiu obter de uma forma isolada a evaporação da cultura, que é uma componente importante para a estimativa de rendimentos em casos de uso de *mulch*. Em 90.7% dos anos analisados verificou-se uma diminuição da evaporação do solo superior a 10%, proporcionando deste modo maior quantidade de água disponível às plantas.

Os rendimentos relativos foram determinados recorrendo as equações de Kassam & Doorembos (1994).

A análise dos rendimentos em cultivo de sequeiro mostra-nos que os défices hídricos na fase III influenciam fortemente no rendimento da cultura do Milho, que é a mais crítica e está directamente relacionado com a precipitação que ocorre durante o ciclo.

Com os resultados do modelo pode-se concluir que existe uma correlação muito forte entre o défice hídrico e o rendimento das culturas e que o uso de *mulch* é uma boa estratégia de conservação de água no solo. Entretanto, esta não pode ser considerada uma boa estratégia capaz de proporcionar grandes aumentos de rendimentos das culturas quando for aplicada de forma isolada.

## ÍNDICE

DEDICATÓRIA.....	I
AGRADECIMENTO .....	II
RESUMO .....	III
LISTA DE FIGURAS .....	VI
LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIATURAS .....	VII
<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>1</b>
1.1 GENERALIDADES.....	1
1.2 IDENTIFICAÇÃO DO PROBLEMA DE ESTUDO E JUSTIFICAÇÃO .....	1
1.3 LOCALIZAÇÃO E BREVE CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	2
1.4 CLIMA.....	3
1.5 OBJECTIVOS DO ESTUDO .....	3
1.5.1 <i>Objectivo geral</i> .....	3
1.5.2 <i>Objectivos específicos</i> .....	4
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>5</b>
2.1 GENERALIDADES.....	5
2.2 DEFINIÇÕES E CONCEITOS.....	5
2.2.1 <i>Evapotranspiração (ET)</i> .....	5
2.2.2 <i>Coefficiente da cultura (Kc) de milho</i> .....	6
2.2.3 <i>A evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>)</i> .....	6
2.2.4 <i>Evapotranspiração actual (ET<sub>c<sub>ajust</sub></sub>)</i> .....	7
2.2.5 <i>Rendimento Potencial (Y<sub>p</sub>) e Actual (Y<sub>a</sub>)</i> .....	8
2.2.6 <i>Coefficiente de resposta da cultura ao suprimento de água (K<sub>y</sub>)</i> .....	9
2.3 SOLOS E SISTEMA DE USO DE TERRA DO DISTRITO DE CHÓKWÈ.....	9
2.3.1 <i>Solos</i> .....	9
2.3.2 <i>Sistemas de uso de terra</i> .....	10
2.4 CONSERVAÇÃO DE ÁGUA NO SOLO EM MOÇAMBIQUE .....	11
2.5 O MULCH.....	12
2.5.1 <i>Vantagens do uso do Mulch</i> .....	13
2.5.2 <i>Desvantagens do uso do Mulch</i> .....	14
2.6 A CULTURA DO MILHO.....	14
2.6.1 <i>Principais características da cultura</i> .....	14
2.6.2 <i>Necessidade de água e rendimento do milho em sequeiro</i> .....	15
2.7 MODELAMENTO DO BALANÇO DIÁRIO DE ÁGUA NO SOLO .....	16
2.7.1 <i>Generalidades</i> .....	16
2.7.2 <i>Determinação dos parâmetros usados no modelo</i> .....	18
2.8 QUANTIFICAÇÃO DOS RENDIMENTOS COM BASE NA CHUVA E NO USO DE MULCH .....	24

<b>3</b>	<b>METODOLOGIA</b> .....	<b>26</b>
3.1	RECOLHA DE DADOS.....	26
3.2	DESENVOLVIMENTO DO MODELO DE BALANÇO DIÁRIO DE ÁGUA NO SOLO.....	26
3.3	ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.....	27
<b>4</b>	<b>ANÁLISE E DISCUSSÃO DE RESULTADOS</b> .....	<b>28</b>
4.1	DISTRIBUIÇÃO DOS DADOS DE PRECIPITAÇÃO DO DISTRITO DE CHÓKWÈ (1961 A 1996).....	28
4.2	RENDIMENTO RELATIVO COM BASE NAS CHUVAS E NO USO DO MULCH.....	28
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES</b> .....	<b>34</b>
5.1	CONCLUSÕES.....	34
5.2	RECOMENDAÇÕES.....	34
<b>6</b>	<b>BIBLIOGRAFIA</b> .....	<b>35</b>
	ANEXO 1: DADOS DE SOLO E CULTURA USADOS NO MODELO.....	II
	ANEXO 2: RESUMO DOS RESULTADOS DO MODELO.....	IV
	ANEXO 3: DISTRIBUIÇÃO MENSAL DA PRECIPITAÇÃO AO LONGO DOS ANOS.....	XI
	ANEXO 4: CORRELAÇÃO ENTRE O RENDIMENTO DA CULTURA DE MILHO E O DÉFICE HÍDRICO NAS FASES I A IV EM CONDIÇÕES NORMAIS DE SEQUEIRO.....	XIII
	ANEXO 5: CORRELAÇÃO ENTRE O RENDIMENTO DA CULTURA DE MILHO E O DÉFICE HÍDRICO NAS FASES I A IV COM O USO DO <i>MULCH</i> . ....	XV
	ANEXO 6: PERCENTAGENS DE AUMENTO DA EVAPORAÇÃO E DIMINUIÇÃO DA TRANSPIRAÇÃO COM O USO DO <i>MULCH</i> . ....	XVII
	ANEXO 7: AUMENTO DO RENDIMENTO COM O USO DO <i>MULCH</i> .....	XVIII

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1-1 Mapa de localização da área de estudo.....	3
Figura 2-1: Coeficiente de stress hídrico da cultura (ks).....	7
Figura 2-2: Relação entre a evapotranspiração Potencial (ETc) e actual (ETcajust) da cultura. .	8
Figura 2-3: Elementos do balanço hídrico do solo .....	16
Figura 2-4: Visualização do modelo de balanço diário de água no solo. ....	18
Figura 2-5: Valores diários do kcb da cultura de milho. ....	20
Figura 2-6: Coeficiente de redução do solo (kr).....	22
Figura 4-1: Aumento do rendimento relativo da cultura de milho na fase III (uso do <i>mulch</i> )..	29
Figura 4-2: Correlação entre o défice hídrico e o rendimento do milho na fase III. ....	30
Figura 4-3: Redução da evaporação do solo devido ao uso do <i>mulch</i> , expressa (em %). ....	31
Figura 4-4: Aumento da transpiração devido ao uso do <i>mulch</i> . ....	32
Figura 4-5 Variação percentual da Evapotranspiração com o uso do <i>mulch</i> .....	32

**LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIATURAS**

<b>Símbolos e Abreviaturas</b>	<b>Designação</b>
$\theta_{fc}$	Humidade a capacidade de campo
$\theta_{wp}$	Humidade no ponto de emurchecimento permanente
%	Porcentagem
BDAS	Balanço diário de água no solo
CRM	Coefficiente de redução do <i>mulch</i>
AD (ou TAW)	Água disponível
Ajust	Valores ajustados
AFD (ou RAW)	Água facilmente disponível
Dp	Percolação profunda
Efect	efectiva
End	Fase final
ETp	Evapotranspiração potencial
Eo	Evaporação de referência
ET <sub>c<sub>ajust</sub></sub>	Evapotranspiração actual
ETc	Evapotranspiração da cultura
ETo	Evapotranspiração de referência ou de tanque
Evap	Evaporação do solo
Fc	Fracção do solo coberta por vegetação
Fw	Fracção do solo humedecida
Few	Fracção do solo exposta e humedecida
H	Altura da planta
Ha	Hectare (1ha = 10000m <sup>2</sup> )
HR	Humidade relativa
In	Fase I (inicial)
Kc	Coefficiente de cultura
Kcb	Coefficiente basal da cultura
Ke	Coefficiente de evaporação da cultura
Kpan	Constante de tanque, de Panman Montheith
Kr	Coefficiente de redução da cultura
Ks	Coefficiente de stress hídrico da cultura
Ky	Coefficiente de resposta da cultura ao suprimento de água
Max	Máximo
Med	Fase III (vegetativa)
Min	mínimo
P	Factor de depleção da cultura

$P_{\text{efect}}$	Precipitação efectiva
$P_{\text{inf}}$	Precipitação que se infiltra no solo
Tab	Valores tabelados
$tab_{\text{in}}$ , $tab_{\text{med}}$ , $tab_{\text{end}}$	São respectivamente valores tabelados das fases I, III e IV
Tot	total
$u_2$	Velocidade de vento
Ya	Rendimento actual
Yp	Rendimento potencial
Zr	Profundidade da raíz

## **1 INTRODUÇÃO**

### **1.1 Generalidades**

A República de Moçambique à semelhança de outros Países da Africa Sub Sahariana tem na agricultura a principal base de desenvolvimento económico. O principal tipo de agricultura é a familiar em regime de sequeiro, praticada na sua maioria em zonas rurais por cerca de 83% da sua população.

A maior parte da população Moçambicana vive nas zonas rurais em extrema pobreza, e dependem da agricultura para sua sobrevivência.

Segundo Siteo (2005), em Moçambique existe uma diversidade de alimentos produzidos na agricultura, e destes o milho e a mandioca são os mais cultivados em diversas explorações individuais.

De acordo com INE (2004), o milho é a principal cultura alimentar para o sector familiar em Moçambique, uma vez que ocupa cerca de 34,5% da área total cultivada e é alimento básico para maior parte da população, com isso deve ser devidamente explorada para alimentar a crescente população nacional que segundo IPAD (2004) a sua taxa de crescimento anual é de 2.3%. Só é possível assegurar rendimentos consideráveis se as condições agroclimáticas associadas às práticas agronómicas de cultivo são devidamente combinadas.

No que concerne ao uso de meios de produção e serviços pelo sector familiar, apenas cerca de 11% usam rega dentro das pequenas explorações; em termos do uso de insumos, somente 3.7% das pequenas explorações utilizam fertilizantes e 6.7% utilizam pesticidas; cerca de 16% das explorações contratam mão-de-obra (Siteo, 2005).

### **1.2 Identificação do problema de estudo e Justificação**

Apesar do sector familiar ser o de grande contribuição na economia do País, contribuindo com cerca de 22,2% do Produto Interno Bruto (INE, 2003), tem uma produtividade muito baixa e pouco usa as tecnologias<sup>1</sup>.

Pelo facto de não se aplicarem tecnologias agrícolas na agricultura familiar, dentre as quais a utilização do sistema de rega, faz com que os seus praticantes dependam das águas da chuva, para a obtenção de rendimentos consideráveis. Neste termos, factor disponibilidade de água joga

---

<sup>1</sup> Por tecnologia refere-se ao uso de insumos (sementes certificadas, rega, fertilizantes, pesticidas) e técnicas de cultivo que possam tornar a Agricultura mais eficiente e efectiva

um papel primordial no desenvolvimento e rendimento das culturas em sequeiro e a precipitação constitui a principal se não, a única fonte de suprimento de água às culturas.

Infelizmente em Moçambique, particularmente na zona sul, os rendimentos obtidos da produção do milho em sequeiro não são satisfatórios devido a distribuição irregular das chuvas. O presente estudo mantém o foco nas estratégias de gestão de água no solo, admitindo que desta forma serão minimizadas as perdas de rendimento do milho, suprimindo aquilo que são as necessidades alimentares da população do distrito de Chókwè, em particular, e a do nosso País em geral.

Chókwè é um distrito da província de Gaza com uma população de cerca de 200.565 habitantes (Programa Competir da Universidade Eduardo Mondlane, 2001). No passado, o distrito de Chókwè foi considerado como sendo o celeiro do País e contribuía com cerca de 70% da produção nacional. Devido as potencialidades do distrito sob ponto de vista agrícola, com relação a cultura do milho em sequeiro, este distrito representa o local ideal para o desenvolvimento deste trabalho que consiste em estudar estratégias de conservação de água no solo.

A conservação de água no solo consiste em usar técnicas e/ou práticas culturais de forma que se proporcione maiores quantidades de água às plantas, minimizando o efeito de *stress* hídrico e consequente aumento do rendimento destas durante o seu ciclo de crescimento.

O rendimento do milho em sequeiro no distrito de Chókwè é muito baixo (200 a 300 kg/ha) quando comparado com o de regadio (3000 a 4000 kg/ha) chegando mesmo a atingir 5000 kg/ha nas variedades mais produtivas como a Manica e Umbeluzi (Competir, 2001).

### **1.3 Localização e breve caracterização da Área de Estudo**

O distrito de Chókwè fica localizado na província de Gaza, a margem direita do rio Limpopo, entre as coordenadas: Longitude 32° 30' 00'' Este, e Latitude 24° 10' 00'' Sul, e ocupa uma área de cerca de 3233 km<sup>2</sup>, com uma extensão N –S de aproximadamente 100 km e E–W de 15 a 40 km. Tem como limites (Figura 1.1) os distritos de Chibuto, Guijá, Mabalane, Macia, Massingir e Magude.

A figura abaixo, apresenta o enquadramento geográfico do distrito de Chókwè, seus postos administrativos, e seus limites.

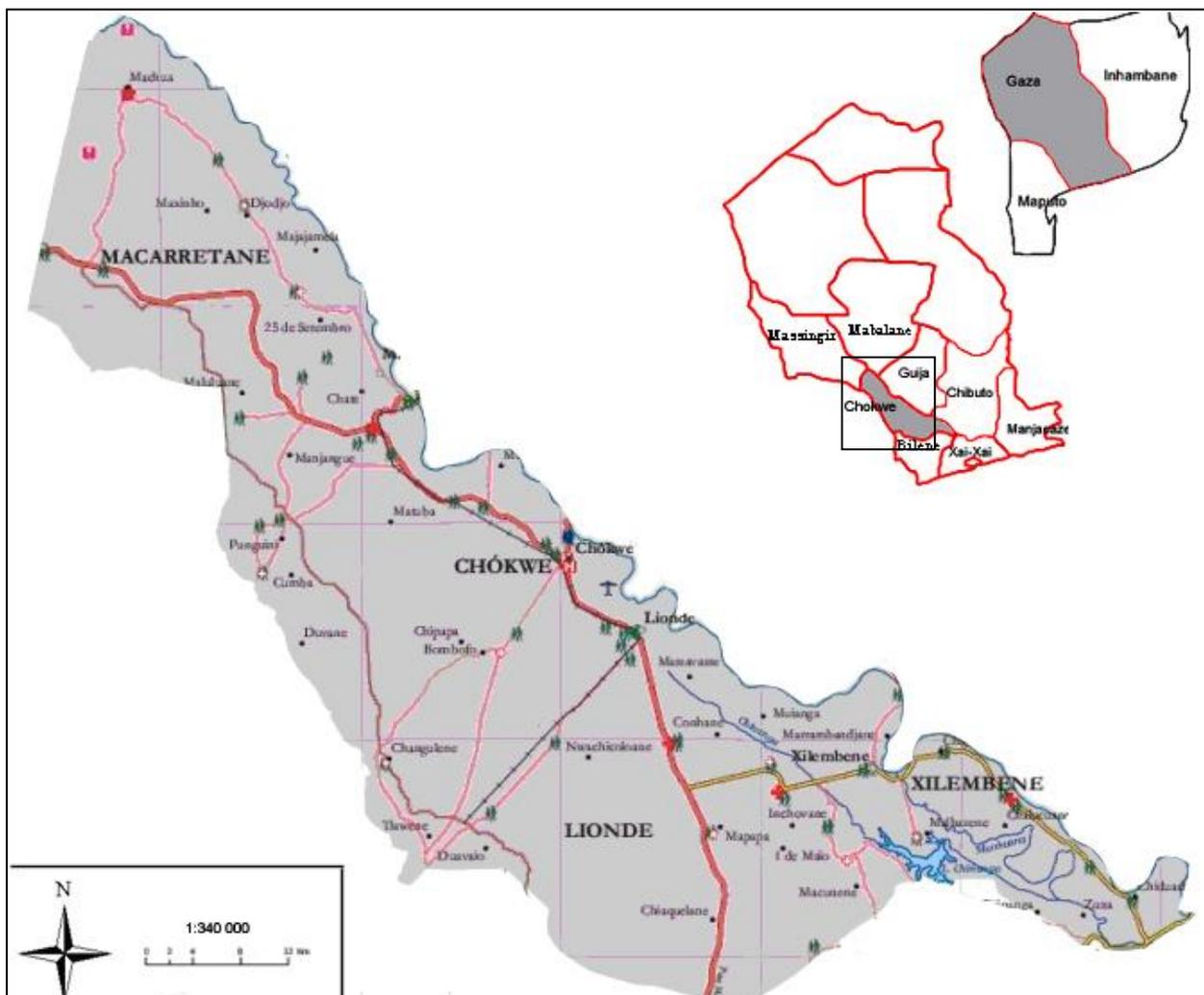


Figura 1-1 Mapa de localização da área de estudo

## 1.4 Clima

Segundo a classificação climática de Thornthwaite, Chókwè possui um clima do tipo semi-árido seco, caracterizado por uma precipitação média anual na ordem dos 600 mm, sendo máxima de 140 mm e a mínima de 10 mm, ocorrendo nos meses de Fevereiro a Junho, respectivamente.

A insolação é de 7.9 hr/dia, a evapotranspiração de referência média anual situa-se nos 1500 mm e a temperatura média anual é de cerca de 23,6°C (Chilundo, 2004).

## 1.5 Objectivos do estudo

### 1.5.1 Objectivo geral

O presente trabalho tem como objectivo principal, avaliar o impacto do uso de *mulch* (cobertura de plantas mortas incorporadas ao solo) no rendimento da cultura de milho como estratégia de gestão da água no solo em regime de sequeiro no distrito de Chókwè.

### **1.5.2 Objectivos específicos**

- ✓ Elaborar o modelo de balanço diário de água no solo com base em dados de precipitação dos anos (1961 a 2001) no distrito de Chókwè;
- ✓ Quantificar o rendimento relativo com base nas chuvas (agricultura em regime de sequeiro);
- ✓ Quantificar o rendimento relativo com base nas chuvas e uso do *mulch*.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Generalidades

A revisão bibliográfica como ponto inicial do presente projecto de investigação, tinha como objectivo, a consulta e análise de todo o material considerado pertinente, sobre a prática agrícola no distrito de Chókwè, e pesquisa de diversas estratégias de conservação de água no geral, para servir de base para sua execução.

Foi feita ainda nesta etapa, a consolidação de conceitos básicos fundamentais na abordagem de assuntos ligados a estratégias de conservação de água para a produção de milho em regime de sequeiro.

### 2.2 Definições e Conceitos

#### 2.2.1 Evapotranspiração (ET)

As culturas necessitam de água durante o seu período de desenvolvimento. Se o suprimento de água for inadequado, a transpiração e a taxa de crescimento é menor e como consequência há redução do rendimento final.

Allen (1998), agrupa a palavra evaporação e transpiração numa só e designa por evapotranspiração, a qual constitui a combinação de dois processos de perda de água em separado, onde por um lado a água perde-se através da superfície do solo e por outro através da transpiração da cultura.

De acordo com Wild (1995), o total de água transpirada pela planta crescendo num ambiente não limitado de água, formando uma canópia completa, dá-se o nome de transpiração potencial. A transpiração actual é menor que a potencial e dá-se quando a canópia da planta é incompleta por exemplo durante a fase inicial de desenvolvimento da cultura e também quando a planta sofre um *stress* hídrico durante o período de crescimento.

No geral, considera-se *Stress* hídrico quando a procura de água excede a quantidade disponível durante um certo período ou quando a fraca qualidade de água restringe a sua utilização. No caso específico das plantas, ocorre *Stress* hídrico quando a planta é incapaz de absorver água suficiente para substituir a perda de água por transpiração. Para períodos longos de *stress* hídrico, a planta pode parar de crescer e eventualmente morrer (confagri, 2002).

Segundo Kassam & Doorembos (1994), a perda máxima de água pela cultura nas condições em que esta é suficiente para o crescimento e desenvolvimento, sem restrição dá-se o nome de evapotranspiração potencial (ETp). Esta representa a taxa de evapotranspiração máxima da

cultura sadia ( $ET_c$ ), que cresce em grandes áreas sob condições óptimas de manejo agronómico e de irrigação, sendo obtida a partir da seguinte equação:

$$ET_c = K_c * ET_o \quad \text{eq. 2-1}$$

**Onde:**

$ET_c$  é a evapotranspiração da cultura (mm/dia)

$K_c$  é o coeficiente de cultura

$ET_o$  é a evapotranspiração de referência (mm/dia)

### 2.2.2 Coeficiente da cultura ( $K_c$ ) de milho

O coeficiente de cultura ( $K_c$ ) é um indicador de grande significado físico e biológico, uma vez que depende da área foliar, arquitectura da planta (parte aérea e sistema radicular), cobertura vegetal e transpiração da planta e é específico para cada cultura (Almeida, 1997).

No geral tem-se usado valores tabelados para a sua determinação. Para o presente estudo, foi usado o método proposto por Allen (1998).

Este método é usado quando se pretende fazer balanços diários detalhados de água no solo, o que permite ter em separado o efeito da transpiração e da evaporação do solo. Portanto este método adequa-se com a estratégia que se propõe no presente trabalho uma vez que o *mulch* tem influência directa na componente evaporação do solo.

$$k_c = k_{cb} + k_e \quad \text{eq. 2-2}$$

**Onde:**

$k_{cb}$  é o coeficiente basal que reflete a quantidade de água transpirada pela planta

$k_e$  é o coeficiente de evaporação que ocorre no solo.

### 2.2.3 A evapotranspiração de referência ( $ET_o$ )

É o parâmetro utilizado na estimativa das necessidades hídricas de uma determinada cultura, onde esta pode ser medida por vários métodos, dentre eles destaca-se o tanque classe “A” pela sua praticabilidade e a equação de Penman-Monteith pela sua precisão.

Usou-se no presente estudo o método do Tanque Classe “A” por ser bastante simplificado, porém de boa precisão. Consiste em um tanque circular, cuja evaporação representa o conjunto dos factores climáticos actuantes no local e a variação do nível da água neste tanque de um dia para o outro multiplicada por um factor “ $K_{pan}$ ” (Hernandez, *et al* 2001).

$$ET_o = K_{pan} * E_o \quad \text{eq. 2-3}$$

**Onde:**

ET<sub>o</sub> é a evapotranspiração de referência (mm/dia)

K<sub>pan</sub> é a constante de tanque; depende da velocidade do vento, das características do solo e da humidade relativa do local de estudo.

E<sub>o</sub> é a evaporação de referência ou de tanque (mm/dia)

No entanto, o método mais preciso de estimativa da evapotranspiração de referência e o mais recomendado é o método de Penman-Monteith, todavia para seu cálculo necessita-se de todas as variáveis climáticas de forma isolada e não integrada, como no caso do Tanque Classe “A”.

#### 2.2.4 Evapotranspiração actual (ET<sub>c<sub>ajust</sub></sub>)

Segundo Lisboa (2005), é a evapotranspiração nas condições naturais (vegetação e solo nas condições ambientais).

Para determinar a evapotranspiração actual da cultura é necessário considerar o nível de água disponível no solo. Quando a água disponível no solo é limitada, a ET<sub>a</sub> ou ET<sub>c<sub>ajust</sub></sub> é inferior a ET<sub>c</sub> e é igual a ET<sub>c</sub> quando não for limitada, depois de uma irrigação ou chuva intensa. Esta situação é melhor explicada quando se analisa o efeito do stress hídrico pelo uso do coeficiente de stress hídrico (k<sub>s</sub>). A estimativa de k<sub>s</sub> requer o balanço hídrico de água no solo. O k<sub>s</sub> tem valores que variam de [0-1].

O k<sub>s</sub> é o coeficiente de stress hídrico da cultura e está directamente relacionado com o conteúdo de água no solo. Quando o solo está à capacidade de campo (θ<sub>fc</sub>), a planta absorve a água com facilidade, chamamos a esta quantidade de água de água facilmente disponível (RAW) e o k<sub>s</sub> é igual a unidade (1). Esta situação permanecerá até um ponto (θ<sub>t</sub>) em que à partir do qual a planta começa a ter dificuldades em absorver a água e é a partir deste ponto onde o k<sub>s</sub> toma valores inferiores a 1 (figura 2.1).

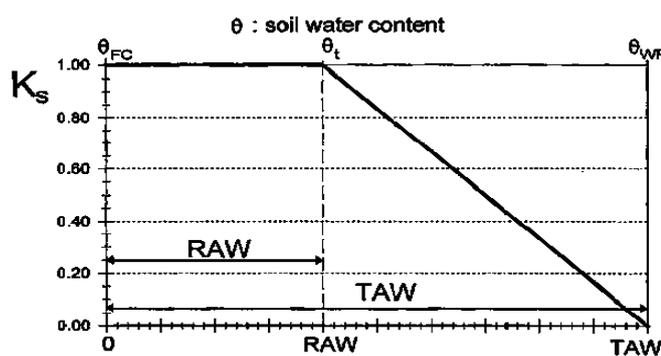


Figura 2-1: Coeficiente de stress hídrico da cultura (k<sub>s</sub>).

Assim para se obter o  $ET_{c_{ajust}}$  que representa a evapotranspiração actual da cultura (figura 2.2), usa-se a seguinte relação:

$$ET_{c_{ajust}} = (k_s * k_{cb} + k_e) * E_{T_o} \quad \text{eq. 2-4}$$

Onde:

$ET_{c_{ajust}}$  é a evapotranspiração actual da cultura (mm/dia)

$k_s$  é o coeficiente de stress hídrico da cultura

$k_{cb}$  é o coeficiente basal da cultura

$k_e$  é o coeficiente de evaporação do solo

$E_{T_o}$  é a evapotranspiração de referência (mm/dia)

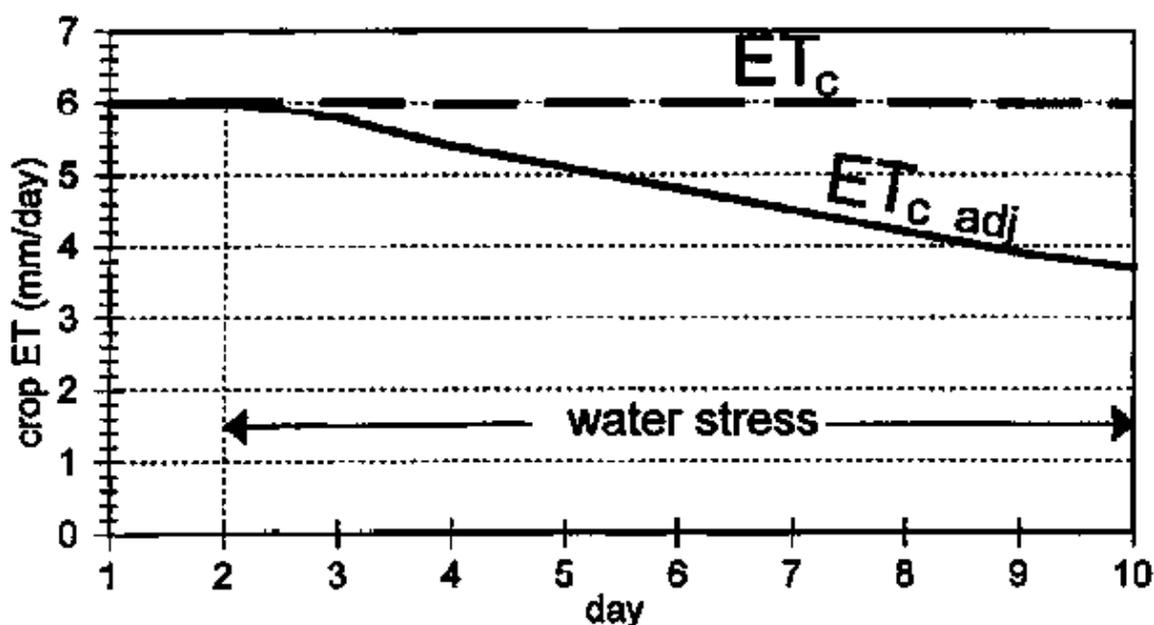


Figura 2-2: Relação entre a evapotranspiração Potencial ( $ET_c$ ) e actual ( $ET_{c_{ajust}}$ ) da cultura.

### 2.2.5 Rendimento Potencial ( $Y_p$ ) e Actual ( $Y_a$ )

Kassam & Doorembos (1994), definem rendimento máximo ou potencial ( $Y_p$ ), numa cultura, aquele obtido por uma variedade altamente produtiva, bem adaptada ao respectivo ambiente de crescimento, em condições tais que não haja limitações de factores como: água, nutrientes, pragas e doenças, durante todo o período até ao seu amadurecimento.

Quando o suprimento de água não satisfaz às necessidades hídricas da cultura, a evapotranspiração real ou actual da cultura ( $ET_{c_{ajust}}$ ) é inferior à evapotranspiração máxima ( $ET_c$ ) da mesma. Se uma cultura cresce nessas condições, começa a desenvolver-se um *stress* hídrico nas plantas e como consequência é afectado negativamente o normal crescimento e desenvolvimento destas que se reflecte no rendimento que delas é possível obter. A este rendimento dá-se o nome de rendimento real ( $Y_a$ ) ou actual (Kassam & Doorembos, 1994).

Esta queda de rendimento relativo (a percentagem de redução de rendimento) é dada por:

$$\left(\frac{ya}{yp}\right) = 1 - \left[ ky * \left( 1 - \left( \frac{ETc_{ajust}}{ETc} \right) \right) \right] \quad \text{eq. 2-5}$$

**Onde:**

$\frac{ya}{yp}$ , indica o rendimento relativo

Ky é o factor de resposta da cultura ao suprimento de água

ETc<sub>ajust</sub> e ETc evapotranspiração actual e potencial da cultura respectivamente (mm/dia).

## 2.2.6 Coeficiente de resposta da cultura ao suprimento de água (Ky)

A resposta ao suprimento de água sobre o rendimento das culturas é quantificada pelo factor de resposta da cultura (ky), que relaciona a queda de rendimento relativo  $\left(1 - \frac{ya}{yp}\right)$  com o défice de

evapotranspiração relativa  $\left(1 - \frac{ETa_{ajust}}{ETc}\right)$ . A magnitude do défice hídrico pode ser quantificado

durante todo o período de crescimento da cultura ou em um determinado período de crescimento. Para o primeiro caso, a queda de rendimento torna-se proporcionalmente menor ao se aumentar o ky para as culturas como amendoim e beterraba (culturas do grupo I) enquanto que para cultura do grupo IV como a banana, cana de açúcar e o milho é proporcionalmente maior (Kassam & Doorembos 1994).

Para períodos específicos de crescimento a queda de rendimento devido ao stress hídrico é relativamente pequena para períodos vegetativo e estabelecimento sendo relativamente grande para floração e maturação.

## 2.3 Solos e sistema de uso de terra do distrito de Chókwè

### 2.3.1 Solos

No geral, apresentam texturas muito variáveis, desde arenosa à franco-argilosa, e a sua permeabilidade interna é moderada a rápida, 7-10 mm/hora. A capacidade de água utilizável destes solos varia entre os 10% a 13 % de acordo com o seu teor em argilas e matéria orgânica.

Gomes et al (1998) citado pelo Programa Competir (2001), classifica e agrupa os solos do distrito de Chókwè em 4 tipos a saber:

- ✓ *Solos das dunas interiores* que consistem em solos profundos, arenosos, excessivamente drenados, ligeiramente ondulados e de várias cores, desde solos amarelados, esbranquiçados à alaranjados. Estes solos têm uma fertilidade natural e uma capacidade de retenção de água baixa.
- ✓ *Solos dos sedimentos marinhos nas áreas elevadas*, também denominadas de *terraços marinhos*, estes solos consistem de uma camada superior (solo superficial) de areia ou areia-franca, não calcária, de espessura variável (20 a 80 cm) e sobrepondo-se a um subsolo de textura franco-arenosa a franco-argilo-arenosa.
- ✓ *Solos dos sedimentos marinhos nas depressões ou planícies*, são os solos das baixas planas, com declives geralmente inferiores a 0.5%, e a um nível de 1 a 2 m abaixo do nível dos terraços marinhos. Estas depressões são geralmente mal drenadas e podem ser inundadas por várias semanas ou meses, durante e após fortes chuvas, devido ao seu relevo quase plano e baixa permeabilidade dos solos argilosos.
- ✓ *Solos dos sedimentos fluviais recentes* que se desenvolveram sobre os sedimentos recentes do rio Limpopo ocupando uma zona entre os meandros do rio. São solos profundos e apresentam uma grande variabilidade na sua textura, têm geralmente uma elevada fertilidade natural.

É importante dizer ainda que, os diferentes tipos de solos podem ocorrer na forma de complexos ou associações de um ou mais tipos dos solos acima descritos.

### **2.3.2 Sistemas de uso de terra**

O distrito de Chókwè é essencialmente agrícola com maior parte das famílias envolvidas em actividades agrícolas. Possui o maior regadio do País, com uma área total de 25000 ha onde apenas cerca de 10 000 ha estão actualmente distribuídos à pequenos camponeses e a outra parte ao sector privado. Fora da influência do regadio encontram-se extensas áreas de pastagens e de agricultura de sequeiro, sendo caracterizado por um clima árido, apresentando solos variando de arenosos a francos, sendo a agricultura totalmente dependente da ocorrência da precipitação (Chilundo, 2004).

Os sistemas de exploração da terra dominantes no sequeiro são a agricultura de longos pousios e a pecuária extensiva.

Os solos mais procurados para agricultura em regime de sequeiro são os mais férteis situados em zonas de relevo depressionário (normalmente aluviões ou solos coluviais), já que mantêm a humidade até mais tarde e propiciam as melhores colheitas (Competir, 2001).

As principais culturas nas zonas altas de sequeiro são o milho, mandioca, Feijão Nhemba e a Batata Doce. Pratica-se consociação de culturas, sendo as mais características e praticadas pelo sector familiar as seguintes:

Milho, Amendoim e Mandioca (na Época quente);

Milho, Feijão Nhemba, Feijão manteiga e Mandioca (na Época fresca).

O milho em sequeiro tem um rendimento ao redor de 200 a 300 Kg/ha, dependendo da forma como decorre a precipitação durante a época.

Pode distinguir-se neste distrito duas épocas de sementeira, a primeira vai de Maio a Junho e a segunda de Novembro a Dezembro (Competir, 2001).

O Gado é uma componente importante do sistema de produção agrário do Distrito. É usado como tracção animal para a preparação do solo, na produção de leite de subsistência (pouco), produção de carne (não muito importante para o sector familiar), como reserva de capital para os anos difíceis e como estatuto social da família.

#### **2.4 Conservação de água no solo em Moçambique**

A conservação da água no solo é um processo complexo pois envolve várias inter-relações com outros factores do solo, da planta e do ambiente em geral.

Entre os princípios fundamentais do planeamento de uso de terra, destaca-se um maior aproveitamento das águas das chuvas. Evitando-se perdas excessivas por escoamento superficial, podem-se criar condições para que a água da chuva se infiltre no solo. Isto, além de garantir o suprimento de água para as culturas e comunidades no geral, previne a erosão e evita inundações (Araújo et al., 2003).

De acordo com o Sistema Nacional de Aviso Prévio para a Segurança Alimentar (1995), em Moçambique, a precipitação é o factor do clima que com maior frequência torna limitante o desenvolvimento das culturas, a sua distribuição no decurso do ano é muito desigual (alternância estação seca – estação chuvosa) e sua variabilidade inter-anual é sumamente grande.

Em Moçambique, principalmente na zona sul, focam-se três principais constrangimentos na produção do milho nomeadamente: Factores bióticos, abióticos e sócio-económicos. Dos quais o *stress* hídrico destaca-se como sendo um dos principais factores abióticos que com mais facilidade e frequência tem causado perda de rendimento das culturas. Como forma de mitigação têm-se desenvolvido actividades como a criação de variedades de ciclo curto e variedades tolerantes a seca (Fato, 2005).

Portanto a nível nacional as estratégias para fazer face a falta de água têm sido maioritariamente concentradas nas características da cultura, conhecendo-se no entanto alguns casos de trabalhos realizados a nível da Faculdade de Agronomia e Engenharia Florestal com ênfase aos aspectos relacionados com a conservação da água no solo, mesmo assim, acredita-se que as componentes divulgação e implementação no campo carecem ser exploradas com a devida atenção, de modo a disseminar e massificar o uso dessas técnicas.

A título de exemplo pode-se citar o trabalho realizado por Mamade (2006), sobre o levantamento das técnicas de recolha e conservação de água da chuva no distrito de Chókwè, em que, apontou quatro (4) principais técnicas de conservação de água utilizada pelos agricultores daquele Distrito, que são: Micro bacias, agricultura de recessão das cheias, represas e técnicas de aproveitamento do escoamento superficial das estradas.

Não obstante a existência de técnicas acima referidas, mais de metade dos agricultores inqueridos não usam qualquer uma destas técnicas de captação e conservação de água de chuva por falta de conhecimento. Neste domínio enfatiza-se a importância do presente trabalho como mais uma alternativa que poderá ser colocada a disposição dos camponeses, procurando promover a adopção de estratégias mais sustentáveis que minimizem as perdas de rendimento das culturas.

## **2.5 O *Mulch***

A cobertura morta do solo (*Mulch*) é uma técnica utilizada pelos agricultores há muitos anos, com a finalidade de defender as culturas e o solo da acção dos agentes atmosféricos, os quais, entre outros efeitos, provocam a compactação do terreno e causam a lixiviação dos elementos fertilizantes, úteis para o desenvolvimento das plantas.

O *Mulch* consiste na incorporação de resíduos de plantas ou de materiais estranhos importados ao campo. A profundidade e a fracção da cobertura superficial pelo *mulch* varia grandemente. Estas duas grandezas (profundidade e fracção) afectam o total de evaporação reduzida da superfície do solo (Allen, 1998). De acordo com o tipo de material usado, o *mulch* pode ser orgânico ou inorgânico.

*Mulch* inorgânico: como cobertura inorgânica pode-se citar o plástico, o vidro, a areia, sendo o primeiro o mais estudado e utilizado na agricultura.

O plástico utilizado como cobertura traz vários benefícios, os mais importantes seriam a protecção do solo contra erosão, controle de ervas daninhas, impedir a lixiviação de nutrientes e como barreira física impedindo a disseminação de patógenos do solo.

*Mulch* orgânico, que é o objecto de estudo no presente trabalho, deve ter como principal característica a difícil decomposição, alguns factores que podem influenciar nesta decomposição são as condições climáticas, do solo, a população de microorganismos e se o material é incorporado no solo a decomposição é ainda mais rápida (Zauza, 1999).

De acordo com Zauza, (1999), a profundidade óptima da camada de cobertura esta por volta de 5 cm, pois quando as plantas crescem em camadas mais espessas apresentam deficiência de nutrientes pelo facto das raízes crescerem na camada húmida de cobertura e não para o solo, a espessura afecta também a actividade microbiana no solo e na própria cobertura, ocasionando em alguns caso a redução na disponibilidade de nutrientes para a planta.

Segundo Evans (2000), o *mulch* ajuda a conservar a humidade do solo e diminui a perda de água por evaporação em cerca de 10 a 25%, podendo atingir os 80% de redução dependendo da percentagem de cobertura do solo.

O *Mulch* contribui para a conservação da água, sendo mais importante nas zonas de precipitação pouco abundante ou mal distribuída. A aplicação de uma cobertura de palha, pode controlar as perdas de solo em 65%, e as de água em 55%.

Tilander & Bonzi (1997), citados por Zauza (1999) relatam um aumento na produção de sorgo com o uso do *mulch*, bem como uma significativa influência na conservação de água no solo e redução na temperatura.

### **2.5.1 Vantagens do uso do *Mulch***

Uma cobertura vegetal adequada assume importância fundamental para a diminuição do impacto das gotas de chuva. Há redução da velocidade das águas que escorrem sobre o terreno, possibilitando maior infiltração de água no solo e proporciona maior quantidade de água disponível para a planta.

O uso de *mulch* tem uma influência directa na temperatura do solo, factor este que condiciona um ambiente saudável de desenvolvimento das culturas, evita o desenvolvimento de infestantes e protege as raízes das plantas da acção das temperaturas extremas (Assis, 2004).

O *mulch* orgânico evita que respingos de chuva borrifem e contaminem a parte aérea das plantas com esporos de fungos de solo, prevenindo doenças e também, contém nutrientes que gradualmente são incorporados ao solo e fertilizam as raízes das plantas (Lourenço *at al.*, 2002).

A cobertura orgânica é a melhor defesa natural de um terreno contra a erosão. Além disso, melhora os processos de infiltração, percolação e armazenamento de água, diminui o

escoamento superficial, contribui para o escoamento subsuperficial, influências que, juntas, proporcionam a diminuição do processo erosivo (Silva, 2005).

O *mulch* favorece a nutrição das plantas devido ao mesmo proporcionar um aumento na produção de raízes e inclusive pêlos radiculares (Zauza, 1999).

### **2.5.2 Desvantagens do uso do *Mulch***

O uso excessivo de *mulch* pode fazer com que as raízes das plantas cresçam sobre o *mulch* e não sobre o solo e conseqüentemente haverá um fraco ancoramento (plantas débeis).

A aplicação do *mulch* em áreas cuja capacidade de drenagem da água é pobre, agrava ainda mais esta condição (Evan, 2000).

Segundo Lourenço *at al.*, (2002), como desvantagens da utilização da cobertura morta (*mulch*) é o facto desta representar perigo de fogo principalmente quando é espessa, porque é material combustível, também aumenta os efeitos das geadas.

O uso incorrecto do *mulch* pode causar grandes problemas tanto para planta quanto para o solo, tais como dificuldade de aplicação de fertilizantes, aumento ou redução do pH do solo, aumento do teor de oxigénio, excesso de humidade, favorecimento de alguns patógenos, elevação da temperatura do solo e impedimento da emergência de plântulas (Zauza, 1999).

## **2.6 A cultura do Milho**

### **2.6.1 Principais características da cultura**

O milho, *Zea mays*, procede originalmente da região Andina da América central. É um dos cereais mais importantes para consumo quer humano como animal assim como serve de fonte de grande número de produtos industriais, sendo cultivado para grãos e para forragens. É um dos grãos alimentícios mais antigos que se conhece. Entre os cereais cultivados no mundo, o milho ocupa o segundo lugar em produção a seguir ao trigo, com o arroz em terceiro lugar.

O milho cultivado é uma planta completamente domesticada, não cresce de uma forma selvagem, é completamente dependente dos cuidados do homem (Hassane, 2002).

É o primeiro cereal em rendimento de grão por hectare e o segundo depois do trigo, em produção da massa seca total (Hassane, 2002).

Solos de textura média ou mesmo argilosos com boa estrutura que possibilitem drenagem adequada apresentam uma boa capacidade de retenção da água e de nutrientes disponíveis à planta, são os mais recomendados para a cultura do milho (Pinto *at al.*, 2002).

A profundidade efectiva, até a qual as raízes podem penetrar livremente em busca da água e de elementos necessários ao desenvolvimento da planta é desejável que seja até 1m ou mais e os declives não podem ser superiores a 12% (Pinto *et al.*, 2002).

Na tabela estão indicados os dados gerais da cultura do milho

**Tabela 2-I** Dados gerais da cultura de milho (duração-ciclo da cultura, coeficiente de cultura-Kc, factor de depleção-p, factor de resposta de cultura ao suprimento de água-Ky e coeficiente basal da cultura-kcb de cada período de crescimento e de todo o ciclo).

Fases	Inicial ou de Estabelecimento (in)	Fase II ou Vegetativa	Fase III ou de Floração (med )	Fase final ou de Maturação (end)	Total
<b>Duração (dias)</b>	20	30	40	10	100
<b>Ky</b>	0.4	0.4	1.30	0.50	[1.25]
<b>Kcb<sub>ajust</sub></b>	0,15	-	1,15	0,45	
<b>Zr (m)</b>	0.2-0.3	-	1.0	1.0	-
<b>P</b>	0.50	-	0.50	0.5	-
<b>h(m)</b>	-	-	2.0	-	-

Fonte: Base de dados da FAO-Cropwat

## 2.6.2 Necessidade de água e rendimento do milho em sequeiro

O milho é menos sensível ao défice hídrico durante os períodos vegetativo e maturação (Kassam & Doorembos, 1994). A maior diminuição dos rendimentos em grãos provocados pelo défice hídrico ocorre durante o período de floração incluindo inflorescência, devido principalmente a diminuição do número de grãos por espiga. Esse efeito é menos pronunciado quando a planta sofre défices hídricos nos períodos vegetativos precedente. Défices hídricos severos durante o período de floração, particularmente na altura da formação da espiga e da polinização podem resultar num rendimento baixo ou nulo de grãos, devido ao secamento dos estigmas. Durante o período de formação da colheita, os défices hídricos podem traduzir-se em diminuição do rendimento devido à redução do tamanho do grão e durante o período de maturação pouco efeito tem no rendimento do grão.

O milho atinge produções máximas quando o consumo de água durante todo o ciclo está entre 500 a 800 mm e exige o mínimo de 350 a 500 mm para que produza sem necessidade de irrigação.

## 2.7 Modelamento Do Balanço Diário De Água No Solo

### 2.7.1 Generalidades

O balanço de água no solo é um método de estimativa da disponibilidade hídrica no solo para as plantas, pela contabilização das entradas e saídas de água no sistema solo-água-plantas (Santana, 2003).

Os elementos que fazem parte do balanço hídrico no geral, são apresentados abaixo, figura 2.3.

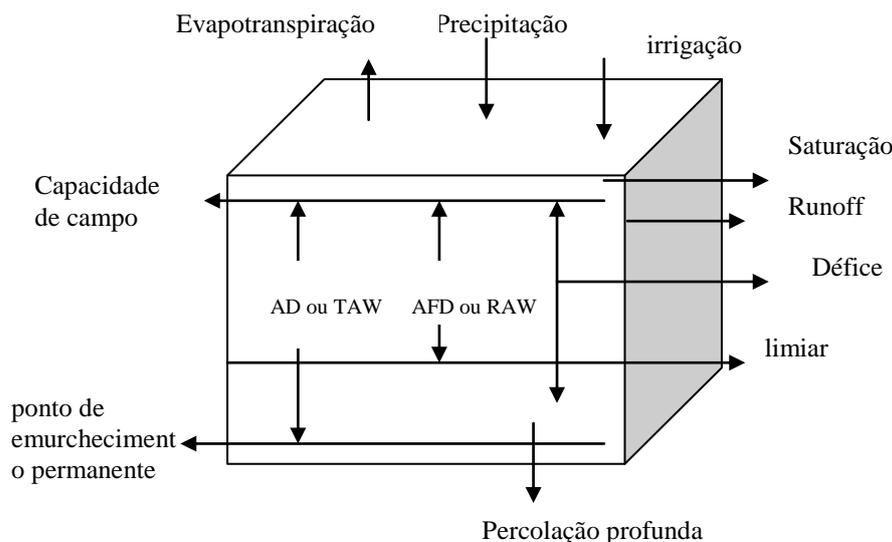


Figura 2-3: Elementos do balanço hídrico do solo

Na figura acima, o limiar e a saturação representam respectivamente o limite inferior e superior da água que pode ser facilmente utilizada pela planta. A esta quantidade chama-se água facilmente disponível (AFD) ou RAW (termo em inglês que significa readily available water) e é calculada à partir da seguinte equação:

$$RAW = TAW * p_{ajust} \quad \text{eq. 2-6}$$

#### Onde:

RAW é a água facilmente disponível

TAW é a água disponível e

$p_{ajust}$  é o factor de depleção da cultura ajustado

O ponto de emurchecimento permanente ( $\theta_{WP}$ ) é onde a partir do qual a cultura não consegue absorver a água e começa a entrar em stress hídrico. A quantidade de água entre este ponto e a saturação é chamada água disponível (AD) ou TAW (termo em inglês que significa total available water) e é calculado à partir da seguinte equação:

$$TAW = 1000 * (\theta_{fc} - \theta_{wp}) * Zr \quad \text{eq. 2-7}$$

**Onde:**

$\theta_{fc}$  humidade a capacidade de campo (% volume)

$\theta_{wp}$  humidade no ponto de emurchecimento permanente (% volume)

Zr é a profundidade radicular (m)

TAW é a água disponível (mm)

A precipitação e a rega são fontes que adicionam água à zona radicular, diminuem a depleção (quantidade de água retirada pela planta), causando uma diminuição do défice hídrico enquanto que a evapotranspiração e a percolação aumentam a depleção causando um aumento do défice hídrico.

O modelo de balanço diário de água no solo (BDAS), proposto no presente trabalho foi desenvolvido por Dr Rui Brito. O modelo é composto por dados de entrada (inputs) que são os dados referentes ao clima, solos e cultura e por outputs que são os vários parâmetros que nos conduziram a determinação dos rendimentos relativos esperados.

O modelo foi desenhado com recurso a folha de cálculo Excel para duas situações: a primeira a que se considerou Normal (sem uso do *mulch*) e a outra em que se usa o *mulch* como estratégia de gestão de água no solo. Importa salientar que os métodos do cálculo dos parâmetros diferem apenas no coeficiente de evaporação do solo ( $k_e$ ), pelo uso do coeficiente de redução do *mulch* (CRM) na segunda situação.

Este modelo baseia-se nos seguintes pressupostos:

- ✓ A água é o único factor que causa a redução do rendimento, os outros factores como pragas doenças e infestantes não limitam;
- ✓ Assumiui-se que o runoff é igual a zero e que toda a água se infiltra no solo;
- ✓ A data de sementeira vai de Outubro a Março e é antecedida duma precipitação superior ou igual a 20 mm. Esta escolha da data deve-se ao facto da maior quantidade de precipitação ocorrer nestes meses, como pode ser visto no anexo 3 figura anexa IV.

A planilha que visualiza o ambiente de trabalho do modelo de balanço diário de água no solo, seus inputs e alguns outputs produzidos por este, pode ser vista na figura 2.4.

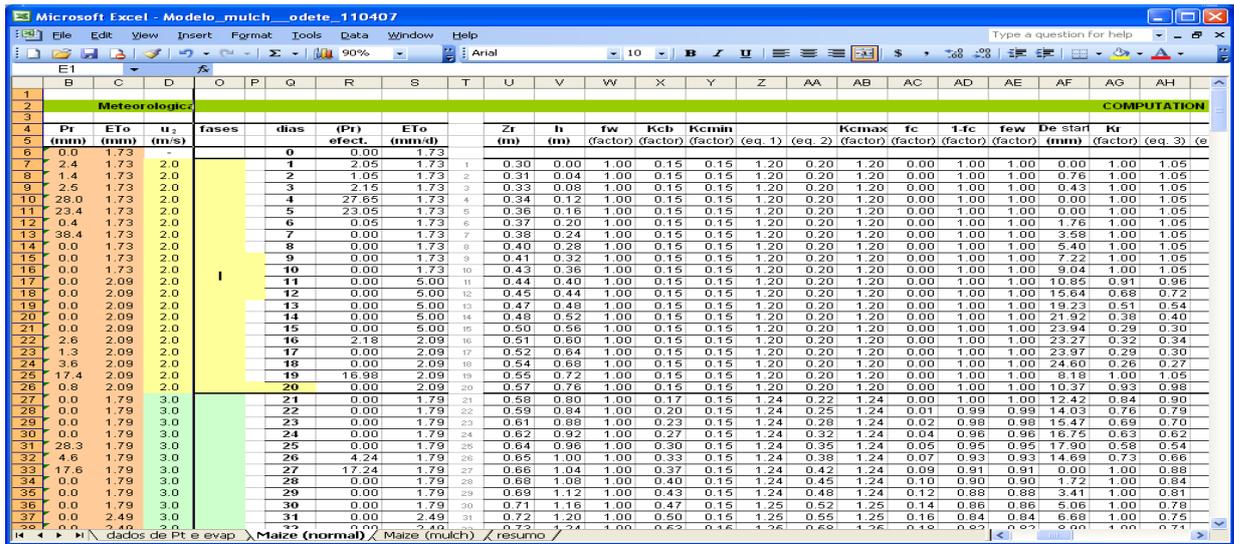


Figura 2-4: Visualização do modelo de balanço diário de água no solo.

### 2.7.2 Determinação dos parâmetros usados no modelo

Na lista de símbolos e abreviaturas (página vii) pode ser vista o conjunto de abreviatura que foram usados no modelo, de forma a torná-lo mais prático e compreensivo. Os valores das constantes tabeladas são apresentados no anexo 1.

De salientar que a escolha dos métodos de determinação dos vários parâmetros usados, tiveram em conta a disponibilidade de dados climáticos.

A seguir são apresentados de forma resumida os métodos da determinação dos parâmetros que no seu conjunto permitiram o desenvolvimento do modelo de balanço diário de água no solo.

**Dias:** Representam os dias que se seguem após a sementeira estando assim directamente relacionados com o ciclo da cultura.

**Precipitação total ( $Pr_{tot}$ ):** É a precipitação diária registada em cada ano em análise.

**Precipitação que se infiltra no solo ( $Pr_{inf}$ ):** é a fracção da precipitação total que se infiltra ao solo. Foi obtida à partir da seguinte relação:

$$Pr_{inf} = \begin{cases} Pr_{tot} - 0.2ETo & \text{se } Pr_{tot} - 0.2ETo > 0 \\ 0 & \text{se } Pr_{tot} - 0.2ETo \leq 0 \end{cases} \quad \text{eq. 2-8}$$

**Evapotranspiração de referência (ETo):** foi obtido com base na evaporação de tanque classe A (eq. 2.3).

**Profundidade radicular (Zr):** é a profundidade da zona radicular onde se estabelece o balanço de água no solo. Atinge o seu valor máximo no início da fase III de desenvolvimento (final da segunda fase) e passa a ser constante até ao final do ciclo (Allen, 1998).

Na tabela 2.1 (dados gerais da cultura do milho), são apresentados os valores tabelados da profundidade radicular e com base na equação 2.9, foram calculados os valores diários:

$$\text{fase I e II} \quad Zr_i = \frac{Zr_{\max} - Zr_{in}}{D} + Zr_{(i-1)} \quad \text{eq. 2-9}$$

$$\text{fase III e IV} \quad Zr_i = Zr_{\max} \text{ e } Zr(0) = 0.30$$

**Onde:**

D é a duração das duas fases I e II (dias)

$Zr_i$  é a profundidade radicular (m)

$Zr_{(i-1)}$  é a profundidade radicular do dia anterior (m)

$Zr_{\max}$  é a profundidade radicular máxima da raiz (m)

**Altura da planta (h)** – de acordo com Allen (1998), a planta atinge a sua altura máxima na terceira fase de desenvolvimento e mantêm-se constante até ao fim do ciclo. Antes da terceira fase, ela tem um crescimento que obedece a seguinte equação:

$$\text{fase I e II} \quad h_i = \frac{h_{\max}}{D} + h_{in(i-1)} \quad \text{eq. 2-10}$$

$$\text{fase III e IV} \quad h_i = h_{\max} \text{ e } h(0) = 0.0$$

**Onde:**

$h_i$  é a altura da planta no dia i (m)

$h_{\max}$  é a altura máxima da planta (m)

$h_{in(i-1)}$  é a altura inicial da planta do dia anterior ao i (m)

D é a duração das duas fases I e II (dias)

**Coefficiente basal da cultura (kcb):** Os valores de kcb tabelados das fases I (inicial), III (média) e IV (final) da cultura do milho foram obtidos em condições específicas de humidade e vento aproximadamente 45% e 2m/s respectivamente (Allen, 1998), sendo neste caso necessário fazer ajustes para condições específicas da região de estudo. Para a fase II (estabelecimento) e entre fase III e IV foram usadas relações lineares (eq.2.12). Para o caso do presente estudo o reajuste foi feito apenas para a terceira fase, usando a seguinte equação:

$$kcb_{ajust} = kcb_{tab} + [0.04 * (u_2 - 2) - 0.004 * (RH_{\min} - 45)] * \left(\frac{h}{3}\right)^{0.3} \quad \text{eq. 2-11}$$

**Onde:**

$RH_{\min}$  é a humidade relativa do local (%);

h é a altura da planta (m);

$u_2$  é a velocidade do vento (m/s);

$kcb_{ajust}$  é a coeficiente basal da cultura ajustado;

$kcb_{tab}$  é o coeficiente basal da cultura tabelado (Allen, 1998).

Feito o reajuste, calculou-se os  $kcb$  diários por intermédio das seguintes relações:

$$fase \ I \Rightarrow kcb_i = kcb_{in}$$

$$fase \ II \Rightarrow kcb_i = \frac{kcb_{medajust} - kcb_{in}}{D \ faseII} + kcb_{(i-1)}$$

$$fase \ III \Rightarrow kcb_i = kcb_{medajust}$$

$$fase \ IV \Rightarrow kcb_i = \frac{kcb_{end} - kcb_{medajust}}{D \ faseIV} + kcb_{(i-1)} \quad \text{eq. 2-12}$$

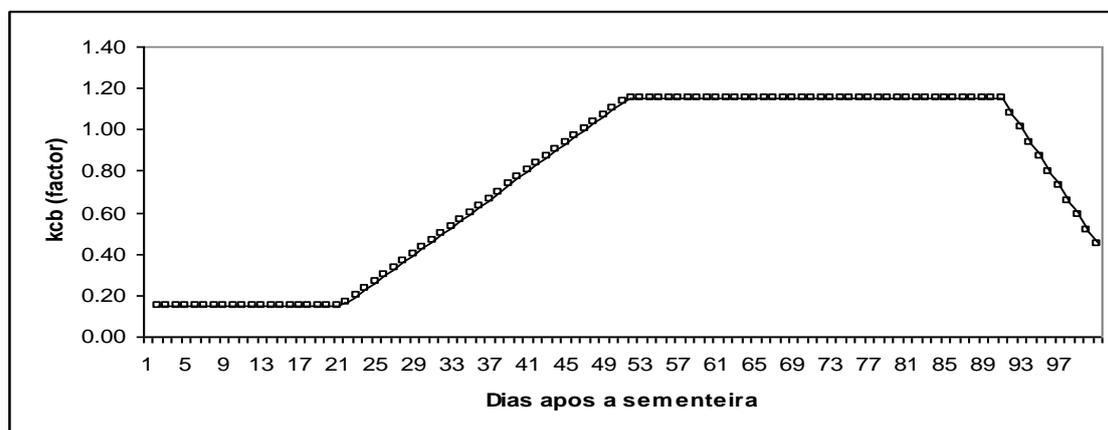
**Onde:**

$kcb_{in}$  e  $kcb_{end}$  são os coeficientes basais da cultura das fases inicial e final respectivamente. Os valores dos  $kcb_{in}$  e  $kcb_{end}$  podem ser vistos na tabela 2.1.

$kcb_{medajust}$  é o coeficiente basal da cultura na fase média (valor ajustado).

$kcb_{(i-1)}$  é o coeficientes basal da cultura no dia anterior ao  $i$ .

Com estes dados e fazendo interpolações, foram obtidos os dados diário ao longo do ciclo da cultura que graficamente pode ser visualizado na figura 2.5.



**Figura 2-5:** Valores diários do  $kcb$  da cultura de milho.

**Coefficiente mínimo da cultura ( $kc_{min}$ )** – é o valor mínimo do  $Kc$  que a cultura atinge. Foram usados valores tabelados (vide anexo I, dados de solo e cultura). Foi calculado da seguinte forma:

$$kc_{min} = \begin{cases} kc_{min \ tab} & se \ kc_{min} < kc_{in} \\ kc_{in \ tab} & se \ kc_{min} > kc_{in} \end{cases} \quad \text{eq. 2-13}$$

Onde  $k_{c_{\min \text{ tab}}}$  e  $k_{c_{\text{in tab}}}$  são respectivamente os valores dos coeficientes de cultura mínimo e inicial tabelados (Allen,1998)

**Coefficiente máximo da cultura ( $k_{c_{\max}}$ )** - é o valor máximo de  $k_c$  que a planta pode atingir.

Este factor é dado por:

$$k_{c \text{ max}} = \max \left\{ \left[ 1.2 + (0.04 * (u_2 - 2) - 0.004 * (RH_{\min} - 45)) * \left( \frac{h}{3} \right)^{0.3} \right]; \{k_{cb} + 0.05\} \right\} \quad \text{eq. 2-14}$$

**Onde:**

max representa o maior valor entre os dois termos;

$h$  é a altura da planta;

$u_2$  é a velocidade do vento;

$RH_{\min}$  é a humidade relativa do local (%).

**Fracção média do solo coberta por vegetação ( $f_c$ )** – este factor determina a percentagem de cobertura do solo pela canópia da planta. Depende fundamentalmente da altura da planta, foi calculado por:

$$f_c = \left( \frac{k_{cb} - k_{c_{\min}}}{k_{c_{\max}} - k_{c_{\min}}} \right)^{(1+0.5*h)} \quad \text{eq. 2-15}$$

**Fracção do solo exposta e humedecida ( $f_{ew}$ )** – é a parte do solo onde a evaporação ocorre e é tomado pelo valor mínimo entre as duas opções (eq. 2.16):

$$f_{ew} = \min[(1 - f_c); (f_w)] \quad \text{eq. 2-16}$$

**Onde:**

$f_w$  é a fracção do solo humedecida;

min é o valor mínimo entre os dois termos representados na equação.

**Coefficiente de redução da cultura ( $k_r$ )** – Este coeficiente depende da quantidade de água evaporada pela superfície do solo. Os valores de  $k_r$  variam de [0–1], em função do défice relativo à água que realmente pode ser evaporada numa determinada superfície (REW).

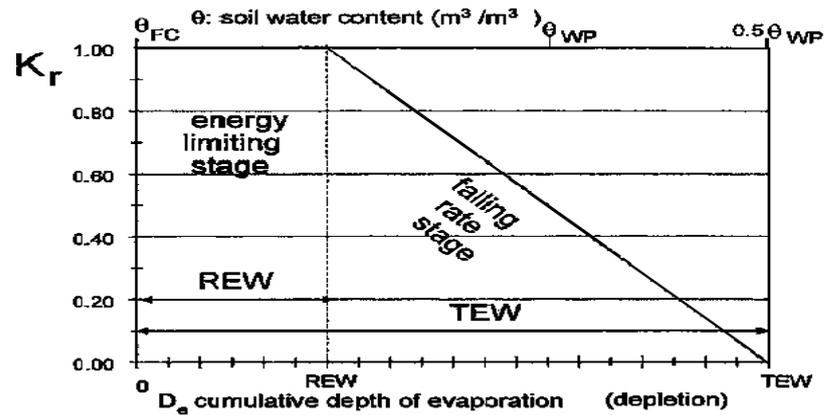


Figura 2-6: Coeficiente de redução do solo ( $k_r$ ).

Para estágios em que o déficit de evaporação inicial ( $De_{in}$ ) é menor ou igual a água realmente evaporável (REW), o  $k_r$  tem o valor 1 e quando o  $De_{in}$  é maior que REW o  $k_r$  é inferior a 1 (figura 2.6) e é dado por:

$$k_r = \frac{TEW - De_{in}}{TEW - REW} \quad \text{eq. 2-17}$$

Onde:

$De_{in}$  é o déficit inicial de evaporação que reflecte a quantidade de água necessária para que o solo retorne à capacidade de campo;

TEW e REW são respectivamente o total de água evaporável e realmente evaporável.

**Coefficiente de evaporação do solo ( $k_e$ )** - os dados diários foram obtidos tomando o valor mínimo entre as duas opções da seguinte equação (eq.2.18):

$$k_e = \min \left[ \left\{ k_r * (k_{c_{max}} - k_{cb}) \right\}, (k_{cb} + 0.05) \right] \quad \text{eq. 2-18}$$

Onde:

$K_{cmax}$  é o coeficiente máximo da cultura;

$K_{cb}$  é o coeficiente basal da cultura;

$K_r$  é o coeficiente de redução da cultura.

**Evaporação do solo (Evap)** – é a quantidade de água perdida por evaporação da superfície do solo, e é dado por:

$$Evap = k_e * ETo \quad \text{eq. 2-19}$$

Onde:

Evap é a evaporação do solo;

$K_e$  é o coeficiente de evaporação do solo;

$ETo$  é a evapotranspiração de referência

**Coefficiente de cultura (Kc)** – foi usada a equação 2.2. O kc foi ajustado ao factor de stress hídrico (ks) à partir da seguinte expressão:

$$kc_{ajust} = ks * kcb + ke \quad \text{eq. 2-20}$$

Para situação em que se usa o *mulch*, o ke foi multiplicado pelo coeficiente de redução do *mulch* (CRM). Assim, no cálculo dos restantes parâmetros que directa ou indirectamente dependem do ke, está reflectida a influência deste coeficiente.

Allen (1998), define o coeficiente de redução do *mulch* (CRM) como sendo o factor que indica a percentagem de redução da evaporação como consequência do uso do *mulch* e é em função do tipo de material usado. Para casos em que se usa o *mulch* orgânico recomenda-se que o CRM seja igual a 0.5 e se for o plástico, CRM = 1. para o presente trabalho foi usado CRM = 0.5.

**Factor de depleção da cultura (p) ajustado** – foram usados valores tabelados (tabela 2.1). Estes valores foram ajustados para condições específicas da área de estudo com uso da seguinte relação:

$$p_{ajust} = p_{fase} + 0.04 * (5 - ET_0) \quad \text{eq. 2-21}$$

**Onde:**

$p_{fase}$  é o factor de depleção da cultura (tabela 2.1).

**Coefficiente de stress hídrico da cultura (ks)** – este coeficiente foi calculado à partir da seguinte equação:

$$ks = \begin{cases} \frac{TAW - De_{in}}{TAW - RAW} & se \ De_{in} > RAW \\ 1 & De_{in} < RAW \end{cases} \quad \text{eq.2-22}$$

**Onde:**

TAW e REW são água disponível e facilmente disponível respectivamente;

$De_{in}$  é o défice inicial de evaporação e é calculada à partir da seguinte equação:

$$De_{in} = \begin{cases} De_{end(i-1)} - Pr_{efect} & se \ De_{end(i-1)} - Pr_{efect} > 0 \\ 0 & se \ De_{end(i-1)} - Pr_{efect} < 0 \end{cases} \quad \text{eq. 2-23}$$

**Onde:**

$De_{end(i-1)}$ , o défice de evaporação do solo no do dia anterior;

$Pr_{efect}$  é a precipitação efectiva.

O défice de evaporação final do solo ( $De_{end}$ ) tem valores que variam de 0 até ao total de água que pode ser evaporada (TEW). O total de água que pode ser evaporada depende principalmente do tipo de solo (Allen, 1998).

$$De_{end} (mm/dia) = \begin{cases} 0 & se \ De_{end(i-1)} - Pr_{efect} + \frac{Evap}{few} + Dpe \leq 0 \\ De_{end(i-1)} - Pr_{efect} + \frac{Evap}{few} + Dpe & se \ De_{end(i-1)} - Pr_{efect} + \frac{Evap}{few} + Dpe \geq TEW \\ TEW & se \ De_{end(i-1)} - Pr_{efect} + \frac{Evap}{few} + Dpe > TEW \end{cases}$$

eq. 2-24

**Onde:**

Dpe é a percolação profunda (mm/dia);

Evap é a evaporação do solo (mm/dia);

few é a fracção do solo exposta e humedecida, tratando-se de agricultura de sequeiro, o few =1 para todo a ciclo da cultura (Allen, 1998);

TEW e REW são respectivamente o total de água evaporável e realmente evaporável. Os valores de TEW e REW dependem principalmente do tipo de solo, foram usados valores tabelados (anexo I, dados de solo e cultura).

**Percolação profunda** - é a quantidade de água que se perde no sistema solo-água-planta.

Esta ocorre em duas camadas: na camada de evaporação (DPe) onde depende da profundidade da camada de evaporação (Ze). É dado por:

$$DPe = \begin{cases} 0 & se \ Pr_{efect} - De_{end} < 0 \\ Pr_{efect} - De_{end} & se \ Pr_{efect} - De_{end} > 0 \end{cases} \quad \text{eq. 2-25}$$

E na zona radicular (Dr) onde depende da profundidade radicular da cultura (Zr) e é dado por:

$$Dr = \begin{cases} Dr_{(i-1)} - Pr_{efect} & se \ Dr_{(i-1)} - Pr_{efect} > 0 \\ 0 & se \ Dr_{(i-1)} - Pr_{efect} < 0 \end{cases} \quad \text{eq. 2-26}$$

**Onde:**

Dr<sub>(i-1)</sub> é a percolação profunda na zona radicular

Pr<sub>efect</sub> é a precipitação efectiva

DPe é a percolação profunda na camada de evaporação

Dr<sub>end</sub> é a percolação profunda final na zona radicular foi calculada através da equação abaixo:

$$Dr_{end} = Dr_{end(i-1)} - pr_{efect} + ETC_{ajust} + Dpe \quad \text{eq. 2-27}$$

## 2.8 Quantificação dos rendimentos com base na chuva e no uso de *mulch*

Como se referiu anteriormente, o uso de *mulch* tem uma influência directa na evaporação do solo. Á partir do modelo e com base na expressão que relaciona o rendimento das culturas e o

défice de água (equação 2.5), calculou-se o rendimento relativo, em cada fase de desenvolvimento da cultura.

### **3 METODOLOGIA**

A realização do presente trabalho obedeceu a seguinte metodologia:

- ✓ Recolha de dados;
- ✓ Desenvolvimento do modelo de balanço diário de água no solo;
- ✓ Análise e discussão dos resultados.

#### **3.1 Recolha de Dados**

Para a realização deste trabalho, era indispensável a obtenção de dados referentes a precipitação e evaporação durante os anos seleccionados para a pesquisa.

Os dados foram obtidos junto ao Instituto Nacional de Meteorologia (INAM), Base de dados da FAO e outras fontes bibliográficas.

##### a) Instituto Nacional de Meteorologia (INAM)

O INAM forneceu os dados de precipitação ( $p$ ) diária e a evaporação de referência ( $E_o$ ), em décadas, referentes aos anos de 1961 a 2001.

Estes dados foram em seguida transformados em dados diários para o caso da evaporação. Foram seleccionados para análise os anos cujos dados não apresentavam falhas.

##### b) Base de dados da FAO

A base de dados da FAO incorpora os dados referentes a diferentes culturas, precipitação ( $P_r$ ), temperatura ( $T$ ), humidade relativa ( $HR$ ), velocidade de vento ( $u_2$ ) entre outros, de vários locais de Moçambique. Os valores de  $k_y$ ,  $p$ ,  $u_2$ ,  $HR$  foram obtidos da referida base.

##### c) Outras fontes bibliográficas

Outros dados usados no modelo desenvolvido, foram extraídos em publicações, nomeadamente, constantes tabelados referentes a cultura e ao tipo de solo.

#### **3.2 Desenvolvimento do Modelo de Balanço Diário de Água no Solo**

O modelo de balanço diário de água no solo, foi desenvolvido com base em princípios matemáticos, ligados a área de rega, recorrendo-se à folha de cálculo do Excel, do MS Office 2003.

Este modelo tem a vantagem de se poder alterar o método de cálculo dos parâmetros usados, dependendo do objectivo da pesquisa. Por exemplo, ao invés do uso de valores tabelados para o cálculo da constante da cultura ( $k_c$ ), foi usado no presente trabalho o método proposto por ALLEN (1998), no qual é feito o somatório da componente evaporação ( $k_e$ ) e basal ( $k_{cb}$ ). Este método permitiu verificar a influência directa do uso do *mulch* na evaporação do solo.

### **3.3 Análise e Discussão dos Resultados**

A primeira fase consistiu na análise dos dados do clima ( $Pr$  e  $E_o$ ) de modo a estudar o comportamento desses ao longo dos anos.

De seguida, fez-se a análise dos dados resultantes do modelo e foram confrontados com os dados bibliográficos.

## 4 ANÁLISE E DISCUSSÃO DE RESULTADOS

### 4.1 Distribuição dos dados de precipitação do distrito de Chókwè (1961 a 1996)

Como se referiu anteriormente, a precipitação é o factor do clima que com maior frequência condiciona o desenvolvimento das culturas devido a sua desigualdade quer na quantidade de precipitação que cai assim como a sua distribuição ao longo dos anos.

Portanto é fundamental considerar-se a escolha de datas de sementeira de modo a coincidir os períodos de maior exigência de água por parte das culturas com o pico das chuvas.

Segundo o programa Competir (2001), pode distinguir-se no distrito de Chókwè duas épocas de sementeira, a primeira vai de Maio a Junho e a segunda de Novembro a Dezembro, mas pela distribuição da precipitação notou-se que a maior concentração das chuvas situam-se em geral entre os meses de Outubro a Março o que significa que a sementeira feita na época Maio e Junho provavelmente não seja a indicada pois a planta não irá dispor de grandes quantidades de água nas fases de maior exigência (fases III e IV), sendo portanto conveniente que se faça sementeira na época de Novembro a Dezembro, logo após as primeiras chuvas, (vide anexo 3).

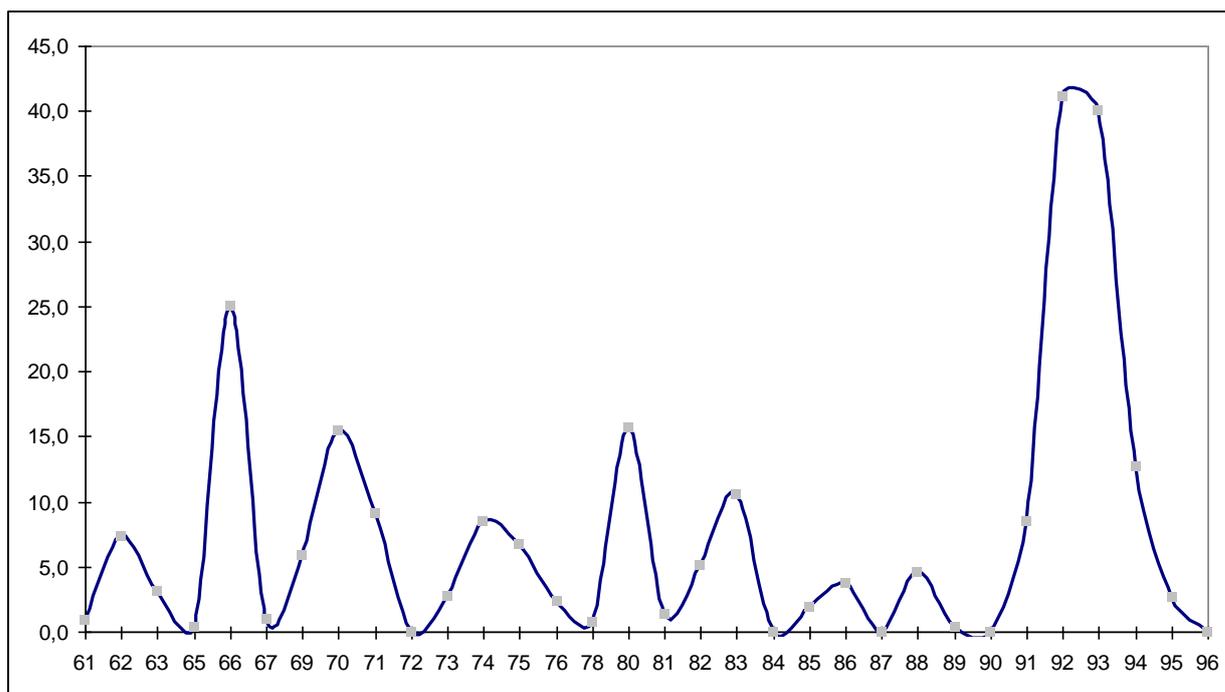
### 4.2 Rendimento relativo com base nas chuvas e no uso do *mulch*

Os resultados dos rendimentos relativos específicos e totais de cada fase obtidos nas condições normais de sequeiro e com o uso de *mulch* são apresentados no anexo 2.

As fases III e IV apresentaram uma grande flutuação dos rendimentos relativos ao longo dos anos, com maior ênfase para a fase III.

A redução do rendimento total é causada pelo defice hídrico que ocorre durante determinada parte do período de crescimento de uma cultura e o seu efeito pode variar bastante dependendo do grau de sensibilidade da cultura nesse mesmo período, Kassam e Doorembo (1994). A fase III apresenta um coeficiente elevado de resposta ao défice hídrico (Tabela 2.1) e corresponde ao período de formação de grãos e floração. A deficiência de água nesta fase, pode causar a redução do número de grãos por espiga, causar aborto floral conduzindo a uma redução do rendimento da cultura.

A figura 4.1, mostra a percentagem de aumento do rendimento relativo da fase III em consequência do uso do *mulch*.



**Figura 4-1:** Aumento do rendimento relativo da cultura de milho na fase III com uso do *mulch*.

Os resultados do modelo mostram que o uso do *mulch* causa o aumento do rendimento do milho, sendo este efeito mais notório nas fases III e IV. Concretamente na fase III, verificou-se que em 22% dos anos não houve aumento do rendimento, 44% dos anos analisados o aumento foi superior a 5% e os restantes 34% o aumento foi inferior a 5%. Entretanto, o uso do *mulch* não proporcionou grandes aumentos de rendimentos totais (anexo 7).

De acordo com os resultados do modelo, o rendimento do milho das fases I e II quer nas condições normais de sequeiro como com o uso do *mulch* não tem grandes variações. Em mais de 85% dos anos analisados (1961 a 1996) as perdas de rendimento são inexistentes. Portanto o uso do *mulch* não tem muita influência no rendimento do milho nessas fases.

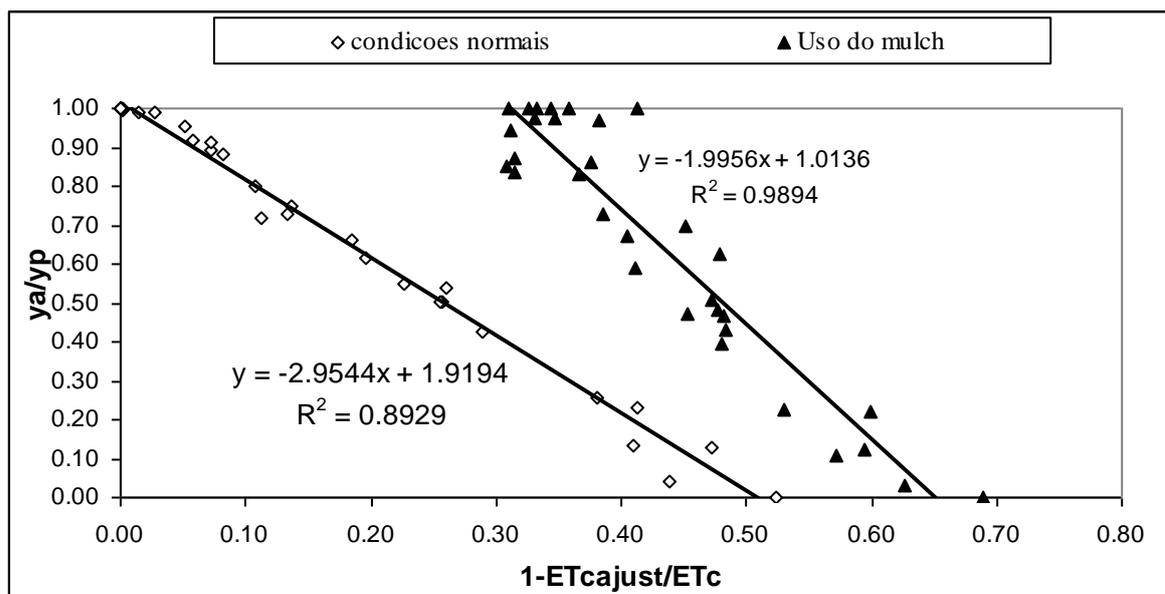
Isto pode ser explicado por um lado pelo facto do défice hídrico não afectar muito o rendimento das culturas nessas fases e por outro, por ter-se assumido datas de sementeira que antecediam à uma precipitação superior ou igual a 20mm.

Aliado ao facto da transpiração no início de desenvolvimento da cultura ser menor e o uso do *mulch* causar uma redução da evaporação por outro lado, tudo isto contribuiu duma certa forma para aumento da quantidade de água armazenada no solo e uma maior utilização da água por parte da planta que culminou com a obtenção de maiores rendimentos nessas fases (fase I e II).

A partir do gráfico (figura 4.2 ), pode-se notar que o aumento do défice hídrico na fase III causa

a redução do rendimento total, portanto, existe uma forte correlação entre o défice de água e o rendimento do milho na fase III ( $R^2 = 89.29\%$ ). Esta correlação é maior quando se usa o *mulch* ( $R^2 = 98.94\%$ ) do que numa situação normal de sequeiro.

Em relação as outras fases o coeficiente é baixo (anexo 4 e 5), com isto pode-se dizer que o défice hídrico não influencia muito no rendimento total da cultura nessas fases e nas condições específicas do presente estudo.



**Figura 4-2:** Correlação entre o défice hídrico e o rendimento do milho na fase III.

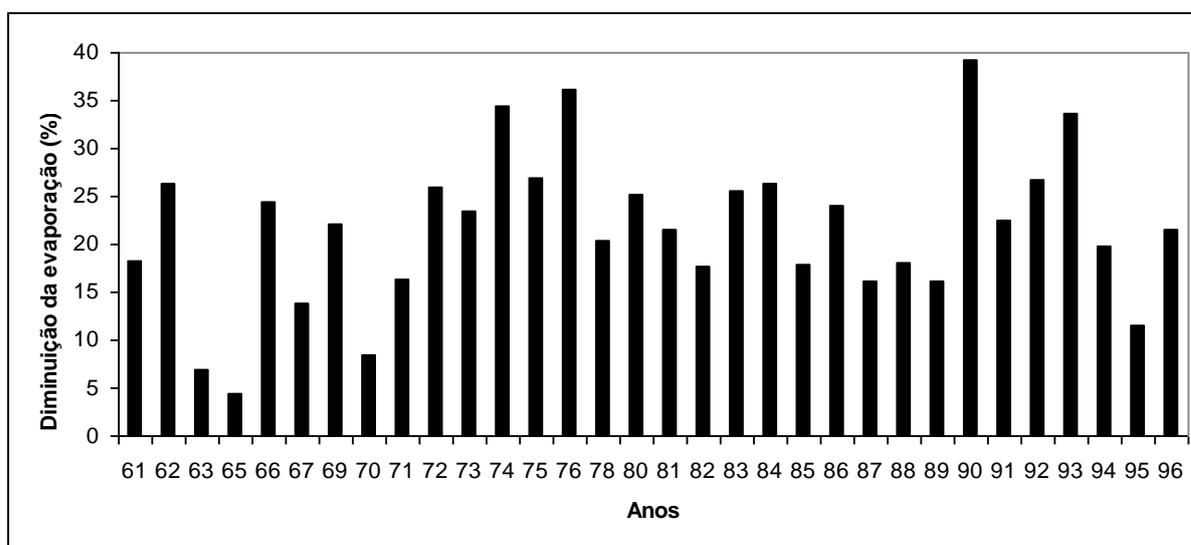
Embora exista uma forte correlação entre o défice hídrico e o rendimento do milho na fase III e os dados mostrarem aumentos de rendimento superiores a 5% em cerca de 44% dos anos analisados, nem sempre é fácil demonstrar os benefícios advindos desta prática como de outras de conservação de solo e água, uma vez que dizem respeito principalmente, a alterações que possibilitam manter o potencial produtivo de um dado local ao longo do tempo e, somente em algumas ocasiões, são capazes de propiciar aumentos de produtividade rapidamente.

Devido a esta característica, quase sempre sua importância só é detectada após a ocorrência de perdas significativas visíveis de solo como por exemplo a erosão, a lixiviação entre outras. Assim, duma forma geral, o uso de *mulch* não pode ser considerada como uma estratégia única para obtenção de melhores rendimentos das culturas.

É sim uma boa estratégia para conservação de água no solo, reduz significativamente a evaporação do solo e contribui para aumento da capacidade de armazenamento de água no solo. Além disso, o *mulch* traz uma série de vantagens como o combate à infestantes, erosão entre

outras que potenciam o seu uso.

Segundo Evans (2000), o *mulch* ajuda a conservar a humidade do solo e diminui a perda de água por evaporação em cerca de 10 a 25%, podendo atingir os 50% de redução dependendo da percentagem de cobertura do solo. Os resultados do modelo mostraram que em apenas 9,3% dos anos analisados a diminuição da perda de evaporação do solo foi menor que 10%, nos restantes anos, apresentaram valores de redução acima dos 10% (Anexo 6). De forma gráfica pode ser ilustrada essa percentagem de diminuição da evaporação do solo causada pelo uso do *mulch*, figura 4.3.



**Figura 4-3:** Redução da evaporação do solo devido ao uso do *mulch*, expressa em percentagem (%).

Esta redução da evaporação ocorre pelo facto do *mulch* diminuir a superfície de evaporação do solo.

Em alguns dos casos o uso do *mulch* pode provocar ligeiros aumento da transpiração, Allen (1998). Isto verificou-se em 87,5% dos anos analisados. Os resultados do modelo mostraram ainda que em 12,5% dos anos analisados o uso do *mulch* não provocou a alteração da transpiração (Anexo 6). O gráfico (figura 4.4) mostra as percentagens de aumento da transpiração com o uso do *mulch*.

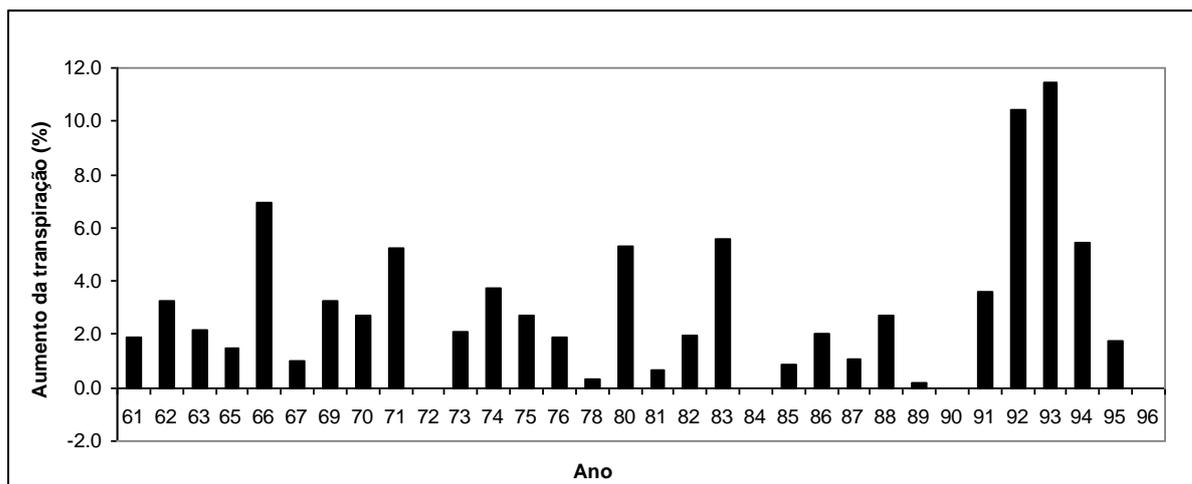


Figura 4-4: Aumento da transpiração devido ao uso do *mulch*.

Fazendo uma comparação entre o nível de diminuição da evaporação com o de aumento da transpiração notamos que de um modo geral o uso do *mulch* traz benefícios à planta. Isto pode ser verificado com o comportamento da evapotranspiração da cultura (transpiração + evaporação).

Em 81% dos anos analisados, a evapotranspiração da cultura com o uso do *mulch* foi menor que a evapotranspiração nas condições normais de sequeiro (figura 4.5).

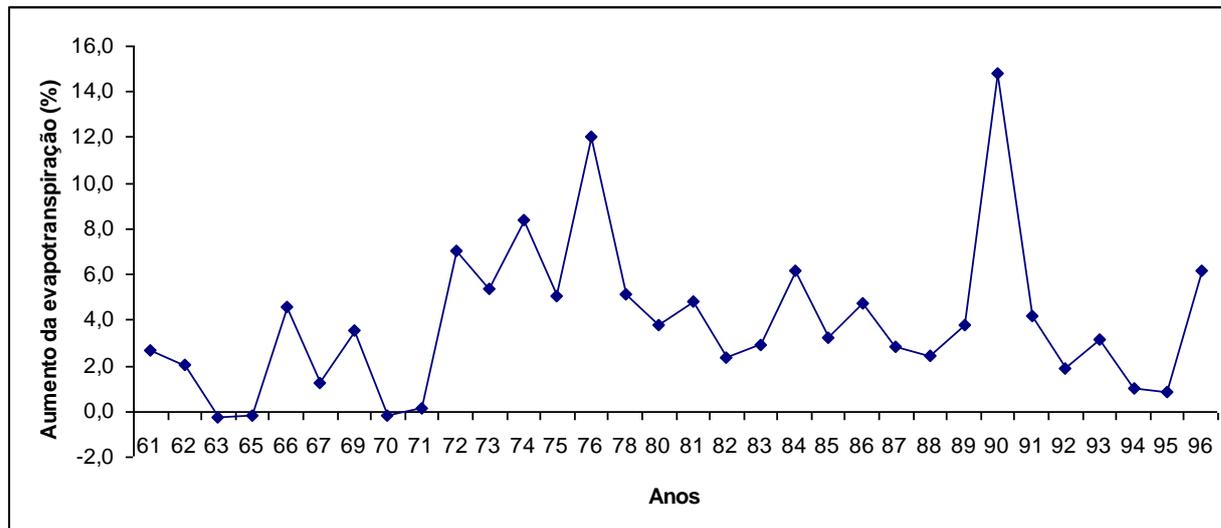


Figura 4-5 Variação percentual da Evapotranspiração com o uso do *mulch*.

O *mulch* actua como protecção contra o impacto directo das gotas de chuva sobre o solo, aumentando a infiltração de água no solo, cobre o solo diminuindo a evaporação, portanto este condiciona tanto o aumento da quantidade de água assim como proporciona a redução da perda de água no solo.

Aliado ao principal pressuposto do modelo de BDAS proposto no presente trabalho o qual a

água é o único factor que causa a redução do rendimento, podemos afirmar que o *mulch* deve ser considerada como sendo uma estratégia de conservação de água no solo eficiente para a produção das culturas, uma vez que aumenta a capacidade de armazenamento de água no solo, reduz a evaporação e proporciona uma maior quantidade de água a ser usada pelas culturas, em particular a do milho.

## 5 CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES

### 5.1 Conclusões

A partir do modelo elaborado foi possível obter-se os resultados dos rendimentos relativos das culturas (em particular a cultura do milho).

Os rendimentos obtidos no cultivo em sequeiro são muito variáveis, estes são muito afectados pela distribuição da precipitação ao longo do ciclo da cultura e particularmente pela ocorrência do défice hídrico na fase III (fase de floração e formação de grãos) que é a mais sensível.

A partir dos resultados obtidos pelo modelo, pode-se concluir que o défice hídrico não afecta muito no rendimento relativo da cultura do milho nas fases I e II, mas sim nas fases III e IV. A fase III é particularmente crítica, existindo uma maior correlação entre o défice hídrico e o rendimento das culturas.

O *mulch* é uma boa estratégia para conservação de água no solo, reduz significativamente a evaporação do solo e contribui para aumento da capacidade de armazenamento de água no solo. Além disso, o *mulch* traz uma série de vantagens como o combate à infestantes, erosão entre outras que potenciam o seu uso.

No geral o uso de *mulch* proporciona aumento de rendimento na cultura do milho. Mas esse aumento não é significativo ao ponto de considerarmos o uso do *mulch* uma estratégia única para obtenção de melhores rendimentos das culturas.

### 5.2 Recomendações

O presente trabalho limitou-se a estudar a influência do *mulch* no rendimento da cultura do milho com base no modelamento do balanço diário de água no solo. Para refinar esta análise, recomenda-se que sejam considerados em estudos de pesquisa futuros os seguintes:

- ✓ Considerar outras estratégias de conservação de água como forma de se minimizar ao máximo as perdas de rendimento de culturas como:
  - Captação da água da chuva;
  - Escolha de datas óptimas de sementeira
- ✓ Aprofundar o estudo das vantagens do uso do *mulch* de forma a potenciar o seu uso como:
  - O impacto do *mulch* no armazenamento de água no solo;
  - Protecção do solo contra a erosão

## 6 BIBLIOGRAFIA

1. Allen, R.G; Pereira, L.S.; RAES, D.; Simith, M. (1998). Crop Evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements. FAO: Irrigation and Drainage paper 56, FAO, Itália.
2. Almeida, (1997), Comparação entre método classe A e Penman Montheith <http://www.agr.feis.unesp.br/clima.htm>.
3. Araújo, Quintino Reis; Marrocos, Paulo César Lima; Serôdio, Maria Helena de C. F. Conservação do solo e da água, <http://www.ceplac.gov.br/radar/conservaçãosolo.htm>
4. Assis, Simone Vieira De, (2004), Agrometeorologia, Temperatura do solo, Departamento de Meteorologia, Universidade Federal de Pilotas
5. Brito, Rui M. Modelo de balanço diário de água no solo, não editado
6. Chilundo, Mário N. G (2002), Teor de Matéria orgânica do solo como indicador da qualidade dos solos, tese de licenciatura, Faculdade de Agronomia e engenharia Florestal, UEM-Maputo.
7. CONFAGRI, (2002), <http://www.confagri.pt/Ambiente/Glossario/>
8. Cuco, Arlito (2003), O Sector Florestal em Moçambique: Importância Económica, Social e Ambiental e Perspectivas de Sustentabilidade.
9. Departamento de Engenharia Rural (2001), Notas de rega e drenagem, Faculdade de agronomia e engenharia Florestal, Maputo.
10. Danahue, Roy. L. (1965), Our soil and their management (An introduction to Soil and water conservation) 2<sup>a</sup> ed, Manhattan, Kansas
11. Evans, Erv, (2000), Mulching trees and shrubs, NC State University
12. Fato, Pedro (2005), Comunicação pessoal, INIA
13. Hassane, (2002) culturas alimentares e industriais, apontamentos não editados
14. Hernandez, Fernando Braz Tangerino; Júnior, José Alves; Lopes, Adriano da Silva, (2001), irrigação na cultura da pupunha. in: curso sobre cultivo, processamento e comercialização de palmito pupunha, São Paulo, Brasil
15. Instituto Nacional de Investigação Agronómica (1985), Inventario Nacional dos Recursos Agro- ecológicos, aptidão agroclimatica para produção da cultura de sequeiro,

- serie Terra e água, comunicação número 28, Moçambique.
16. INE 2003, anuário estatístico, Ministério de Plano e Finanças, Maputo
  17. IPAD, Instituto Português de Apoio ao Desenvolvimento, (2004), <http://www.ipad.mne.gov.pt>
  18. Lisboa, Henrique de Melo (2005), evaporação e transpiração, curso de engenharia sanitária, Universidade Federal de Santa Catarina
  19. Lourenço, Rivail Salvador; Medrado, Moacir José Sales; Nietsche, Klaus; Filho, Francisco Eloir Sabatke, (2002), Influência da cobertura morta na produtividade da erva-mate, Brasil.
  20. Kassam, A. H. & Doorembos, J. (1994). Rendimento e água, Irrigação e Drenagem, FAO 33, Série 4.
  21. Mamade, Aissa (2006), Levantamento das Técnicas de recolha e conservação de água da chuva na produção agrícola no distrito de Chókwè, tese de licenciatura, Faculdade de Agronomia e engenharia Florestal, UEM-Maputo.
  22. Mellaart, Eduardo A.R (1994), apontamentos de Agro-Hidrologia, Universidade Eduardo Mondlane, Faculdade de Agronomia e Engenharia Florestal, Maputo.
  23. Menete, M. Zélia; Givá, Nícia; Munguambe, Paiva; Machel, Pedro (2002), Diagnóstico preliminar dos sistemas de produção e impactos das cheias no distrito de Chókwè, UEM, Faculdade de Agronomia e Engenharia Florestal, Maputo.
  24. Pinto, Pedro Aguiar; Brandão, Ana Paiva; Silva, Luisa Mira Da (2002), Análise do efeito das alterações climáticas na produtividade e necessidades de rega da cultura de milho, 6<sup>o</sup> congresso da água, Portugal.
  25. Programa Competir (2001), Região Agrícola do Chókwè, Diagnóstico da Fileira Agrícola, UEM, Faculdade de Agronomia e Engenharia Florestal.
  26. Rachid, Hassane (2004), Apontamentos de culturas alimentares e Industriais, Departamento de Produção e Protecção Vegetal, UEM – Maputo.
  27. Santana, Marcos. O; Ribeiro, Aristides; (2003), Manejo de água no solo, sistema de geoespacialização da demanda de água, Revista brasileira de engenharia agrícola e ambiental, volume7, no.1 Campina.
  28. Silva, Lauro Leal Da; (2005), Influência dos resíduos da colheita sobre as perdas de água

- e solo, <http://www.ufsm.br/cienciaflorestal/artigos/v8n1/art5v8n1.pdf>
29. Sistema Nacional de Aviso Prévio para a Segurança Alimentar (1995), impacto climático sobre a produção de milho em Moçambique, Direcção Nacional de Agricultura, Maputo.
30. Viera, José Manuel Pereira (1999), [http://www.fao.org/documents/show\\_cdr.asp?url\\_file=/docrep/007/x3996p01.htm](http://www.fao.org/documents/show_cdr.asp?url_file=/docrep/007/x3996p01.htm).
31. Wild, Alan (1995), soils and the environment, 2a ed, Cambridge
32. Zauza, Edival Ângelo Valverde (1999), Utilização de cobertura morta na agricultura, Brasil.

# ANEXOS

**ANEXO 1: Dados de solo e cultura usados no modelo**

Dados de solo e cultura usados no modelo de fase I a IV

<b>Designação abreviada</b>	<b>Fonte</b>	<b>Unidades</b>	<b>Valor</b>
<b>Fw</b>	Tabela 20	fracção	1.00
<b>Kcb init</b>	Tabela 17	factor	0.15
<b>Kcb mid</b>	Tabela 17	factor	1.15
<b>Kcb end</b>	Tabela 17	factor	0.50
<b>H</b>	Tabela 12	(m)	2.00
<b>Zr</b>	Tabela 22	(m)	1.00
<b>Zr ini</b>	estimado	(m)	0.30
<b>p (I)</b>	Tabela 22	factor	0.50
<b>p (II)</b>	Tabela 22	factor	0.50
<b>p (III)</b>	Tabela 22	factor	0.50
<b>p (IV)</b>	Tabela 22	Factor	0.50
<b>phase I</b>	Tabela 11	(dias)	20
<b>phase II</b>	Tabela 11	(dias)	30
<b>phase III</b>	Tabela 11	(dias)	40
<b>phase IV</b>	Tabela 11	(dias)	10
<b>Total</b>			100
<b>Kcmin</b>	0.15 a 0.20	factor	0.175
<b>Teor de água no solo</b>			
<b>FC</b>	laboratório	(m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> )	0.32
<b>WP</b>	laboratório	(m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> )	0.16
<b>Profundidade do solo – camada de evaporação</b>			
<b>Ze</b>	(0.10 to 0.15)	(m)	0.125
<b>TEW</b>	calculado	(mm)	30.0
<b>REW</b>	Tabela 19	(mm)	9.0
<b>Kcb mid</b>	estimado	factor	1.15
<b>Kcb end</b>	estimado	factor	0.45
<b>(Dados da fase I)</b>			
<b>Duração</b>	Tabela 11	(dias)	20
<b>U2</b>	média	(m/s)	2.00
<b>Rhmin</b>	média	(%)	45.0
<b>H</b>	média	(m)	0.40
<b>Zr</b>	média	(m)	0.44

<b>(Dados da fase II)</b>			
<b>duração</b>	Tabela 11	(dias)	30
<b>U2</b>	média	(m/s)	3.00
<b>Rhmin</b>	média	(%)	40.0
<b>h</b>	média	(m)	1.40
<b>Zr</b>	média	(m)	0.79
<b>(Dados da fase III)</b>			
<b>duração</b>	Tabela 11	(dias)	40
<b>U2</b>	média	(m/s)	2.50
<b>Rhmin</b>	média	(%)	50.0
<b>h</b>	média	(m)	2.00
<b>Zr</b>	média	(m)	1.00
<b>(Dados da fase IV)</b>			
<b>duração</b>	Tabela 11	(dias)	10
<b>U2</b>	média	(m/s)	1.50
<b>Rhmin</b>	média	(%)	55.0
<b>h</b>	média	(m)	2.00
<b>Zr</b>	média	(m)	1.00
<b>FASE I</b>			0.40
<b>FASE II</b>			0.40
<b>FASE III</b>			1.30
<b>FASE IV</b>			0.50
<b>GERAL</b>			1.25

Fonte: FAO 56

**ANEXO 2: Resumo dos resultados do modelo**

Rendimentos relativos da cultura do milho nas condições normais de sequeiro

Ano	Fases	Etc	ETc ajust	Evap	Tr ajust	Pr	ETc ajust/ETc	ya/yp	ya/yp total
1961	I	73.36	73.24	56.86	16.37	32.09	0.998	0.999	<b>0.529</b>
	II	126.47	113.82	21.81	92.01	325.13	0.900	0.960	
	III	203.31	173.46	4.61	168.85	50.45	0.853	0.809	
	IV	36.67	13.33	2.94	10.39	9.73	0.363	0.682	
1962	I	54.50	48.37	30.00	18.37	0.00	0.888	0.955	<b>0.634</b>
	II	129.05	116.55	23.81	92.74	98.05	0.903	0.961	
	III	241.50	185.38	5.27	180.11	118.06	0.768	0.698	
	IV	37.20	36.42	11.34	25.09	142.33	0.979	0.990	
1963	I	49.73	49.48	33.66	15.82	5.67	0.995	0.998	<b>0.204</b>
	II	147.39	112.86	20.59	92.27	110.24	0.766	0.906	
	III	265.51	133.30	4.76	128.54	33.40	0.502	0.353	
	IV	53.47	14.92	6.82	8.10	9.05	0.279	0.640	
1965	I	73.86	72.21	54.19	18.03	24.47	0.978	0.991	<b>0.352</b>
	II	200.69	112.01	19.39	92.62	32.56	0.558	0.823	
	III	236.66	156.66	4.64	152.02	242.37	0.662	0.561	
	IV	43.15	23.27	3.74	19.52	1.37	0.539	0.770	
1966	I	69.40	69.36	54.89	14.46	73.88	0.999	1.000	<b>0.062</b>
	II	157.02	146.95	53.47	93.47	192.74	0.936	0.974	
	III	243.26	77.59	3.07	74.52	29.03	0.319	0.115	
	IV	45.87	3.01	0.52	2.49	0.00	0.066	0.553	
1967	I	44.55	44.46	29.87	14.58	0.00	0.998	0.999	<b>0.802</b>
	II	129.64	95.86	10.50	85.36	83.96	0.739	0.896	
	III	212.79	195.74	8.01	187.73	412.55	0.920	0.896	
	IV	41.87	41.87	9.42	32.45	10.89	1.000	1.000	
1969	I	67.25	67.25	55.69	11.56	66.48	1.000	1.000	<b>0.659</b>
	II	88.44	88.44	23.02	65.42	18.48	1.000	1.000	
	III	168.42	148.93	5.08	143.85	118.01	0.884	0.850	
	IV	29.08	15.97	3.32	12.65	3.63	0.549	0.775	
1970	I	44.92	44.92	31.35	13.57	1.65	1.000	1.000	<b>0.121</b>
	II	77.27	77.27	11.31	65.96	32.66	1.000	1.000	
	III	162.30	65.45	1.10	64.35	0.01	0.403	0.224	
	IV	26.69	2.23	0.10	2.13	0.00	0.084	0.542	
1971	I	68.14	68.14	56.46	11.68	30.39	1.000	1.000	<b>0.452</b>
	II	81.52	78.78	10.82	67.96	13.70	0.966	0.987	
	III	176.90	133.38	5.18	128.20	100.26	0.754	0.680	
	IV	36.39	12.63	3.99	8.64	5.55	0.347	0.674	
1972	I	44.74	44.74	30.65	14.09	4.11	1.000	1.000	<b>1.000</b>
	II	64.52	64.52	19.72	44.80	136.09	1.000	1.000	
	III	96.00	96.00	3.94	92.06	243.14	1.000	1.000	
	IV	22.88	22.88	7.79	15.09	16.68	1.000	1.000	
1973	I	74.29	74.29	62.38	11.91	145.67	1.000	1.000	<b>0.574</b>
	II	93.88	88.23	12.74	75.49	14.32	0.940	1.000	
	III	151.77	102.69	3.25	99.43	121.50	0.677	0.580	
	IV	26.18	25.63	6.53	19.10	7.59	0.979	0.990	
1974	I	71.25	71.25	60.47	10.77	45.32	1.000	1.000	<b>0.496</b>
	II	97.60	97.60	30.91	66.69	79.92	1.000	1.000	
	III	196.93	131.85	4.19	127.66	118.19	0.670	0.570	
	IV	37.05	27.50	9.54	17.97	0.38	0.742	0.871	

1975	I	42.07	42.07	29.67	12.40	9.74	1.000	1.000	<b>0.869</b>
	II	99.50	99.50	32.53	66.97	110.55	1.000	1.000	
	III	131.25	118.07	4.36	113.71	190.39	0.900	0.869	
	IV	25.15	25.15	8.13	17.01	1.83	1.000	1.000	
1976	I	65.42	65.42	56.09	9.33	122.30	1.000	1.000	<b>0.846</b>
	II	71.00	71.00	25.76	45.24	78.82	1.000	1.000	
	III	92.28	89.97	2.92	87.05	32.89	0.975	0.967	
	IV	15.18	11.40	2.24	9.15	3.31	0.751	0.875	
1978	I	45.84	45.84	35.20	10.64	10.85	1.000	1.000	<b>0.992</b>
	II	73.54	73.54	15.59	57.96	33.65	1.000	1.000	
	III	90.99	90.41	3.10	87.31	144.51	0.994	0.992	
	IV	25.99	25.99	8.02	17.97	13.58	1.000	1.000	
1980	I	57.77	57.77	48.42	9.34	42.52	1.000	1.000	<b>0.491</b>
	II	69.28	69.28	9.55	59.73	12.40	1.000	1.000	
	III	118.12	76.48	2.14	74.34	43.11	0.648	0.542	
	IV	24.82	20.09	8.22	11.87	23.71	0.809	0.905	
1981	I	49.73	49.73	41.15	8.58	16.46	1.000	1.000	<b>0.985</b>
	II	57.18	57.18	10.75	46.43	68.03	1.000	1.000	
	III	128.61	127.08	4.30	122.78	114.88	0.988	0.985	
	IV	20.64	20.64	6.90	13.74	27.52	1.000	1.000	
1982	I	40.24	40.24	30.30	9.94	1.19	1.000	1.000	<b>0.352</b>
	II	64.73	64.73	4.55	60.18	22.49	1.000	1.000	
	III	159.23	87.83	2.93	84.90	42.27	0.552	0.417	
	IV	30.53	20.98	10.13	10.85	12.60	0.687	0.844	
1983	I	49.67	49.67	40.33	9.34	12.82	1.000	1.000	<b>0.616</b>
	II	66.69	66.69	19.48	47.21	48.63	1.000	1.000	
	III	153.14	121.56	3.51	118.05	39.55	0.794	0.732	
	IV	32.30	22.00	9.23	12.77	107.01	0.681	0.841	
1984	I	44.15	44.15	34.49	9.66	6.28	1.000	1.000	<b>1.000</b>
	II	72.82	72.82	21.76	51.06	67.68	1.000	1.000	
	III	153.93	153.93	5.48	148.45	173.85	1.000	1.000	
	IV	32.19	32.19	9.58	22.61	8.83	1.000	1.000	
1985	I	46.19	46.19	36.12	10.07	7.55	1.000	1.000	<b>0.927</b>
	II	59.47	59.47	5.22	54.25	23.75	1.000	1.000	
	III	116.68	110.10	3.53	106.57	162.38	0.944	0.927	
	IV	24.17	24.17	8.08	16.09	165.24	1.000	1.000	
1986	I	45.31	45.31	36.02	9.29	32.64	1.000	1.000	<b>0.642</b>
	II	86.22	86.22	24.72	61.50	77.80	1.000	1.000	
	III	132.53	117.50	3.55	113.95	43.91	0.887	0.852	
	IV	31.12	15.75	4.92	10.83	0.00	0.506	0.753	
1987	I	40.25	40.25	31.95	8.31	4.23	1.000	1.000	<b>0.928</b>
	II	51.09	51.09	2.51	48.58	1.51	1.000	1.000	
	III	86.33	86.33	3.11	83.22	78.79	1.000	1.000	
	IV	33.82	28.93	9.12	19.82	1.01	0.856	0.928	
1988	I	40.65	40.65	32.52	8.13	9.56	1.000	1.000	<b>0.665</b>
	II	54.12	54.12	9.81	44.31	16.62	1.000	1.000	
	III	92.36	83.34	2.48	80.86	30.11	0.902	0.873	
	IV	18.99	9.96	1.90	8.06	0.59	0.524	0.762	
1989	I	51.33	51.33	42.08	9.24	18.99	1.000	1.000	<b>0.667</b>
	II	62.04	62.04	15.11	46.93	187.46	1.000	1.000	
	III	145.22	132.53	3.11	129.42	41.93	0.913	0.886	
	IV	25.02	12.65	1.76	10.89	3.20	0.506	0.753	

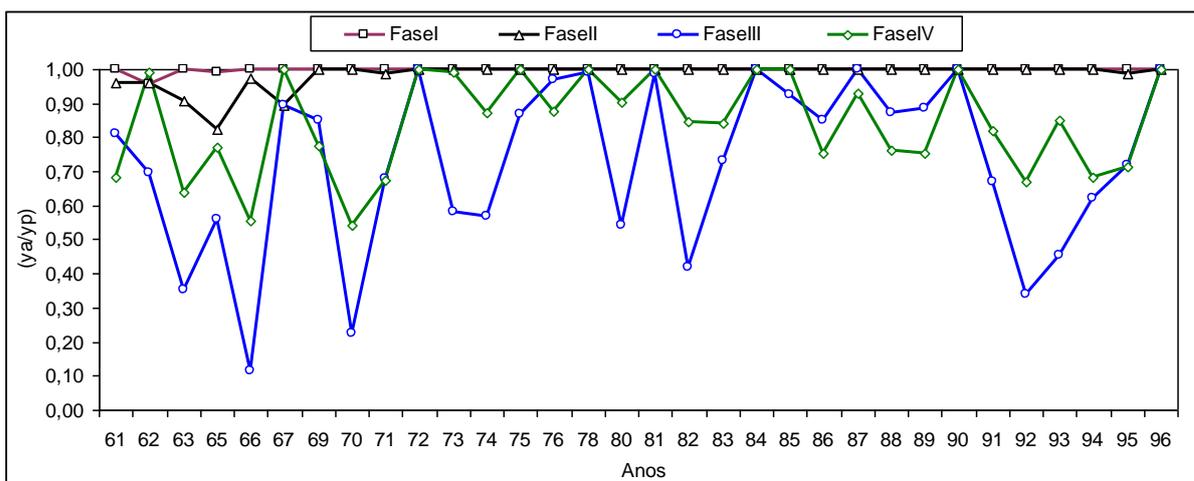
1990	I	67.41	67.41	57.84	9.57	95.49	1.000	1.000	<b>1.000</b>
	II	84.01	84.01	35.28	48.72	66.91	1.000	1.000	
	III	97.48	97.48	3.95	93.53	107.92	1.000	1.000	
	IV	28.13	28.13	7.49	20.64	4.67	1.000	1.000	
1991	I	49.72	49.72	41.99	7.73	43.04	1.000	1.000	<b>0.550</b>
	II	46.06	46.06	6.19	39.86	1.44	1.000	1.000	
	III	93.62	69.88	0.49	69.39	12.98	0.746	0.670	
	IV	19.92	12.78	5.14	7.64	10.30	0.642	0.821	
1992	I	55.26	55.25	42.53	12.72	32.49	1.000	1.000	<b>0.228</b>
	II	87.29	87.29	31.99	55.30	31.99	1.000	1.000	
	III	165.87	81.81	1.30	80.51	9.22	0.493	0.341	
	IV	40.73	13.68	8.17	5.52	22.64	0.336	0.668	
1993	I	44.47	44.47	33.90	10.57	25.60	1.000	1.000	<b>0.385</b>
	II	95.73	95.73	39.31	56.42	42.72	1.000	1.000	
	III	143.80	83.45	1.48	81.97	9.21	0.580	0.454	
	IV	30.54	21.32	9.71	11.60	50.40	0.698	0.849	
1994	I	42.16	42.16	30.03	12.14	0.41	1.000	1.000	<b>0.425</b>
	II	77.83	77.83	23.52	54.31	40.79	1.000	1.000	
	III	139.71	98.95	3.22	95.73	35.40	0.708	0.621	
	IV	25.23	9.32	3.28	6.04	6.07	0.369	0.685	
1995	I	51.24	51.24	40.48	10.77	20.29	1.000	1.000	<b>0.507</b>
	II	79.51	76.99	8.69	68.30	12.85	0.968	0.987	
	III	159.37	124.89	2.76	122.12	105.17	0.784	0.719	
	IV	34.11	14.58	1.34	13.24	0.00	0.427	0.714	
1996	I	44.49	44.49	33.62	10.87	5.89	1.000	1.000	<b>1.000</b>
	II	83.08	83.08	27.39	55.69	55.69	1.000	1.000	
	III	94.70	94.70	3.93	90.77	252.63	1.000	1.000	
	IV	23.57	23.57	5.85	17.72	2.35	1.000	1.000	

Rendimentos relativos da cultura do milho com base no uso do *mulch*

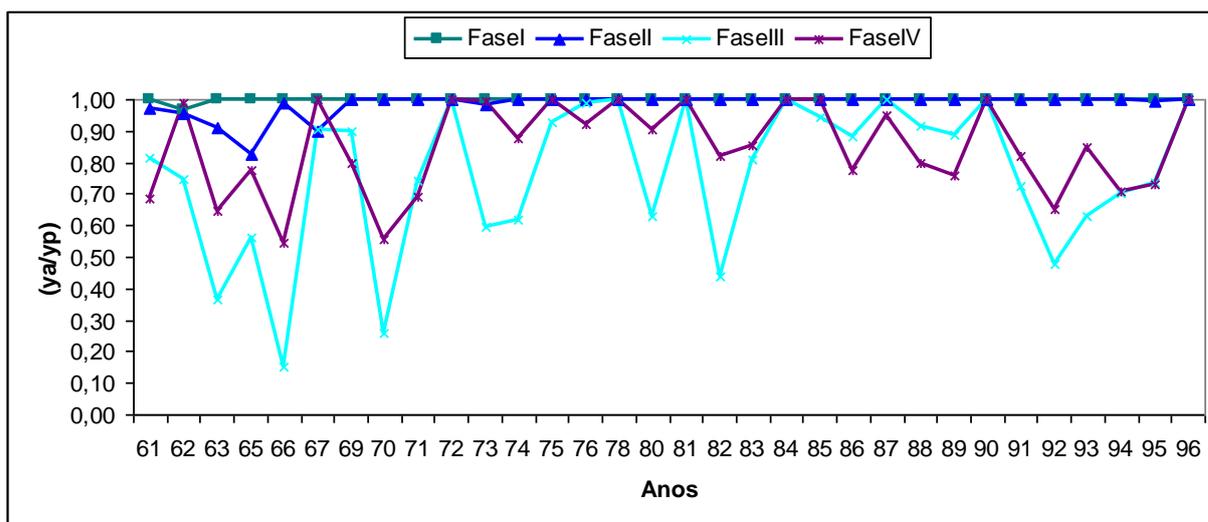
Ano	Fases	Etc	ETc ajust	Evap	Tr ajust	Pr	ETc ajust/ETc	ya/yp	ya/yp total
1961	I	60.86	60.86	44.37	16.49	32.09	1.00	1.000	<b>0.543</b>
	II	124.30	115.76	19.64	96.12	325.13	0.93	0.973	
	III	202.14	173.48	3.44	170.04	50.45	0.86	0.816	
	IV	36.83	13.59	3.10	10.49	9.73	0.37	0.684	
1962	I	54.15	49.48	29.65	19.82	0.00	0.91	0.965	<b>0.684</b>
	II	117.77	104.56	12.53	92.04	98.05	0.89	0.955	
	III	240.27	193.94	4.04	189.90	118.06	0.81	0.749	
	IV	31.53	30.93	5.67	25.27	142.33	0.98	0.991	
1963	I	46.67	46.67	30.60	16.07	5.67	1.00	1.000	<b>0.214</b>
	II	145.55	113.46	18.76	94.70	110.24	0.78	0.912	
	III	265.09	135.46	4.34	131.11	33.40	0.51	0.364	
	IV	54.28	15.82	7.63	8.19	9.05	0.29	0.646	
1965	I	69.54	69.37	49.86	19.50	24.47	1.00	0.999	<b>0.361</b>
	II	201.02	114.27	19.72	94.54	32.56	0.57	0.827	
	III	235.69	156.49	3.67	152.83	242.37	0.66	0.563	
	IV	44.51	24.68	5.10	19.58	1.37	0.55	0.777	
1966	I	56.62	56.62	42.12	14.50	73.88	1.00	1.000	<b>0.082</b>
	II	140.94	137.71	37.38	100.33	192.74	0.98	0.991	
	III	243.38	84.69	3.19	81.50	29.03	0.35	0.152	
	IV	47.17	4.20	1.82	2.38	0.00	0.09	0.544	

1967	I	42.24	42.24	27.56	14.68	0.00	1.00	1.000	<b>0.814</b>
	II	129.37	96.95	10.23	86.73	83.96	0.75	0.900	
	III	209.22	193.91	4.44	189.47	412.55	0.93	0.905	
	IV	40.07	40.07	7.62	32.45	10.89	1.00	1.000	
1969	I	49.89	49.89	38.32	11.56	66.48	1.00	1.000	<b>0.720</b>
	II	87.89	87.89	22.47	65.42	18.48	1.00	1.000	
	III	166.43	153.80	3.08	150.72	118.01	0.92	0.900	
	IV	29.76	17.72	4.00	13.72	3.63	0.60	0.800	
1970	I	41.78	41.78	28.21	13.57	1.65	1.00	1.000	<b>0.143</b>
	II	75.58	75.58	9.62	65.96	32.66	1.00	1.000	
	III	162.76	69.96	1.56	68.40	0.01	0.43	0.259	
	IV	27.35	2.94	0.77	2.17	0.00	0.11	0.554	
1971	I	51.19	51.19	39.52	11.68	30.39	1.00	1.000	<b>0.514</b>
	II	86.41	86.28	15.71	70.57	13.70	1.00	0.999	
	III	175.24	140.46	3.52	136.94	100.26	0.80	0.742	
	IV	37.56	14.47	5.16	9.31	5.55	0.39	0.693	
1972	I	42.07	42.07	27.98	14.09	4.11	1.00	1.000	<b>1.000</b>
	II	56.93	56.93	12.13	44.80	136.09	1.00	1.000	
	III	94.06	94.06	2.00	92.06	243.14	1.00	1.000	
	IV	18.99	18.99	3.90	15.09	16.68	1.00	1.000	
1973	I	51.94	51.94	40.03	11.91	145.67	1.00	1.000	<b>0.584</b>
	II	98.87	95.14	17.73	77.42	14.32	0.96	0.985	
	III	150.58	103.73	2.06	101.67	121.50	0.69	0.596	
	IV	24.74	24.45	5.09	19.36	7.59	0.99	0.994	
1974	I	46.86	46.86	36.09	10.77	45.32	1.00	1.000	<b>0.541</b>
	II	90.05	90.05	23.36	66.69	79.92	1.00	1.000	
	III	195.46	138.00	2.72	135.27	118.19	0.71	0.618	
	IV	34.20	25.64	6.69	18.96	0.38	0.75	0.875	
1975	I	38.68	38.68	26.28	12.40	9.74	1.00	1.000	<b>0.927</b>
	II	88.10	88.10	21.13	66.97	110.55	1.00	1.000	
	III	129.61	122.30	2.72	119.58	190.39	0.94	0.927	
	IV	21.40	21.40	4.39	17.01	1.83	1.00	1.000	
1976	I	41.61	41.61	32.28	9.33	122.30	1.00	1.000	<b>0.911</b>
	II	63.90	63.90	18.66	45.24	78.82	1.00	1.000	
	III	91.26	90.55	1.90	88.65	32.89	0.99	0.990	
	IV	15.70	13.18	2.76	10.42	3.31	0.84	0.920	
1978	I	39.92	39.92	29.28	10.64	10.85	1.00	1.000	<b>1.000</b>
	II	71.99	71.99	14.03	57.96	33.65	1.00	1.000	
	III	89.69	89.69	1.79	87.89	144.51	1.00	1.000	
	IV	22.09	22.09	4.12	17.97	13.58	1.00	1.000	
1980	I	40.84	40.84	31.50	9.34	42.52	1.00	1.000	<b>0.567</b>
	II	73.88	73.88	14.16	59.73	12.40	1.00	1.000	
	III	117.37	83.68	1.40	82.28	43.11	0.71	0.627	
	IV	20.71	16.76	4.11	12.65	23.71	0.81	0.905	
1981	I	37.89	37.89	29.31	8.58	16.46	1.00	1.000	<b>0.998</b>
	II	60.64	60.64	14.20	46.43	68.03	1.00	1.000	
	III	126.90	126.69	2.60	124.10	114.88	1.00	0.998	
	IV	17.19	17.19	3.45	13.74	27.52	1.00	1.000	
1982	I	35.05	35.05	25.12	9.94	1.19	1.00	1.000	<b>0.360</b>
	II	66.99	66.99	6.81	60.18	22.49	1.00	1.000	
	III	158.70	90.13	2.40	87.73	42.27	0.57	0.438	
	IV	25.53	16.50	5.13	11.37	12.60	0.65	0.823	
1983	I	39.82	39.82	30.49	9.34	12.82	1.00	1.000	<b>0.690</b>
	II	62.30	62.30	15.09	47.21	48.63	1.00	1.000	
	III	152.42	130.06	2.80	127.26	39.55	0.85	0.809	
	IV	28.69	20.24	5.61	14.63	107.01	0.71	0.853	

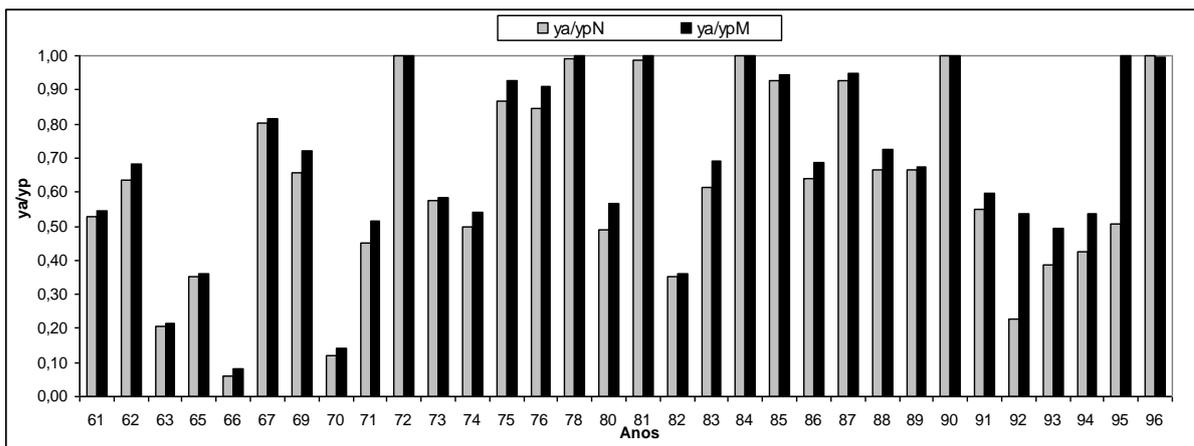
1984	I	37.43	37.43	27.78	9.66	6.28	1.00	1.000	<b>1.000</b>
	II	67.03	67.03	15.96	51.06	67.68	1.00	1.000	
	III	151.66	151.66	3.21	148.45	173.85	1.00	1.000	
	IV	28.25	28.25	5.64	22.61	8.83	1.00	1.000	
1985	I	39.36	39.36	29.29	10.07	7.55	1.00	1.000	<b>0.944</b>
	II	62.30	62.30	8.05	54.25	23.75	1.00	1.000	
	III	115.28	110.36	2.13	108.23	162.38	0.96	0.944	
	IV	20.13	20.13	4.04	16.09	165.24	1.00	1.000	
1986	I	35.48	35.48	26.18	9.29	32.64	1.00	1.000	<b>0.685</b>
	II	79.12	79.12	17.61	61.50	77.80	1.00	1.000	
	III	131.50	119.76	2.51	117.25	43.91	0.91	0.884	
	IV	32.53	17.90	6.33	11.57	0.00	0.55	0.775	
1987	I	33.02	33.02	24.72	8.31	4.23	1.00	1.000	<b>0.948</b>
	II	55.11	55.11	6.53	48.58	1.51	1.00	1.000	
	III	84.81	84.81	1.59	83.22	78.79	1.00	1.000	
	IV	30.98	27.78	6.28	21.50	1.01	0.90	0.948	
1988	I	31.61	31.61	23.48	8.13	9.56	1.00	1.000	<b>0.726</b>
	II	54.85	54.85	10.53	44.31	16.62	1.00	1.000	
	III	91.56	85.45	1.68	83.77	30.11	0.93	0.913	
	IV	19.63	11.59	2.53	9.06	0.59	0.59	0.795	
1989	I	40.93	40.93	31.68	9.24	18.99	1.00	1.000	<b>0.676</b>
	II	62.27	62.27	15.34	46.93	187.46	1.00	1.000	
	III	144.56	132.22	2.45	129.77	41.93	0.91	0.889	
	IV	25.77	13.43	2.51	10.92	3.20	0.52	0.760	
1990	I	43.07	43.07	33.49	9.57	95.49	1.00	1.000	<b>1.000</b>
	II	71.44	71.44	22.72	48.72	66.91	1.00	1.000	
	III	95.56	95.56	2.03	93.53	107.92	1.00	1.000	
	IV	26.02	26.02	5.38	20.64	4.67	1.00	1.000	
1991	I	34.59	34.59	26.86	7.73	43.04	1.00	1.000	<b>0.596</b>
	II	50.58	50.58	10.72	39.86	1.44	1.00	1.000	
	III	93.72	74.04	0.58	73.45	12.98	0.79	0.727	
	IV	18.28	11.70	3.51	8.20	10.30	0.64	0.820	
1992	I	44.55	44.55	31.82	12.73	32.49	1.00	1.000	<b>0.311</b>
	II	77.91	77.91	22.61	55.30	31.99	1.00	1.000	
	III	166.56	99.46	1.99	97.47	9.22	0.60	0.476	
	IV	37.72	11.60	5.15	6.45	22.64	0.31	0.654	
1993	I	37.14	37.14	26.58	10.57	25.60	1.00	1.000	<b>0.535</b>
	II	79.02	79.02	22.60	56.42	42.72	1.00	1.000	
	III	144.20	103.04	1.87	101.17	9.21	0.71	0.629	
	IV	25.71	18.03	4.88	13.15	50.40	0.70	0.851	
1994	I	38.56	38.56	26.42	12.14	0.41	1.00	1.000	<b>0.495</b>
	II	70.05	70.05	15.74	54.31	40.79	1.00	1.000	
	III	138.94	106.82	2.45	104.37	35.40	0.77	0.700	
	IV	25.47	10.54	3.51	7.03	6.07	0.41	0.707	
1995	I	41.76	41.76	31.00	10.77	20.29	1.00	1.000	<b>0.535</b>
	II	81.85	80.42	11.03	69.39	12.85	0.98	0.993	
	III	158.73	126.79	2.13	124.66	105.17	0.80	0.738	
	IV	35.75	16.48	2.97	13.51	0.00	0.46	0.730	
1996	I	38.62	38.62	27.76	10.87	5.89	1.00	1.000	<b>1.000</b>
	II	77.18	77.18	21.48	55.69	55.69	1.00	1.000	
	III	92.74	92.74	1.97	90.77	252.63	1.00	1.000	
	IV	22.07	22.07	4.35	17.72	2.35	1.00	1.000	



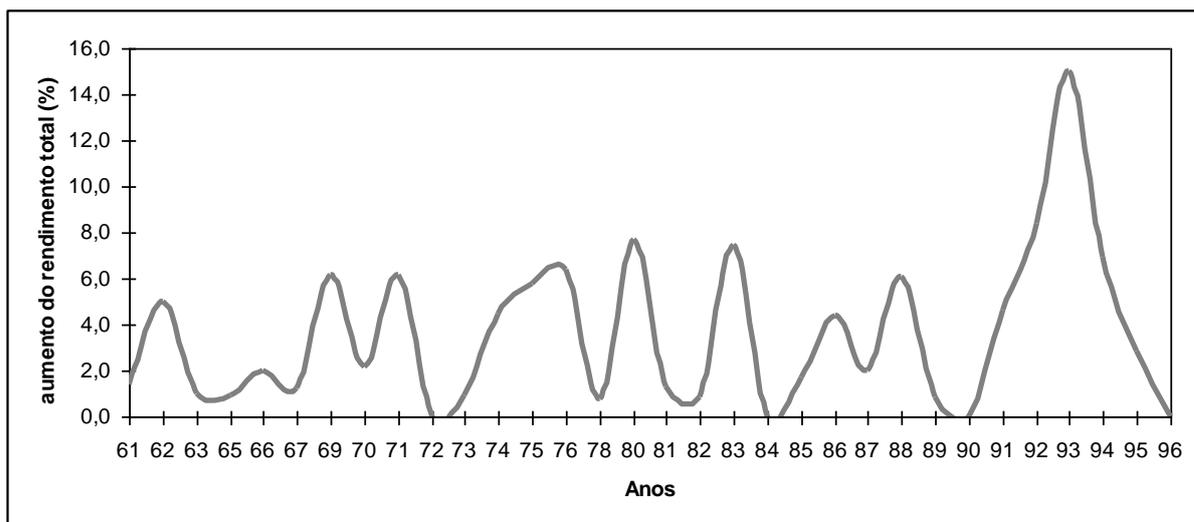
Rendimentos relativos da cultura de milho nas fases I a IV em condições normais de sequeiro.



Rendimentos relativos da cultura de milho nas fases I a IV com uso do *mulch*.



Rendimento total da cultura de milho (1961-1996) com uso de *mulch* (ya/ypM) e em condições normais de sequeiro (ya/ypN).



Aumento do rendimento total (em percentagem) devido ao uso do *mulch*.

**ANEXO 3:** Distribuição mensal da precipitação ao longo dos anos

Precipitação mensal (1961-1996)

<b>Anos</b> <b>Meses</b>	<b>1961</b>	<b>1962</b>	<b>1963</b>	<b>1965</b>	<b>1966</b>	<b>1967</b>	<b>1969</b>	<b>1970</b>	<b>1971</b>	<b>1972</b>	<b>1973</b>	<b>1974</b>	<b>1975</b>	<b>1976</b>	<b>1978</b>	<b>1980</b>
<b>Out</b>	23.9	38.7	106.5	27.7	55.7	39.7	219.9	20.1	62.4	3.3	21.3	9.5	9	18.6	273	33.8
<b>Nov</b>	3.1	117.2	32.4	103	32.3	39.4	53.9	20.2	23.5	20.4	58.1	73.2	103.3	30.4	82.5	41.6
<b>Dez</b>	58.3	121.3	153.8	57.6	77.9	41.8	95.4	3.6	103.9	67.6	186.2	94.1	106	35.9	68.3	100.8
<b>Jan</b>	63.6	253.1	41.5	228.9	332.1	190	25.5	41.6	270.4	111.7	52.3	63.8	56.6	294.2	220.8	21.9
<b>Fev</b>	381.4	16	40.1	31.3	35.1	419.6	106.5	11.2	37.9	260.6	81.9	117.8	203.2	130.5	199.7	72.8
<b>Mar</b>	7.6	70.8	99.2	43.2	15.3	64	30.1	41.1	55	122.2	18.5	39.2	97.3	49.8	33.1	61
<b>Abr</b>	13.4	27.2	38.3	25.9	30.6	70.2	77.8	7.2	37.9	17.8	53.8	52.8	27.7	20.9	65.7	27.6
<b>Mai</b>	20.7	15.7	33.6	20	36.1	3.5	22.4	11.8	15.3	123.1	4.9	18.7	21.1	100.4	6	2.8
<b>Jun</b>	50.8	0	23.9	14.5	22.5	16.5	7.2	14.7	25.4	9.2	11	0.9	38.9	18.4	18.9	12.1
<b>Jul</b>	13.2	3.5	7.6	0	0.3	29.5	14.2	3.6	17.4	13.9	19.7	4.8	1.1	5	16.8	18.5
<b>Ago</b>	49.2	17.2	0	8.5	33.2	6.9	2	0	0.2	1.2	1	1.9	9.4	0.9	3.3	6.9
<b>Set</b>	25.3	1.7	1.8	49.6	14.5	9.9	9.8	4.6	13.8	1.6	60.8	35.9	1.4	4	272	120.8
<b>Pr Total/ano</b>	<b>625.2</b>	<b>405.2</b>	<b>286.0</b>	<b>421.9</b>	<b>519.7</b>	<b>810.1</b>	<b>295.5</b>	<b>135.8</b>	<b>473.3</b>	<b>661.3</b>	<b>303.9</b>	<b>335.8</b>	<b>456.7</b>	<b>624.1</b>	<b>836.3</b>	<b>344.4</b>
	<b>1981</b>	<b>1982</b>	<b>1983</b>	<b>1984</b>	<b>1985</b>	<b>1986</b>	<b>1987</b>	<b>1988</b>	<b>1989</b>	<b>1990</b>	<b>1991</b>	<b>1992</b>	<b>1993</b>	<b>1994</b>	<b>1995</b>	<b>1996</b>
<b>Out</b>	126.3	70	43.7	43.1	30.5	27.9	35.5	28.4	48	16.1	3.8	7.8	22.8	31.8	42	0.4
<b>Nov</b>	164.7	8.1	73.6	133.7	127.7	37.4	44.7	8.9	64.9	2.5	22.1	85.8	75.8	27.2	22.2	49.6
<b>Dez</b>	97.7	33.9	54.3	68.3	29.1	74.7	70.6	30.1	199.2	205.5	43.9	179.1	58.4	60.8	109.9	78.4
<b>Jan</b>	112.7	47.5	117.5	188.1	168	80.4	55.1	7.8	5.3	121.1	47.4	49.2	13.6	86.8	1.4	237.8
<b>Fev</b>	167.1	47.6	42.6	25.9	200.8	25.8	20	24.6	131.9	57	68.4	6.3	138.4	10.3	48.4	78.6
<b>Mar</b>	82.4	11	30.8	67.4	112.6	24.1	57.1	53.1	48.1	66.4	120.4	23.8	90.7	30	14.6	33.1
<b>Abr</b>	26.8	101.5	12	50.6	18.4	101.1	17.7	25.3	2.8	22.7	13.5	1.9	80.7	7.8	45.3	58.9
<b>Mai</b>	93.7	26.3	60	5.8	52	2.4	2.8	38.6	7.2	2.5	4.7	8.4	1.7	12.4	32.9	83.9
<b>Jun</b>	3.4	5.7	25.3	3	15.2	14.6	10.3	1.9	17.9	2.2	24.9	22.7	0	4.6	0.8	13.7
<b>Jul</b>	0	35.2	13	56.9	8.9	0.4	0.2	9.3	12.4	0	1.1	0.4	16.8	20	1.2	18.7
<b>Ago</b>	39.8	0	37.7	1.9	0.4	0.4	74.7	8.2	27.2	34	0.9	0.2	4.6	17.1	52.1	29.6
<b>Set</b>	71.9	23	0.4	32.6	17.3	12.4	52.2	10.3	2.1	4.2	18.1	1.6	2	9.6	0	0.7
<b>Pr Total/ano</b>	<b>597.8</b>	<b>297.8</b>	<b>339.3</b>	<b>432.2</b>	<b>593.6</b>	<b>261.6</b>	<b>290.1</b>	<b>179.1</b>	<b>254.9</b>	<b>310.1</b>	<b>299.4</b>	<b>114.5</b>	<b>348.5</b>	<b>198.6</b>	<b>196.7</b>	<b>555.0</b>

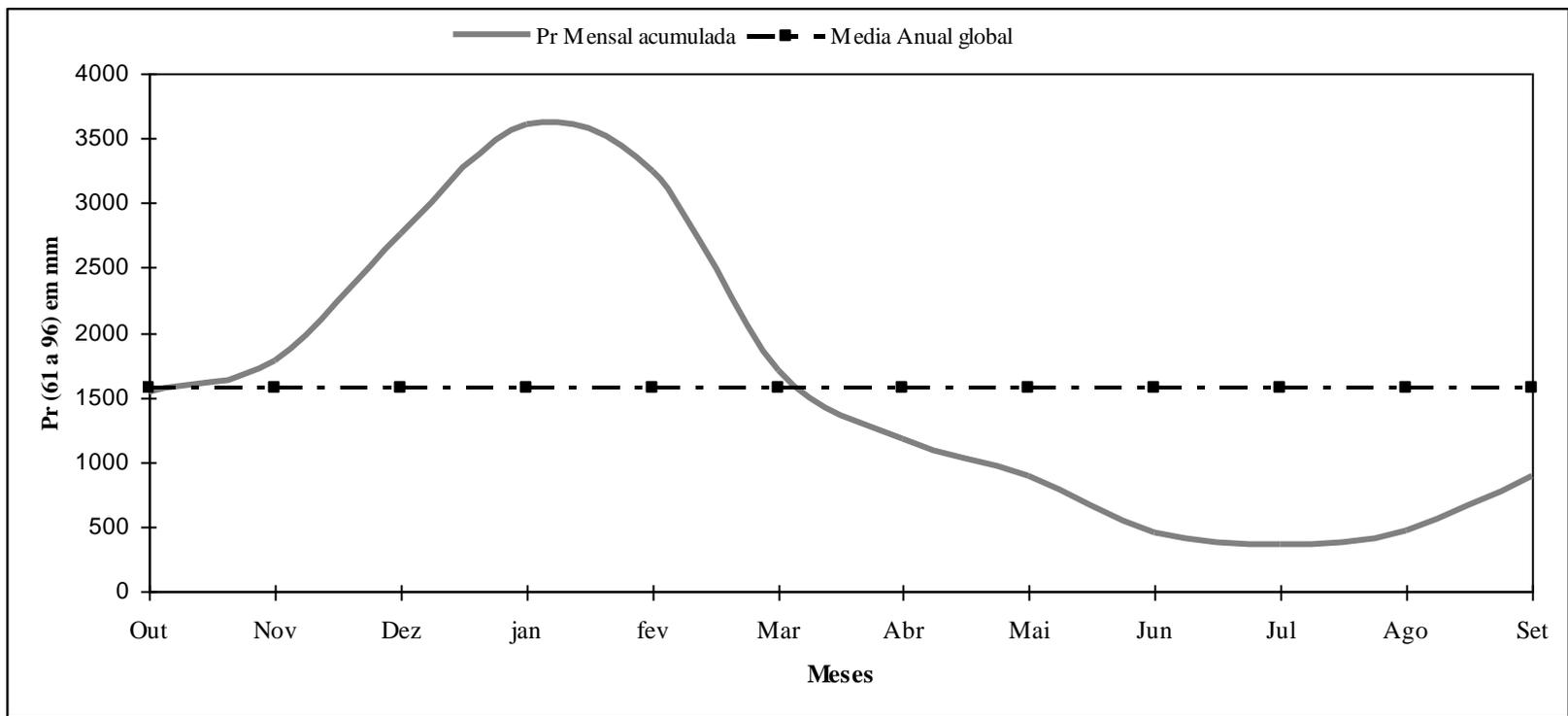
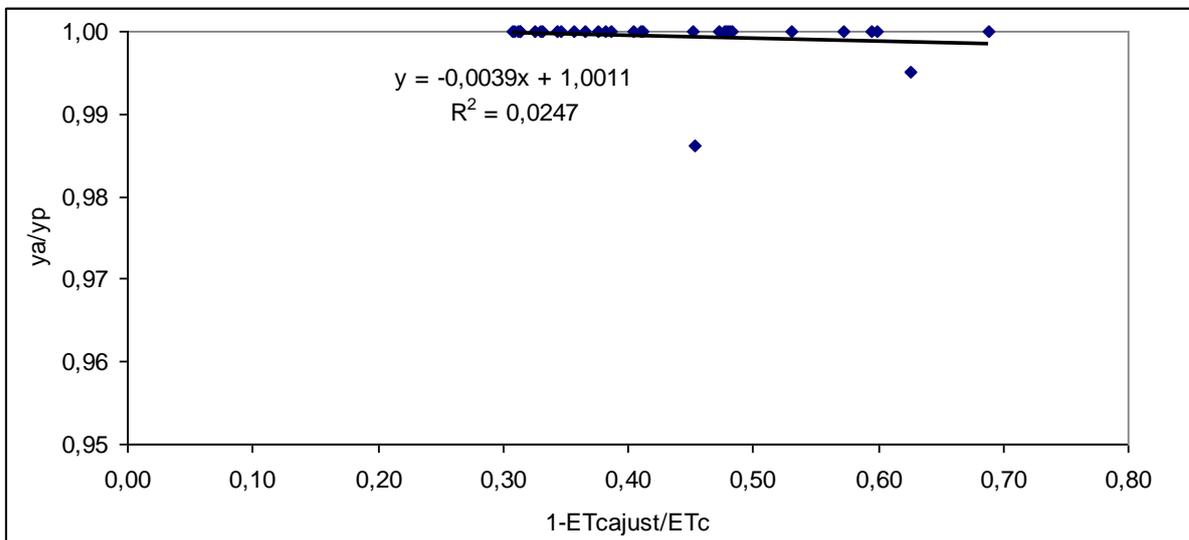
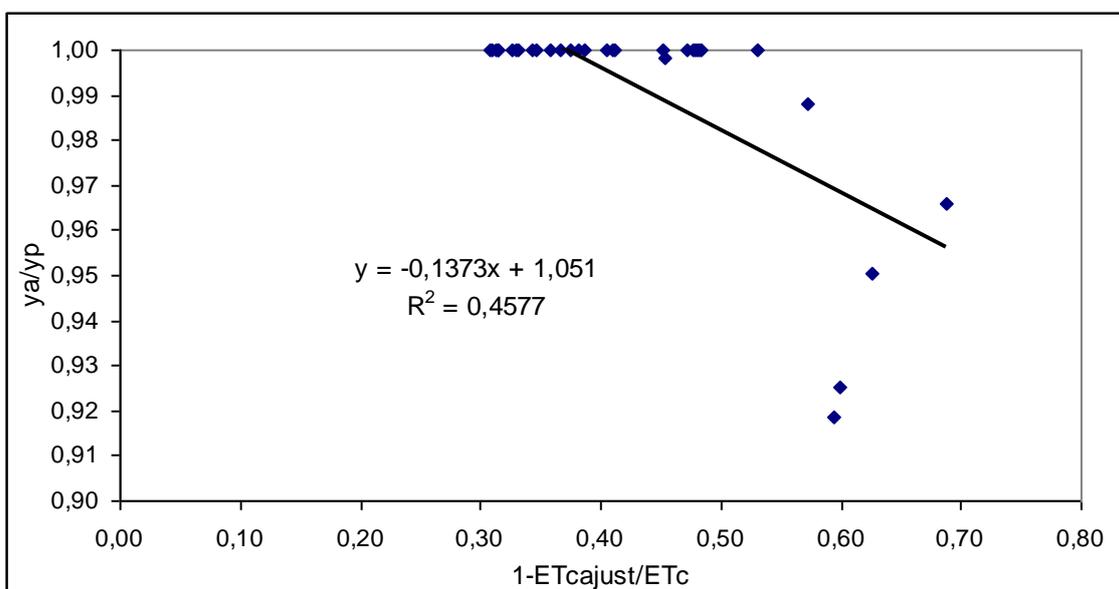


Gráfico da distribuição mensal acumulada da precipitação (1961-1996).

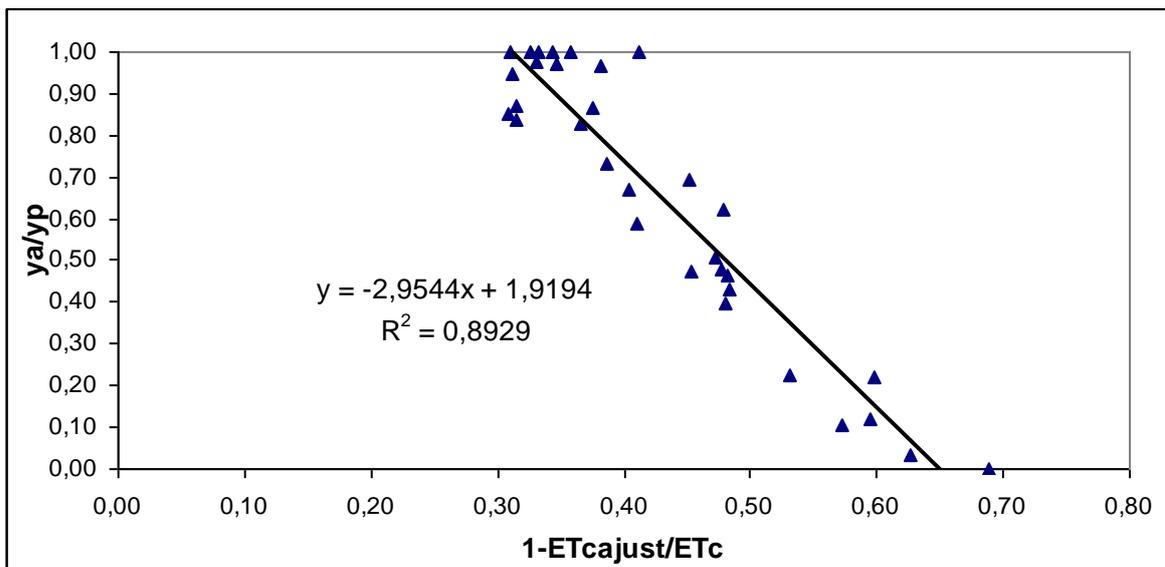
**ANEXO 4:** Correlação entre o rendimento da cultura de milho e o défice hídrico nas fases I a IV em condições normais de sequeiro.



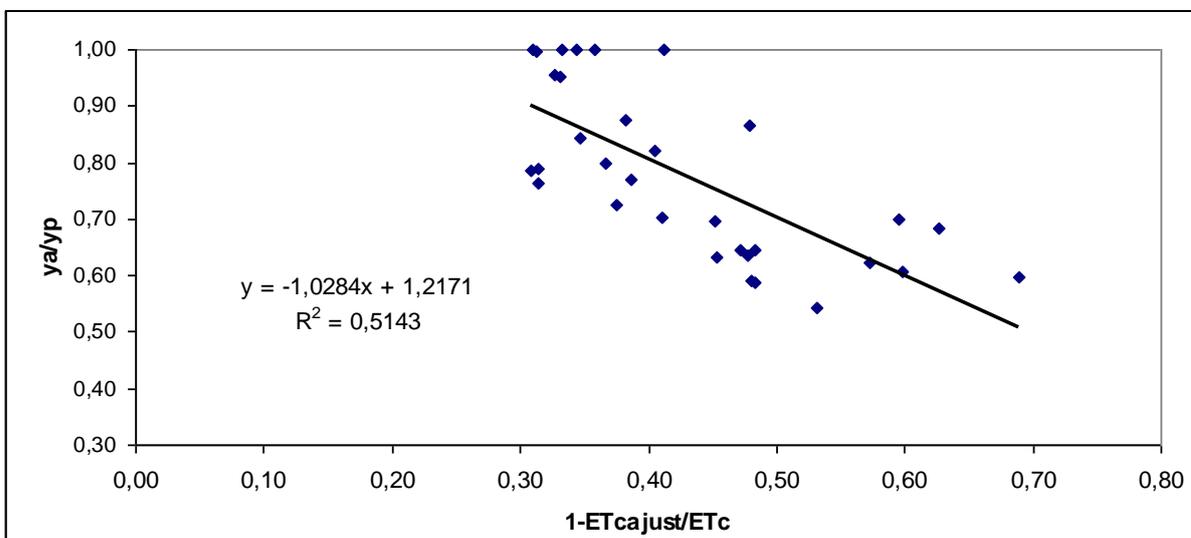
Correlação entre o rendimento da cultura de milho e o défice hídrico na fase I



Correlação entre o rendimento da cultura de milho e o défice hídrico na fase II.

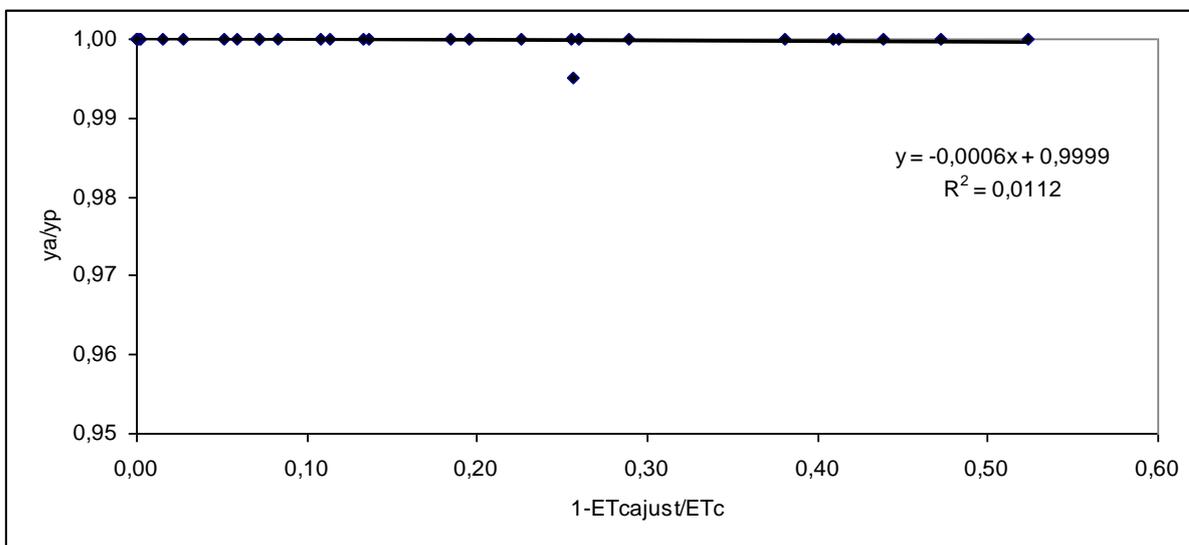


Correlação entre o rendimento da cultura de milho e o défice hídrico na fase III.

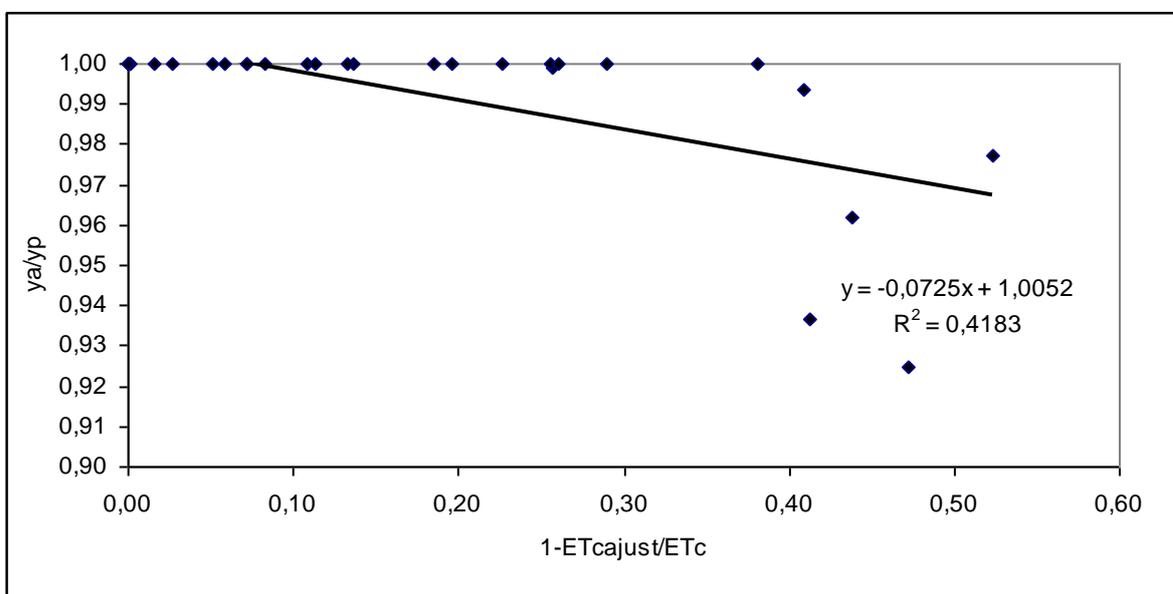


Correlação entre o rendimento da cultura de milho e o défice hídrico na fase IV.

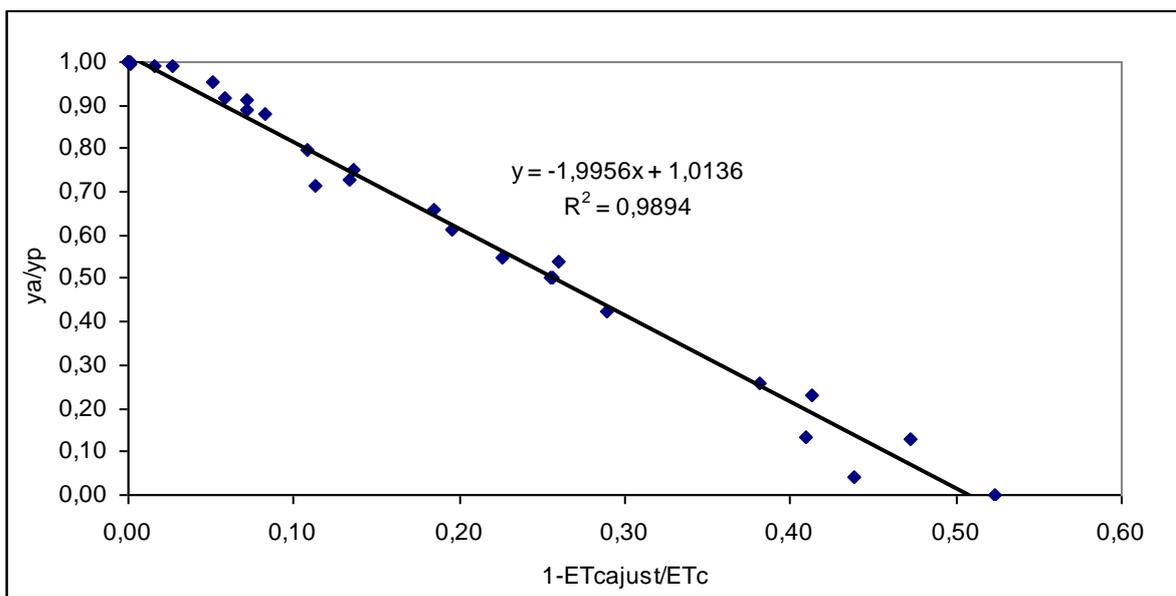
**ANEXO 5:** Correlação entre o rendimento da cultura de milho e o défice hídrico nas fases I a IV com o uso do *mulch*.



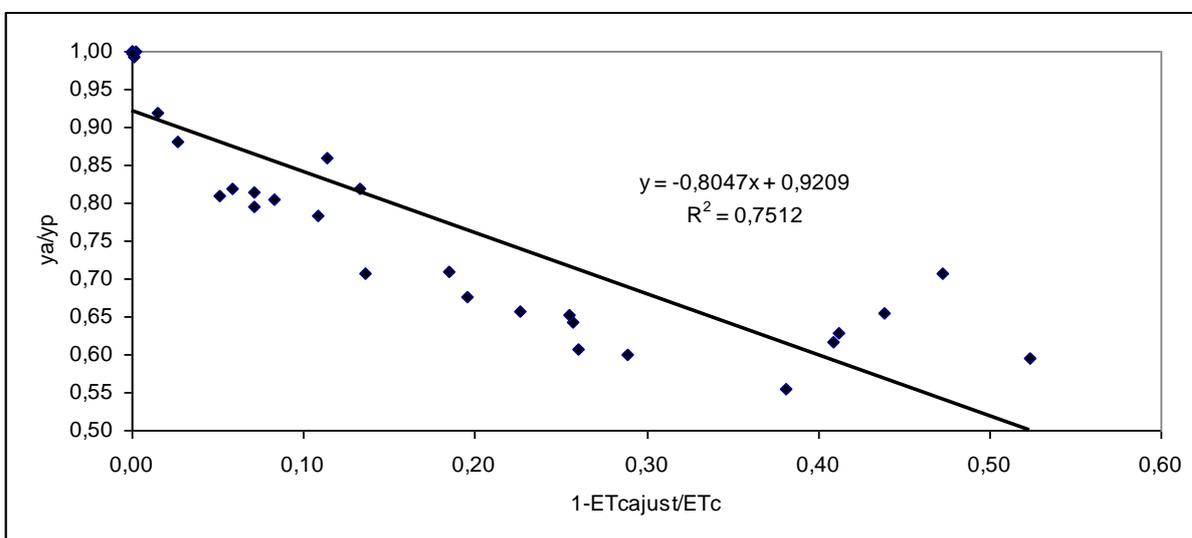
Correlação entre o rendimento da cultura de milho e o défice hídrico na fase I



Correlação entre o rendimento da cultura de milho e o défice hídrico na fase II.



Correlação entre o rendimento da cultura de milho e o défice hídrico na fase III.



Correlação entre o rendimento da cultura de milho e o défice hídrico na fase IV.

**ANEXO 6:** Percentagens de aumento da evaporação e diminuição da transpiração com o uso do *mulch*.Aumento da transpiração e diminuição da evaporação com o uso do *mulch*.

Anos	Evap Mulch	Evap Normal	% de Diminuição da Evap	Tr ajust Normal	Tr ajust Mulch	% de Aumento da Tr
1961	70.55	86.23	18.19	287.6	293.1	1.9
1962	51.89	70.42	26.31	316.3	327.0	3.3
1963	61.33	65.83	6.84	244.7	250.1	2.1
1965	78.35	81.97	4.41	282.2	286.4	1.5
1966	84.51	111.95	24.51	184.9	198.7	6.9
1967	49.85	57.81	13.77	320.1	323.3	1.0
1969	67.88	87.11	22.08	233.5	241.4	3.3
1970	40.15	43.87	8.46	146.0	150.1	2.7
1971	63.91	76.45	16.41	216.5	228.5	5.3
1972	46.01	62.10	25.91	166.0	166.0	0.0
1973	64.91	84.91	23.55	205.9	210.4	2.1
1974	68.86	105.11	34.49	223.1	231.7	3.7
1975	54.52	74.70	27.01	210.1	216.0	2.7
1976	55.60	87.01	36.09	150.8	153.6	1.9
1978	49.24	61.91	20.47	173.9	174.5	0.3
1980	51.17	68.34	25.13	155.3	164.0	5.3
1981	49.57	63.10	21.45	191.5	192.8	0.7
1982	39.45	47.91	17.66	165.9	169.2	2.0
1983	53.98	72.56	25.60	187.4	198.4	5.6
1984	52.59	71.31	26.25	231.8	231.8	0.0
1985	43.51	52.94	17.82	187.0	188.6	0.9
1986	52.63	69.20	23.94	195.6	199.6	2.0
1987	39.12	46.69	16.22	159.9	161.6	1.0
1988	38.23	46.71	18.16	141.4	145.3	2.7
1989	51.99	62.07	16.24	196.5	196.9	0.2
1990	63.62	104.56	39.15	172.5	172.5	0.0
1991	41.67	53.81	22.56	124.6	129.2	3.6
1992	61.58	83.99	26.68	154.0	171.9	10.4
1993	55.93	84.40	33.73	160.6	181.3	11.4
1994	48.13	60.05	19.85	168.2	177.8	5.4
1995	47.13	53.27	11.53	214.4	218.3	1.8
1996	55.57	70.78	21.50	175.0	175.0	0.0
Média de aumento (%)			21.6	Média de diminuição		2.9
Diminuição da evap (> 10%)			90.7	Aumento ligeiro da Tr (%)		87.5
Diminuição da evap (< 10%)			9.3	Não alteração da Tr (%)		12.5

**ANEXO 7: Aumento do rendimento com o uso do *mulch*.**

Percentagem de aumento do rendimento com uso do *mulch*

Anos	ya/yp Normal	ya/yp Mulch	Aumento do rend (%)
61	0,529	0,543	1,390
62	0,634	0,684	4,986
63	0,204	0,214	1,016
65	0,352	0,361	0,910
66	0,062	0,082	2,000
67	0,802	0,814	1,241
69	0,659	0,720	6,125
70	0,121	0,143	2,187
71	0,452	0,514	6,125
72	1,000	1,000	0,000
73	0,574	0,584	0,934
74	0,496	0,541	4,428
75	0,869	0,927	5,800
76	0,846	0,911	6,421
78	0,992	1,000	0,800
80	0,491	0,567	7,693
81	0,985	0,998	1,300
82	0,352	0,360	0,853
83	0,616	0,690	7,447
84	1,000	1,000	0,000
85	0,927	0,944	1,700
86	0,642	0,685	4,354
87	0,928	0,948	2,000
88	0,665	0,726	6,086
89	0,667	0,676	0,848
90	1,000	1,000	0,000
91	0,550	0,596	4,584
92	0,228	0,311	8,352
93	0,385	0,535	14,983
94	0,425	0,495	6,953
95	0,507	0,535	2,828
96	1,000	1,000	0,000
Aumento do rendimento entre 5 a 10%			28
Aumento do rendimento superior a 10%			3
Aumento do rendimento inferior a 5%			69
Total (%)			100