



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE

ESCOLA SUPERIOR DE DESENVOLVIMENTO RURAL

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA RURAL

Impacto das Mudanças Climáticas na Agricultura no Distrito de Vilankulo

Licenciatura em Engenharia Rural

Autor:

Olavo Fernando Luís

Vilankulo, Maio de 2014

Olavo Fernando Luís

Impacto das Mudanças Climáticas na Agricultura no Distrito de Vilankulo

Trabalho de pesquisa apresentado no Departamento de
Engenharia Rural para obtenção de grau de
Licenciatura em Engenharia Rural

Supervisor:

Eng^o Sacire Jone Viagem, MSc

Vilankulo, Maio de 2014

ÍNDICE

DEDICATÓRIA.....	i
AGRADECIMENTO.....	ii
LISTA DE ABREVIATURAS.....	iii
LISTA DE FIGURAS.....	iv
LISTA DE ANEXOS.....	v
RESUMO.....	vi
I. INTRODUÇÃO	1
1.1 Problema.....	2
1.2 Justificativa.....	2
1.3 Objectivos.....	3
1.3.1 Geral:	3
1.3.2 Específicos:.....	3
II. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	4
2.1 Generalidades	4
2.2 Causas das mudanças climáticas	4
2.3 Situação passada e futura sobre mudanças climáticas em Moçambique.....	5
2.3.1 Tendências observadas na temperatura	5
2.3.2 Tendências observadas na precipitação	5
2.3.3 Alterações futuras na temperatura	6
2.3.4 Alterações futuras na precipitação.....	6
2.4 Efeitos da temperatura nas culturas	7
2.5 Efeitos da precipitação nas plantas	7
2.6 Água no solo.....	8
2.7 Evapotranspiração	8
2.8 Evapotranspiração de referência.....	9
2.9 Evapotranspiração da cultura.....	10
2.9.1 Coeficiente da cultura (K_c).....	11
2.10 Evapotranspiração actual.....	12
2.11 Rendimento da cultura.....	12
2.12 Relação entre produtividade e uso de água pela planta	13
2.13 Características das culturas seleccionadas.....	14
2.13.1 Cultura de milho (<i>Zea mays</i>)	14

2.13.2 Cultura de Tomate (<i>Lycopersicom esculatum</i>)	15
2.14 Modelos agro-climáticos	16
III. MATERIAIS E MÉTODOS.....	18
3.1 Descrição da área de estudo.....	18
3.2 Características edafo-climáticas	18
3.3 Relevo.....	19
3.4 Vegetação	19
3.5 Hidrografia.....	19
3.6 Métodos de estudo	19
3.6.1 Determinação do efeito da temperatura.....	19
3.6.2 Determinação de efeito da precipitação.....	20
3.6.3 Pressupostos do experimento.....	20
3.6.4 Determinação da data de Sementeira.....	20
3.6.5 Modelo Agro – hidrológico	20
IV. RESULTADOS E DISCUSSÃO	24
4.1 Necessidades de água de rega na cultura de milho.....	24
4.1.1 Efeito de subida da temperatura	24
4.1.2 Efeito de redução da precipitação.....	25
4.2 Necessidades de água de rega Cultura de tomate	25
4.2.1 Efeito de subida de temperatura	25
4.2.2 Efeito da redução de precipitação.....	26
4.3 Estimativas de Rendimento da cultura de milho	27
4.3.1 Efeito de subida da temperatura	27
4.3.2 Efeito de redução de precipitação.....	27
4.4 Estimativas de Rendimento da cultura de tomate.....	28
4.4.1 Efeito de subida da temperatura	28
4.4.2 Efeito da redução de precipitação.....	29
IV. CONCLUSÃO E RECOMENDACÕES.....	31
5.1. Conclusão	31
5.2. Recomendações	31
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	32
ANEXOS.....	36

DECLARAÇÃO DE HONRA

Eu, **Olavo Fernando Luís**, declaro por minha honra que este trabalho é da minha autoria e nunca foi apresentado em nenhuma outra Instituição de Ensino Académico. Todas obras de autores, utilizadas neste trabalho foram devidamente citadas e listadas nas referências bibliográficas.

Vilankulo..... de de 2014

(Olavo Fernando Luís)

DEDICATÓRIA

A minha mãe Merelina Tafula Comè ao Sr. Isak Neves, aos meus irmãos e
a minha querida avô Madalena Paunde (*in memoriam*)

AGRADECIMENTOS

Agradeço o meu supervisor Sacire Jone Viagem, pela dedicação constante em ensinar, acompanhar todo o trabalho, incentivo e conselhos.

Agradeço a minha mãe, Sr. Isak Neves, minha madrasta Linda Zefanias, meu cunhado Fernando Mandima. Meu tio Vicente Luís, meus irmãos Alcidio, Onesia, Benilde, Vicente e Salesio pelo apoio oferecido durante o período de formação.

Agradeço a Vicente Carlos Júnior por ser um amigo inseparável em todos os momentos que preciso de apoio.

A dra. Graça Francisco Gimo e ao casal Fernando António Cuamba e Ângela Dionísia Parruque, o meu muito obrigado.

Agradeço aos amigos que fiz durante o período de formação, a destacar: Graça Francisco, Cheila Manhice, Lengton Maurício, António Nhamonga, Vitoria Maria de Jesus.

Aos destacáveis colegas de formação; Custódia Nhaca, JuliaLuis, Anilda Maunze, Arlindo Inacio, Aurélio Duvane, Elio Gueva, Evaristo Lumbela, Idalencio Chichava, Edson Jossias, António Ferreira, Leonel Manhique, Romildo Siteo, Mohamed Jamal, Raimundo Sueia o meu muito obrigado.

Aos Srs. José Francisco, Albazino Francisco, Pindula Rui, Saéte Franciso Edson Da Costa, Nicolau Gabriel, pela força e apoio, vai o meu muito obrigado.

A todos que directa ou indirectamente contribuíram para materialização do sonho de tornar engenheiro, o meu muito brigado.

LISTA DE ABREVIATURAS

AD	Água Disponível
AFU	Água Facilmente Utilizável
CC	Capacidade de Campo
ET	Evapotranspiração
ETo	Evapotranspiração de Referência
ETc	Evapotranspiração da cultura
Eta	Evapotranspiração Actual
ETp	Evapotranspiração Potencial
FAO	Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação
IPCC	Painel Intergovernamental para as mudanças climáticas
Kc	Coefficiente de Cultura
MAE	Ministério de Administração Estatal
MICOA	Ministério de Coordenação para Acção Ambiental
NAC	Necessidades de Água da Cultura
Pef	Precipitação Efectiva
PEP	Ponto de Emurchecimento Permanente
USDA	Departamento de Agricultura dos Estados Unidos

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Esquema representado evapotranspiração	9
Figura 2: Esquema representado evapotranspiração de referência	10
Figura 3: Esquema representado evapotranspiração da cultura	11
Figura 4: Representação da variação do coeficiente de cultivo (K_c) em função da fase fenológica da planta	12
Figura 5: Localização da área de estudo	18
Figura 6: Efeito da temperatura nas NAR da cultura de milho	24
Figura 7: Efeito de redução da precipitação nas NAR da cultura de milho	25
Figura 8: Efeito de subida de temperatura nas NAR de cultura de tomate	25
Figura 9: Efeito da redução de precipitação nas NAR cultura de tomate	26
Figura 10: Efeito de subida da temperatura no rendimento cultura de milho	27
Figura 11: Efeito de redução de precipitação no rendimento da cultura de milho	28
Figura 12: Efeito de subida da temperatura no rendimento da cultura de tomate	29
Figura 13: Efeito da redução de precipitação no rendimento da cultura de tomate	29

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1: Valores de água disponível para diferentes classes de textura do solo.....	I
Anexo 2: Características gerais da cultura de milho.....	I
Anexo 3: Características gerais da cultura de tomate.....	II
Anexo 4: Dados climáticos da área de estudo.....	II

RESUMO

As condições do clima influenciam na decisão de cada agricultor em relação ao tipo de cultura e as respectivas quantidades a produzir. Portanto, este trabalho teve como objectivo, avaliar o impacto das mudanças climáticas na agricultura no distrito de Vilankulo por meio de estimativas da variação das necessidades de água de rega e de variação do rendimento da cultura de milho e tomate, baseadas nas projecções feitas pelo Instituto Nacional de Gestão de Calamidades. A estimativa das necessidades de água de rega e rendimento foram obtidas a partir do modelo de agro-hidrológico cropwater 8.0. Os resultados obtidos mostram que em qualquer que seja alteração nos padrões projectados pela INGC (subida da temperatura em 3°C e redução da precipitação em 9%), haverá um aumento nas necessidades de água de rega para as duas culturas em estudo, mas com a pior situação na subida da temperatura na cultura de milho com uma variação de 66.6% para o ano de 2007 e a variação mínima é de 1.2% para a mesma cultura, mas na redução da precipitação. Já no que diz respeito ao rendimento, os resultados mostraram que em valores médios as duas cultura irão sofrer uma queda de rendimento, mas a cultura de milho mostra que em qualquer alteração nos padrões em estudo, para os anos de 2006 e 2007 o rendimento será de 100%.

I. INTRODUÇÃO

O clima é um dos factores mais importantes que determina se a planta pode ser cultivada, a natureza da vegetação natural, características do solo e tipo de sistemas de produção a serem praticadas numa determinada região agro-ecológica (MICOA, 2006). No entanto, há evidências que indicam mudanças nos padrões de elementos fundamentais como temperatura e precipitação para a produção de matéria seca e para actividades básicas das plantas como a fotossíntese, crescimento e desenvolvimento que têm estado a afectar a produtividade agrícola no País. Assim, acções deverão ser tomadas para reverter esta situação que concorre para agravar ainda mais a situação de pobreza da população rural moçambicana (MICOA, 2006).

Em Moçambique a agricultura joga um papel importante na geração de emprego rural e contribui para a segurança alimentar das comunidades rurais, reduz a pobreza essencialmente rural, sendo importante para a economia onde representa 20% do PIB e 80% das exportações, ao mesmo tempo que 80% da força de trabalho encontra-se no sector agrícola, sendo 90% das mulheres e 70% dos homens, e a pobreza é mais acentuada nas zonas rurais (55%) comparativamente com as zonas urbanas (52%). A pobreza rural é atribuída principalmente ao limitado desenvolvimento agrícola, ao desenvolvimento limitado dos mercados e aos baixos níveis de produtividade. O potencial agrícola não é devidamente convertido na geração de receitas e na criação de emprego de modo tangível. O desenvolvimento agrícola, porém, é fundamental para a redução da pobreza, pois as famílias rurais geram cerca de 80% da sua renda a partir do sector agrícola, enquanto os restantes 20% têm uma ligação forte com a economia local (TIA, 2002).

Pelo facto do clima influenciar na decisão de cada agricultor em relação ao tipo de culturas e as respectivas quantidades a cultivar (MICOA, 2006), o distrito de Vilankulo pode ser afectada, o que pode causar baixos rendimentos, e colocar em risco a segurança alimentar da população deste distrito visto que grande parte da população deste distrito depende de rendimento agrícola para sua subsistência.

1.1 Problema

Moçambique é vulnerável às mudanças climáticas devido à sua localização geográfica na zona de convergência inter-tropical e a jusante das bacias hidrográficas partilhadas, à sua longa costa e à existência de extensas áreas com altitude abaixo do actual nível das águas do mar. Com a subida da temperatura global, aumentará a frequência e severidade de secas no interior do País e de cheias nas regiões costeiras (MICOA, 2007).

Sendo Moçambique um país em via de desenvolvido manifesta uma vulnerabilidade acrescida por ter menor capacidade adaptativa, seus sectores de actividade económica e populações estarem grandemente dependentes do sistema natural e por estarem também expostos ao risco dos eventos climáticos devido à sua localização geográfica.

1.2 Justificativa

Após várias experiências vividas em Moçambique em geral e no distrito de Vilankulo em particular de situações de ocorrência de eventos climáticos extremos afectando a população deste distrito, surge a necessidade de identificação de estratégias e actividades conducentes a minimização destes mesmos efeitos. A sua eficácia impõe uma mudança de mentalidade de uma atitude reactiva pós calamidade para uma pró-activa antes da sua ocorrência. Isto passa pela adopção de uma cultura de prevenção que, tendo em conta a diversidade da natureza dos fenómenos, seus impactos e as características específicas de cada região do país, potencie uma abordagem multi-sectorial orientada para as comunidades vulneráveis.

O presente estudo pretende avaliar o efeito das mudanças climáticas sobre a cultura de milho por representar a principal cultura no sector familiar, com mais alto potencial de rendimento do grão entre as cereais, tendo em conta o seu potencial de resistência em relação as variações das condições climáticas, e a cultura de tomate por ser uma cultura com grandes exigências hídricas durante todo ciclo, por ser uma cultura comercial importante para pequenos agricultores e agricultores comerciais de escala média. A escolha de distrito de Vilankulo deve-se a fragilidade que este tem aos eventos extremos, pondo em risco a segurança alimentar dos produtores agrícolas deste distrito que depende desta para a sua sobrevivência

1.3 Objectivos

1.3.1 Geral:

- Avaliar o impacto das mudanças climáticas na agricultura no distrito de Vilankulo.

1.3.2 Específicos:

- Avaliar o efeito da alteração da temperatura nas necessidades de água de rega da cultura de milho (*Zeamays*) e a cultura de tomate (*Lycopersiconesculentum*);
- Avaliar o efeito da alteração da precipitação nas necessidades de água de rega da cultura de milho (*Zeamays*) e a cultura de tomate (*Lycopersiconesculentum*);
- Quantificar o efeito da variação da temperatura no rendimento da cultura de milho (*Zeamays*) e a cultura de tomate (*Lycopersiconesculentum*);
- Quantificar o efeito da variação da precipitação no rendimento da cultura de milho (*Zeamays*) e a cultura de tomate (*Lycopersiconesculentum*).

II. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Generalidades

O conceito de mudança climática faz referência às alterações do clima através do tempo. Segundo (IPCC, 2007), as mudanças do clima estão associadas tanto à variabilidade natural quanto à variabilidade originada como consequência das actividades do homem (razões antropogênicas).

Segundo (LE TREUT *et al.*, 2007), a mudança climática resulta da evolução do sistema climático no tempo que pode ser influenciada por dinâmicas internas próprias e devida às alterações em factores externos denominados de forçantes. Estas forçantes externas incluem: fenómenos naturais como erupções vulcânicas e variações solares, bem como mudanças na atmosfera induzidas pelo homem. Enquanto para DAVIS (2011), as mudanças climáticas ocorrem tanto naturalmente em função do sistema climático regional e global, quanto em resposta à influência adicional devido à actividade humana.

O sistema climático actua dentro de um complexo funcional interligado, composto por elementos como a superfície da terra, os oceanos e águas, camadas de gelo e neve, a atmosfera e corpos vivos, esses elementos interagem através de processos naturais como o balanceamento entre a atmosfera e os oceanos, o efeito estufa, os processos de evaporação, entre outros, isto com a finalidade de manter o equilíbrio entre a energia que é recebida pelo sol e posteriormente sua liberação no espaço, sendo a condição necessária para conservar a estabilidade do clima (IPCC, 2007).

2.2 Causas das mudanças climáticas

O aquecimento global é um processo que resulta no aumento da temperatura média da atmosfera e dos oceanos e que segundo observações vem ocorrendo desde meados do século XIX, provocado essencialmente pelas emissões de gases de efeito estufa, sendo um dos principais o CO₂ (dióxido de carbono), o CH₄ (metano) e o N₂O (óxido nitroso) (IPCC, 2007).

Existe um grande embate quanto às causas das mudanças climáticas no planeta, não se sabe se são por causas naturais decorrentes das mudanças cíclicas do clima, que resfria e aquece em diversas localidades, ou se são provocadas pelos homens, as chamadas causas antropogênicas (IPCC, 2007).

Muitos cientistas e meteorologistas, portanto, têm afirmado com veemência que a maior influência do aumento das temperaturas no planeta é decorrente das ações dos homens, aponta-se como principais responsáveis pelas emissões de CO₂ a queima de combustíveis fósseis e a desflorestação, que provocam a libertação de forma quase instantânea para a atmosfera de enormes quantidades deste gás (IPCC, 2007).

2.3 Situação passada e futura sobre mudanças climáticas em Moçambique

Estudos feitos pela INGC mostram tendência crescente de alterações climáticas principalmente nos padrões descritos abaixo, a saber:

2.3.1 Tendências observadas na temperatura

No período de 45 anos (1960-2005), verificaram-se tendências positivas significativas na temperatura na maior parte do país e em todas as estações. A tendência de aquecimento não tem sido uniforme ao longo do país; aumentos de até 1.6°C (entre 1960 e 2005) são aparentes no Centro de Moçambique durante o Inverno, enquanto as temperaturas máximas aumentaram em aproximadamente 1.1°C no Norte durante os meses de Março a Maio e Setembro a Novembro. A temperatura média anual máxima no Norte esteve muitas vezes abaixo dos 30°C antes de 1990, e consistentemente acima dos 30°C depois disso. O Centro de Moçambique registou temperaturas máximas médias de cerca de 31°C antes de 1990, e aumentos significativos posteriormente (QUEFACE, 2009).

Registou-se um aumento em aproximadamente 9 dias na duração da onda de calor mais longa entre 1960 e 2005. O número de noites e dias frios diminuiu no mesmo período, enquanto o número de noites e dias quentes aumentou em todo o país. Esta situação é mais visível no Norte onde o número de noites quentes cresceu em 25% na estação Dezembro a Fevereiro e o número de dias quentes cresceu em 17% na estação Setembro a Novembro. As secas serão crescentemente marcadas por temperaturas máximas médias mais altas, que por sua vez aumentarão a evaporação (TADROSS, 2009).

2.3.2 Tendências observadas na precipitação

De uma forma imediato não são perceptíveis tendências significativas passadas na pluviosidade, devido à variabilidade inter-anual das chuvas em diferentes estações comparadas com o período de registo. Contudo, há indicações de um início tardio da estação

de chuvas, bem como um aumento da persistência de dias secos e da duração do período seco no Nordeste do país nas estações Março a Maio e Setembro a Novembro. No Norte a duração média do período seco durante Junho a Agosto foi 7 dias mais longa em 2005 do que em 1960, subindo até 20 dias em locais específicos durante Setembro a Novembro (provavelmente reflectindo um atraso no fim da estação seca). Durante o mesmo período, o começo da estação das chuvas atrasou-se até 45 dias em certos locais (TADROSS, 2009).

2.3.3 Alterações futuras na temperatura

As subidas de temperatura são projectadas por Modelos de Circulação Geral ou GCMs, que indicam maiores subidas no interior e no período Setembro a Novembro. As temperaturas máximas aumentarão entre 2.5°C e 3.0°C (estimativa média de todos os GCMs). Aumentos similares na temperatura mínima estão projectados para os vales do Limpopo e Zambeze durante Setembro a Novembro. A variabilidade sazonal na temperatura máxima diminuirá no Norte durante Setembro a Novembro mas aumentará na maior parte do país em Março a Maio e Junho a Agosto (TADROSS, 2009).

A variabilidade nas temperaturas mínimas aumentará no Norte durante Março a Maio e Junho a Agosto, e no Sul durante Setembro a Novembro. Por volta de 2081-2100 projecta-se que as temperaturas subam até +5 a +6°C sobre as regiões centrais durante a estação Setembro a Novembro. Sobre todas as regiões haverá uma subida da probabilidade de temperaturas máximas extremas diárias acima dos 35°C, alcançando 25-33% por volta de 2080-2100 (TADROSS, 2009).

2.3.4 Alterações futuras na precipitação

Espera-se que a pluviosidade aumente na maior parte de Moçambique durante as estações Dezembro a Fevereiro e Março a Maio, embora estes aumentos sejam frequentemente inferiores aos aumentos aproximados na evapotranspiração (0.1 mm dia⁻¹) durante as estações Janeiro a Agosto e Setembro a Novembro. São encontradas maiores aumentos na pluviosidade em direcção à costa. Nas regiões costeiras há frequentemente um aumento da variabilidade sazonal durante todas as quatro estações; em todo o país a maioria das estações de meteorologia também sugere um aumento na variabilidade em Junho a Agosto. A média anual de todo o país mostra uma ligeira subida da pluviosidade (10-25%) comparada com a média anual dos últimos 40 anos. A variação entre os modelos é grande indicando, contudo,

que as alterações na pluviosidade não são tão claras como as da temperatura (TADROSS, 2009).

2.4 Efeitos da temperatura nas culturas

O conhecimento dos factores climáticos é de grande importância para o manejo racional da irrigação. Estes factores permitem com uma aproximação bastante considerada estimar a evapotranspiração. A temperatura do ar indica o quanto o mesmo está aquecido ou resfriado pela energia solar e superfície terrestre. No momento que o balanço de radiação de uma região sofre influência a temperatura do ar também sofrerá e isso é ocasionado devido à altura do Sol que é determinada pela latitude, hora e dia do ano, como também, a nebulosidade e a natureza de cobertura da terra. A actuação da temperatura do ar na demanda evaporativa está ligada a radiação solar absorvida pela atmosfera e o calor emitido pela superfície cultivada. O ar aquecido na camada próxima a cultura além de transferir energia para a planta na forma de calor sensível, elevando as taxas evapotranspiratórias, também interfere na actividade fotossintética das plantas. As reacções da fotossíntese se tornam menores em situações que a temperatura do ar é menor e maiores com o aumento dessa variável meteorológica, salientando que, cada cultura possui seus limites de resistência térmica (TEIXEIRA *et al.*, 2004).

2.5 Efeitos da precipitação nas plantas

A água desempenha um papel vital no crescimento das plantas e na produção de culturas. A precipitação pluviométrica é fundamental na caracterização do clima de uma região, tendo ligação directa nas alternâncias de rendimento das culturas e é entendida em Hidrologia como toda água proveniente do meio atmosférico que atinge a superfície terrestre (TUCCI, 1997).

Uma das preocupações quanto às chuvas é a intensidade e a frequência de suas ocorrências, pelos seus efeitos potencialmente danosos, quando em excesso ou por escassez. O conhecimento das probabilidades de ocorrência de chuva é de suma importância no planeamento agrícola, possibilitando o plantio em época adequada (MURTA *et al.*, 2005).

2.6 Água no solo

Não é toda a fracção da água existente no solo que é explorada pela planta, somente uma parte denominada água disponível que se encontra situada entre a capacidade do campo e o ponto

de emurchecimento permanente. A quantidade de água que um perfil de terreno sem vegetação e evaporação retém contra a acção da gravidade, após plenamente inundado e deixada drenar livremente por uns dias (um a quatro dias), em condições de campo, determina o volume máximo aproximado de água que um solo bem drenado pode armazenar por longos períodos sem evapotranspiração (ALLEN *et al.*, 1998).

A medida que a água é removida do solo pelo escoamento subterrâneo e pela evapotranspiração da planta verifica-se um decréscimo da água que vai intensificando até um ponto em que a planta já não possui capacidades para poder extrair esta do solo, este ponto denomina-se ponto de murcha permanente (YAGUE, 1996).

Embora teoricamente a água do solo encontra-se disponível até ao ponto de murcha permanente, a extracção de água pela planta sofre uma redução antes do nível de humidade no solo atingir o ponto de murcha permanente. Quando a humidade no solo atinge um determinado limite, a água do solo não consegue satisfazer as necessidades da planta e esta começa a sofrer stress hídrico (WITHERS & VIPOND, 1994). A água facilmente disponível é a fracção da água disponível no solo que a cultura pode extrair sem ocorrer stress hídrico.

2.7 Evapotranspiração

A evapotranspiração é a forma pela qual a água da superfície terrestre passa para a atmosfera no estado de vapor, tendo papel importantíssimo no ciclo hidrológico em termos globais. Esse processo envolve a evaporação e a transpiração como mostra a figura 1. A evaporação é um processo físico de mudança de fase, passando do estado líquido para o estado gasoso. A evaporação de água na atmosfera ocorre de oceanos, lagos, rios, do solo e da vegetação húmida (evaporação do orvalho ou da água interceptada das chuvas) e a transpiração é um processo biofísico pelo qual a água que passa pela planta, fazendo parte de seu metabolismo, é transferida para a atmosfera preferencialmente pelos estômatos, obedecendo uma série de resistências desde o solo, passando pelos vasos condutores (xilema), mesófilo, estômatos e finalmente indo para a atmosfera (ALLEN *et al.* 1998).

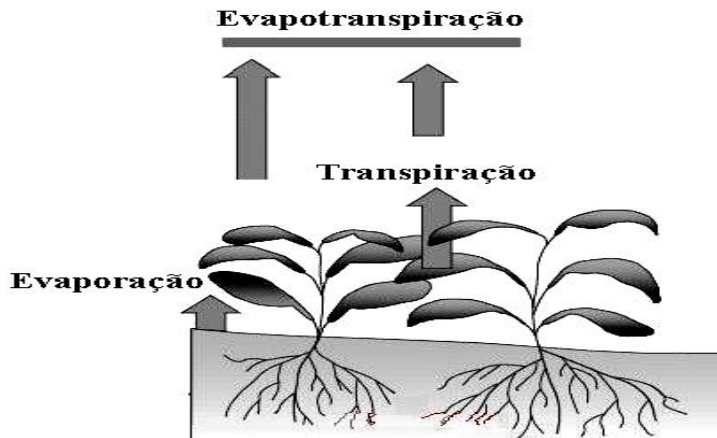


Figura 1: Esquema Representado Evapotranspiração

Fonte: (ALLEN et al.1998)

2.8 Evapotranspiração de referência

Refere-se evapotranspiração de referência a evapotranspiração de uma superfície de referência sem falta de água e é representada por ETo . A superfície de referência é definida como sendo uma grama hipotética com uma altura assumida de 0.12 m, uma resistência de superfície de 70 s/m e um albedo de 0.23, é similar a uma extensa superfície de grama verde, bem regada, de altura uniforme, crescendo activamente e cobrindo o solo completamente (ALLEN *et al.*1998).

Segundo MACHADO & MATTOS (2000), a evapotranspiração referência é uma das principais variáveis do ciclo hidrológico, e é importante ressaltar que é um dos principais componentes do balanço de água, sendo de grande utilidade em climatologia e na quantificação das disponibilidades hídricas regionais.

A evapotranspiração de referência depende da demanda evaporativa da atmosfera, determinada por quatro componentes meteorológicos: radiação, temperatura do ar, humidade relativa do ar e velocidade do vento. No tocante à vegetação, outros factores são importantes como: área foliar, estágio de desenvolvimento, arquitectura foliar e resistência do dossel conforme a figura 2 (MEDEIROS, 2002).

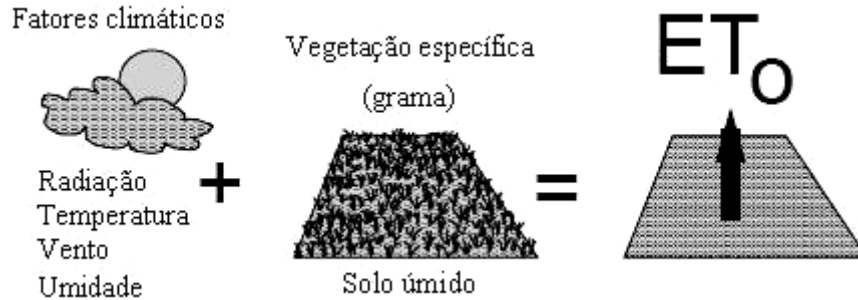


Figura 2: Evapotranspiração de referência.

Fonte: (ALLEN et al.1998).

Existem vários métodos para estimar a evapotranspiração de referência, que são métodos directos e indirectos. O método directo está relacionado ao uso de lisímetros. Segundo MENDES (2006) a evapotranspiração de referência pode ser determinada por vários métodos. Contudo a FAO padronizou a equação de Penman–Monteith para estimativa da ET₀ por englobar os parâmetros físicos que respondem os aspectos aerodinâmicos e fisiológicos da cultura. Este método físico, é baseado no método original de Penman. O método de PM considera que a ETP é proveniente dos termo energético e aerodinâmico, os quais são controlados pelas resistências ao transporte de vapor da superfície para a atmosfera. As resistências são denominadas de resistência da cobertura (r_s) e resistência aerodinâmica (r_a).

2.9 Evapotranspiração da cultura

A evapotranspiração da cultura é definida como a transferência de vapor de água para a atmosfera observada em uma cultura isenta de doenças e pragas, desenvolvendo-se em uma área de um hectare ou mais, sob ótimas condições de solo, incluindo humidade e fertilidade (DOORENBOS & PRUITT, 1984).

A evapotranspiração da cultura difere da evapotranspiração de referência pelo tipo de cobertura do solo, propriedade do dossel e a resistência aerodinâmica. Os efeitos das características que distinguem os cálculos da evapotranspiração de referência e evapotranspiração da cultura são integrados pelo coeficiente da cultura (K_c) como mostra a figura 3 (ALLEN *et al.*, 1998).



Figura 3: Evapotranspiração da Cultura.

Fonte: (ALLEN et al.1998).

A evapotranspiração da cultura pode ser determinada a partir de medidas directas, baseadas no balanço hídrico em volume de solo conhecido, por meio de lisímetros ou através de estimativas, multiplicando a evapotranspiração de referência pelo coeficiente de cultura, conforme recomendada por DOORENBOS & PRUITT (1984). O uso desse coeficiente associado a estimativa da evapotranspiração de referência, destaca-se com uma das principais metodologias na estimativa das necessidades hídricas das plantas, sendo esta uma das principais informações para o manejo racional da irrigação (MENDONÇA *et al.*, 2007). Assim, a evapotranspiração da cultura é dependente das condições meteorológicas e do tipo de cultura.

2.9.1 Coeficiente da cultura (K_c)

É o resultado da soma de dois coeficientes, o coeficiente basal (K_{cb}) que reflecte a transpiração da planta e o coeficiente da evaporação do solo (K_e) que reflecte a perda de água no solo pela evaporação. É na diferença entre os K_{cb} e K_e que reside as diferenças entre a evaporação do solo ea transpiração da planta. O K_c depende da cultura, fase de crescimento e condições gerais do clima (DOORENBOS & PRUITT, 1984). O valor do coeficiente da cultura varia ao longo do estágio de desenvolvimento da cultura.

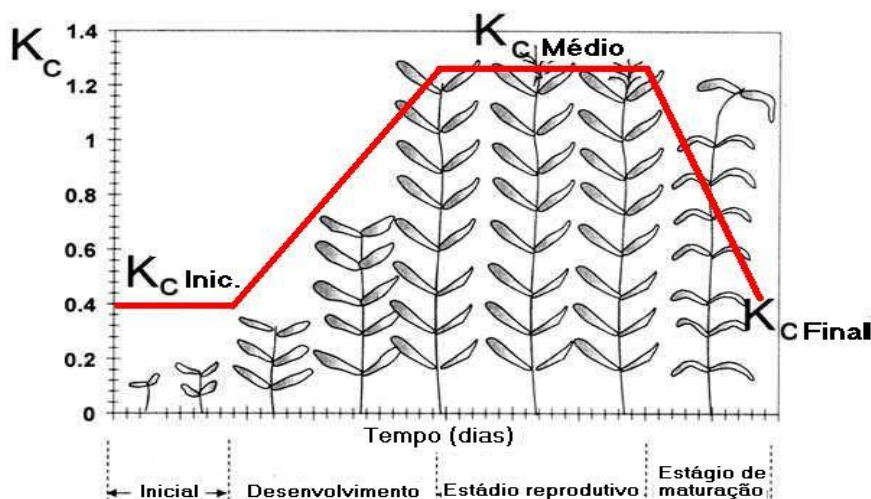


Figura 4: Representação da variação do coeficiente de cultivo (K_c) em função da fase fenológica da planta.

2.10 Evapotranspiração actual

A evapotranspiração actual é aquela que ocorre em função do nível de humidade disponível no solo. As condições de falta de água no solo podem reduzir a absorção de água e limitar a evapotranspiração da cultura, para determinar a evapotranspiração actual usa-se o coeficiente de stress (K_s) que descreve o efeito de stress hídrico na transpiração da cultura (ALLEN *et al.*, 2006). Quando se existem limitações devido a disponibilidade de água no solo, isto é quando a retirada de água pela evapotranspiração excede a quantidade de água facilmente disponível ($K_s < 1$) pois a planta encontra-se em estado de stress, quando não existem condições de stress por falta de humidade ($K_s = 1$), sendo assim quando:

$$\begin{cases} \text{quando } K_s = 1, ET_a = ET_c \\ \text{quando } K_s < 1, ET_a < ET_c \end{cases} \quad (1)$$

O coeficiente de stress hídrico (K_s) é em função da água disponível no solo, e água facilmente disponível no solo (ALLEN *et al.*, 1998).

2.11 Rendimento da cultura

O rendimento real é a média de rendimento (kg/ha) de uma cultura em escala municipal, regional ou de lavoura, em determinada colheita (ou média de colheitas). É resultado das condições de solo, de clima, do nível de tecnologia e da habilidade do agricultor, por isso podendo ser considerado como sinónimo de rendimento médio de agricultores. Por sua vez, o chamado rendimento atingível corresponde ao melhor rendimento obtido com o uso pleno da melhor tecnologia disponível. São rendimentos alcançados experimentalmente ou pelos

agricultores de melhor desempenho produtivo em uma dada região (DOORENBOS & KASSAM, 1986).

O rendimento potencial máximo de uma cultura, é definido como a produção obtida das variedades altamente produtivas e bem adaptadas às dadas condições ambientais, incluindo o tempo disponível para a maturação, sem restrições das condições do solo (água e nutrientes) e livre das ervas daninhas, pragas e doenças. A exigência do clima, do solo e da água para o óptimo desenvolvimento e rendimento varia com cultura e variedade. A selecção da cultura e variedade é um importante para uma alta e eficiente produção (DOORENBOS & KASSAM, 1986).

2.12 Relação entre produtividade e uso de água pela planta

A relação entre o rendimento e a água pode ser determinada quando as necessidades de água da cultura e o défice hídrico por um lado e o rendimento máximo e o actual por outro, puderem ser quantificados (DOORENBOS & KASSAM, 1986). O deficit hídrico é um dos factores que afectam a produção agrícola com maior frequência e intensidade, influenciando praticamente todos os aspectos relacionados ao desenvolvimento vegetal, diminuindo a fotossíntese pela redução da área foliar e afectando vários outros processos, além de alterar o ambiente físico das culturas (FONTANA *et al.*, 1992). Seus efeitos dependem da sua intensidade, duração, época de ocorrência e da interacção com outros factores que interferem no rendimento das culturas (CUNHA & BERGAMASCHI, 1999).

Os efeitos do défice hídrico são iniciados quando a evapotranspiração supera a taxa de absorção da água do solo pela cultura, estando associados à redução progressiva da disponibilidade de água no solo (SILVEIRA & STONE, 2001). A maioria das culturas apresenta períodos críticos quanto à deficiência hídrica, durante os quais a sua ocorrência pode causar grandes decréscimos no rendimento. A forma como o défice hídrico se desenvolve na planta é bastante complexa pois este afecta todos os aspectos relacionados ao seu desenvolvimento, sendo que os prejuízos estão directamente relacionados à sua duração, severidade e do estágio de desenvolvimento da cultura (FOLEGATTI *et al.*, 1997).

O stress hídrico na planta pode ser quantificado pela razão da evapotranspiração actual (ET_a) e a evapotranspiração potencial (ET_p). Neste caso, quando as necessidades de água da cultura

são satisfeitas completamente, $ET_a=ET_p$ e quando não são satisfeitas, $ET_a<ET_p$ (DOORENBOS & KASSAM, 1986).

Quando se tem uma quantidade limitada de água, torna-se sugestivo relacionar o défice de ET relativa com o défice de produção relativa, para que, admitindo-se certa redução na ET relativa, se possa prever a correspondente diminuição da produção relativa (HANKS *et al.*, 1980). O factor de correlação (K_y), estabelece a relação entre a redução relativa do rendimento ($1-Y_a/Y_p$) e o défice da evapotranspiração ($1-ET_a/ET_p$). O défice de água numa dada magnitude, expresso como a razão entre a evapotranspiração actual (ET_a) e a evapotranspiração de referência (ET_p), pode ocorrer ao longo do ciclo da cultura ou numa das fases de crescimento (DOORENBOS & KASSAM, 1986).

Os valores de K_y para muitas culturas são derivados da teoria de que a relação entre o rendimento relativo (Y_a/Y_p) e a evapotranspiração relativa (ET_a/ET_p) é linear e é válida para um défice de água inferior ou igual à 50%. Os valores de K_y estão baseados em análises de dados experimentais sobre uma vasta gama de condições de crescimento. Os resultados experimentais usados representam variedades produtivas das diferentes culturas, bem adaptadas ao meio de crescimento e com um óptimo nível de manejo cultural (DOORENBOS & KASSAM, 1986).

Nesta ordem de ideias, de acordo com várias pesquisas realizadas ao longo de vários anos, surgiu o modelo de Stewart – modelo S1, que veio a ser adoptado e difundido por (DOORENBOS & KASSAM, 1986), pois segundo estes autores o rendimento é dependente do conhecimento da evapotranspiração de referência (ET_p), que diz respeito às condições climáticas do local do estudo, conjuntamente com as características fisiológicas e morfológicas da cultura, representadas por meio do seu coeficiente (K_c), que incorpora características da cultura e efeitos da evaporação do solo, varia ao longo do seu ciclo em função da sua taxa de crescimento, conseqüentemente, da variação da cobertura do solo.

2.13 Características das culturas seleccionadas

2.13.1 Cultura de milho (*Zeamays*)

O milho é uma planta da família *Poaceae*, originária da América Central, sendo cultivada em praticamente todas as regiões do mundo, nos hemisférios norte e sul, em climas húmidos e

regiões secas. Trata-se de um alimento rico em carboidratos, considerado como energético; é também fonte de óleo, fibras, vitaminas E, B1, B2 e ácido pantotênico, além de alguns minerais, como o fósforo e o potássio (MATOS *et al.*, 2006).

A cultura é adaptada a solos de textura média, com teores de argila em torno de 30-35%, ou mesmo argilosos, com boa estrutura, que possibilitam drenagem adequada, apresentam boa capacidade de retenção de água e de nutrientes disponíveis às plantas. Sendo o milho uma planta cujo sistema radicular tem grande potencial de desenvolvimento, é desejável que o solo seja profundo (mais de 1m) (SANS & SANTANA, 2007).

O milho tem melhor germinação e emergência das plântulas quando semeado em locais onde as temperaturas estão situadas entre 25°C e 30°C. Temperaturas superiores a 42°C e inferiores a 10°C prejudicam sensivelmente estas etapas. Outro apontamento quanto à temperatura é que a cada grau de temperatura média superior a 21,1°C, nos primeiros 50-60 dias após a sementeira, pode acarretar em antecipação do florescimento de dois a três dias. Temperaturas superiores a 35-37°C por um período maior que três horas, na fase de formação do grão pode provocar redução no rendimento do milho, bem como alterar a composição proteica dos grãos (FANCELLI & NETO, 2001).

O milho é uma cultura que utiliza eficientemente a água (a eficiência de uso de água para esta cultura varia entre 0.8 e 1.6 kg/m³) em termos da produção de matéria seca total, e entre os cereais é potencialmente a cultura com o mais alto rendimento do grão. Para a máxima produção, a cultura de maturação média de grão precisa entre 500 e 800 mm de água, dependendo do clima (DOORENBOS & KASSAM, 1986)

O efeito da falta de água no rendimento do milho é considerável e o controle cuidadoso na frequência e grandeza de dotação é necessário para otimizar o rendimento sob condições de falta de água. O milho de bom grão comercial produzido sob a rega, o rendimento varia de 6 a 9 ton/ha (DOORENBOS & KASSAM, 1986).

2.13.2 Cultura de Tomate (*Lycopersicon esculentum*)

O tomate pertence à família Solanaceae e o seu nome científico é *Lycopersicon esculentum* Mill. A cultura de tomate é originária do Perú - Equador estendeu-se posteriormente à América Central e Meridional e foi introduzido na Europa no século XVI. O seu nome deriva dos termos aztecas “tomalt”, “xitomate” e “xitotomate”. Inicialmente era

usado como planta ornamental mas em meados do século XVIII já era cultivado para fins alimentares, principalmente em Itália.

Do grupo das hortaliças, o tomate é a espécie mais importante, tanto sob o ponto de vista económico quanto social, pelo volume da produção e geração de empregos. São quase quatro milhões de hortas cultivadas com a espécie, o que gera uma produção de cerca de 110 milhões de toneladas. É também uma espécie cosmopolita, pois é cultivada no mundo todo, sendo China, Estados Unidos da América e Índia os principais produtores.

As necessidades hídricas da cultura de tomate com um ciclo entre 90-120 dias, variam entre 400 a 600 mm dependendo do clima (DOORENBOS & KASSAM, 1986). A cultura de tomate é influenciada pela temperatura, ela têm um crescimento óptimo num intervalo de temperatura entre 16 e 32°C, para germinação a temperatura óptima está entre 16 e 29°C, mas tolera uma mínima de 11°C e uma máxima de 34°C (RULKENS & RIBEIRO, 1999).

2.14 Modelos agro-climáticos

Um modelo pode ser definido como uma equação ou um conjunto de equações que representam um processo (REINOLDS, 1979). O desenvolvimento de modelo tem favorecido a simulação precisa de muitos processos sobre o solo e culturas, fornecendo informações para a análise da sustentabilidade dos recursos naturais com o aumento da produtividade (BOWEN *et al.*, 1993). Os modelos agroclimáticos facilitam o fornecimento de valores de evapotranspiração de referência (ET_o), coeficiente da cultura (K_c), evapotranspiração da cultura (ET_c), evapotranspiração actual (ET_a), profundidade radicular, necessidades de água de irrigação (NAR) e rendimento das culturas, estes modelos podem ser classificados como sendo de balanço hídrico e de produtividade.

Os modelos de balanço hídrico relacionam as propriedades físico-hídricas do solo com os componentes de entrada e saída de água no solo (HILLEL, 1980). O objectivo do balanço hídrico é de se conhecer a deficiência ou excedente hídrico que afectará uma região em determinado período, constituindo-se em uma ferramenta muito útil para a recomendação de cultivos agrícolas em determinada região, bem como as épocas de sementeira com os menores riscos climáticos (ANDRADE JÚNIOR *et al.*, 2007 & ASSAD *et al.*, 1997).

Modelos de produtividade procuram explicar, baseados em processos físicos e fisiológicos, o efeito de uma ou mais variáveis meteorológicas sobre a resposta das plantas (BAIER, 1979). Inúmeras vantagens podem ser obtidas com a utilização de modelos de produtividade, considerando que estes devem reunir uma quantidade de informações que representem os processos da planta e interações da planta com o ambiente e, também, colaborem para a interpretação de informações ainda desconhecidas no campo actual (THORNELY, 1976).

Segundo (HOOGEBOOM, 2000), a utilização de modelos com a finalidade de predição pode ter aplicações que considerem desde a sementeira até a colheita, auxiliando na tomada de decisão por produtores rurais e instituições governamentais para formulação de políticas agrícolas.

III. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Descrição da área de estudo

O distrito de Vilankulo localiza-se entre as coordenadas longitude latitude 22° sul , 35°31” este e altitude 21m, na região norte da província de Inhambane, tem limites a Norte com o distrito de Inhassoro, a Sul com o distrito de Massinga, a Oeste com os distritos de Mabote e Funhalouro e a Este com o Oceano Índico, (MAE, 2005).



Figura 5: Localização da Área de Estudo

Fonte: (MAE, 2005).

3.2 Características edafo-climáticas

Os solos são na sua maioria arenosos, de fertilidade muito baixa e de baixa retenção da água exceptuando se os solos ao longo do rio Govuru e os das baixas nas zonas de chixocane e Macunhe que se classificam como solos fluviais de alta fertilidade, onde as vezes há um excesso de água e ocorrência de altos índices de salinidade, principalmente nos períodos estiagem (MAE, 2005).

O clima é diversificado sendo a costa com o clima tropical húmido e o interior o clima tropical seco (MAE, 2005). Durante o ano, o verão é o período mais longo ocupando os meses de Outubro a Abril, sendo neste período que se destaca a época chuvosa entre os meses de Dezembro a Abril chegando a atingir as precipitações mais elevadas nas zonas costeiras oscilando entre os 800 a 1000 milímetros não se verificando o mesmo com o interior onde as médias anuais atingem apenas 600 milímetros. A temperatura média anual na faixa costeira varia de 22,7°C a 28°C, com diferença em amplitudes anuais. As médias mensais máximas

ocorrem nos meses de Janeiro e Fevereiro (Verão) e as médias mensais mínimas no mês de Julho (Inverno) (MAE, 2005).

3.3 Relevo

O distrito apresenta poucos acidentes geográficos havendo na zona costeira a formação dunar e no interior zonas predominantemente planas (MAE, 2005). A área continental é constituída por rochas sedimentares com dunas do tipo parabólicas, solos arenosos e áreas pantanosas, para além de planícies de origem de acumulação, com algumas depressões e vertentes. As ilhas de Magaruque e Benguerrua são talvez retalhos de antiga costa, enquanto que a de Santa Carolina é de formação coralinea (MAE, 2005). Nas primeiras, as dunas interiores estão em geral dispostas no sentido dos ventos do quadrante sueste, mas também existe aflorestamento de grés costeiro, o relevo é acidentado por vezes com vales profundos revestidos de matas e restingas rochas formando entre si várias enseadas (MAE, 2005).

3.4 Vegetação

Constitui vegetação do distrito, o mangal, a savana e floresta densa (MAE, 2005). Tem algumas zonas do distrito há espécies de madeira preciosa (chanfuta, umbila, mecruce, mbonjua e outras). Constitui, ainda vegetação deste distrito a floresta aberta a fechada, árvores de savana semi-caduca, mata e estepe (MAE, 2005).

3.5 Hidrógrafa

A rede hidrográfica é constituída por cursos de rios, riachos e formação lacustre de origem permanente e periódica. Destaca-se o Govuro sendo o maior rio do distrito que nasce na Localidade de Mapinhane e desaguando no Distrito de Govuro. Ao longo deste rio afluem vários riachos a destacar o Chicome e Mangalisse (MAE, 2005). Além deste curso de água há várias lagoas de regime permanente e periódico ao longo da faixa costeira, salienta-se a grande importância que estes detêm na produção de peixe, além de que as suas margens são ricas para prática de agricultura (MAE, 2005).

3.6 Métodos de estudo

3.6.1 Determinação do efeito da temperatura

Para determinação do efeito do aumento de temperatura nas necessidades de água de rega das culturas de milho e tomate vai considerar o seguinte:

- A temperatura média mensal do ar actual;
- A temperatura média mensal do ar com aumento de 3,0°C em relação as condições actuais.

A escolha de aumento de 3,0°C relaciona-se a projecção feita pela (INGC, 2009) para os anos 2046 a 2065.

3.6.2 Determinação de efeito da precipitação

Para determinação do efeito da mudança de precipitação no rendimento da cultura de milho e tomate vai considerar-se o seguinte:

- A precipitação actual;
- A precipitação diminui em 9 % em relação a actual na região.

A escolha de diminuição de 9% relaciona-se a previsão feita pela (INGC, 2009), que diz prevê-se diminuição de precipitação para a zona Sul do país.

3.6.3 Pressupostos do experimento

- As culturas estão livres de pragas e doenças e são cultivadas em condições óptimas de ambiente.
- O solo é de estrutura média.

3.6.4 Determinação da data de Sementeira

Para efeitos de estudo nesta pesquisa, a cultura é semeada de acordo com a norma recomendada por (FRERE & POPOV, 1979), segundo a qual a cultura deve ser semeada no dia seguinte a uma chuva de 20 mm. Portanto as culturas foram semeadas no primeiro mês que se registou precipitação média mensal de 20mm.

3.6.5 Modelo Agro – hidrológico

Para obtenção dos resultados baseou-se nos dados climáticos de distrito de Vilankulo fornecidos pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INAM) ver anexo 4, simulados no modelo agro climático cropwater versão 8.0. Para tal o modelo baseia-se nas seguintes equações:

Determinação de água disponível:

$$ADr = 1000 \times (\theta_{fc} - \theta_{wp}) \times Zr \quad (2)$$

Onde:

ADr: Água disponível na zona radicular [mm]

Fc: Conteúdo de humidade a capacidade de campo [$m^3 m^{-3}$]

Wp: Conteúdo de humidade no ponto de murcha permanente [$m^3 m^{-3}$]

Zr: Profundidade das raízes [m].

Determinação da água facilmente disponível:

$$AFD = p \times ADr \quad (3)$$

Onde:

AFD: Água facilmente disponível na zona radicular [mm]

p: Factor de depleção [-].

Determinação de ET_p

Para a determinação de ET_p usou-se o método de Penman-Monteith recomendado pela FAO:

$$ET_p = \frac{0.408\Delta(R_n - G) + \gamma \frac{900}{T_m + 273} U_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0.34U_2)} \quad (4)$$

Onde:

ET_p : Evapotranspiração de referência [mm];

R_n : Radiação líquida total [$Mj/(m^2 \cdot dia)$];

G: Fluxo de calor no solo [$Mj/(m^2 \cdot dia)$];

γ : Constante psicrométrica [$Kpa/^\circ C$];

e_a : Estimativa da pressão actual de vapor [Kpa];

e_s : Pressão de saturação média diária [Kpa];

Δ : Declividade da curva de vapor [-];

T_m : Temperatura média diária do ar a 2 m de altura [$^\circ C$];

U_2 : Velocidade do vento média diária a 2 m de altura [m/s].

Determinação de evapotranspiração da cultura (ETc):

$$ETc = ETo * Kc \quad (5)$$

Onde:

ETc: Evapotranspiração da cultura [mm.dia⁻¹];

Kc: Coeficiente de cultura [-];

ETo: Evapotranspiração da cultura de referência [mm.dia⁻¹].

Determinação de Kc:

$$Kc = Kcb + Ke \quad (6)$$

Onde:

Ke: Coeficiente da evaporação do solo;

Kcb: Coeficiente basal.

Determinação de evapotranspiração actual (ETa):

$$ETa = Ks x Kc x ETo \quad (7)$$

Onde:

ETa: Evapotranspiração actual (real) [mmdia⁻¹];

Ks: Coeficiente de stress hídrico [-];

Kc: Coeficiente de cultura [-]

Determinação de precipitação efectiva

Para a determinação de precipitação efectiva usa-se o método conservação do solo da USDA Soil Conservation Service.

$$Pef = [Pt x (125 - 0.2 x Pt)] / 125; \quad Para Pt \leq 250/3 mm \quad (8)$$

$$Pef = \frac{125}{3} + 0.1 x Pt; \quad Para Pt > 250/3 mm \quad (9)$$

Onde:

Pef: Precipitação efectiva;

Pt: Precipitação total.

Determinação das necessidades de água de irrigação (NAR)

$$NAR = ETc - Peff \quad (10)$$

Onde:

NAR: Necessidades de água de rega [mm];

ETc: Evapotranspiração da cultura [mm];

Peff: Precipitação efectiva.

Determinação de rendimento

A determinação de rendimento baseou-se na equação proposta por (DOORENBOS & KASSAM, 1986).

$$\left[1 - \frac{Ya}{Yp}\right] = Ky * \left[1 - \frac{ETa}{ETp}\right] \quad (10)$$

Onde:

Ky: factor de resposta;

$\left[1 - \frac{Ya}{Yp}\right] \Rightarrow$ Redução do rendimento relativo

$\left[1 - \frac{ETa}{ETp}\right] \Rightarrow$ Deficit de evapotranspiração relativo

IV. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para a estimativa de feito das necessidades de água de rega, e rendimento das culturas de milho e tomate usou-se como referência as condições climáticas do período entre (2002-2010) (situação actual), para fazer uma análise do período futuro entre (2046-2065) com base nas projecções da (INGC, 2009).

4.1 Necessidades de água de rega na cultura de milho

4.1.1 Efeito de subida da temperatura

De acordo com os resultados obtidos no cálculo de efeito de subida da temperatura nas necessidades de água de rega, a figura 7 mostra que para todos anos futuros (2046-2065) haverá um aumento de necessidades de água de rega em relação ao presente (2002-2010) apontando para uma variação média de 15.5% acima da actual. Os mesmos mostram que a pior situação será da projecção de ano 2007 que aponta para uma subida de cerca de 66.6% das necessidades de água de rega e a mais baixa será do ano 2010 com uma subida de 6% das necessidades de água de rega.

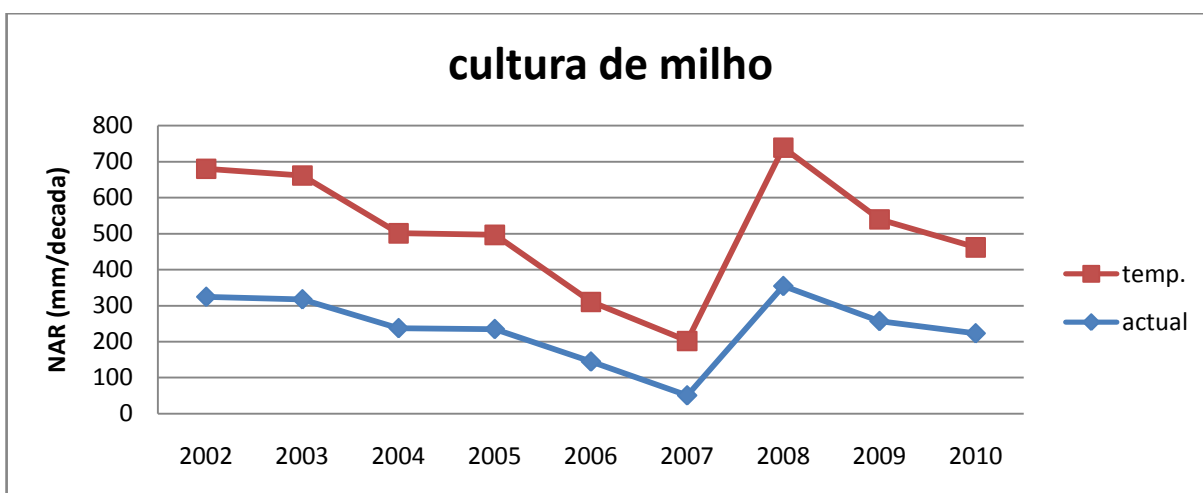


Figura 6: Efeito da temperatura nas NAR da cultura de milho.

4.1.2 Efeito de redução da precipitação

A figura 8 mostra que a redução da precipitação provocará uma subida das necessidades de água de rega no futuro (2046-2065) em relação a situação presente (2002-2010) numa média de 10.4% acima da actual. Contudo o ano que mostra a variação mais alta das necessidades de

água de rega é 2007 com uma variação de 63.4% das necessidades de água de rega e a variação mínima das necessidades de água de rega de 1.2% do ano 2010.

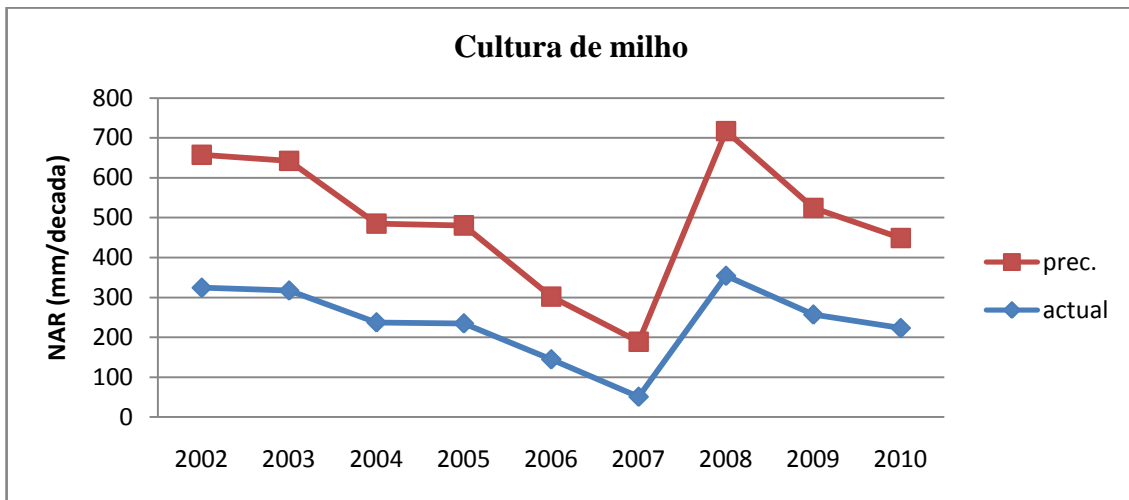


Figura 7: Efeito de redução da precipitação nas NAR da cultura de milho.

4.2 Necessidades de água de rega Cultura de tomate

4.2.1 Efeito de subida de temperatura

A subida da temperatura do ar provocara um aumento das necessidades de água de rega generalizada no futuro (2046-2065) em relação a situação actual (2002-2010), com a variação mais alta de 15.6% correspondente ao ano de 2007 e uma variação mínima de 10% correspondente ao ano de 2003. Contudo, a variação média entre a situação actual e futura é de 12.24% conforme a figura 9.

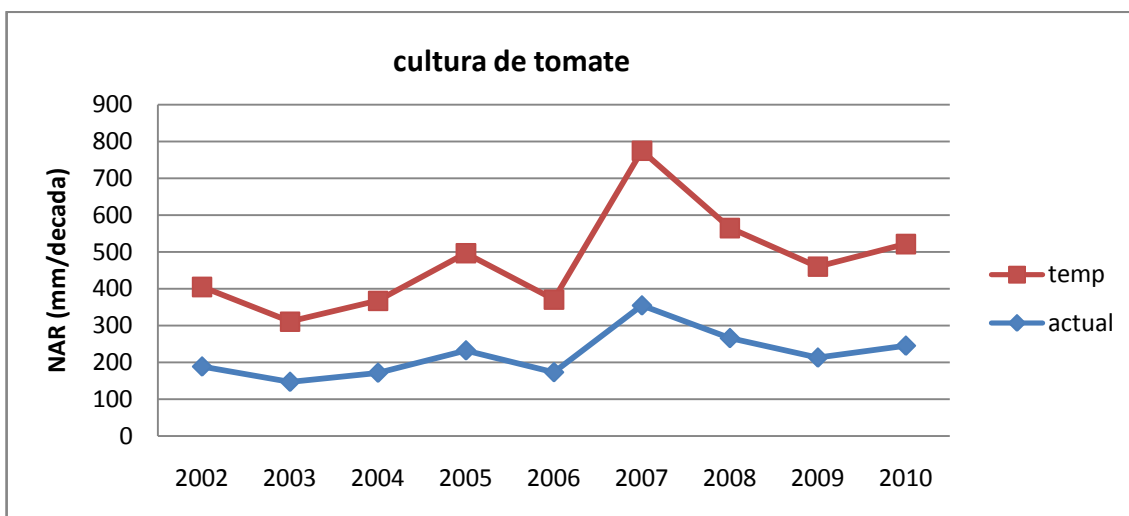


Figura 8: Efeito de subida de temperatura nas NAR de cultura de tomate.

4.2.2 Efeito da redução de precipitação

Similar ao observado na cultura de milho, a cultura de tomate também mostra que haverá uma subida de das necessidades de água de rega no futuro (2046-2065), com uma variação média de 5.9% em relação a situação actual (2002-2010), conforme a figura 10, que também mostra que a variação mais alta é de 18.5% correspondente ao ano de 2003 e com a variação mais baixa de 3.2% verificado nos anos de 2008 e 2010 simultaneamente.

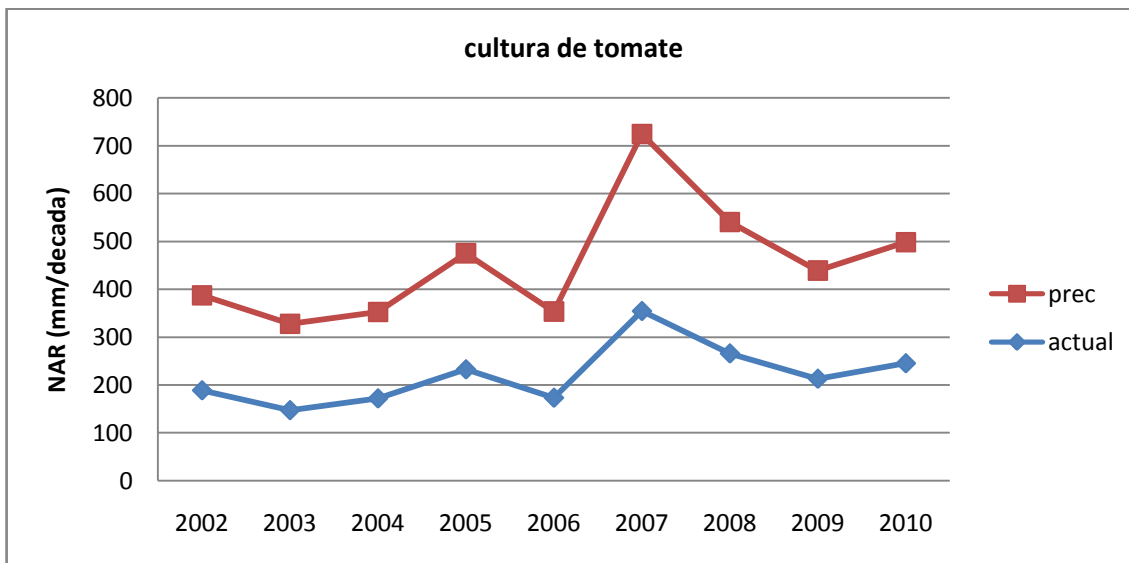


Figura9: Efeito da redução de precipitação nas NAR cultura de tomate.

Os resultados encontrados na estimativa das necessidades de água de rega tanto para acultura de milho como para a cultura de tomate baseados na subida da temperatura do ar estão associado ao facto de tendo outros factores climáticos que influem na determinação da evapotranspiração constantes, o aumento da temperatura do ar favorece a transpiração, por outra parte estimula a fotossíntese e favorece abertura de estomas que contribui para o aumento da evapotranspiração, conseqüentemente um aumento das necessidades de água de rega.

Já no que diz respeito a redução da precipitação, estão associados ao facto de ter a precipitação como a única forma de fornecimento de água as culturas, e uma redução da mesma mantendo os outros factores climáticos constantes significa um aumento das necessidades de água de rega.

4.3 Estimativas de Rendimento da cultura de milho

4.3.1 Efeito de subida da temperatura

No referente ao rendimento da cultura de milho entre actual (2002-2010) e o futuro (2046-2065) há registos de bons resultados para os anos de 2006, 2007 que mostra que qualquer variação projectada pela (INGC, 2009), o rendimento será de 100% ver figura 10. Os resultados indicam que a maior queda de rendimento de 5% correspondente aos anos de 2002 e 2008, este valor aponta redução de rendimento relativo de 1.25 ton/ha para 1.19 ton/ha. Contudo a queda de rendimento média relativa de 0.18 ton/ha.

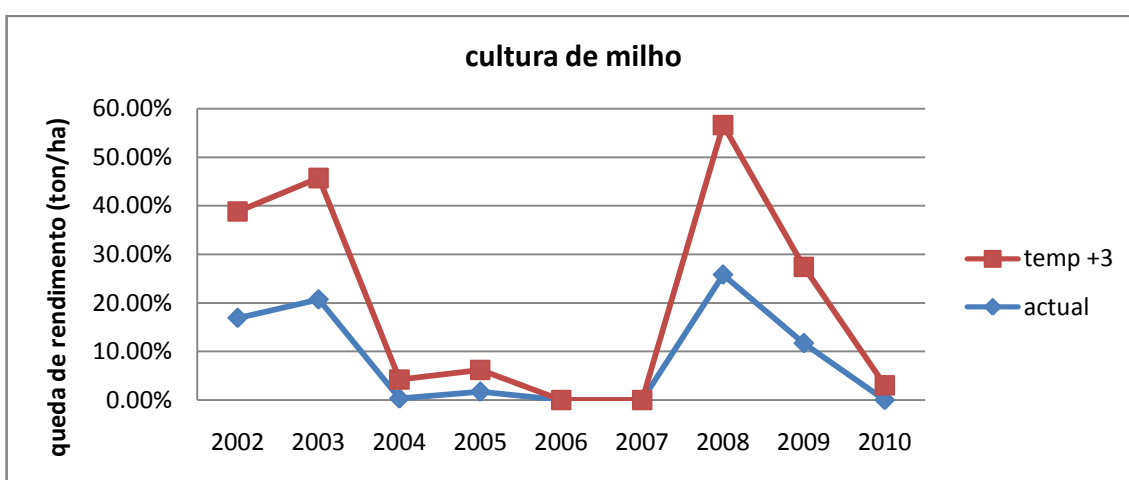


Figura 10: Efeito de subida da temperatura no rendimento cultura de milho.

4.3.2 Efeito de redução de precipitação

Os resultados referentes a redução da precipitação para acultura de milho ilustrado na figura 11, são similares aos projectados para a subida de temperatura para a mesma cultura, que indicam que para os anos de 2006 e 2007 o rendimento será de 100%, a queda de rendimento relativo máxima projectada é de 0.02 ton/ha correspondente aos anos de 2004, 2008 e 2009. Contudo espera-se uma queda relativa de rendimento de cerca de 0.01 ton/ha.

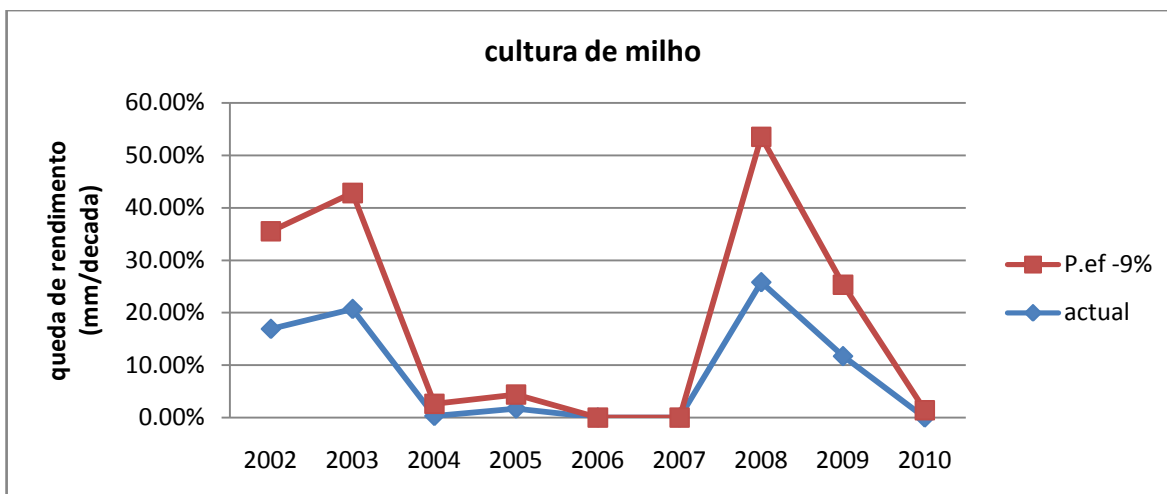


Figura 11: Efeito de redução de precipitação no rendimento da cultura de milho.

Os resultados acima mostram o que foi referenciado por SANTANA (2000), que diz que a cultura de milho necessita de 300 a 500 mm de água para produzir sem necessidade de irrigação, se na região a precipitação estiver bem distribuída ao longo do ciclo da cultura é possível obter rendimento óptimo como o caso dos anos, 2006 e 2007 em que os rendimentos aproximaram-se de 100%.

4.4 Estimativas de Rendimento da cultura de tomate

4.4.1 Efeito de subida da temperatura

O efeito de subida da temperatura indica bom resultado para o ano 2003 com uma queda de rendimento de 0.1% na situação actual (2002-2010) e 0.5% para a situação futura (2046-2065), mostrando uma baixa de 0.4% o que indica que a queda de rendimento é insignificante, com valor de aproximadamente 0.0%. O valor mais alto da redução de rendimento é de cerca de 0.06 ton/ha correspondente aos anos de 2007 e 2008 conforme a figura 12. Contudo o rendimento médio projectado para o futuro é de cerca de 1.01 ton/ha o que indica que haverá um uma queda relativa de rendimento de cerca de 0.4 ton/ha.

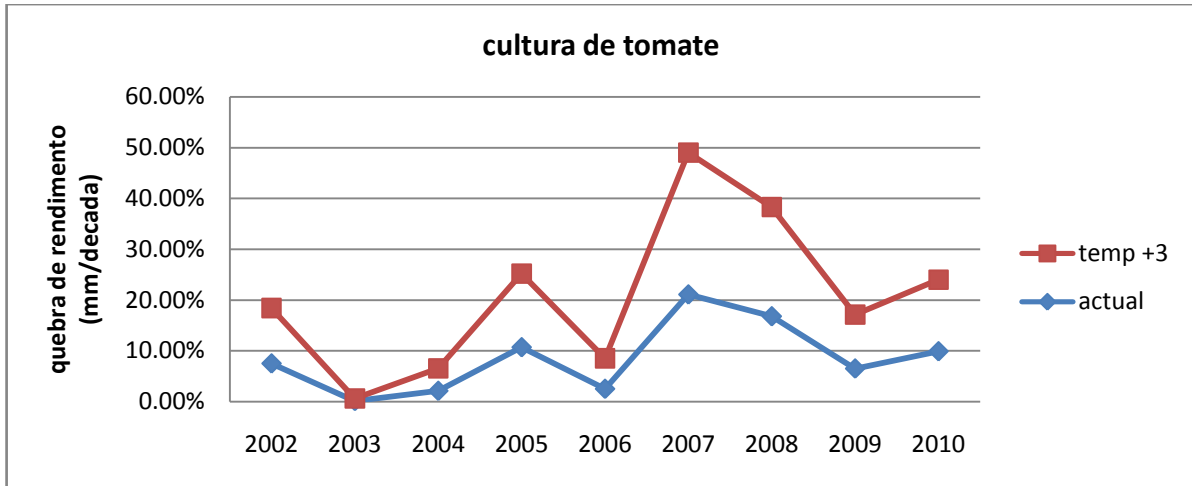


Figura 12: Efeito de subida da temperatura no rendimento da cultura de tomate.

4.4.2 Efeito da redução de precipitação

A redução de precipitação traz consigo resultados menos ameaçadores, considerando que a redução máxima de rendimento relativo é 0.03 ton/ha correspondente aos anos de 2007 e 2008, uma redução de 0.02 ton/ha para os anos de 2009 e 2010 e uma de redução de rendimento relativo de apenas de 0.01 ton/ha para os restantes anos. Contudo os resultados indicam que a redução média relativa de 0.02 ton /ha para a situação futura, ver figura 13.

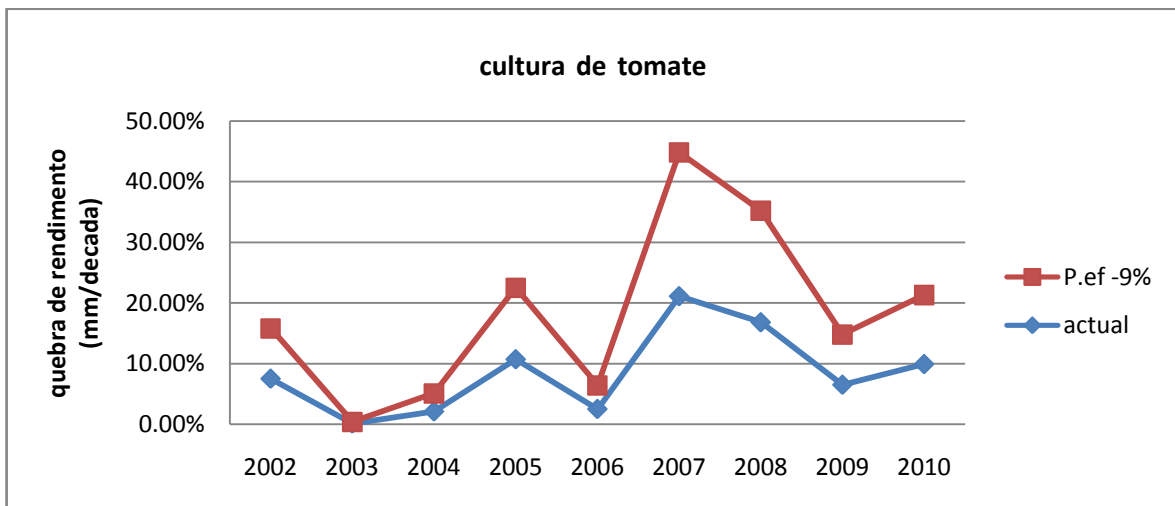


Figura 13: Efeito da redução de precipitação no rendimento da cultura de tomate.

Esses resultados podem estar ligados ao facto de o aumento da temperatura elevar as perdas de água pelo processo de evapotranspiração e consequentemente um deficit hídrico onde de acordo com CUNHA & BERGAMASCHI (1999), seus efeitos dependem da sua intensidade,

duração, época de ocorrência e da interação com outros factores que interferem no rendimento das culturas.

IV. CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES

5.1. Conclusão

Com os resultados anteriormente apresentados, chega-se a conclusão de que haverá uma subida em media das necessidades de agua de rega e uma queda de rendimento em qualquer alteração da precipitação e/ou temperatura nos padrões em estudo, tanto na cultura de milho assim como na cultura de tomate.

Os mesmos resultados, mostram também que, tanto nas necessidades de água de rega como no rendimento das culturas em estudo, a pior situação em valores médios irá verificar-se na subida de temperatura, podendo encontrar valores satisfatórios dado que a cultura de tomate apresenta um rendimento de 100% em qualquer que seja variação para os anos de 2006 e 2007.

5.2. Recomendações

Para que essa avaliação conjunta de variáveis seja vista como uma forma de, além de gerar uma previsão de produtividade agrícola mais consistente, ter uma melhor representatividade dos processos fisiológicos da planta que envolve a relação água, solo, planta e atmosfera, devem ser incorporados estudos mais aprofundados de solo, devendo para tal envolver estudos de campo.

Recomenda-se as instituições agrárias e de desenvolvimento rural para incentivarem os produtores agrícolas na escolha de culturas escolha de culturas mais tolerantes ao deficit hídrico, como forma de reduzir as perdas de rendimento devido ao stress hídrico resultante do deficit hídrico.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. *Crop evapotranspiration -guidelines for computing crop water requirements. (IrrigationandDrainagePaper, 56)*.Rome: FAO, 1998. Disponível em:< <http://www.fao.org/docrep/X0490E/X0490E00.htm>> Acesso em 18-11-2010.
- ALVES SOBRINHO, R.; GATTI, F.; ZAMPARONI, C. *O clima e a agricultura*.ENGEIO, 2004
- BAIER, W. *Crop-Weather Analysis Model: Review and Model Development*. J. Appl. Meteor., v.12, p. 937 – 947. 1973.
- BERNARDO, S. *Manejo da Irrigação na Cana- de- açúcar*.Universidade Estadual do Norte Fluminense - CCTA/UENF, 2006.
- BOWEN, W. T. *et al. Evaluation of the nitrogen submodel of Ceres-Maize following legume green manure incorporation*.Agron. J., Madison, v.85, n.1, p.153-159, 1993.
- BRITES, C. M.; Guerreiro, M.; Modesto, M. L. (2006) -*Arroz Carolino, uma jóia da nossa gastronomia*.
- CAMARGO, A. P. *Balanço hídrico no Estado de São Paulo*. Campinas, IAC, Boletim Técnico, n 116, 1971.
- CUNHA, G. R.; BERGAMASCHI, H. Efeitos da disponibilidade hídrica sobre o rendimento das culturas. In: BERGAMASCHI, H. (Coord.). **Agrometeorologia aplicada à irrigação**. 2.ed. Porto Alegre: Editora Universidade □ UFRGS, 1999. cap. 6, p. 85-97.
- DOORENBOS, J. & KASSAM, A. H. (1986) *Crops Yield Response Water*.Roma
- DOORENBOS, J; PRUITT, W.O. **Lasnecesidades de água de los cultivos**. (Estudio FAO Riego y Drenaje, 24). Roma: FAO, 193 p. 1977.
- DOURADO NETO, D; FIGUEIREDO JR., L; *etal.Modelo para estimação da produtividade de grãos de milho deplecionada com base no balanço hídrico no solo*. Revista Brasileira de Agrometeorologia, Santa Maria, v. 12, n. 1, p. 359-367, 2004.

FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. Milho: tecnologia e produtividade. Piracicaba: ESALQ/LPV, p. 25-47, 2001.

FRERE, M. & G. F. POPOV. 1979. *Agrometeorological crop monitoring and forecasting*. FAO Plant Production and Protection Paper N° 17, Rome, 64 pp.

FOLEGATTI, M. V.; PAZ, V. P. S.; PEREIRA, A. S.; LIBARDI, V. C. M. Efeitos de diferentes níveis de irrigação e do déficit hídrico na produção do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). In: CONGRESO CHILENO DE INGENIERIA AGRÍCOLA, 2., Resúmenes de trabajos. Chillan: Universidad de Concepcion, 1997. p.73.

FONTANA, D.C.; BERLATO, M.A.; BERGAMASCHI, H. Alterações micrometeorológicas na cultura da soja submetida a diferentes regimes hídricos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.27, n.5, p.661-669, 1992.

GRIMM, A. M. *Meteorologia básica*. Versão eletrônica, UFPR, 1999. Disponível em: <<http://fisica.ufpr.br/grimm/aposmeteo/cap3/cap3-5.html>>.

HANKS, R. J. & FLORIAN, R. I., (1969). *Model for Predict Plant Yield as Influenced by Water Use*. Agronomy Journal n°1.

HILLEL, D. *Applications of soil physics*. New York: United Kingdom Edition, 1980. 385p.

HOOGENBOOM, G. *Contribution of agrometeorology to the simulation of crop production and its applications*. Agricultural and Forest Meteorology, n.103, p.137-157. 2000.

IPCC, (2001). *Climate change. Impacts, Adaptation and vulnerability*, Genebra, Suíça, 2001. 95pp

IPCC; *The Physical Science Basis*. Summary for Policymakers. Disponível em: <<http://www.ipcc.ch/SPM2feb07.pdf>> Acesso em: 01 de maio de 2010.

NAIKA, J. L. J; *cultura de tomate*, primeira edição em português, Wageningen, 2006.

MAE; *plano estratégico de desenvolvimento de distrito de Vilankulo*, 2005.

MACHADO, R.E., MATTOS, ARTHUR., 2000, *Avaliação do desempenho de três métodos de estimativa da evapotranspiração de referência*, Revista Brasileira de Agrometeorologia, v. 8, n. 2, p. 193-197, 2000, Santa Maria.

MATOS, M.J.L.F.; SANTOS, F.F. *etal*; *Milho verde*. 2006. Disponível em: http://www.cnph.embrapa.br/paginas/dicas_ao_consumidor/milho_verde.htm.

MENDONÇA, J. C.; SOUSA, E. F *etal*.*Determinação do coeficiente cultural (Kc) do feijoeiro (Phaseolus vulgaris L.), em Campos dos Goytacazes, RJ. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v.11, n. 5, p. 471-475, 2007.*

MICOA, (2005). *Avaliação da vulnerabilidade as Mudanças Climáticas e Estratégias de Adaptação*. Maputo. 61.pp.

MICOA (2005), “*Medidas de adaptação as mudanças climáticas*”, MICOA Maputo Moçambique.

MICOA (2007), “*Programa de Acção nacional para a adaptação as mudanças climáticas*”.

MURTA, R. M.; TEODORO, S. M.; BONONO, P.; CHAVES, M. A. *Precipitação pluvial mensalem níveis de probabilidade pela distribuição gama para duas localidades do sudoeste da Bahia. Ciências agrotec., Lavras, v. 29, n. 5, p. 988-994, 2005.*

PEREIRA, A. A; *Eficiência do modelo Ceres-Maize na Simulação do desempenho de híbridos de milho*, 2008. 53p Tese Mestrado (Universidade federal de Viçosa).

QUEFACE, A. AND TADROSS, M. 2009. Main report: INGC Climate Change Report: Study on the impact of climate change on disaster risk in Mozambique. [Asante, K., Brito, R., Brundrit, G., Epstein, P., Fernandes, A., Marques, M.R., Mavume, A ,Metzger, M., Patt, A., Queface, A., SanchezdelValle, R., Tadross, M., Brito, R. (eds.)]. INGC, Mozambique.

REYNOLDS, J.F. *Some misconceptions of mathematical modeling*.What’s New Plant Physiology, v.10, n.11, p.41-44, 1979.

SANS, L & SANTANA, D. (2007). *Clima e Solo*. Embrapa

SILVEIRA, P.M.S.; STONE, L.F. **Irrigação do feijoeiro**. Santo Antonio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2001. 230 p.

SMITH, M. *Report on the expert consultation on procedures for revision of FAO methodologies for crop water requirements*. Rome: FAO, 1991. 45 p.

TEIXEIRA, A. H. de C.; FILHO, J. M. P. L., *Cultivo da mangueira*, Embrapa Semi-árido, 2004.

THORNLEY, J.H.M. *Mathematical models in plant physiology: a quantitative approach to problems in plant crop physiology*. London: Academic Press. 318p 1976.

THORNTHWAITTE, C. W.; MATHER, J. R. *The water balance*. New Jersey: Laboratory of climatology, 104 p. 1955.(Publication in Climatology, 8).

TUCCI, C. E. M. *Plano Diretor de Drenagem Urbana: Princípios e Concepção*. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, vol. 2, n. 2, jul./Dez. 1997.

WHITERS, B VIPOND, S. (1974). *Irrigation: Design and Practice*. London.

YAGUE, J. L. F. (1996). *Técnicas de Rega*. 2ª edição revisada y ampliada. Coedicion; edicionesmundi-pressa y ministerio de agricultura, pesca y alimentacion. Madrid.

ANEXOS

ANEXOS

Anexo1: Valores de água disponível para diferentes classes de textura do solo

Classe de textura	Tipo de solo	Água Disponível (AD) em mm/m
Pesada	Argiloso	200
Média	Franco	140
Leve	Arenoso	60

Fonte: adaptado de FAO 33

Anexo 2: Características gerais da cultura de milho.

Estágios de Desenvolvimento	Duração em dias	Kc	ky	Profundidade radicular em (cm)
Vegetativo (I)	20	0.3 -0.5	0.4	0.3
Floração (II)	35	0.7 – 0.85	0.4	-----
Formação do fruto (III)	40	1.05 – 1.2	1.3	1
Maturação (IV)	30	0.8 – 0.9	0.5	1
Ciclo total	125	-----	1.25	-----

Fonte: Adaptado de FAO-33

Anexo 3: Características gerais da cultura de tomate.

Estágios de Desenvolvimento	Duração em dias	Kc	ky	Profundidade radicular em (m)
Vegetativo (I)	30	0.6	0.5	0.25
Floração (II)	40	-----	0.6	-----
Formação do fruto (III)	45	1.15	1.1	1
Maturação (IV)	30	0.8	0.8	1
Ciclo total	145	-----	1.05	-----

Fonte: adaptado de FAO-33

Anexo 4: Dados climáticos da área de estudo



República de Moçambique

Instituto Nacional de Meteorologia

Caixa Postal 256 – MAPUTO

Nº104-13/DOR-DAD

Maputo, 26 de Julho de 2013

Estação: Vilanculos

Elemento: Temperatura máxima média mensal (em °C)

ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
2002	31.7	32.2	31.0	29.6	28.3	26.1	25.6	27.1	27.5	28.4	28.5	31.2
2003	32.0	32.8	30.9	30.4	28.0	25.4	24.5	25.5	27.0	28.4	29.6	31.6
2004	32.0	31.9	30.9	29.7	27.3	25.8	25.5	26.5	28.0	27.2	30.0	315.0
2005	32.1	32.4	30.9	29.6	27.9	27.0	25.7	27.2	28.2	29.2	30.5	29.0
2006	31.4	32.0	30.5	29.5	27.6	26.1	25.8	26.8	26.8	29.2	30.4	32.0
2007	30.7	31.7	31.2	30.1	27.8	26.4	25.5	26.2	27.6	29.0	29.8	30.1
2008	31.6	31.9	31.3	28.7	27.8	26.3	25.8	26.1	26.8	28.8	30.1	30.6

2009	31.5	31.6	30.4	28.4	27.3	26.5	25.0	25.8	26.3	28.5	28.5	30.9
2010	31.9	31.3	30.4	29.9	28.1	25.2	25.7	25.4	27.0	28.6	30.0	31.0
2011	30.0	31.3	30.2	28.7	27.3	25.0	23.9	25.4	25.9	26.7	29.3	30.6
2012	31.5	31.0	30.1	28.9	25.7	25.0	24.7	24.1	25.7	25.5	28.9	29.1

Elemento: Temperatura mínima média mensal (em °C)

ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
2002	23.7	22.9	22.8	20.8	17.7	16.0	15.7	18.3	19.1	21.6	20.8	23.3
2003	24.3	25.1	23.7	21.1	18.5	16.9	14.4	15.9	19.1	21.1	22.7	23.8
2004	24.6	23.9	23.6	22.0	17.0	15.5	15.6	16.9	21.0	18.4	23.4	25.0
2005	24.5	23.8	23.0	20.6	17.9	16.3	15.1	18.7	19.8	22.2	24.1	24.7
2006	25.3	24.9	23.3	20.5	16.8	15.0	16.0	22.1	15.9	17.2	25.2	23.3
2007	25.7	23.6	22.2	19.6	17.1	15.9	13.5	14.1	17.1	19.5	21.6	21.4
2008	22.2	20.6	19.8	16.3	16.7	14.1	14.2	15.3	17.8	20.3	22.8	22.8
2009	22.2	24.6	21.8	19	17.9	15.6	15.2	15.1	19.2	21	21.7	24.8
2010	24.3	25.7	22.1	22.8	19.8	13.9	15.8	15.7	18.4	21.5	22.6	21.7
2011	21.9	22.9	21.5	20.0	17.9	14.5	14.0	15.5	17.9	18.9	22.0	23.6
2012	24.1	22.6	21.6	19.6	17.3	14.6	14.6	16.0	17.5	17.4	20.5	20.8

Elemento: Precipitação total mensal (das 9 às 9h, em mm)

ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
2002	11.9	9.1	84.3	28.6	2.4	33.7	70.8	17.6	18.7	46.3	73.4	5.3
2003	41.6	38.5	221.5	26.4	16.5	199.7	4.6	1.2	23.3	70.9	42.3	2.4
2004	62.6	72.9	191.3	65.4	29.8	20.0	5.6	0.7	5.3	106.6	9.8	121.2
2005	50.7	44.1	86.1	13.3	27.2	8.4	18.9	0.7	19.7	3.0	25.4	482.0
2006	65.1	139.9	447.1	82.2	39.4	83.2	5.8	8.8	0.0	0.0	3.7	42.8
2007	316.1	127.4	42.9	93.1	22.5	21.1	19.5	20.1	22.4	24.4	25.8	25.7
2008	27.0	26.2	25.6	22.5	22.2	20.2	20.3	20.7	22.3	24.6	26.4	26.7
2009	157.1	375.5	41.2	81.9	29.2	16.6	7.6	2.2	0.2	132.7	13.4	62.2
2010	266.2	20.2	1.1	2.8	41.7	22.2	21.7	10.6	1.3	0.0	17.8	281.5
2011	245.0	159.1	56.7	43.4	11.4	138.5	23.3	64.2	4.3	3.2	16.2	113.6
2012	444.5	258.6	18.7	44.1	25.3	8.7	28.7	40.6	0.0	37.3	154.0	388.6

Elemento: Humidade relativa media mensal (em %)

ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
2002	72	72	74	79	79	81	80	78	77	75	76	73
2003	74	74	82	77	63	84	84	79	79	79	77	74
2004	78	77	80	79	81	82	82	81	76	72	81	70
2005	77	75	79	77	80	73	72	80	77	72	75	83
2006	82	81	84	80	77	83	82	80	78	53	72	75
2007	76	85	78	81	78	79	83	82	83	75	79	86
2008	80	73	79	78	76	84	89	82	79	77	78	82
2009	79	80	83	83	85	85	78	80	80	76	78	68
2010	74	77	81	80	77	80	76	77	82	77	69	81
2011	77	76	79	85	81	87	78	83	79	76	79	77
2012	80	81	78	81	84	81	86	85	86	80	76	79

Elemento: Direcção predominante mensal do vento (em rosa dos ventos)

ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
2002	S	S	S	S	S	S	NE	S	S	S	S	S
2003	S	SE	S	S	S	W	SW	E	S	E	SE	S
2004	S	S	SE	S	S	W	NE	SE	E	S	E	S
2005	NE	E	S	SE	S	E	S	S	E	SE	NE	NE
2006	NE	E	S	SE	S	E	S	SE	S	E	NE	--
2007	E	SE	S	S	S	S	S	NE	E	SE	E	SE
2008	S	--	SE	E	SE	SE	SE	E/SE	NE	SE	NE	SE
2009	NE	SE	SE	S	SE	SW	S	E	E	SE	E	E
2010	SE	SE	E	SE	S	S	S	E	SE	E	S	S
2011	E	E	E	E	E	SW	S	S	E	E	NE	E
2012	SE	SE	S	S	W	S	NE	S	E	E	E	N

Elemento: Velocidade média mensal do vento (em km/h)

ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
2002	13.0	11.6	10.3	10.1	10.3	9.2	11.5	8.2	10.1	11.6	11.2	7.9
2003	12.4	11.9	11.1	10.5	8.6	8.3	11.3	12.6	11.9	15.1	11.5	10.4
2004	9.3	6.9	8.0	6.4	6.0	1.7	3.8	4.6	6.1	9.4	5.8	3.3
2005	14.8	12.8	12.8	10.8	10.5	6.0	10.4	10.5	10.8	14.0	11.4	10.6
2006	13.0	13.3	11.0	10.5	9.1	8.0	7.3	8.9	10.6	12.3	12.4	--
2007	8.7	9.2	8.9	9.2	8.4	8.1	8.5	9.7	9.5	10.9	9.8	9.0
2008	9.0	--	10.1	9.3	10.3	8.6	9.5	10.8	10.1	10.3	9.6	12.2
2009	14.9	12.7	9.3	10.8	6.5	8.2	8.1	8.3	12.6	9.7	10.7	15.5
2010	13.9	13.7	13.8	12.1	10.2	10.2	12.7	13.4	11.8	9.8	11.0	10.6
2011	13.3	11.3	11.2	9.8	10.5	10.2	9.5	11.7	11.9	13.4	12.5	12.8
2012	9.9	4.7	13.4	8.3	9.0	5.2	8.0	12.1	14.9	13.9	15.1	11.7

Elemento: Pressão atmosférica média mensal (em hPa)

ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
2002	1010.7	1011.3	1012.6	1014.3	1017.0	1020.6	1018.7	1019.9	1017.9	1015.7	1014.9	1012.2
2003	1010.1	1008.9	1009.6	1014.1	1016.9	1019.0	1022.6	1018.7	1018.5	1014.4	1012.7	1010.6
2004	1008.8	1010.4	1011.0	1014.7	1018.7	1022.1	1019.7	1019.5	1016.3	1015.7	1012.8	1008.8
2005	1009.7	1010.4	1016.6	1014.8	1017.1	1018.8	1021.4	1018.1	1017.0	1015.8	1011.9	1010.0
2006	1009.3	1009.3	--	1014.4	1015.5	1021.2	1019.8	1015.1	1017.9	1019.0	1009.3	1012.4
2007	1008.9	1010.0	1009.8	1014.4	1016.7	1018.5	1020.1	1018.4	1017.1	1015.5	1011.1	1009.4
2008	1009.1	1010.3	1012.2	1014.4	1016.1	1020.0	1019.9	1017.4	1015.6	1014.9	1011.8	1009.9
2009	1008.7	1010.7	1010.8	1015.7	1015.4	1018.0	1022.5	1019.5	1017.3	1015.5	1012.3	--
2010	1009.6	1010.8	1016.8	1014.1	1015.5	1021.9	1021.2	1017.7	1015.2	1014.8	1013.0	1011.2
2011	1008.0	1008.7	1010.1	1011.5	1014.1	1016.7	1019.6	1019.8	1016.2	1012.3	1011.7	1008.7
2012	1009.8	1010.5	1011.5	1012.5	1017.2	1020.3	1021.4	1020.2	1017.2	1013.9	1013.4	1011.5

Elemento: Evaporação total mensal(em mm)

ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
2002	--	99.5	114.0	113.2	101.2	89.3	99.9	123.0	131.0	115.5	131.7	120.5
2003	168.4	109.4	114.4	129.8	111.3	83.7	83.6	93.6	102.7	110.4	116.4	--

2004	109.5	98.3	95.5	93.9	72.9	70.8	71.8	84.8	132.6	113.2	--	93.5
2005	113.3	104.4	107.9	111.6	93.1	--	--	103.2	--	98.8	89.1	106.0
2006	108.6	86.2	102.4	110.7	70.7	82.2	84.0	107.6	97.1	127.1	115.1	105.3
2007	94.6	88.7	113.2	81.0	64.1	96.4	64.3	100.3	82.2	90.9	78.8	86.9
2008	63.8	93.6	96.4	72.5	73.9	50.3	65.1	97.5	82.6	96.1	--	98.2
2009	68.1	85.3	78.8	75.1	82.2	80.5	62.4	75.8	83.6	86.3	80.0	83.1
2010	64.8	50.7	76.3	75.7	68.9	61.5	59.8	73.2	82.8	98.0	83.9	88.0
2011	90.8	66.7	62.9	77.6	69.0	49.6	64.5	74.1	78.8	99.2	81.5	96.7
2012	103.6	60.0	51.6	78.9	66.2	63.2	68.2	66.3	83.4	101.7	71.1	86.1

Elemento: Insolação total media mensal(em horas)

ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
2002	312.2	248.5	--	254.0	270.3	249.4	253.5	275.1	225.5	265.7	261.9	250.3
2003	256.2	170.4	282.1	249.7	234.6	248.5	275.5	--	239.8	225.1	232.1	282.1
2004	281.4	219.3	287.7	249.5	270.0	244.0	234.4	282.5	282.7	271.5	251.7	293.8
2005	330.2	237.3	289.3	274.6	260.4	248.2	232.6	276.4	287.0	284.1	275.8	291.3
2006	--	263.4	241.1	259.5	272.0	248.5	240.0	300.0	241.7	279.4	--	257.6
2007	220.6	260.1	279.9	274.8	251.9	251.2	246.1	293.4	241.7	261.5	254.8	261.5
2008	259.4	253.0	280.4	--	300.7	270.7	242.0	305.8	278.5	--	290.8	250.3
2009	302.9	296.5	295.0	266.8	262.7	252.6	267.0	268.7	250.9	275.1	299.4	255.9
2010	298.0	274.7	264.9	235.5	--	269.8	250.6	280.2	--	231.8	274.4	289.3
2011	318.1	252.7	317.7	252.8	285.2	--	271.7	293.6	260.7	263.2	270.6	--
2012	250.1	260.0	--	258.8	271.1	244.0	--	269.9	270.6	273.0	259.5	295.7