

356 : 633.17 + 633.3 + 633.852 Fer

EXT.R-24



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE

FACULDADE DE AGRONOMIA E ENGENHARIA FLORESTAL

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA RURAL

Secção de uso de terra e água

EXT.R-24

Tese de Licenciatura em Agronomia



Título: Efeito de diferentes níveis de déficit hídrico sobre o rendimento das culturas de Amendoim, Feijão-nhemba e Milho, em cultivo puro e consociação.

Supervisor: Prof. Dr. Rui Miguel C. L. Brito.

Estudante: Faruque Ragú Ramos Ferreira.

Maputo, Outubro de 2004.

DEDICATÓRIA.

À minha MÃE, mulher de grande caracter, que soube ser para mim MÃE e PAI, a quem devo a minha existência, e de quem recebi educação e ensinamentos imprescindíveis e orientação regrada para uma boa formação, e que sempre constituiu uma fonte inesgotável de inspiração, e um exemplo de vida.

Aos meus sobrinhos, em especial Janeth, Anathol e Chinha, que este trabalho sirva de incentivo e inspiração para a sua formação.

AGRADECIMENTOS.

À minha querida MÃE, pelo amor, carinho, colo, compreensão, repreensões, amizade, que sempre me emprestou mesmo nos momentos mais difíceis durante todos estes anos, e pelas noites mal dormidas causadas por preocupações em relação a mim, não encontro palavras para exprimir a minha gratidão e orgulho. Um Chi-coração muito apertado.

Ao meu supervisor, Prof. Dr. Rui M. C. L. Brito, pelo apoio, críticas e sugestões construtivas, e acima de tudo pela paciência e profissionalismo que demonstrou durante a execução desta tese, vai o meu obrigado muito cordial.

Aos meus irmãos Virgílio, Fauzia e Amilcar pelo seu apoio, quer moral, quer material, pela amizade, carinho, e acima de tudo pela consideração por mim, o meu muito obrigado por tudo.

Aos meus sobrinhos Janet, Anathol e Chinha, que constituíram a minha mascote e talismã, obrigado pelo vosso carinho, pela vossa amizade, pelos momentos de alegria que sempre me proporcionaram, e fundamentalmente pela vossa consideração por mim. Adoro-vos.

À Techa, Sheila, Candinha, Kátia, Zélia, pela vossa amizade, quero agradecer-vos de coração pelos momentos de felicidade que puderam proporcionar-me durante estes anos.

À tia Cacilda e Marcelino, Cinda, Ana Maria, David e Rabia, pelo amparo, carinho, hospitalidade e amizade, um eterno muito obrigado.

À todos amigos e colegas de faculdade e residência que directa ou indirectamente proporcionaram-me momentos de alegria, pela amizade, compreensão, críticas construtivas e sugestões ao meu TD, vai o meu grande apreço.

Aos docentes do departamento de Engenharia Rural e CTA que directa ou indirectamente deram o seu incentivo e sugestões para a minha tese, o meu muito obrigado.

RESUMO.

Este trabalho foi concebido com objectivo de determinar o efeito de diferentes níveis de deficit hídrico durante o ciclo de crescimento, no rendimento das culturas de amendoim, feijão-nhemba e milho em cultivo puro e consociação. Usaram-se dados de um experimento conduzido no campo experimental de rega e drenagem da FAEF, no período de 09/11/1999 a 04/05/2000, que seguiu o delineamento em talhões subdivididos com 4 repetições, 4 tratamentos culturais (cultivos puros de amendoim, feijão-nhemba, milho e consociação) e 3 tratamentos de irrigação; um tratamento sem deficit hídrico (R_1), um tratamento com deficit hídrico ligeiro (R_2), e um tratamento com deficit hídrico elevado (R_3). Os deficits hídricos corresponderam a aplicação de 67% (R_2) e 33% (R_3) da lâmina de água do tratamento sem deficit hídrico (R_1), e foram simulados com o programa Cropwat. Os consumos máximos de água das culturas (ET_m) derivaram do tratamento R_1 ; os consumos reais (ET_r) derivaram dos tratamentos R_2 e R_3 , e foram obtidos com o Cropwat. Na cultura de amendoim a ET_m foi de 445.7 mm, enquanto que os valores de ET_r foram de 445.7 (R_2) e 442.3 (R_3) mm. Para o feijão-nhemba, a ET_m foi igual a ET_r , cujo valor foi de 571.6 mm. No caso do milho a ET_m foi de 444.8 mm, e ET_r de 444.8 e 442.7 mm, respectivamente. Os rendimentos máximos das culturas (Y_m) foram obtidos do tratamento sem deficit hídrico, e os rendimentos reais (Y_r), dos tratamentos com deficit hídrico. A ET_o foi determinada pelos métodos de Penman modificado (Penman/FAO) e Hargreaves. Os rendimentos foram analisados estatisticamente com recurso ao software SAS. Para cada cultura e cada tratamento de irrigação, os rendimentos médios foram comparados por meio do teste de Duncan à 5% de probabilidade, não tendo sido detectadas diferenças significativas entre os tratamentos R_1 e R_2 nas três culturas em cultivo puro e no amendoim em consociação. Porém, foram detectadas diferenças significativas apenas para o feijão-nhemba e milho em consociação. Os índices de equivalência de terra (LER) obtidos em cada tratamento de irrigação indicaram vantagem da consociação sobre os cultivos puros em 390% para R_1 (LER = 4.9), 250% para R_2 (LER = 3.5) e 200% para R_3 (LER = 3.0). Os maiores índices parciais de equivalência de terra nos mesmos tratamentos de irrigação foram obtidos com o feijão-nhemba R_1 (3.14), R_2 (1.88) e R_3 (1.48), sugerindo que esta cultura foi a principal componente a influenciar o rendimento final do sistema de cultivo. Independentemente do tratamento de irrigação, o amendoim não foi beneficiado pela consociação, resultando em baixos valores de LER, 0.22 (R_1), 0.21 (R_2) e 0.20 (R_3). A consociação melhorou o consumo de água das culturas de feijão-nhemba e milho, resultando em rendimentos mais elevados em relação aos cultivos puros, ao contrário do amendoim.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Tratamentos de irrigação utilizados no experimento.....	28
Tabela 2. Rendimentos da cultura de amendoim (Ton.ha ⁻¹), obtidos nas quatro repetições submetidas à diferentes tratamentos de irrigação.	40
Tabela 3. Deficit de evapotranspiração relativa e deficit de rendimento relativo na cultura de amendoim.	41
Tabela 4. Deficit de evapotranspiração relativa e deficit de rendimento relativo na cultura de amendoim.	41
Tabela 5. Rendimentos da cultura de feijão-nhemba (Ton.ha ⁻¹), obtidos nas quatro repetições submetidas à diferentes tratamentos de irrigação.	44
Tabela 6. Deficit de evapotranspiração relativa e deficit de rendimento relativo na cultura de feijão-nhemba.	45
Tabela 7. Deficit de evapotranspiração relativa e deficit de rendimento relativo na cultura de feijão-nhemba.	45
Tabela 8. Rendimentos da cultura de milho (Ton.ha ⁻¹), obtidos nas quatro repetições submetidas à diferentes tratamentos de irrigação.	48
Tabela 9. Deficit de evapotranspiração relativa e deficit de rendimento relativo na cultura de milho.	49
Tabela 10. Deficit de evapotranspiração relativa e deficit de rendimento relativo na cultura de milho.	49
Tabela 11. Rendimentos médios ¹ de grãos (Ton.ha ⁻¹) das culturas em consociação (média de quatro repetições).	52
Tabela 12. Rendimentos médios ² de grãos (Ton.ha ⁻¹) das três culturas em consociação e cultivo puro, obtidos nos três tratamentos de irrigação (corrigidos à densidade de plantio de 50.000 plantas/ha).	53
Tabela 13. Rendimentos médios das culturas de amendoim, feijão-nhemba e milho em consociação e cultivo puro, obtidos em cada tratameno de irrigação.	54

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Distribuição da precipitação e das necessidades hídricas da cultura de amendoim durante o ciclo de crescimento. .41	41
Figura 2. Relação entre deficit de evapotranspiração relativa e deficit de rendimento relativo na cultura de amendoim durante o ciclo de crescimento.....42	42
Figura 3. Distribuição da precipitação e das necessidades hídricas da cultura de feijão-nhamba durante o ciclo de crescimento.45	45
Figura 4. Relação entre deficit de evapotranspiração relativa e deficit de rendimento relativo na cultura de feijão-nhamba durante o ciclo de crescimento.....46	46
Figura 5. Distribuição da precipitação e das necessidades hídricas da cultura de milho durante o ciclo de crescimento.....49	49
Figura 6. Relação entre deficit de evapotranspiração relativa e deficit de rendimento relativo na cultura de milho durante o ciclo de crescimento.....50	50

LISTA DE ABREVIATURAS

ABA	Ácido abscísico;
AFD	Água facilmente disponível;
CAD	Capacidade de armazenamento do solo;
APWL	Perda potencial acumulada de água;
CC	Capacidade de campo;
Cons	Consociação;
CV	Coefficiente de variação;
D	Profundidade radicular (m);
ET	Evapotranspiração;
ETm	Evapotranspiração máxima da cultura (ETP);
ETo	Evapotranspiração de referência;
ETr	Evapotranspiração real ou actual;
FAEF	Faculdade de Agronomia e Engenharia Florestal;
FAO	Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação;
INAM	Instituto Nacional de Meteorologia;
Kc	Coefficiente da cultura;
Ky	Coefficiente de sensibilidade hídrica da cultura;
LER	Razão de Terra Equivalente (Land Equivalent Ratio);
mm	Milímetros;
MPa	Megapascais;
<i>p</i>	Factor de depleção de humidade no solo;
P	Probabilidade de cometer o erro do tipo I;
PMP	Ponto de Murchamento Permanente;
Pr	Precipitação pluviométrica (mm);
Puro	Cultivo puro;
Sa	Fracção de água disponível total na zona radicular (mm.m ⁻¹);
Sa.D	Água disponível total na zona radicular (mm);
Ton.ha ⁻¹	Toneladas por hectare;
Ym	Rendimento máximo da cultura;
Yr	Rendimento real da cultura;

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1: Dados da cultura (p , K_c , K_y) nos diferentes estágios fenológicos, profundidade radicular efectiva máxima, e altura máxima média das plantas.

Anexo 2: Resultados do modelo de Thornthwaite & Mather (1965) e das simulações com CROPWAT, mostrando as lâminas e frequência de irrigação, balanço hídrico, déficit de humidade no solo, evapotranspiração real e potencial, e necessidades líquidas de água das culturas de amendoim, feijão-nhemba e milho.

Anexo 3: Resultados da análise estatística efectuada com auxílio do pacote estatístico S.A.S (Statistical Analysis System).

Anexo 4: Elementos meteorológicos (Precipitação, Insolação, Humidade Relativa, Temperatura máxima e mínima, Velocidade do vento) e tabelas de parâmetros meteorológicos.

Anexo 5: Esquema do delineamento experimental usado no ensaio de campo.

Anexo 6: Aplicação da irrigação, mostrando as quantidades aplicadas (chuva e rega) e os dias em que foram aplicados.

LISTA DE TABELAS.....	i
LISTA DE FIGURAS.....	ii
LISTA DE ABREVIATURAS.....	iii
LISTA DE ANEXOS.....	iv
1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1 GENERALIDADES.....	1
1.2 JUSTIFICAÇÃO DO ESTUDO.....	2
1.3 OBJECTIVOS.....	2
1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO.....	3
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	3
2.1 RELAÇÃO SOLO-PLANTA-ÁGUA-ATMOSFERA.....	4
2.1.1 Evapotranspiração.....	4
2.1.1.1 Evapotranspiração de Referência.....	4
2.1.1.2 Evapotranspiração máxima da cultura.....	6
2.1.1.3 Evapotranspiração real da cultura.....	6
2.1.2 Necessidades hídricas das culturas.....	8
2.2 EFEITO DO DEFICIT HÍDRICO NAS PLANTAS.....	9
2.2.1 Deficît hídrico e o sistema radicular.....	11
2.2.2 Deficît hídrico e rendimento das culturas.....	12
2.2.2.1 Amendoim.....	14
2.2.2.2 Feijão-nhemba.....	16
2.2.2.3 Milho.....	17
2.2.3 Resposta das culturas ao deficit hídrico.....	18
2.3 DEFICIT HÍDRICO COMO PRÁTICA DE IRRIGAÇÃO.....	19
2.4 MODELOS DE SIMULAÇÃO DO DEFICIT HÍDRICO.....	21
2.5 CONSOCIAÇÃO DE CULTURAS.....	23
2.5.1 Vantagens da consociação.....	23
2.5.2 Consociação e humidade no solo.....	24
3. METODOLOGIA.....	27
3.1 LOCALIZAÇÃO E CARACTERÍSTICAS DA ÁREA EXPERIMENTAL.....	27
3.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E TRATAMENTOS DE IRRIGAÇÃO.....	27
3.3 DETERMINAÇÃO DAS NECESSIDADES HÍDRICAS DAS CULTURAS.....	28
3.4 CÁLCULO DAS NECESSIDADES LÍQUIDAS DE REGA.....	31
3.4.1 Lâmina e frequência de rega.....	32
3.4.2 Coeficiente de uniformidade de aplicação.....	33
3.4.3 Tempo de aplicação.....	33
3.5 BALANÇO HÍDRICO CLIMATOLÓGICO – MODELO DE THORNTHWAITE & MATHER.....	34
3.6 SIMULAÇÃO DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO REAL E BALANÇO HÍDRICO.....	34
3.6.1 Aplicação da rega.....	35
3.7 FACTOR DE RESPOSTA DA CULTURA AO DEFICIT HÍDRICO.....	37
3.8 ANÁLISE DOS RESULTADOS.....	38
3.8.1 Consociação e rendimento das culturas.....	38
3.8.2 Consociação e consumo de água.....	38

4.	APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DE RESULTADOS.....	39
4.1	AMENDOIM.....	39
4.1.1	<i>Análise dos rendimentos.....</i>	40
4.1.2	<i>Deficît hídrico e quebra de rendimento.....</i>	40
4.1.3	<i>Factor de resposta da cultura à água.....</i>	43
4.2	FEIJÃO-NHEMBA.....	44
4.2.1	<i>Análise dos rendimentos.....</i>	44
4.2.2	<i>Deficît hídrico e quebra de rendimento.....</i>	44
4.2.3	<i>Factor de resposta da cultura à água.....</i>	47
4.3	MILHO.....	48
4.3.1	<i>Análise dos rendimentos.....</i>	48
4.3.2	<i>Deficît hídrico e quebra de rendimento.....</i>	49
4.3.3	<i>Factor de resposta da cultura à água.....</i>	51
4.4	CONSOCIAÇÃO.....	52
4.4.1	<i>Análise dos rendimentos.....</i>	52
4.4.2	<i>Análise conjunta da consociação e cultivo puro.....</i>	53
4.4.3	<i>Efeito da consociação no consumo de água.....</i>	54
5.	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	55
5.1	CONCLUSÕES.....	55
5.2	RECOMENDAÇÕES.....	57
6.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	59

1. INTRODUÇÃO.

1.1 Generalidades.

A deficiência de água às plantas, segundo Lecoeur & Sinclair (1996), é relativamente comum na actividade agrícola e possui impacto significativo no crescimento e desenvolvimento das plantas. Os processos morfológicos e fisiológicos das plantas, que são dependentes da disponibilidade hídrica, são particularmente sensíveis à redução da água disponível no solo. A elongação das folhas e o índice de área foliar apresentam alta susceptibilidade ao deficit hídrico. De acordo com Ortolani & Camargo (1987), esta limitação é responsável por 60 a 70% da variabilidade final da produção. Santos e Carlesso (1998) citando Ludlow & Muchow (1990), afirmam que a redução no conteúdo de água no solo causa significativa variação na distribuição e desenvolvimento radicular, podendo mudar o período de disponibilidade e a quantidade de água disponível para as plantas.

A deficiência hídrica provoca alterações no comportamento vegetal cuja irreversibilidade vai depender do genótipo, da duração, da severidade e do estágio de desenvolvimento da planta. Segundo Levitt (1980) no entendimento das respostas das plantas ao deficit hídrico é fundamental a quantificação da capacidade de armazenamento de água no solo e análise da influência dos mecanismos de adaptação das plantas à redução da disponibilidade de água no solo pois, de acordo com Kiehl (1979) a quantidade de água armazenada no solo disponível às plantas varia com a textura e as características físicas do solo, levando a planta a apresentar diferentes respostas em seus mecanismos de resistência fisiológicos.

Como explicam Bezerra et al. (1999), a escassez e o custo da água, têm gerado preocupações que justificam estudos das relações entre o deficit hídrico e rendimento das culturas. Deste modo, a programação da irrigação através do coeficiente de resposta da cultura à água (K_y) proposto por Doorenbos e Kassam (1979), definido como uma função empírica entre o deficit de rendimento relativo ($1 - Y_r/Y_m$) e o deficit de evapotranspiração relativa ($1 - E_{Tr}/E_{Tm}$), permite planificar melhor a lâmina e o consumo de água pela cultura, com o objectivo de obter uma irrigação eficiente e bons rendimentos tendo em conta diferentes condições de deficit hídrico e seu efeito sobre o rendimento.

1.2 Justificação do estudo.

A precipitação pluviométrica é dentre os factores climáticos, o que mais frequentemente limita o rendimento dos cultivos. Portanto, a baixa disponibilidade hídrica limita o crescimento e desenvolvimento das culturas – casos de *amendoim, feijão-nhemba e milho* – que constituem a base de subsistência e segurança alimentar do sector familiar em Moçambique, causando com frequência, redução significativa no rendimento das mesmas. O amendoim é uma das mais importantes fontes de óleo alimentar e proteína vegetal, e um componente importante no sistema de consociação de culturas do sector familiar, contribuindo significativamente para a sua dieta. O feijão é uma cultura estratégica no sustento de muitas famílias de camponeses em Moçambique, derivando da sua produção, o seu alimento e alimento para os animais. O milho tornou-se nos últimos tempos uma cultura alimentar estratégica na segurança alimentar do sector familiar em Moçambique, e sua escassez é muitas vezes sinónimo de fome. Em média, os rendimentos daquelas culturas têm sido baixos, muitas vezes influenciados por deficits hídricos durante a época de cultivo, condicionando portanto, as melhorias nos rendimentos à pratica da irrigação, porém limitada devido a concorrência da agricultura com outros segmentos de actividade no uso da água. Com objectivo de minimizar o problema, estudos visando a quantificação do deficit hídrico e seu efeito no rendimento das culturas são importantes para recomendação da suplementação hídrica e selecção dos modelos de exploração de culturas mais apropriados. O conhecimento do factor de resposta da cultura à água (K_y) reveste-se de grande importância na programação da irrigação com deficit hídrico, por mostrar a resposta no rendimento da cultura ao deficit hídrico tanto nas fases fenológicas de crescimento da cultura como ao longo de todo o seu ciclo de crescimento.

1.3 Objectivos.

Considerando a necessidade de maiores informações sobre o comportamento das culturas em relação à aplicação de irrigação, e ainda, dada a importância dos efeitos do deficit hídrico sobre os rendimentos das culturas, o presente trabalho teve por objectivo, quantificar o efeito de diferentes níveis de deficit hídrico durante o ciclo de crescimento, sobre o rendimento das culturas de amendoim, feijão-nhemba e milho, em cultivo puro e consociação.

Especificamente o trabalho consistiu em:

- i. determinar para cada cultura, o factor de resposta da cultura ao deficit hídrico durante o ciclo de crescimento (ky);
- ii. quantificar para cada tratamento de rega, o efeito da consociação no rendimento das culturas;
- iii. determinar o efeito da consociação sobre o consumo de água.

1.4 Estrutura do trabalho.

O presente trabalho é composto por cinco capítulos.

O capítulo 1 apresenta a introdução, compreendendo as generalidades, justificação do trabalho e os objectivos do estudo.

O capítulo 2 alberga a revisão bibliográfica que inclui conceitos básicos que descrevem a dinâmica das relações solo-planta-água-atmosfera, deficit hídrico e rendimento, e sistemas de cultivo consociados.

O capítulo 3 descreve a metodologia do trabalho.

O capítulo 4 apresenta os resultados do estudo e respectivas discussões.

O capítulo 5 apresenta as conclusões da presente tese e recomendações para semelhantes estudos.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.

2.1 Relação solo-planta-água-atmosfera.

2.1.1 Evapotranspiração.

A evapotranspiração é das mais importantes e complexas variáveis do ciclo hidrológico, e sua aplicação nos diversos ramos da ciência, exige cuidado e precisão diferentes dependendo das variáveis climatológicas usadas para a sua avaliação e das características do solo e da planta. Evapotranspiração, é a quantidade de água transferida para a atmosfera, por evaporação das superfícies (solo e plantas) e transpiração das plantas, e, é afectada por parâmetros climáticos que providenciam energia para a evaporação e remoção do vapor de água da superfície evaporante, e por factores do solo e da planta.

Os principais parâmetros climáticos a considerar são, a Radiação solar, Temperatura do ar, Humidade relativa do ar e Velocidade do vento. Doorenbos e Pruitt (1977) afirmam que, dentre os factores do solo, o nível de humidade é o que afecta significativamente a ET. Porém, o seu efeito na evapotranspiração varia com a cultura e é condicionado inicialmente pelo tipo de solo e características de retenção de água, bem como características do sistema radicular.

Em relação aos factores da planta, Withers & Vipond (1974), afirmam que, considerando-se o efeito da densidade de plantio e seu estágio de crescimento, uma cultura muito jovem, com pequena área para transpirar, consome menos água que outra em fase mais avançada de crescimento. Nesse caso, porém, ao ficar exposta maior área de solo, sem o sombreamento da cultura, a evaporação a partir do solo poderá ser maior devido à insuficiente cobertura vegetal, podendo deste modo influenciar a evapotranspiração.

2.1.1.1 Evapotranspiração de Referência.

A evapotranspiração de referência (ET_o) é definida como o total de água transferida para atmosfera por unidade de tempo, de uma superfície extensa completamente coberta por vegetação de porte baixo (altura uniforme de 0.12 m, resistência da superfície de 0.70 s.m⁻¹ e coeficiente de albedo de 0.23), crescendo activamente e bem abastecida de água (Berlato & Molion, 1981).

A evapotranspiração de referência foi introduzida para estudar a demanda evaporativa da atmosfera independente do tipo de cultura, do seu estágio de desenvolvimento fenológico e das práticas de manejo. Ela fornece um padrão para o qual, a evapotranspiração em diferentes períodos do ano ou outras regiões pode ser comparada; e a evapotranspiração de outras culturas possa ser relacionada.

Blaney & Criddle (1950) desenvolveram um método baseado na correlação entre a temperatura média mensal e a percentagem mensal de horas anuais de luz solar para determinar a ET_o; Hargreaves (1974) apresentou uma formula que utiliza dados de radiação solar, humidade relativa e temperatura média do ar; Makkink & Heemst (1956) basearam-se na radiação solar para estimar a ET_o, e Penman (1948) fez uso dos conceitos de balanço de energia e do método aerodinâmico para determinar a ET_o. Gondim et al. (2000) citando Sediya (1993), afirmam que o método mais indicado para o calculo de ET_o é o de Penman modificado com erro de mais ou menos 10% no verão e até mais ou menos 20% sob condições de baixa demanda evaporativa, facto confirmado por Allen et al. (1998).

Segundo Allen et al. (1998), o método combinado Penman/FAO, permite efectuar o cálculo diário da ET_o, com base nos valores médios diários da temperatura, humidade relativa do ar, radiação liquida ou global e velocidade do vento, para além das coordenadas do lugar. O método de Penman-Monteith é uma representação aproximada e simples, dos factores físicos e fisiológicos que governam o processo do evapotranspiração.

Allen *et al.* (1998), recomendam ainda, como alternativa, o uso da equação de Hargreaves (1985) para o cálculo da ET_o, na falta de dados relativos a radiação solar, humidade relativa, e/ou velocidade do vento. A equação de Hargreaves tende a subestimar a ET_o sob condições de elevada velocidade de vento ($U_2 > 3 \text{ m.s}^{-1}$), e sobestima-la sob condições de humidade relativa elevada.

Os métodos que usam apenas a temperatura são empíricos e requerem a calibração local a fim de conseguir resultados satisfatórios. Uma exceção possível é o método de Hargreaves (1985) que tem mostrado resultados razoáveis no cálculo de ETo com uma validade global.

2.1.1.2 Evapotranspiração máxima da cultura.

A evapotranspiração máxima da cultura (ETm), refere-se às condições em que a água é suficiente para um crescimento e desenvolvimento sem restrição e representa a taxa de evapotranspiração máxima de uma cultura sadia que cresce em áreas extensas sob condições ótimas de manejo agronômico e de irrigação. A evapotranspiração da cultura difere da evapotranspiração de referência pelas diferenças na cobertura do solo, propriedades da cobertura foliar e resistência aerodinâmica, entre plantas cultivadas e a cultura de referência (relva verde). Os efeitos das características que distinguem culturas de campo da cultura de referência, e conseqüentemente suas diferenças na evaporação e transpiração são integrados no coeficiente da cultura (Kc). Devido às variações nas características da cultura ao longo do período de crescimento, o Kc para a maioria das culturas varia desde a sementeira até a colheita, variando conseqüentemente a evapotranspiração da cultura nesse período.

2.1.1.3 Evapotranspiração real da cultura.

A demanda de água da cultura deve ser atendida pela água do solo, através do sistema radicular. A taxa real de absorção de água do solo pela cultura em relação a sua evapotranspiração máxima (ETm) é determinada quer pelo facto de que a água disponível no solo seja suficiente, ou que a cultura venha a sofrer deficit resultante do deficit hídrico. A quantificação da evapotranspiração real (ETr) é necessária no cultivo de plantas e no manejo dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos uma vez que os vários usos do solo afectam a repartição e distribuição das águas provenientes da precipitação (Sharma, 1985).

Evapotranspiração real, é definida como a quantidade total de água evaporada da superfície do solo e das plantas e envolvida nos processos de transpiração das plantas em condições normais ou reais de humidade no solo, e refere-se à culturas que crescem em condições ambientais e de manejo diferentes das condições ótimas.

A ETr desvia-se da ETm devido às condições reais no terreno, como presença de pestes, doenças, salinidade do solo, baixa fertilidade do solo, déficit hídrico ou saturação do solo, resultando em fraco crescimento da planta, baixa densidade de plantas.

Segundo Kovacs (1987) as estimativas da evapotranspiração real são extremamente difíceis de obter, principalmente em regiões áridas, e/ou mesmo em regiões húmidas em épocas de estiagem quando a disponibilidade de água é escassa. Portanto, um método para estimar a evapotranspiração real de fácil aplicação prática e provido de exactidão aceitável para suas estimativas ainda não existe.

Para a determinação da evapotranspiração real, deve-se considerar o nível de água disponível no solo (S_a). A ETr será igual à ETm quando a água disponível no solo para a cultura é suficiente. Entretanto, ETr será inferior a ETm quando a água disponível no solo for limitada. Essa água disponível pode ser definida como a fracção (p) que pode ser deduzida da água total disponível no solo, sem que a ETr se torne menor que a ETm. A magnitude da ETr pode ser quantificada para períodos entre irrigações ou chuvas intensas e para períodos mensais (Doorenbos e Kassam, 1974).

Água disponível no solo (S_a) é a lâmina de água, em mm.m^{-1} de profundidade do solo, retida entre a capacidade de campo e o ponto de murcha permanente. A água total disponível na zona radicular ($S_a.D$) pode variar bastante, mesmo em solos que com texturas semelhantes. A existência de camadas densas no solo limitam a distribuição de água, existindo portanto a necessidade de informação local sobre a água total disponível na zona radicular, e conseqüentemente a necessidade de se fazer medições no campo (Doorenbos e Kassam, 1974).

Na determinação da ETr supõe-se que ela seja igual a ETm até que se tenha esgotado a fracção p da água total disponível no solo na profundidade radicular ($S_a.D$). A ETr é determinada pela demanda evaporativa do ar quando a água disponível no solo não limita a evapotranspiração.

Quando a humidade no solo é menor que a fracção p da água total disponível no solo, a E_{Tr} diminui em relação a E_{Tm} , e passa a depender da água remanescente no solo $(1 - p)Sa \cdot D$ e da E_{Tm} . Rijtema e Aboukhaled (1975), com base em tais pressupostos, apresentaram o seguinte modelo matemático para determinar a E_{Tr} :

$$E_{Tr} = \begin{cases} \frac{Sa \cdot D}{t} \left[1 - (1 - p) \cdot e^{\left(\frac{E_{Tm} \cdot t}{(1-p)Sa \cdot D} + \frac{p}{1-p} \right)} \right] & ; \text{ Se } t \geq p \cdot Sa \cdot D / E_{Tm} \quad (\text{Equação 1}) \\ E_{Tm} & ; \text{ Se } t < p \cdot Sa \cdot D / E_{Tm} \end{cases}$$

A evapotranspiração da cultura é influenciada pelos parâmetros climáticos que afectam a E_{To} ; características da cultura (tipo de cultura, variedade e estágio de desenvolvimento); e aspectos ambientais e de manejo (salinidade, fertilidade, aplicação limitada de fertilizantes, presença de horizontes duros e impenetráveis, ausência de controle de doenças e pestes), limitando o desenvolvimento da cultura, reduzindo significativamente a evapotranspiração.

2.1.2 Necessidades hídricas das culturas.

O conhecimento das necessidades hídricas das culturas, nos diferentes estágios fenológicos, e durante o ciclo total de crescimento é importante na agricultura irrigada porque, associada aos demais factores de produção, permite a obtenção de altos rendimentos, com máxima economia de água. A concorrência pelos recursos hídricos entre os sectores industrial, urbano e agrícola, exige a necessidade de se definir a quantidade de água a aplicar e o momento de se efectuar a irrigação, visando atender às necessidades hídricas das plantas, de maneira racional.

Ortolani *et al.* (1991), afirmam que, as necessidades hídricas de uma cultura estão relacionadas ao seu balanço hídrico. Para o seu desenvolvimento, as plantas necessitam de solo, água e factores climáticos, como ar, luz, temperatura, que influenciam directamente o crescimento das plantas e seus rendimentos. Em função da fase fenológica da cultura, e do clima, uma planta pode consumir mais ou menos água.

*A quantidade de água que a cultura utiliza durante o ciclo de crescimento é chamada demanda sazonal, podendo variar com as condições climáticas da região onde é cultivada. Há um período durante o ciclo da cultura em que mais água é consumida diariamente, sendo que para os casos de milho, amendoim e feijão-nhemba, esse período coincide com a floração e enchimento de grãos. A quantidade de água que a cultura usa, por unidade de tempo, nesse período, é chamada de demanda ou necessidade de pico.

O consumo de água ou evapotranspiração da cultura é a quantidade de água que se deve repor às plantas para que elas expressem o seu máximo vigor e produtividade, e pode ser medido através do monitoramento da humidade no solo por meio de lisímetros ou ainda, determinado por diversas metodologias, destacando-se o método gravimétrico, balanço hídrico, tanque classe "A", tensiómetro, e coeficiente de cultura. Doorenbos e Pruitt (1977), afirmam que os coeficientes da cultura (K_c) determinados empiricamente podem ser utilizados para relacionar a ETo com a evapotranspiração máxima da cultura, quando o suprimento de água atende plenamente às necessidades da cultura.

As necessidades hídricas da cultura são normalmente expressas mediante a taxa de evaporação (ET), em mm/dia ou mm/período, a qual está relacionada com a demanda evaporativa do ar (evapotranspiração de referência), que expressa o efeito do clima sobre a evapotranspiração da cultura. Allen et al. (1998) afirmam ainda que, embora os valores da evapotranspiração da cultura e das necessidades hídricas da cultura sejam idênticos, a necessidade hídrica da cultura refere-se à quantidade de água necessária a fornecer à cultura para satisfazer as suas necessidades fisiológicas num determinado período de tempo, enquanto que a evapotranspiração da cultura refere-se à quantidade de água que é perdida por evapotranspiração.

2.2 Efeito do déficit hídrico nas plantas.

As relações encontradas entre planta, clima, água e solo são complexas, envolvendo muitos processos biológicos, fisiológicos, físicos e químicos. Muita informação sobre tais processos em relação à água, está disponível. Contudo, para sua aplicação prática, esse conhecimento deve ser reduzido a um número de componentes principais de fácil manipulação, para permitir uma análise significativa do efeito da água sobre a cultura, a nível do campo (Doorenbos e Kassam, 1994).

O déficit hídrico é uma situação comum à produção de muitas culturas, podendo apresentar um impacto negativo substancial no crescimento e desenvolvimento das plantas (Lecoeur & Sinclair, 1996). Assim, existe um conflito entre a conservação da água pela planta e a taxa de assimilação de CO₂ para produção de carboidratos (Taiz & Zeiger, 1991). A necessidade de se resolver este conflito leva as plantas a desenvolverem mecanismos morfofisiológicos, que as conduzem a economizar água para uso em períodos posteriores (McCree & Fernández, 1989) na tentativa de atingir a produção de sementes.

Bergonci et al. (2000), afirmam que o déficit hídrico no solo afecta praticamente todos os aspectos relacionados ao desenvolvimento das plantas podendo causar reduções na área foliar, diminuir a fotossíntese e afectar vários outros processos, tais como: brotações, absorção de nutrientes e translocação de fotoassimilados. O impacto do déficit hídrico no desempenho das plantas é um resultado da interacção entre sua informação genética e a intensidade, severidade e duração do mesmo. Quanto mais prolongado o déficit hídrico, mais severa será a desidratação e menor a probabilidade de recuperação do estado hídrico original (inicial) e, conseqüentemente, danos ao aparelho fotossintético.

Para Moreshet et al. (1996), o estado hídrico das plantas depende do balanço entre o influxo do solo e o defluxo para a atmosfera. Segundo os mesmos autores, quando o conteúdo de água do solo é sensivelmente reduzido, há uma diminuição do contacto com as raízes, onde a extracção é mais intensa, interrompendo o fluxo, podendo ser reversível com a irrigação.

A resposta mais proeminente das plantas ao déficit hídrico, segundo McCree & Fernández (1989) e Taiz & Zeiger (1991), consiste no decréscimo da produção da área foliar, do fechamento dos estômatos, da aceleração da senescência e da abscisão das folhas. Quando as plantas são expostas a situações de déficit hídrico exibem, frequentemente, respostas fisiológicas que resultam, de modo indirecto, na conservação da água no solo, como se estivessem economizando para períodos posteriores.

Fontana et al. (1992), afirmam que o déficit hídrico afecta praticamente todos os aspectos relacionados com o desenvolvimento das plantas, diminuindo a fotossíntese pela redução da área foliar e afectando vários outros processos, além de alterar o ambiente físico das culturas.

Diversos autores (Jensen, 1968; Berlato, 1987; Medeiros *et al.*, 1991; Matzenauer *et al.*, 1995; Barni *et al.*, 1996; Ortolani *et al.*, 1996; Delgado-Rojas & Barbieri, 1999), citados por Fontana *et al.* (2001), têm proposto o uso de modelos de previsão de rendimento, tendo como variável independente alguma expressão da disponibilidade hídrica.

2.2.1 Deficit hídrico e o sistema radicular.

O volume de solo explorado e o contacto íntimo entre a superfície das raízes e o solo são essenciais para a absorção efectiva da água pelas raízes. O contacto é maximizado pela emissão dos pêlos radiculares, com consequente aumento na capacidade de absorção de água. Além disso, o deficit hídrico estimula a expansão do sistema radicular para zonas mais profundas e húmidas do perfil do solo. De acordo com Hoogenbomm *et al.* (1987) em condições de deficit hídrico há maior expansão das raízes, devido ao secamento da superfície do solo.

Durante o desenvolvimento das plantas, a densidade e o comprimento de raízes aumentam até o início da floração, decrescendo posteriormente, com diminuição na eficiência de absorção de água (Pimentel & Rossiello, 1995). Ball *et al.* (1994) afirmam que o maior desenvolvimento radicular ocorre em camadas de solo, cuja disponibilidade hídrica é maior; que a expansão das raízes é mais afectada pelo deficit hídrico que a expansão foliar, e que as raízes pequenas são mais sensíveis ao deficit hídrico que as médias e grandes. O desenvolvimento do sistema radicular nas camadas mais profundas do perfil possibilita, às plantas, explorar melhor a humidade e a fertilidade do solo, dependendo das características morfológicas e genótípicas da planta (Muller *et al.*, 2000 citando Goldmann *et al.*, 1989).

Davies & Zhang (1991) sugerem que há evidências de sinais químicos das raízes que agem directamente no comportamento dinâmico dos estômatos em condições de deficit hídrico no solo. Pimentel & Rossiello (1995) afirmaram que um ligeiro ressecamento do solo, mesmo que não afecte as relações hídricas da parte aérea, causa um aumento na concentração de ácido abscísico (ABA) no xilema, provavelmente produzido na coifa das raízes, levando ao fechamento estomático e à diminuição da expansão celular com consequências na transpiração.

Segundo Zeevaart & Creelman (1988) o déficit hídrico promove uma rápida redistribuição e acumulação do ABA nos tecidos da planta; assim, de acordo com Hartong & Davies apud Tuberosa et al. (1994), ocorre um aumento na concentração do ABA no apoplasto das células-guarda, reduzindo a condutância estomatal (Bergamaschi et al., 2000).

O ABA pode influenciar as respostas da planta ao déficit hídrico por regular as características fisiológicas das plantas (Tuberosa et al., 1994). Os experimentos de Lea et al. (1995) em plantas de milho cultivadas em campo e em laboratório, demonstraram que a acumulação de ABA originado nas raízes foi responsável pela restrição do desenvolvimento das folhas e pela manutenção do desenvolvimento do sistema radicular. Segundo Davies & Zhang (1991) o ABA pode desempenhar importante papel através de sinais químicos para comunicação das raízes com as folhas, em resposta ao déficit hídrico no solo (Bergonci et al., 2000).

2.2.2 Deficit hídrico e rendimento das culturas.

Cunha & Bergamaschi (1992), relatam que, dentre os componentes limitantes, o déficit hídrico é aquele que afecta a produção agrícola com maior frequência e intensidade, amplamente conhecido, ainda, que os seus efeitos dependem da sua intensidade, duração, época de ocorrência e da interacção com outros factores determinantes da expressão do rendimento final.

A relação entre o rendimento da cultura e o fornecimento de água é determinada quando se quantificam as necessidades hídricas as culturas, os efeitos dos déficits hídricos e, os rendimentos máximo e real da cultura. O déficit hídrico, têm efeitos sobre a evapotranspiração e o rendimento da cultura, e pode ser quantificado mediante a relação entre as taxas de evapotranspiração real ou actual (ETr) e a evapotranspiração máxima (ETm).

Plantas cultivadas sob condições adequadas de suprimento hídrico são, normalmente, menos resistentes ao déficit hídrico e, quando este ocorre rapidamente, os mecanismos fisiológicos são severamente afectados, pois a planta necessitaria adaptar-se rapidamente a esta situação de déficit; entretanto, quando a sua ocorrência é gradual e/ou no início do ciclo, mais facilmente as plantas se adaptam.

Grant (1992) afirma que o desenvolvimento de mecanismos de adaptação das plantas é influenciado pelo nível de CO₂, pela radiação solar, temperatura e humidade relativa do ar. A tolerância da planta ao deficit hídrico parece ser um importante mecanismo de resistência para manter o processo produtivo em condições de baixa disponibilidade de água às plantas (Carlesso e Santos, 1998).

Muitos trabalhos têm procurado definir o limite crítico de água no solo, a partir do qual o desenvolvimento da planta e a produção da cultura são afectados significativamente. A limitação na área foliar pode ser considerada como uma primeira reacção das plantas em relação ao deficit hídrico (Taiz & Zeiger, 1991). A sensibilidade do desenvolvimento das folhas ao deficit hídrico pode mudar durante o dia, ou nas diferentes estações do ano porém, de modo geral, o entendimento dos mecanismos utilizados pela planta é, segundo Shultz & Matthews (1993), ainda limitado.

O deficit hídrico por resultar em baixa fertilidade das plantas, provoca o aborto floral e zigótico, afectando o rendimento das culturas (Westgate & Boyer, 1986). As perdas de rendimento variam com a intensidade e duração do deficit hídrico, bem como dependem do estágio de desenvolvimento da planta (Couto et al., 1986). O deficit hídrico tem efeito directo na produção final das culturas, aliado ao factor de Resposta da Cultura à água (Ky), que depende da cultura e do estágio de desenvolvimento da mesma (Frizzone et al., 2000).

O nível de rendimento máximo de uma cultura (Y_m) é determinado primeiramente pelas características genéticas e adaptação da cultura as condições ambientais prevalecentes. Y_m, é alcançado com variedades altamente produtivas, bem adaptadas ao ambiente de crescimento sem limitação de factores como água, nutrientes, pestes e doenças, durante o ciclo de crescimento, e corresponde ao máximo obtido nas condições agrícolas reais, com alto nível de manejo de culturas. O Y_m é influenciado pela temperatura, radiação solar, ciclo da cultura e fotoperíodo (Doorenbos e Kassam, 1974).

Quando o suprimento de água não atende às necessidades hídricas da cultura, a evapotranspiração real é inferior à evapotranspiração máxima, desenvolvendo-se portanto um deficit hídrico na planta, o qual afectará adversamente o crescimento da cultura e, finalmente, seu rendimento. Nessas condições, as culturas variam em suas respostas à deficiência hídrica, havendo aumento na eficiência de utilização de água em algumas culturas e diminuição em outras com o aumento do deficit hídrico.

Com deficit hídrico uniforme durante o ciclo de crescimento, a eficiência de utilização de água diminuirá para o milho e aumentará um pouco para o amendoim, em condições climáticas semelhantes. Embora o rendimento por unidade de área daquelas culturas seja menor quando o suprimento de água é limitado, a quebra de rendimento será maior para o milho. (Doorenbos e Kassam, 1979).

O efeito do deficit hídrico sobre o rendimento depende, por um lado, da espécie e da variedade da cultura e, por outro, da magnitude e do tempo em que ocorre o deficit hídrico. Quando o deficit hídrico ocorre durante determinada parte do período de crescimento de uma cultura, seu efeito sobre o rendimento pode variar bastante, dependendo do grau de sensibilidade da cultura nesse mesmo período.

Geralmente as culturas são mais sensíveis ao deficit hídrico durante a emergência, floração e formação da colheita, do que durante a fase vegetativa e maturação. Não havendo limitação da produção com relação aos aspectos económico e ambiental, se as necessidades hídricas da cultura forem atendidas plenamente, $Y_r = Y_m$; caso contrario, $Y_r < Y_m$ (Doorenbos e Kassam, 1994).

2.2.2.1 Amendoim.

O amendoim (*Arachis hypogaea* L.), é uma planta leguminosa cultivada predominantemente em países em vias de desenvolvimento, contribuindo com cerca de 90% da produção mundial. Em África o amendoim é cultivado em monocultura, ou em consociação com outros legumes e cereais como sorgo, milho e feijão-nhemba, as vezes em combinações e arranjos complexos, que podem envolver mais de duas culturas, dependendo do local e das necessidades individuais.

Pallas et al. (1979) reportam que o amendoim, tal como a soja, recupera mais rapidamente a função dos seus estômas com a atenuação do déficit hídrico que outras espécies. Esta habilidade pode ser uma importante resposta adaptativa da planta à seca. Outros mecanismos associados à tolerância a seca têm sido relatados, como a capacidade de crescimento das raízes ou atributos ligados à fenologia da planta. (Nogueira & dos Santos, 2000, citando Távora & Melo, 1991).

No amendoim, a ocorrência de déficit hídrico nas fases de crescimento e desenvolvimento dos ginóforos e das vagens ($ky=0.60$), acarreta decréscimo na produção, pela redução do número e peso das vagens, e sementes (Boote et al., 1976); entretanto (Wright et al., 1991) afirmam que déficit hídrico durante o enchimento das vagens ($ky=0.80$) geralmente reduz o peso das sementes e vagens (Silva et al., 1998).

Silva et al. (1998), citam Boote et al. (1982), que baseados na literatura disponível, concluíram que cerca de $6000 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ de água são necessários para o desempenho óptimo da produção de amendoim. Desai et al. (1984) comparando as produções de amendoim em resposta a várias lâminas de irrigação, verificaram que tanto o excesso quanto a deficiência de água reduzem a produtividade do amendoim.

Ferreira et al. (1992) constataram reduções de até 75,5% no rendimento de amendoim em casca, sob condições de déficit hídrico severo, quando comparado ao tratamento sem déficit. O déficit hídrico reduz frequentemente o peso das sementes (Pallas et al., 1979) e percentagem de sementes (Stansell et al., 1976) enquanto aumenta a percentagem de sementes danificadas ou enrugadas (Boote et al., 1982).

Nageswara Rao et al. (1988) aplicando lâminas de água de 725mm, 630mm, 580mm e 550mm, obtiveram rendimentos de amendoim em casca de $4615 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$, $5480 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$, $5040 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ e $3687 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$, respectivamente, evidenciando que água, em demasia quanto em deficiência, reflecte negativamente na produção. Também, Távora & Melo (1991) verificaram que a deficiência hídrica determinou redução média na produção de vagens de amendoim, da ordem de 62% em relação ao tratamento sem deficiência hídrica. Os coeficientes Ky nas diferentes fases de crescimento e durante o ciclo total, encontram-se no anexo 1.

2.2.2.2 Feijão-nhemba.

O Feijão-nhemba (*Vigna unguiculata* (L.) Walp), é uma leguminosa de alto valor proteico que tem conquistado maior valor agro-económico, graças à característica de adaptabilidade a condições adversas. De acordo com Cardoso et al. (1996), baixos rendimentos de feijão-nhemba resultam do uso de sementes não melhoradas, solos de baixa fertilidade e precipitações irregulares.

Apesar de ser considerada uma cultura tolerante à seca, pesquisas têm mostrado que a ocorrência de deficit hídrico no feijão-nhemba, principalmente nas fases de floração ($ky=0.34$) e enchimento de grãos ($ky=0.68$), pode provocar severas reduções no rendimento de grãos (Cordeiro et al., 1998).

O deficit hídrico reduz o peso de nódulos, o nitrogénio acumulado e a produção de matéria seca da parte aérea do feijão-nhemba, principalmente quando a deficiência hídrica for imposta na segunda e quinta semanas após a sementeira. (Stamford et al., 1990). Essas reduções devem estar associadas ao facto do deficit hídrico afectar vários processos fisiológicos relacionados com a assimilação de nitrato e fixação simbiótica de nitrogénio nas leguminosas, reduzindo o peso da matéria fresca dos nódulos e da parte aérea das plantas (Costa et al., 1996). A alteração destes processos fisiológicos reflecte-se no decréscimo do rendimento de grãos ou sementes.

Vários trabalhos têm sido conduzidos relacionando o deficit hídrico e produção para várias culturas como, por exemplo, o conduzido por Oliveira (1987) com a cultura do feijoeiro em estufa. O autor concluiu que a aplicação do deficit hídrico nas fases de crescimento, floração e de frutificação causou redução de 31,2%; 10,8% e 51,8% na produção de grãos, respectivamente.

Com a cultura de feijão-nhemba, foram encontrados poucos trabalhos a respeito das respostas à aplicação de água de irrigação, como por exemplo, Cordeiro et al. (1998) e Labanauskas et al. (1981). O deficit hídrico durante o período de formação da colheita provoca efeitos indesejáveis como vagens pequenas, curtas e descoradas, sementes deformadas e ásperas, e, vagens com elevado teor de fibras.

Ziska e Hall (1983) mostraram que a cultura do feijão é capaz de manter rendimentos de semente quando sujeita a deficit hídrico durante a fase vegetativa ($ky=0.80$) provida de intervalos de irrigação subsequentes que não excederam oito dias. Stegman et al. (1990) mostraram que embora o deficit hídrico a curto prazo na cultura do feijoeiro durante a floração precoce possa resultar na queda de flores e vagens sob baixa cobertura da copa, o aumento no tamanho das vagens nos nódulos superiores compensa por isso onde há um reassumir de irrigação normal.

Thomas et al. (1976) afirmam que plantas que tenham sofrido de deficit hídrico moderado durante o período vegetativo ($ky=0.80$) mostram alta tolerância ao deficit hídrico imposto posteriormente como resultado da adaptação ao nível de humidade existente no solo.

2.2.2.3 Milho.

O Milho (*Zea mays*) é um dos cereais mais importantes para o consumo humano e animal. É cultivado para a produção de grãos e forragem. É uma cultura cujo rendimento apresenta alta variabilidade, dada a ocorrência de deficits hídricos causados pelas variações da precipitação pluvial (Santos et al., 2000).

O milho é relativamente tolerante ao deficit hídrico durante a fase vegetativa, porém demonstra alta sensibilidade com decréscimo no rendimento de grãos se o deficit hídrico ocorrer na fase de floração e enchimento de grãos ($ky=1.30$) (Kasele et al., 1994). A consequência primária do deficit hídrico no rendimento de grãos ocorre devido à redução na expansão foliar, redução no aproveitamento dos nutrientes do solo e redução na área fotossintética das plantas (Claassen & Shaw, 1970).

A limitação na disponibilidade de água no solo durante o período de pré-floração afecta o desenvolvimento das estruturas vegetativas das plantas de milho, reduzindo a capacidade de produção de fitomassa pela cultura. Denmead & Shaw (1960) revelaram que a ocorrência de deficit hídrico se reflecte em decréscimo de produção de milho em 25% antes da emissão dos estigmas ($ky=0.40$) e 50% na fase de florescimento ($ky=1.30$) (Santos e Carlesso, 1998).

A ocorrência de deficit hídrico durante o período de polinização aumenta o abortamento de sementes de milho. Trabalhos de Schussler & Westgate (1991a e b) demonstram que a ocorrência de deficit hídrico durante a floração e logo após a fertilização, causa abortamento das flores de milho, reduzindo a produção, mesmo que ocorra a polinização. Schussler & Westgate (1994) observaram que a inibição da fotossíntese por seis dias durante o período de polinização eliminou, praticamente, a formação de grãos em plantas submetidas a deficit hídrico. O enchimento de grãos também é afectado pelo deficit hídrico que ocorre após a floração (Kobata et al., 1992).

Espinosa et al. (1980) afirmam que podem verificar-se reduções de até 60% no rendimento quando o deficit hídrico ocorre desde o estágio de floração até o enchimento de grãos, e de 40% quando ocorre durante a iniciação floral.

2.2.3 Resposta das culturas ao deficit hídrico.

A resposta do suprimento de água sobre o rendimento é quantificada através do coeficiente de sensibilidade hídrica (K_y) que relaciona a queda de rendimento relativo ($1 - Y_r/Y_m$) e o deficit de evapotranspiração relativa ($1 - E_{Tr}/E_{Tm}$).

O deficit hídrico pode ocorrer tanto de forma contínua durante todo o período de crescimento da cultura, como durante qualquer um dos estágios fenológicos da cultura (estabelecimento, vegetativo, floração, formação da colheita ou maturação). A magnitude do deficit hídrico refere-se, no primeiro caso, ao deficit em relação às necessidades hídricas totais da cultura durante todo seu período de crescimento e, no segundo, ao deficit relativo às necessidades hídricas da cultura num determinado estágio fenológico.

A redução no rendimento devido ao deficit hídrico durante os estágios fenológicos, é relativamente baixa para os estágios vegetativo e maturação, e elevada para o de floração e formação da colheita. Os valores de K_y para a maioria das culturas são deduzidos, supondo-se que a relação entre o rendimento relativo e a evapotranspiração relativa é linear e válida para deficits hídricos até 50%. Em condições de suprimento de água limitado a perda de rendimento será maior quanto maior o k_y (Freitas et al., 1999).

Segundo Kirda *et al.* (1999), o factor de resposta do rendimento da cultura indica se a cultura é ou não tolerante ao deficit hídrico. Um factor de resposta maior que a unidade indica que a diminuição de rendimento relativo para um determinado deficit de evapotranspiração relativa, é proporcionalmente maior que a diminuição na evapotranspiração relativa. Por exemplo, o rendimento da cultura do feijoeiro diminui proporcionalmente mais quando a deficiência na evapotranspiração ocorre durante a floração e desenvolvimento da vagem do que durante a fase vegetativa.

2.3 Deficit hídrico como prática de irrigação.

Com o aumento das demandas hídricas nos diversos campos de actividades, a sua distribuição para agricultura vem diminuindo continuamente, exigindo o aumento da eficiência do seu uso. Tecnologias e programação da irrigação podem ser desenvolvidos e adaptados para usos mais efectivos e racionais de fornecimento limitado de água, afim de garantir um óptimo uso de água (Kirda *et al.*, 1999).

O objectivo da irrigação com deficit é economizar água sujeitando as culturas a períodos de deficit de humidade, quer seja durante determinada fase de crescimento, ou ao longo de todo o ciclo da cultura, com efeitos mínimos nos rendimentos. A irrigação com deficit, é um modo de maximizar a eficiência de uso de água por unidade de água aplicada, na expectativa de que qualquer redução no rendimento é insignificante comparado com os benefícios ganhos por desviar a água economizada para irrigar outras culturas, desde que se conheça a resposta no rendimento da cultura ao deficit hídrico (Kirda *et al.*, 1989).

Em alguns casos, o deficit hídrico promove a redução dos períodos de crescimento podendo activar processos fisiológicos que têm efeito positivo no rendimento. Tais processos incluem a indução floral no caso do algodão, aumento no desenvolvimento radicular explorando camadas do solo mais profundas, maturação precoce de grãos, melhoramento da qualidade e sabor dos frutos, entre outros. Porém, o deficit aplicado durante a fase de crescimento reprodutivo pode afectar o enchimento do grão no caso dos cereais e legumes, resultando em rendimentos reduzidos.

Os efeitos do deficit hídrico nos rendimentos são complexos e podem variar com as espécies, cultivar, e fase de crescimento; eles tem sido assunto de muitos estudos (Kirda et al., 1989). Segundo Doorenbos e Pruitt (1977), o efeito do momento e duração do deficit hídrico em algumas culturas é muito pronunciado durante certos períodos de crescimento ($K_y > 1$). A ocorrência do deficit hídrico durante certa parte do período de crescimento da cultura, seu efeito sobre o rendimento pode variar bastante, dependendo do grau de sensibilidade da cultura nesse mesmo período.

Para se quantificar o efeito do deficit hídrico sobre o rendimento da cultura, é necessário inferir a relação entre a queda de rendimento relativo e o deficit de evapotranspiração relativa, dada pelo coeficiente de resposta da cultura à água (K_y) obtido experimentalmente, segundo a função linear proposta por Stewart *et al.* (1977).

$$\left\{ 1 - \frac{Y_r}{Y_m} \right\} = k_y \cdot \left\{ 1 - \frac{ET_r}{ET_m} \right\} \quad (\text{Equação 2})$$

Além da água, o rendimento é afectado por factores como variedade, fertilidade, salinidade, pragas e doenças e práticas agronómicas; a relação apresentada refere-se a variedades altamente produtivas, bem adaptadas ao ambiente de crescimento, desenvolvendo-se em áreas onde as praticas agronómicas e o manejo de irrigação são realizados sob condições óptimas (Doorenbos e Kassam, 1994).

Muitas pesquisas têm avaliado a viabilidade de irrigação com deficit e mostrado que poupanças significativas de água de rega são possíveis sem quebra significativas de rendimento. Stegman (1982) mostrou que o rendimento de milho, sob irrigação por aspersão para induzir uma redução de 30 - 40 por cento de água disponível entre regas, não foi estatisticamente diferente do rendimento obtido com irrigação por gotejamento que mantém próximo zero o potencial de água na zona radicular. Trebejo & Midmore (1990); Minhas & Bansal (1991), citando Stegman *et al.* (1980), afirmam que várias culturas tem demonstrado a possibilidade de alcançar rendimentos óptimos sob práticas de deficit hídrico permitindo um certo nível de quebra de rendimento de uma determinada cultura economizando água para irrigação de outras culturas. Variedades de culturas mais apropriadas à irrigação com deficit são as de ciclo curto e tolerantes à seca (Stewart e Musick, 1982).

Reduções no rendimento devido à doenças e pestes, perdas durante a colheita e armazenamento, aplicações insuficientes de fertilizante são maiores quando comparadas as reduções nos rendimentos devido à irrigação com deficit. Por outro lado, quando a irrigação com deficit é correctamente praticada, pode-se aumentar qualidade da colheita. Por exemplo, o conteúdo de proteína, a concentração de açúcares, o teor de amido aumentam sob irrigação com deficit. Antes de implementar um programa de irrigação deficitária, é necessário conhecer as respostas no rendimento das culturas ao deficit hídrico, tanto durante as fases de crescimento ou ao longo de todo o ciclo (Kirda e Kanber, 1999).

Para assegurar o sucesso da irrigação com deficit, é necessário considerar a capacidade de retenção de água do solo. Em solos arenosos as plantas podem sofrer deficit hídrico mais rapidamente sob irrigação com deficit, enquanto que plantas cultivadas em solos profundos de textura fina com maior armazenamento de água, podem resistir por mais tempo, podendo não ser afectadas pelo baixo teor de humidade no solo, daí ser mais provável o sucesso da irrigação com deficit em solos de textura fina.

Sob práticas de irrigação com deficit, as práticas de manejo agronómico podem requerer modificações, por exemplo, redução na densidade de plantas, redução na aplicação de fertilizante, adopção de calendários de sementeira flexíveis, e selecção de variedades de ciclo curto. A irrigação com deficit pode desempenhar um papel importante no aumento da eficiência de uso de água, ao providenciar meios de reduzir o seu consumo, minimizando os efeitos adversos no rendimento (Kirda, 2002).

2.4 Modelos de simulação do deficit hídrico.

A demanda crescente por alimentos exige aumentos na produção de culturas com um menor uso de água, porque a crescente competição pela água entre os vários sectores de actividade tendem a reduzir a sua disponibilidade para irrigação. O alcance de uma maior eficiência no uso da água, inclui o emprego de técnicas e práticas que forneçam um suprimento mais preciso e adequado de água às culturas.

Para melhor entender os processos físicos e biológicos que controlam as respostas da cultura ao deficit hídrico, o uso de modelos que simulam o crescimento da cultura e fluxo de água na zona radicular pode constituir uma ferramenta fundamental ao extrapolar resultados e conclusões de estudos de campo para condições não testadas, permitindo predições para programação da irrigação com deficit sob diversas condições de fornecimento de água, solo e manejo de culturas. O uso de modelos pode ser importante para padronizar procedimentos de pesquisa e facilitar comparações mais significativas entre estudos levados a cabo em diferentes locais (Kirda et al., 1989).

A FAO desenvolveu o programa Cropwat, que inclui um modelo simples de balanço hídrico que permite simular condições de deficit hídrico na zona radicular e estimar os deficits no rendimento baseado em metodologias bem estabelecidas para a determinação da evapotranspiração da cultura e respostas do rendimento a água. Condições de deficit na zona radicular são definidas pelo conteúdo crítico de humidade no solo, expresso como fracção da água disponível no solo entre a capacidade de campo e o ponto de murcha permanente, que é facilmente disponível para a cultura.

Cropwat, é um programa informático para programação e gestão da irrigação. Suas funções básicas incluem o cálculo da evapotranspiração de referência, necessidades hídricas da cultura, programação da irrigação e balanço hídrico. Através do balanço hídrico diário, podem-se simular várias condições de fornecimento de água e estimar os deficits de rendimento e as eficiências de chuva e irrigação (Kirda et al., 1989).

Capacidade de campo (CC) é o conteúdo máximo de água retido no solo, depois de drenado o excesso, isto é, humidade retida à pF 2.0 ou a tensões de humidade no solo de -0.1 a -0.3 bar. O ponto de murcha permanente (PMP), é o conteúdo de humidade no solo abaixo do qual a planta não consegue absorver mais água devido a forte retenção pelo solo, ou seja, humidade no solo retida à pF 4.2 ou a tensão de humidade no solo de -15 bar. Água facilmente disponível (AFD), é a fracção da água disponível total que é facilmente retirada do solo pelas culturas, por se encontrar retida à menores tensões.

2.5 Consociação de culturas.

2.5.1 Vantagens da consociação.

Consociação é o cultivo simultâneo de duas ou mais culturas no mesmo local durante parte significativa do seu ciclo (Ofori & Stern, 1987). Okhigo e Greenland (1976) descrevem a consociação como o cultivo mais difundido em África. Na América do norte, o interesse pela consociação está crescendo devido ao seu potencial para aumentar o rendimento total do cultivo (Fortin & perfura, 1996). Francis et al. (1976) estimaram que 60% da produção de milho e a maioria do feijão produzido na América latina provêm da consociação. Entre várias combinações adoptadas por pequenos agricultores, o milho e o feijão-nhemba são das mais usadas (Morgado & Rao, 1985).

A difusão dos sistemas consociados tem como base as vantagens apresentadas pelos mesmos, em relação aos cultivos puros, como a minimização dos riscos e promoção de maior estabilidade da produção, melhorar a utilização da terra e atenuar os picos de sua utilização, melhorar a exploração de água e nutrientes, melhorar a utilização da força de trabalho, aumentar a eficiência no controle de infestantes, aumentar a protecção do solo contra erosão e disponibilizar mais de uma fonte alimentar e de renda (Souza e Fialho, 2002).

Outras vantagens apontadas estão relacionadas com a promoção de melhor uso dos recursos para o crescimento (Trenbath, 1974; Willey, 1979a e Steiner, 1984), redução das perdas devidas a infestantes (Litsinger e Moody, 1975 e Rao e Shetty, 1977).

O crescente interesse pela consociação, deve-se não somente pelas vantagens relatadas deste sistema sobre os cultivos puros (Allen & Obura, 1983; Chang & Shibles, 1985; Olasantan 1988), mas também na procura de conhecimentos detalhados de como espécies diferentes podem coexistir de forma produtiva (Vandermeer, 1984). Na consociação, as espécies componentes competem pelos recursos do ambiente; a competição pelos recursos entre as espécies desenvolve-se, principalmente, devido à variações na época de plantio, nos padrões de crescimento radicular, e/ou de diferentes demandas de recursos (Ghaffarzadeh et al., 1997).

Há algumas publicações mencionando desvantagens da consociação. Risser (1969) e Rice (1974) encontraram efeitos alelopáticos que podem reduzir o rendimento das culturas. A desvantagem mencionada mais frequentemente é a dificuldade de manejo prático, especialmente quando um alto grau de mecanização é usado ou quando as culturas componentes têm diferentes necessidades de fertilizantes, herbicidas, pesticidas, etc. Contudo, estas dificuldades estão associadas com a agricultura moderna (Willey, 1979a).

No caso de pequenos agricultores cujos cultivos localizam-se em áreas de fertilidade marginal propensas à ataques de pragas, o cultivo em consociação é fundamental, com objectivo de reduzir o ataque de pragas, além das outras vantagens já citadas. Segundo Vandermeer (1989) insectos herbívoros geralmente alcançam maiores densidades em cultivos puros que em consociação.

Carvalho et al. (2003) citando Aita (1997), afirmam que a consociação entre gramíneas e leguminosas apresenta como vantagens o maior rendimento de matéria seca em relação ao cultivo puro de cada espécie; maior estímulo na fixação biológica de N_2 pela leguminosa promovido pelo *Rhizobium* em simbiose com as raízes; maior eficiência na utilização da água e dos nutrientes do solo, devido à exploração de diferentes volumes de solo por sistemas radiculares com padrões distintos e permanência dos resíduos culturais sobre o solo por maior período de tempo.

2.5.2 Consociação e humidade no solo.

Uma das maneiras de reduzir o risco na agricultura de sequeiro é a associação de culturas, sendo o milho e feijão as mais comuns. Rao e Morgado (1984), citados por Cardoso et al. (1993), resumindo resultados de 34 ensaios, observaram que a associação milho e feijão produziu mais 41% de grãos do que o cultivo puro daquelas. O relacionamento das vantagens da associação de culturas com a humidade do solo não está bem definida. Mafra et al. (1979), Araújo e Cardoso (1980) e Lira et al. (1978) mostraram que a associação de milho e feijão-nhemba só é vantajosa quando a distribuição da precipitação é boa.

No Quênia, Fisher (1977) observou que a associação milho e feijão não ofereceu nenhuma vantagem sobre o cultivo puro, em condições limitantes de humidade no solo (Cardoso et al., 1993). Consociando milho e feijão-nhemba, Morgado e Rao (1985) observaram aumentos lineares no rendimento de grãos, com altas densidades no cultivo puro e em todas as densidades usadas em associações submetidas a diferentes níveis de irrigação (Cardoso et al., 1993).

Num cultivo consorciado, as espécies normalmente diferem em altura e em distribuição das folhas no espaço, entre outras características morfológicas, que podem levar as plantas a competir por energia luminosa, água e nutrientes. A divisão da radiação solar incidente sobre as plantas, num sistema consorciado, é determinada pela altura das plantas e eficiência de intercepção e absorção. O sombreamento causado pela cultura mais alta reduz tanto a quantidade de radiação solar à cultura mais baixa como a sua área foliar (Trenbath, 1976). Uma vez que a radiação solar afecta o desenvolvimento da segunda cultura semeada, a escolha do melhor arranjo e da época ideal de sementeira é crucial no desempenho da consociação, ou seja, na maximização da produção (R.D Flesch, 2002).

Lima Filho (2000) afirma que a modificação do ambiente de luz provocado pela cobertura foliar do milho afecta positivamente as relações hídricas do feijão-nhemba em consociação. Segundo Cardoso et al. (1993) citando Araújo 1978, Aidar et al. 1979, Souza Filho & Andrade 1974, Morgado & Rao 1985, Cruz et al. 1987, Ofori & Stern 1987 e Pereira Filho et al. 1991, a diminuição da densidade de plantas de milho por hectare é tida como a melhor opção para se reduzir a interferência sobre o feijão no que concerne ao consumo de água.

Zhang & Long (2003), citando Zuo et al. (2000), afirmam que embora ocorra clorose na planta de amendoim por deficiência de ferro em solos calcáreos, ela é mais severa quando o amendoim é cultivado em monocultura do que quando cultivado em consociação com milho nesses solos, havendo conseqüentemente, um considerável interesse em planejar abordagens práticas para a correcção ou prevenção da deficiência de ferro nas culturas.

Zuo et al. (2000), afirmam ainda, que resultados da consociação de amendoim com milho, demonstraram que a melhoria na nutrição em ferro observada no amendoim, foi causada principalmente pelas interações ao nível da rizosfera entre as culturas. O mesmo estudo mostrou que, a severidade da clorose nas folhas jovens da planta de amendoim em consociação, devido a deficiência de ferro, esteve directa e fortemente relacionada com a distancia entre as plantas de amendoim e milho quando os tratamentos foram aplicados durante o período de floração do amendoim. Isto é, tanto mais severa a clorose, quanto mais afastadas as plantas de milho e amendoim.

O amendoim é uma espécie que apresenta estratégia I para a absorção de ferro (ineficiente absorção de ferro), e mostra frequentemente clorose por deficiência de ferro em solos calcáreos, enquanto o milho que apresenta estratégia II para absorção de ferro (eficiente na absorção de ferro), não sofre de tal problema, constituindo portanto estratégia fundamental, a consociação de milho e amendoim para a melhoria no rendimento do amendoim em solos calcáreos (Marschner, 1995).

3. METODOLOGIA.

3.1 Localização e características da área experimental.

O ensaio que forneceu os dados utilizados no presente trabalho foi conduzido no campo experimental de rega e drenagem da Faculdade de Agronomia e Engenharia Florestal (FAEF), no período compreendido entre 09/11/1999 a 04/05/2000, localizado entre as latitudes 25° 57' 07" e 25° 57' 09" S, e longitudes 32° 36' 05" e 32° 36' 10" E, e altitude de 60 m, na cidade de Maputo.

O clima da região de estudo segundo a classificação de Koppen, é do tipo Aw (clima tropical chuvoso de savana) com uma estação quente e húmida de outubro a março, e outra fria e seca de abril a setembro. A precipitação média anual é de 767 mm, fevereiro é o mês mais chuvoso com 137 mm, e agosto o mais seco com 12 mm. A temperatura média anual é de 22.8° C, julho é o mês mais frio enquanto que janeiro e fevereiro são os mais quentes.

O solo do campo experimental é de textura arenosa com teor de matéria orgânica igual a 0.26% na camada compreendida entre 0 – 20 cm de profundidade. A capacidade de água disponível no solo (entre pF 2.0 e pF 4.2) varia com a profundidade. Abaixo de 0.75 m a água disponível média é cerca de 16.7 mm.m⁻¹. A água disponível na profundidade (das raízes) de 1.20 m é cerca de 38.5 mm.m⁻¹. Estes valores foram calculados da curva característica, determinada no laboratório de solos da FAEF. O valor de pH (H₂O) é de 5.81 e da condutividade eléctrica (CE 1:2.5) é de 0.06 dS.m⁻¹. A infiltração básica é de 379 mm/h determinada pelo método de anel duplo (Vidigal, 2000).

3.2 Delineamento experimental e tratamentos de irrigação.

O delineamento experimental foi de talhões subdivididos (split-plot-design) com 4 tratamentos culturais (talhões de 12.5x7.5 m) e 4 repetições, 2 para cada lado da linha de aspersão. Em cada talhão foram definidos 3 tratamentos de irrigação R₁, R₂, R₃ (sub-talhões obtidos aspersão). Os talhões comportaram cultivos puros de amendoim, feijão, milho e consociação. Na consociação o arranjo espacial das culturas foi aleatório, semelhante ao praticado pelos camponeses da zona periférica do campo experimental.

Na consociação, a densidade de plantio por talhão (93.75 m²) foi de 375 plantas de amendoim, 93 de feijão e 93 de milho, correspondendo em média à 50.000 plantas/ha por cultura. No cultivo puro, a densidade de plantio por talhão foi de 328 plantas de milho (30.000 plantas/ha), 200 plantas de amendoim (20.000 plantas/ha) e 2000 plantas de feijão (210.000 plantas/ha). Usou-se o sistema de irrigação por aspersão "Sprinkler Line Source System" constituído por uma linha de aspersores. O sistema de rega não permitiu casualização das lâminas aplicadas (Hanks et al. 1980 e Ringersma 1998).

Tabela 1. Tratamentos de irrigação utilizados no experimento.

Tratamentos	
R ₁	Irrigação sem deficit hídrico, com solo mantido a níveis de humidade toleráveis sem causar deficit
R ₂	Irrigação com deficit hídrico moderado (33% de R ₁), causando algum deficit nas plantas
R ₃	Irrigação com deficit hídrico elevado (67% de R ₁), causando deficit pronunciado nas plantas.

3.3 Determinação das necessidades hídricas das culturas.

Para determinar as necessidades hídricas das culturas utilizaram-se as fórmulas de Penman-Monteith e Hargreaves. A fórmula de Penman-Monteith, permitiu calcular a evapotranspiração de referência (ET_o), com base nos valores médios diários de temperatura, humidade relativa do ar, radiação líquida ou global e velocidade do vento, enquanto que a de Hargreaves permitiu o cálculo diário de ET_o, para o período em que dados de humidade relativa do ar e velocidade do vento não foram registados. Os dados meteorológicos utilizados foram medidos na estação meteorológica do INAM. A fórmula de Penman-Monteith (Allen *et al.*, 1998), usada para o cálculo de ET_o (mm.dia⁻¹) é:

$$ET_o = \frac{0.408 \times \Delta (R_n - G) + \gamma \frac{900}{T_{med} + 273} U_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma (1 + 0.34 U_2)} \quad \text{(Equação 3)}$$

R_n—radiação líquida [MJ.m⁻².dia⁻¹]; G—fluxo de calor do solo [MJ m⁻².dia⁻¹]; T_{med}—temperatura media diária [°C]; U₂—velocidade do vento à 2 m [m.s⁻¹]; (e_s - e_a)—deficit de tensão de vapor [KPa]; Δ—declive da curva de tensão de vapor [KPa°C⁻¹]; γ—constante psicrométrica [KPa °C⁻¹]; 900—coeficiente de resistência estomática [KJ⁻¹.kg.Ks.d⁻¹]; 0.34—coeficiente de resistência aerodinâmica [s.m⁻¹].

O valor de G assumido nos cálculos foi zero ($G = 0$), segundo Allen et al. (1998). Eles afirmam que o fluxo de calor do solo é muito baixo para períodos diários ou décadas (dez dias), e pode ser ignorado.

A radiação líquida R_n necessária para o cálculo de E_{To} foi calculada como:

$$R_n = R_{ns} - R_{nl} \quad \text{(Equação 4)}$$

A radiação líquida de onda curta R_{ns} foi determinada a partir da equação abaixo:

$$R_{ns} = (1 - \alpha)R_s \quad \text{(Equação 5)}$$

α – é o albedo, ou coeficiente de reflexão da cobertura foliar, cujo valor para a cultura de referência é de 0.23 (Allen et al., 1998).

R_s é a radiação solar e foi determinada segundo a expressão:

$$R_s = \left(a_s + b_s \frac{n}{N} \right) R_a \quad \text{(Equação 6)}$$

a_s e b_s são constantes de Angstrom, cujos valores recomendados são 0.25 e 0.50 (Allen et al., 1998). Valores de R_a , encontram-se no anexo 4.

A radiação solar de onda longa R_{nl} , foi determinada com a seguinte equação:

$$R_{nl} = \sigma \left[\frac{T_{\max} K^4 + T_{\min} K^4}{2} \right] (0.34 - 0.14 \sqrt{e_a}) \left(1.35 \frac{R_s}{R_{so}} - 0.35 \right) \quad \text{(Equação 7)}$$

Valores de $T_{\max} K^4$ e $T_{\min} K^4$, foram extraídos de FAO 56 (Allen et al., 1998), e encontram-se no anexo 4.

A radiação solar em condições de céu limpo R_{so} é dada por:

$$R_{so} = (a_s + b_s) R_a \quad \text{(Equação 8)}$$

A tensão de vapor actual (e_a) foi calculada como:

$$e_a = \frac{HR_{med}}{100} \left[\frac{e^{\left(\frac{17.27 \times T_{max}}{T_{max} + 237.3}\right)} + e^{\left(\frac{17.27 \times T_{min}}{T_{min} + 237.3}\right)}}{2} \right] \quad \text{(Equação 9)}$$

O calculo da tensão de vapor saturado (e_s) foi dado por:

$$e_s = \frac{0.6108 \left(e^{\left(\frac{17.27 \times T_{max}}{T_{max} + 237.3}\right)} + e^{\left(\frac{17.27 \times T_{min}}{T_{min} + 237.3}\right)} \right)}{2} \quad \text{(Equação 10)}$$

A fórmula de Hargreaves (Allen *et al.*, 1998), utilizada como alternativa para o cálculo de ETo durante o período em que não foram medidos os valores de humidade relativa do ar e velocidade do vento é:

$$ETo = 0.0023 \times (T_{med} + 17.8) \times \left(\sqrt{T_{max} - T_{min}} \right) \times Ra \quad \text{(Equação 11)}$$

Ra – radiação extraterrestre que alcança a superfície [$\text{MJ.m}^2.\text{dia}^{-1}$]; Tmax – temperatura máxima diária [$^{\circ}\text{C}$]; Tmin - temperatura mínima diária [$^{\circ}\text{C}$].

Os valores calculados de ETo diários, foram submetidos aos coeficientes da cultura (Kc) extraídos de Allen *et al.* (1998), para cada cultura e estágio fenológico, obtendo-se a evapotranspiração da cultura, um indicador das necessidades hídricas de uma cultura.

As necessidades hídricas durante os diferentes estágios fenológicos das culturas foram calculadas a partir da seguinte expressão:

$$ETm = Kc * ETo \quad \text{(Equação 12)}$$

ETm – evapotranspiração máxima da cultura (necessidades líquidas); Kc – coeficiente da cultura.

Valores de (Kc) extraídos de FAO 56 são apresentados no anexo 1, e os de ETo e ETm no anexo 2.

3.4 Cálculo das necessidades líquidas de rega.

A determinação das necessidades hídricas de uma cultura é importante para a projecção de determinado sistema de irrigação, desempenhando papel fundamental no dimensionamento das diferentes componentes do projecto. Se tais necessidades forem subestimadas, as culturas acabam sendo insuficientemente irrigadas afectando os rendimentos, e se forem sobrestimadas, os sistemas de irrigação acabam sendo sobredimensionados, não apresentando qualquer vantagem, e consequentemente mais onerosos.

Segundo Vidigal (2000), quando se aplica água de rega na superfície de influência das culturas, as necessidades líquidas de rega (NLr) são definidas pela expressão:

$$NLr = ETm - Pe - Gw$$

$$ETm = Kc * ETo$$

Onde:

- NLr necessidades líquidas de rega (mm/dia)
- ETm evapotranspiração máxima da cultura (mm/dia)
- ETo evapotranspiração de referência (mm/dia)
- Kc coeficiente da cultura [-]
- Pe precipitação efectiva (mm/dia)
- Gw ascensão capilar (mm/dia)

Conforme Vidigal (2000), tanto a precipitação efectiva como a ascensão capilar foram consideradas nulas. Deste modo, as necessidades líquidas de rega reduzem-se à:

$$NLr = ETm = Kc * ETo$$

3.4.1 Lâmina e frequência de rega.

De acordo com Vidigal (2000), para a determinação da dotação e frequência de rega, usou-se o pacote CROPWAT, tendo sido introduzidos dados de água disponível (AD), textura do solo, características das culturas, e posteriormente determinadas as necessidades líquidas de rega em mm/dia. Fazendo-se varias simulações no pacote CROPWAT obtiveram-se a frequência (i) variável em *dias*, e lâmina (d) de rega fixa em *mm* necessários.

Vidigal (2000) afirma que o pacote CROPWAT não inclui a lavagem de sais e uniformidade de aplicação de água no solo. Portanto, determinou-se a dotação real de rega em mm, isto é, a dotação que inclui a lavagem de sais e a uniformidade de aplicação de água, segundo a equação:

$$d_{real} = \frac{d}{(1 - LR) * CU}$$

Onde:

d_{real} dotação real de rega (mm)

LR leaching requirements (necessidades de água para lavagem de sais)

CU Coeficiente de uniformidade de aplicação de água

d dotação de rega (mm)

No caso da rega por aspersão com baixa frequência, a fracção de água necessária para a lavagem de sais (LR) é dada segundo Yague (1996) pela expressão seguinte:

$$LR = \frac{CE_i}{5 * CE_e - CE_i}$$

Para o cálculo da lamina real de água aplicada, considerou-se LR = 0.05 (Vidigal, 2000).

3.4.2 Coeficiente de uniformidade de aplicação.

O coeficiente de uniformidade (CU) foi calculado conforme a metodologia proposta por Christiansen:

$$CU = 100 * [1 - \frac{\sum (X_i - \bar{X})}{n\bar{X}}]$$

Onde:

n número de observações

X_i intensidade de precipitação observada (mm/h)

\bar{X} intensidade média de precipitação (mm/h)

3.4.3 Tempo de aplicação.

Conhecida a dotação real de rega, e a intensidade média de precipitação média do aspersor, o tempo de aplicação (ta) de rega, foi calculado de acordo com a equação:

$$ta = \frac{d_{real}}{i_m}$$

Onde:

ta tempo de aplicação (h/dia)

i_m intensidade de precipitação média do aspersor (mm/dia).

3.5 Balanço hídrico climatológico – modelo de Thornthwaite & Mather.

O modelo de Thornthwaite & Mather (1965) foi usado apenas para efeitos de caracterização climática da região de estudo. Pretendia-se com o modelo inferir sobre os períodos de ocorrência de déficit hídrico, de modo a planificar melhor o momento e a lamina de irrigação a aplicar no tratamento R₁ para não criar stress hídrico nas plantas, e tornar a rega mais eficiente em termos de gestão de água.

O modelo de climático de Thornthwaite & Mather (1965) não inclui a aplicação de rega. Portanto, a magnitude dos défices observados por década, servem de indicador da quantidade de água a aplicar para levar o solo a um nível de humidade tolerável para as culturas e não causar stress hídrico.

3.6 Simulação da evapotranspiração real e balanço hídrico.

A evapotranspiração real (ET_r) e balanço hídrico diário e decenal foram simulados utilizando-se o software Cropwat 4.0 for Windows. Os dados de entrada necessários para alimentação do modelo foram, E_{T0}, precipitação, dados da cultura (coeficientes da cultura e de sensibilidade hídrica nos diferentes estágios fenológicos, profundidade radicular), dados de solo (água disponível, factor de esgotamento de água no solo *p*, taxa de infiltração máxima da chuva). As profundidades radiculares máximas consideradas foram de 1.0 m para o amendoim e feijão-nhemba e 1.20 m para o milho. A profundidade de humedecimento na sementeira foi de 0.20 m para todas culturas. Com estes dados, o modelo determinou a ET_r e o deficit de humidade no solo para cada lâmina de irrigação.

Condições de deficit hídrico no solo foram simuladas a partir do modelo Cropwat. As doses de rega aplicadas em cada tratamento de irrigação foram calculadas como o produto entre o tempo médio de aplicação (*t_a*) e a intensidade media de precipitação do aspersor (*i_m*).

$$d = t_a * i_m$$

3.6.1 Aplicação da rega.

A aplicação da rega foi feita à condição de baixa velocidade de vento, no início do dia (de manhã cedo), a fim de se obter uma uniformidade máxima de aplicação (Vidigal, 2000).

Dada a contribuição da precipitação pluviométrica (Pr) no nível de humidade no solo, os seus valores foram integrados durante as simulações como dotações de rega e não como valores de chuva na respectiva tabela do modelo Cropwat.

Nos dias em que se registou precipitação pluviométrica e também foi efectuada a rega, a lâmina de rega aplicada na coluna da programação da irrigação no modelo Cropwat foi considerada como o somatório da precipitação e da rega. A lâmina total aplicada é apresentada no anexo 6.

Um exemplo mostrando a determinação da ETr para a cultura de milho a partir da simulação do modelo Cropwat é apresentado abaixo. Todos os resultados das simulações encontram-se no anexo 2.

```
03/10/2004                                     CropWat 4 Windows Ver 4.3
*****
                                     Irrigation Scheduling Report
*****
* Crop Data:
- Crop # 1: MILHO
- Planting date: 16/11/1999
* Soil Data:
- Soil description           : FAEF ARENOSSOLO FERRÁLICO
- Initial soil moisture depletion: 0%
* Irrigation Scheduling Criteria:
- Application Timing:
  Irrigate at variable intervals (user-defined).
- Applications Depths:
  Variable depths (user-defined).
- Start of Scheduling: 16/11
```

Tema: Efeito de diferentes níveis de déficit hídrico sobre o rendimento das culturas de amendoim, feijão-nhemba e milho, em cultivo puro e consorciação.

Date	TAM	RAM	Total Rain	Efct. Rain	ETr	ETr/ETm	SMD	Interv.	Net Irr.	Lost Irr.	User Adj.
	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(%)	(mm)	(Days)	(mm)	(mm)	(mm)
16/11	7.7	4.2	0.0	0.0	1.4	100.0%	1.4	0	9.4	8.0	
17/11	8.5	4.7	0.0	0.0	1.4	100.0%	1.4	1	12.5	11.1	
18/11	9.2	5.1	0.0	0.0	1.4	100.0%	1.4	1	8.9	7.5	
22/11	12.3	6.8	0.0	0.0	1.5	100.0%	2.3	1	3.0	0.7	
28/11	16.9	9.3	0.0	0.0	1.5	100.0%	1.5	1	16.8	15.3	
30/11	18.5	10.2	0.0	0.0	1.5	100.0%	1.5	1	12.1	10.6	
1/12	19.3	10.6	0.0	0.0	1.5	100.0%	1.5	1	13.7	12.2	
4/12	21.6	11.9	0.0	0.0	1.5	100.0%	4.5	3	12.5	8.0	
7/12	23.9	13.1	0.0	0.0	1.8	100.0%	4.9	3	4.3	0.0	
8/12	24.6	13.6	0.0	0.0	1.9	100.0%	2.5	1	28.2	25.7	
23/12	36.2	19.9	0.0	0.0	3.9	100.0%	3.9	1	0.2	0.0	
27/12	39.3	21.6	0.0	0.0	4.4	100.0%	20.7	4	12.5	0.0	
30/12	41.6	22.9	0.0	0.0	4.8	100.0%	9.5	2	2.3	0.0	
1/1	43.1	23.7	0.0	0.0	5.2	100.0%	17.4	2	8.9	0.0	
4/1	45.4	25.0	0.0	0.0	5.7	100.0%	21.0	1	52.4	31.4	
9/1	46.2	25.4	0.0	0.0	5.6	100.0%	7.9	1	0.4	0.0	
16/1	46.2	25.4	0.0	0.0	4.7	97.3%	33.5	6	19.6	0.0	
28/1	46.2	25.4	0.0	0.0	5.5	100.0%	27.5	1	0.9	0.0	
31/1	46.2	25.4	0.0	0.0	5.5	100.0%	10.9	2	12.5	1.6	
5/2	46.2	25.4	0.0	0.0	5.4	100.0%	27.1	5	18.5	0.0	
6/2	46.2	25.4	0.0	0.0	5.4	100.0%	13.9	1	18.5	4.6	
7/2	46.2	25.4	0.0	0.0	5.3	100.0%	5.3	1	243.0	237.7	
8/2	46.2	25.4	0.0	0.0	5.3	100.0%	5.3	1	48.1	42.8	
9/2	46.2	25.4	0.0	0.0	5.3	100.0%	5.3	1	0.8	0.0	
20/2	46.2	28.8	0.0	0.0	4.3	100.0%	4.3	1	3.4	0.0	
24/2	46.2	30.7	0.0	0.0	3.8	100.0%	14.2	1	0.9	0.0	
29/3	46.2	34.1	0.0	0.0	3.0	100.0%	10.2	3	15.0	4.8	
5/3	46.2	35.5	0.0	0.0	2.7	100.0%	8.3	3	0.8	0.0	
8/3	46.2	37.0	0.0	0.0	2.3	100.0%	14.9	3	55.3	40.4	
Total			0.0	0.0	442.7	99.2%			1265.2	822.5	0.0

* Yield Reduction:

- Estimated yield reduction in growth stage # 1 = 0.0%
- Estimated yield reduction in growth stage # 2 = 0.0%
- Estimated yield reduction in growth stage # 3 = 2.1%
- Estimated yield reduction in growth stage # 4 = 0.0%

- Estimated total yield reduction = 1.0%

* These estimates may be used as guidelines and not as actual figures.

* Legend:

TAM = Total Available Moisture = (FC% - WP%) * Root Depth [mm].

RAM = Readily Available Moisture = TAM * P [mm].

SMD = Soil Moisture Deficit [mm].

* Notes:

Monthly ETo is distributed using polynomial curve fitting.

Monthly Rainfall is distributed using polynomial curve fitting.

To generate rainfall events, each 5 days of distributed rainfall are accumulated as one storm.

Only NET irrigation requirements are given here. No any kind of losses was taken into account in the calculations.

3.7 Factor de resposta da cultura ao deficit hídrico.

Para quantificar o efeito do deficit hídrico durante o ciclo de crescimento das culturas, utilizou-se a metodologia proposta por Doorenbos e Kassam (1994), que relaciona os deficits relativos de rendimento evapotranspiração, obtendo-se o coeficiente (Ky) denominado factor de resposta da cultura ao deficit hídrico, segundo a relação:

$$Ky = \left\{ 1 - \frac{Yr}{Ym} \right\} / \left\{ 1 - \frac{ETr}{ETm} \right\} \quad \text{(Equação 13)}$$

Yr e Ym, são os rendimentos real e máximo (Ton.ha⁻¹); ETr e ETm, a evapotranspiração real e máxima da cultura (mm.dia⁻¹); Ky é o factor de resposta da cultura à água. Ym foi obtido do tratamento sem deficit hídrico (R₁) e Yr dos tratamentos com deficit hídrico (R₂ e R₃). O modelo Cropwat permitiu estimar a ETr a partir dos tratamentos R₂ e R₃ e ETm a partir do tratamento R₁.

3.8 Análise dos resultados.

Os rendimentos obtidos foram sujeitos à análise da variância com uso do software SAS, e as médias comparadas pelo teste de Duncan ao nível de probabilidade 5% para análise da significância estatística do efeito das laminas de irrigação sobre o rendimento das culturas. Os coeficientes Ky para cada cultura foram determinados para os tratamentos que mostraram diferenças significativas entre si.

3.8.1 Consociação e rendimento das culturas.

Na avaliação da eficiência biológica dos sistemas de cultivo empregou-se o conceito de razão de terra equivalente (LER), que segundo Mead & Willey (1980), é a área necessária em cultivo puro, para obter a mesma produção que em 1ha de cultivo consociado ao mesmo nível de manejo agronómico, determinado como o somatório das razões entre o rendimento em consociação (Y_{co}) e o rendimento em cultivo puro (Y_{cp}) de cada uma das culturas componentes. LER maior que a unidade indica maior eficiência da consociação face ao cultivo puro e vice-versa. LER é um indicador de eficiência da consociação em relação ao cultivo puro, em termos de uso de terra, e, é determinado pela expressão:

$$LER = \sum_{i=1}^3 \frac{Y_{co\ i}}{Y_{cp\ i}} \quad \text{(Equação 14)}$$

i – é o numero de culturas componentes no sistema de cultivo consociado.

Valores de LER foram calculados para a densidade de plantio de 50.000 plantas/ha, na consociação.

3.8.2 Consociação e consumo de água.

O efeito da consociação no consumo de água das culturas foi determinado estatisticamente comparando os rendimentos em consociação e em cultivo puro em cada tratamento de irrigação pelo teste de Duncan a 5% de nível de significância. O recurso à análise estatística constituiu a única ferramenta útil para minimizar o facto de não terem sido medidos parâmetros quantitativos estritamente correlacionados ao consumo de água das culturas, como o índice de área foliar, potencial hídrico nas folhas, transpiração, taxa fotossintética e condutância estomática. A análise estatística forneceu apenas informação qualitativa da relação entre a consociação e o consumo de água das plantas.

4. APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DE RESULTADOS.

4.1 Amendoim.

4.1.1 Análise dos rendimentos.

Procedendo-se uma breve análise dos rendimentos obtidos em cada um dos tratamentos de déficit hídrico (Tabela 2), observa-se que, o rendimento médio obtido no tratamento R₁ foi ligeiramente superior aos rendimentos obtidos com os tratamentos R₂ e R₃. Entretanto, o tratamento R₁ não diferiu significativamente do R₂ em termos de rendimento, mostrando que a cultura é tolerante ao déficit hídrico moderado durante o ciclo de crescimento, facto confirmado por Nogueira & Dos Santos (2000), citando Boote et al. (1982), segundo os quais, a planta de amendoim apresenta mecanismos fisiológicos de tolerância ao déficit hídrico, como o baixo índice de área foliar, a precocidade e capacidade de emissão de novas brotações, assim como a capacidade de crescimento radicular, conforme relatam Távora & Melo (1991) e Guimarães (1993), citados por Nogueira & Dos Santos (2000). Este facto é também justificado pelo baixo factor de resposta da cultura ao déficit hídrico durante o ciclo da cultura (ky=0.70).

Tabela 2. Rendimentos da cultura de amendoim (Ton.ha⁻¹), obtidos nas quatro repetições submetidas à diferentes tratamentos de irrigação.

Tratamento	Rendimento (Ton.ha ⁻¹)				Variância	Total	Media ¹
	1	2	3	4			
R ₁	0.96	0.83	0.96	0.89	0.004	3.648	0.91 a
R ₂	0.89	0.85	0.98	0.83	0.004	3.552	0.89 a
R ₃	0.51	0.45	0.82	0.78	0.035	2.560	0.64 b

CV = 13.66% - Teste F significativo a 0.05 de probabilidade.

¹Médias seguidas pela(s) mesma(s) letra(s), não diferem estatisticamente pelo teste de Duncan, a 5% de probabilidade.

Os dados da análise de variância indicaram haver diferenças significativas (P < 0.05) nas lâminas totais de irrigação aplicadas entre os tratamentos (Anexo 3). O teste de Duncan indicou que os tratamentos R₁ e R₂ não diferem significativamente entre si a nível de probabilidade 0.05, o coeficiente de variação (CV) foi de 13.66% e foram detectadas diferenças significativas entre os tratamentos R₁ e R₃, e entre os tratamentos R₂ e R₃.

4.1.2 Deficit hídrico e quebra de rendimento.

Os rendimentos médios de grãos mostram uma queda acentuada na produção do amendoim à medida que se acentua o deficit hídrico, isto é, à medida que reduz a reposição de água consumida. A lamina aplicada no tratamento R₃ causou em média, redução de 29.8% no rendimento, em relação ao tratamento R₁ (Tabela 4), enquanto que a lamina aplicada no tratamento R₂ resultou em média, numa redução no rendimento de amendoim de 2.6% em relação ao tratamento R₁ (Tabela 3). Porém, a redução resultante do tratamento R₂, foi em escala menor em comparação com a redução devido ao tratamento R₃. A tabela 3 mostra ainda que não houve deficit de evapotranspiração resultante do tratamento R₂. A tabela 4 mostra a ocorrência de deficit de evapotranspiração resultante do tratamento R₃, porém de baixa magnitude (0.8%).

Tabela 3. Deficit de evapotranspiração relativa e deficit de rendimento relativo na cultura de amendoim.

Repetição	Y _r ⁽³⁾	Y _m ⁽³⁾	1 - Y _r /Y _m (%) (calculado) ⁽⁵⁾	1 - Y _r /Y _m (%) (simulado) ⁽⁶⁾	ET _r ⁽¹⁾	ET _m ⁽²⁾	1 - ET _r /ET _m (%)
Média	0.89	0.91	2.6	0.9	460.6	460.6	0.0

⁽¹⁾ Evapotranspiração real estimada a partir do tratamento R₂.

⁽²⁾ Evapotranspiração máxima obtida a partir do tratamento R₁.

⁽³⁾ Rendimento real (Y_r) e máximo (Y_m) da cultura (média de 4 repetições).

Tabela 4. Deficit de evapotranspiração relativa e deficit de rendimento relativo na cultura de amendoim.

Repetição	Y _r ⁽³⁾	Y _m ⁽³⁾	1 - Y _r /Y _m (%) (calculado) ⁽⁵⁾	1 - Y _r /Y _m (%) (simulado) ⁽⁶⁾	ET _r ⁽⁴⁾	ET _m ⁽²⁾	1 - ET _r /ET _m (%)
Média	0.64	0.91	29.8	1.4	457.1	460.6	0.8

⁽⁴⁾ Evapotranspiração real estimada a partir do tratamento R₃, em mm.ciclo⁻¹.

⁽⁵⁾ Deficit de rendimento calculado a partir dos rendimentos, real e máximo.

⁽⁶⁾ Deficit de rendimento esperado, obtido com o Cropwat.

Analisando o efeito do consumo de água, observa-se que o consumo de 457.1 mm de água proporcionou menores rendimentos de amendoim (Tabela 4), quando comparado aos rendimentos obtidos quando os consumos foram de 460.6 mm (Tabela 3).

A quebra de rendimento observada nos tratamentos de deficit hídrico é elevada e muito diferente da estimada a partir do modelo Cropwat. Tal diferença pode dever-se provavelmente ao facto de o modelo Cropwat não prever a influencia de outras variáveis além da água no rendimento da cultura.

Embora os valores estimados com o cropwat sirvam apenas de orientação, os valores reais observados não serão significativamente diferentes daqueles, desde que a única limitante seja exclusivamente a água. Portanto, a discrepância entre os resultados pode dever-se a influencia de factores que o modelo não prevê, principalmente o ataque de pragas, doenças ou a baixa fertilidade do solo. O consumo de água do amendoim no tratamento sem deficit hídrico é inferior ao valor das necessidades hídricas da cultura apresentado por Doorenbos & Kassam (1979), segundo os quais, tais necessidades hídricas durante o ciclo de crescimento variam de 500 a 700mm. As necessidades hídricas totais da cultura obtidas com Cropwat são de 466.5mm

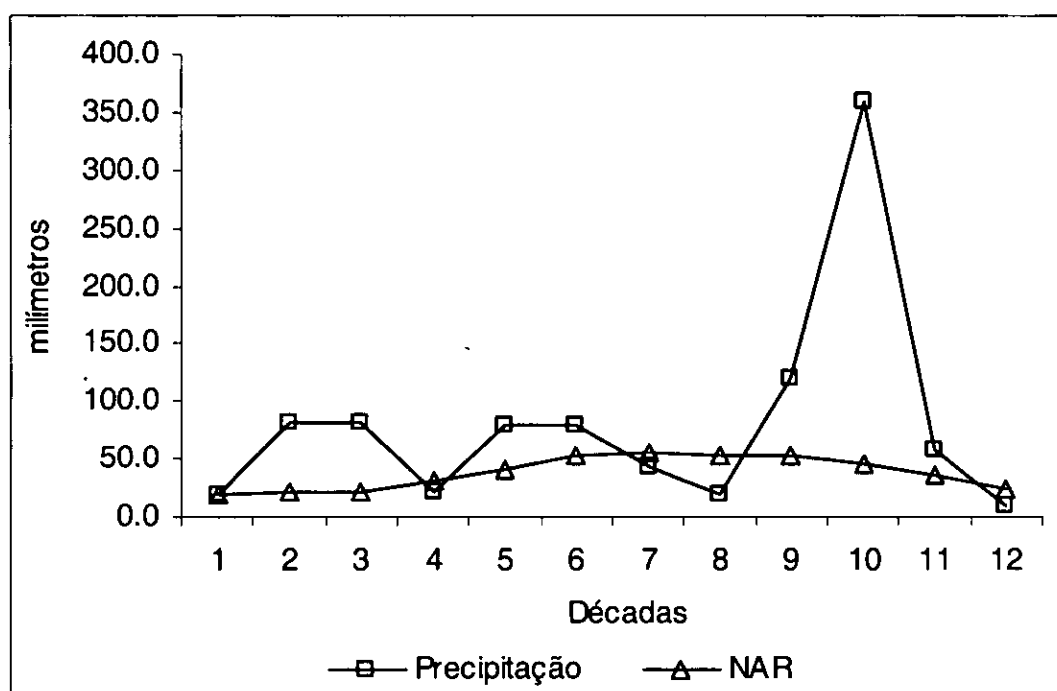


Figura 1. Distribuição da precipitação e das necessidades hídricas da cultura de amendoim durante o ciclo de crescimento.

A Figura 1 ilustra a distribuição da precipitação e as necessidades hídricas da cultura durante o ciclo de crescimento. Pode verificar-se na figura que a quantidade de precipitação foi elevada superando as necessidades hídricas da cultura praticamente durante todo o ciclo de crescimento. A figura mostra ainda que era de esperar algum deficit hídrico na 4ª, 7ª, 8ª e 12ª décadas, correspondendo as fases de crescimento II (Vegetativa), III (Desenvolvimento) e IV (Maturação).

Os deficits hídricos acima foram estimados a partir do modelo de Thornthwaite & Mather (1965). Entretanto, os resultados das simulações com Cropwat (ver anexo 2), mostraram ocorrência de deficit hídrico não uniforme nas fases de crescimento I, II e III.

4.1.3 Factor de resposta da cultura à água.

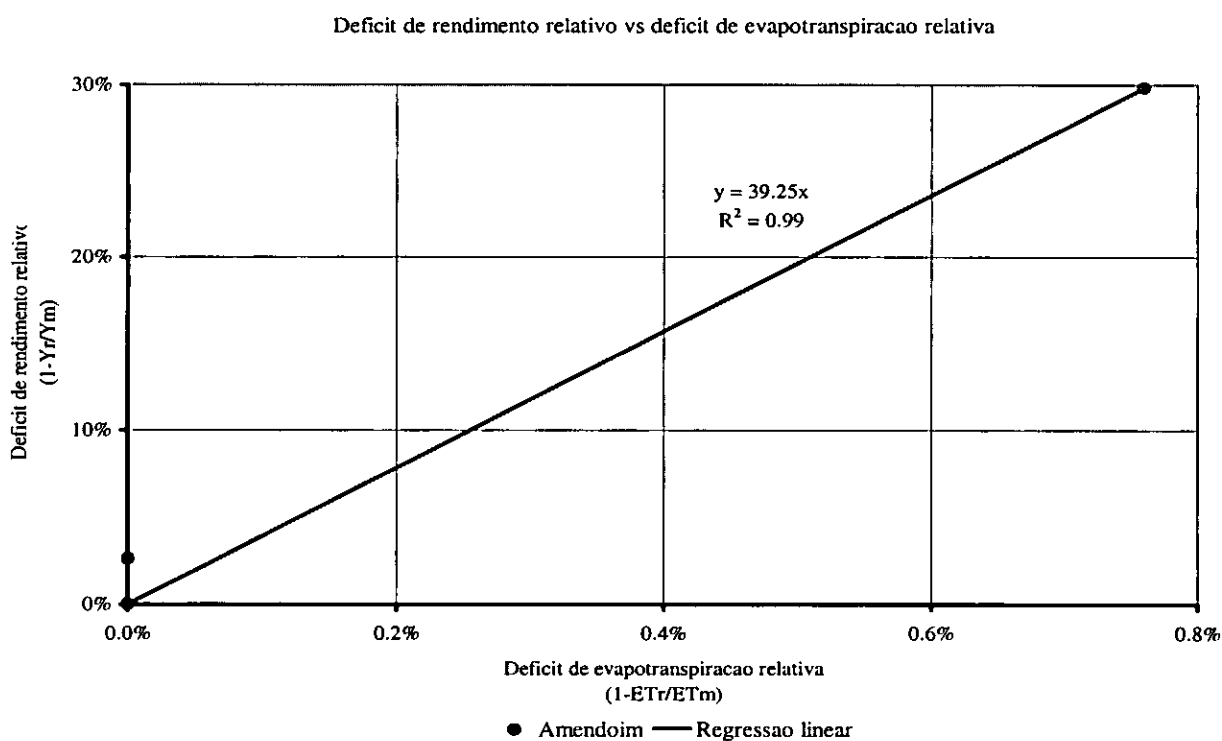


Figura 2. Relação entre deficit de evapotranspiração relativa e deficit de rendimento relativo na cultura de amendoim durante o ciclo de crescimento.

A Figura mostra a relação entre o deficit de evapotranspiração relativa e de rendimento relativo, ajustada a equação de regressão linear passando pela origem, de acordo com o proposto por Stewart e Hagan (1973). O coeficiente angular da equação que representa o "factor de resposta" K_y foi de (39.2), valor demasiadamente alto e significativamente diferente de $k_y = 0.70$ proposto por Doorenbos & Kassam (1979) para a cultura de amendoim. Sendo o amendoim uma cultura tolerante ao deficit hídrico quando este é uniformemente distribuído durante o ciclo de crescimento ($k_y < 1$), era de esperar, portanto, que a equação de regressão resultasse num coeficiente angular menor que a unidade.

Entretanto, o valor obtido no presente trabalho vem reforçar o pressuposto de que a aplicabilidade do modelo proposto por Stewart e Hagan (1973) é válida apenas para situações em que o déficit hídrico é uniformemente distribuído durante o ciclo da cultura, e o fornecimento de água é feito unicamente pelo sistema de irrigação, sem contribuição da precipitação no conteúdo de humidade no solo, o que não ocorreu no presente estudo, constituindo a sua aplicação uma violação daqueles pressupostos.

4.2 Feijão-nhemba.

4.2.1 Análise dos rendimentos.

Da tabela 5, observa-se que, o tratamento R₁ em média resultou em rendimento ligeiramente superior aos obtidos com os tratamentos R₂ e R₃. mostrando, que a cultura é tolerante ao déficit hídrico durante o ciclo de crescimento. A tolerância da cultura ao déficit hídrico é confirmada por Andrade Júnior et al. (2003); segundo os quais, o feijão-nhemba é considerado uma cultura tolerante à seca, embora pesquisas mostrem que a ocorrência de déficit hídrico, principalmente nas fases de floração e enchimento de grãos, pode provocar severas reduções no rendimento de grãos.

Tabela 5. Rendimentos da cultura de feijão-nhemba (Ton.ha⁻¹), obtidos nas quatro repetições submetidas à diferentes tratamentos de irrigação.

Tratamento	Repetição				Variância	Total	Media ¹
	1	2	3	4			
R ₁	0.09	0.35	0.21	0.14	0.012	0.800	0.20 a
R ₂	0.11	0.30	0.21	0.03	0.014	0.656	0.16 ab
R ₃	0.09	0.26	0.11	0.03	0.009	0.496	0.12 b

CV = 21.33% - Teste F não significativo a 0.05 de probabilidade.

¹Médias apresentando uma letra comum, não diferem estatisticamente pelo teste de Duncan, a 5% de probabilidade.

Pela análise de variância (ver anexo 3), verificou-se que não houve efeito significativo ($P > 0.05$) dos tratamentos de irrigação. Apesar da aplicação de maior quantidade de água no tratamento R₁, o teste de Duncan mostrou que não houve diferenças significativas em termos de rendimentos entre os tratamentos R₁ e R₂, o coeficiente de variação foi de 21.33%. Não houve diferenças significativas entre os tratamentos R₂ e R₃. Houve porém, diferenças significativas entre os tratamentos R₁ e R₃.

4.2.2 Deficit hídrico e quebra de rendimento.

Os rendimentos médios de grãos mostram uma queda na produção do amendoim à medida que se acentua o deficit hídrico. A lamina aplicada no tratamento R₃ causou em média, redução de 38% no rendimento, em relação ao tratamento R₁ (Tabela 7), enquanto que a lamina aplicada no tratamento R₂ resultou em média, numa redução no rendimento de 18% em relação ao mesmo tratamento (tabela 6). A redução resultante do tratamento R₂, foi menor em comparação com a redução provocada pelo tratamento R₃. A tabela 6 mostra ainda a não ocorrência de deficit de evapotranspiração resultante do tratamento R₂. Na tabela 7 pode observar-se a ocorrência de deficit de evapotranspiração de (0.2%) resultante do tratamento R₃.

Tabela 6. Deficit de evapotranspiração relativa e deficit de rendimento relativo na cultura de feijão-nhamba.

Repetição	Yr ⁽³⁾	Ym ⁽³⁾	1 - Yr/Ym (%) (calculado) ⁽⁵⁾	1 - Yr/Ym (%) (simulado) ⁽⁶⁾	ETr ⁽¹⁾	ETm ⁽²⁾	1 - ETr/ETm (%)
Média	0.16	0.20	18.0	0.9	577.6	577.6	0.0

⁽¹⁾ Evapotranspiração real estimada a partir do tratamento R₂, em mm.ciclo⁻¹.

⁽²⁾ Evapotranspiração máxima obtida a partir do tratamento R₁, em mm.ciclo⁻¹.

⁽³⁾ Rendimento real (Yr) e máximo (Ym) em Ton.ha⁻¹ (média de 4 repetições).

Tabela 7. Deficit de evapotranspiração relativa e deficit de rendimento relativo na cultura de feijão-nhamba.

Repetição	Yr ⁽³⁾	Ym ⁽³⁾	1 - Yr/Ym (%) (calculado) ⁽⁵⁾	1 - Yr/Ym (%) (simulado) ⁽⁶⁾	ETr ⁽⁴⁾	ETm ⁽²⁾	1 - ETr/ETm (%)
Média	0.12	0.20	38.0	1.2	576.2	577.6	0.2

⁽⁴⁾ Evapotranspiração real estimada a partir do tratamento R₃, em mm.ciclo⁻¹.

⁽⁵⁾ Deficit de rendimento calculado a partir dos rendimentos, real e máximo.

⁽⁶⁾ Deficit de rendimento esperado, obtido com o Cropwat.

O consumo de água de 576.2 mm no tratamento R₃ proporcionou menores rendimento de feijão-nhamba (Tabela 7), ao comparar com os obtidos quando os consumos foram de 577.6 mm em R₁ e R₂ (Tabela 6). Os consumos nos 3 tratamentos superaram as necessidades hídricas da cultura, que segundo Andrade et al. (2003), elas variam de 300 a 450 mm durante o ciclo, dependendo da cultivar, solo e clima.

Os altos valores dos consumos de água obtidos devem-se provavelmente ao facto de não ter havido suspensão da irrigação até ter-se iniciado a colheita. Segundo Andrade Júnior et al. (2003), cultivares de porte erecto ou semi-erecto, devem ter a irrigação suspensa quando 50% das vagens estejam amarelas.

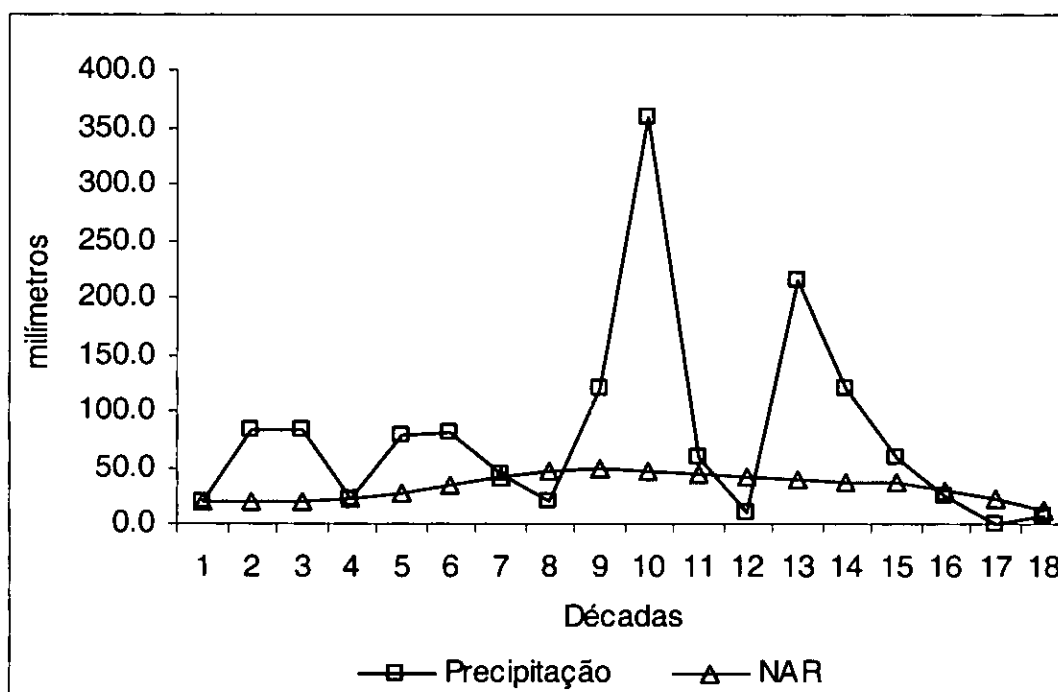


Figura 3. Distribuição da precipitação e das necessidades hídricas da cultura de feijão-nemba durante o ciclo de crescimento.

A figura 3 mostra a possibilidade de ocorrência de déficits hídricos na 8ª, 12ª, 17ª e 18ª décadas durante o ciclo da cultura, correspondendo a déficits nas fases de crescimento II (vegetativa), III (desenvolvimento) e IV (maturação), segundo o modelo de Thornthwaite & Mather (1965). Entretanto, os resultados simulados a partir do Cropwat resultaram em déficits nas fases de crescimento I, II e III, confirmando a probabilidade apresentada com o modelo anterior. Tanto os resultados obtidos com o modelo de Thornthwaite & Mather, como os obtidos a partir do Cropwat, mostram que o déficit hídrico não foi mantido de forma uniforme durante o ciclo de crescimento.

4.2.3 Factor de resposta da cultura à água.

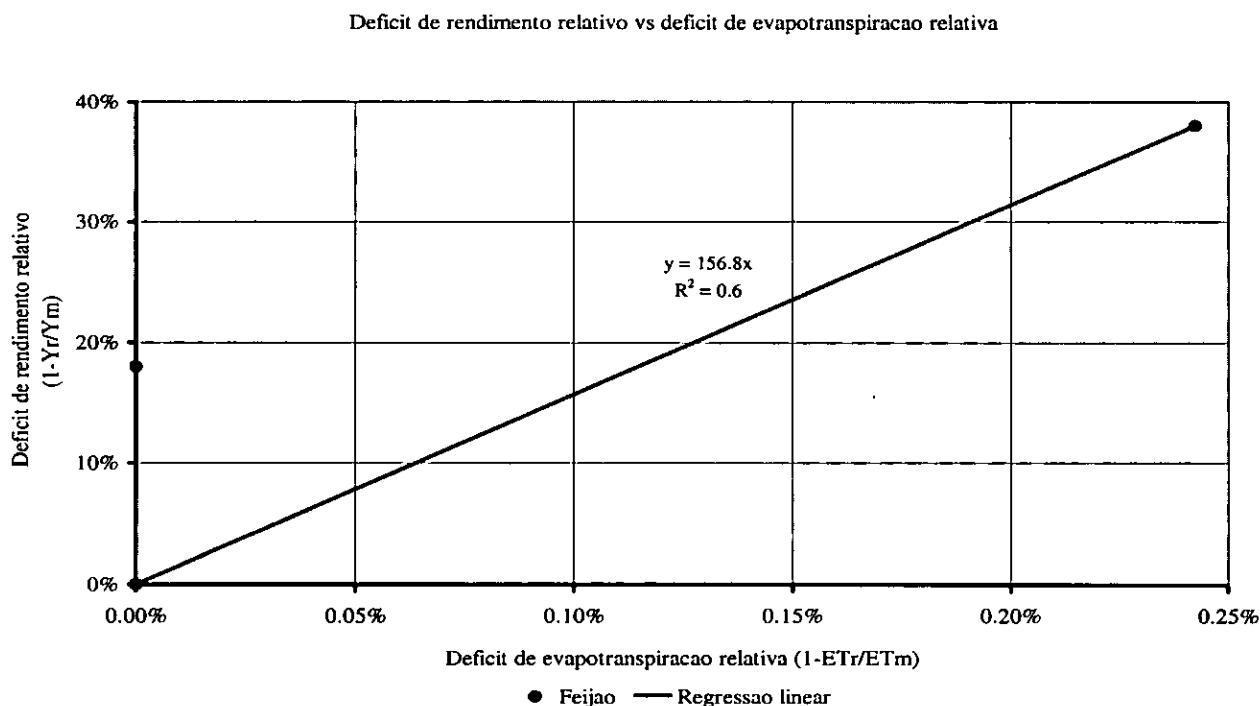


Figura 4. Relação entre deficit de evapotranspiração relativa e deficit de rendimento relativo na cultura de feijão-nhemba durante o ciclo de crescimento.

A Figura mostra a relação entre o deficit de rendimento relativo e o deficit de evapotranspiração relativa durante o ciclo de crescimento do feijão-nhemba. Como no caso do amendoim, os dados foram ajustados a uma equação de regressão linear passando pela origem, de acordo com o sugerido por Stewart e Hagan (1973). O coeficiente angular da equação que representa o factor de resposta da cultura à água foi 156.8, resultado bastante alto e pouco significativo, contrastando a tese de que a cultura é considerada tolerante ao deficit hídrico, sendo de esperar neste caso um k_y inferior a unidade ($k_y < 1$). A aplicação do modelo de Stewart e Hagan (1973) neste caso também constitui uma violação dos pressupostos que validam a sua aplicabilidade, explicados no caso do amendoim, já que o deficit hídrico não foi uniforme ao longo do ciclo da cultura, e para além da irrigação, houve contribuição da precipitação no conteúdo de humidade no solo, influenciando portanto o baixo deficit hídrico observado no solo de 0.2%.

Há poucos estudos publicados relacionados com o factor de sensibilidade da cultura ao déficit hídrico durante o ciclo de crescimento da cultura de feijão-nhemba. Andrade et al. (2000), reportam que estudando o efeito do déficit hídrico na cultura de feijão-nhemba, nos estágios fenológicos de crescimento, floração e frutificação, encontraram valores de k_y de 1.28; 1.06 e 0.98 respectivamente. De acordo com Doorenbos & Kassam (1979), culturas que apresentam elevada tolerância ao déficit hídrico apresentam valores de k_y inferiores a unidade.

4.3 Milho.

4.3.1 Análise dos rendimentos.

O rendimento médio de grãos de milho variou significativamente nos três tratamentos de irrigação (Tabela 8). O rendimento de milho no tratamento R_1 foi maior que nos restantes tratamentos R_2 e R_3 , em todas repetições, evidenciando portanto ser uma cultura com sensibilidade considerável ao déficit hídrico, o que é confirmado por Tommaselli & Villa Nova (1995), ao afirmarem que apesar de ser uma cultura com boa resistência às adversidades climáticas, o rendimento pode ser bastante reduzido devido à deficiência hídrica, principalmente quando ela é prolongada e ocorre em torno do período de floração. Morizet & Togola (1984) citados por Bergamaschi et al. (2001), também confirmam estes resultados e afirma que a cultura é sensível ao déficit hídrico, principalmente se ele ocorre durante o período crítico de pré-floração, floração e formação do rendimento.

Tabela 8. Rendimentos da cultura de milho ($\text{Ton}\cdot\text{ha}^{-1}$), obtidos nas quatro repetições submetidas à diferentes tratamentos de irrigação.

Tratamento	Repetição				Variância	Total	Média ¹
	1	2	3	4			
R_1	2.43	3.63	2.96	2.48	0.31	11.50	2.88 a
R_2	2.29	2.66	2.85	2.03	0.13	9.82	2.46 a
R_3	1.34	1.14	1.39	0.19	0.31	4.06	1.02 b

CV = 15.75% - Teste F significativo a 0.05 de probabilidade.

¹Médias seguidas pela(s) mesma(s) letra(s), não diferem estatisticamente pelo teste de Duncan, a 5% de probabilidade.

Os dados da análise de variância (ver anexo 3) indicaram que houve efeito altamente significativo ($P < 0.05$) das lâminas totais de irrigação aplicadas entre os tratamentos.

O teste de Duncan indicou que em termos de rendimento, não houve diferenças significativas entre os tratamentos R₁ e R₂. Porém, foram detectadas diferenças significativas entre os tratamentos R₁ e R₃, e entre os tratamentos R₂ e R₃.

4.3.2 Deficit hídrico e quebra de rendimento.

Como nas culturas de amendoim e feijão-nhemba, os rendimentos médios de grãos mostram uma queda na produção do milho com o acentuar do deficit hídrico. A lamina aplicada no tratamento R₃ causou em média, redução de aproximadamente 65% no rendimento, em relação ao tratamento R₁ (Tabela 10), enquanto que a lamina aplicada no tratamento R₂ resultou numa redução no rendimento em cerca de 15% em relação ao mesmo tratamento (tabela 9). Da tabela 8 pode observar-se que não houve deficit de evapotranspiração resultante do tratamento R₂, enquanto que na tabela 9 pode observar-se a ocorrência de deficit de evapotranspiração de (0.5%) resultante do tratamento R₃.

Tabela 9. Deficit de evapotranspiração relativa e deficit de rendimento relativo na cultura de milho.

Repetição	Yr ⁽³⁾	Ym ⁽³⁾	1 - Yr/Ym (%) (calculado) ⁽⁵⁾	1 - Yr/Ym (%) (simulado) ⁽⁶⁾	ETr ⁽¹⁾	ETm ⁽²⁾	1 - ETr/ETm (%)
Média	2.46	2.88	14.6	0.4	438.5	438.5	0.0

⁽¹⁾ Evapotranspiração real estimada a partir do tratamento R₂, em mm.ciclo⁻¹.

⁽²⁾ Evapotranspiração máxima obtida a partir do tratamento R₁, em mm.ciclo⁻¹.

⁽³⁾ Rendimento real (Yr) e máximo (Ym) em Ton.ha⁻¹ (média de 4 repetições).

Tabela 10. Deficit de evapotranspiração relativa e deficit de rendimento relativo na cultura de milho.

Repetição	Yr ⁽³⁾	Ym ⁽³⁾	1 - Yr/Ym (%) (calculado) ⁽⁵⁾	1 - Yr/Ym (%) (simulado) ⁽⁶⁾	ETr ⁽⁴⁾	ETm ⁽²⁾	1 - ETr/ETm (%)
Média	1.02	2.88	64.7	1.0	436.3	438.5	0.5

⁽⁴⁾ Evapotranspiração real estimada a partir do tratamento R₃, em mm.ciclo⁻¹.

⁽⁵⁾ Deficit de rendimento calculado a partir dos rendimentos, real e máximo.

⁽⁶⁾ Deficit de rendimento esperado, obtido com o Cropwat.

Em relação ao consumo de água, observa-se que o menor consumo verificado no tratamento R₃ (436.3 mm), proporcionou menores rendimentos de amendoim (Tabela 10), em comparação com os rendimentos obtidos sob consumos de 438.5 mm em R₂ e R₁ (Tabela 9). Segundo Guimarães et al. (2001), o uso consumptivo de água para o milho durante o seu ciclo de crescimento varia de 500 a 800 mm, dependendo das condições climáticas dominantes.

Albuquerque e Resende (2001), afirmam que o milho de variedade de ciclo médio cultivado para a produção de grãos secos consome de 400 a 700 mm de água durante o ciclo de crescimento, dependendo das condições climáticas. Portanto, os resultados do presente trabalho concordam mais com o apresentado por Albuquerque e Resende (2001).

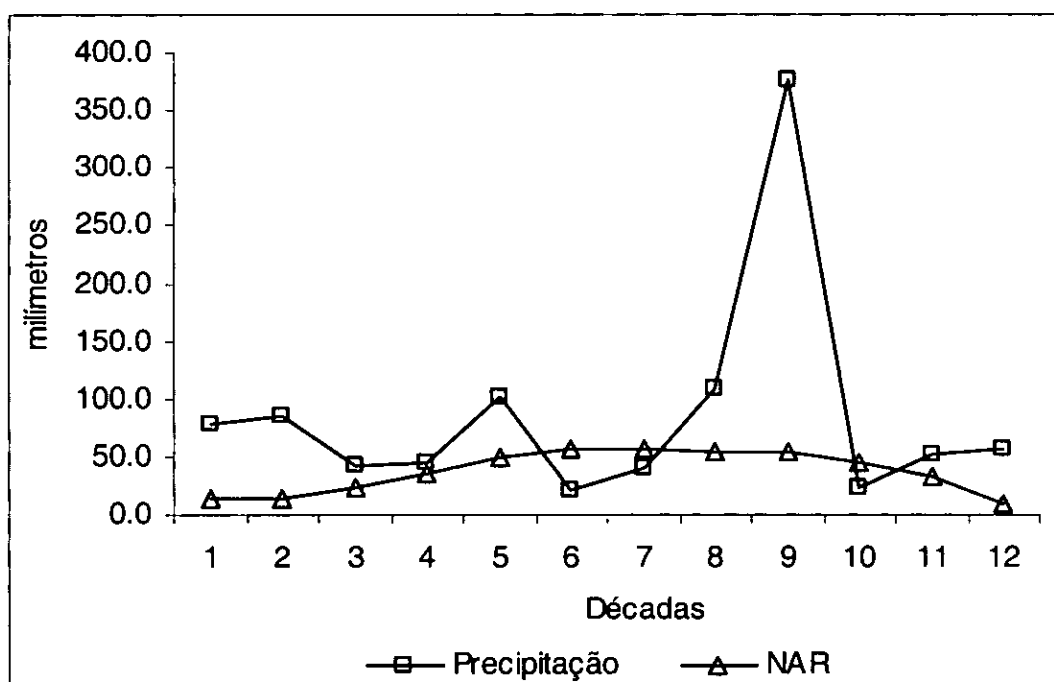


Figura 5. Distribuição da precipitação e das necessidades hídricas da cultura de milho durante o ciclo de crescimento.

Pelo modelo de Thornthwaite & Mather (1965), a figura 5 ilustra a probabilidade de ocorrência de déficit hídrico nas décadas 6 e 10, correspondentes às fases de crescimento III (vegetativa) e IV (maturação). Entretanto, os resultados simulados a partir do modelo Cropwat, revelaram ocorrência de déficit hídrico apenas na fase III. Tal resultado mostra que embora os tratamentos de irrigação tenham sido aplicados de forma uniforme ao longo de todo o ciclo de crescimento, o déficit hídrico resultante não foi uniformemente distribuído durante o ciclo.

4.3.3 Factor de resposta da cultura à água.

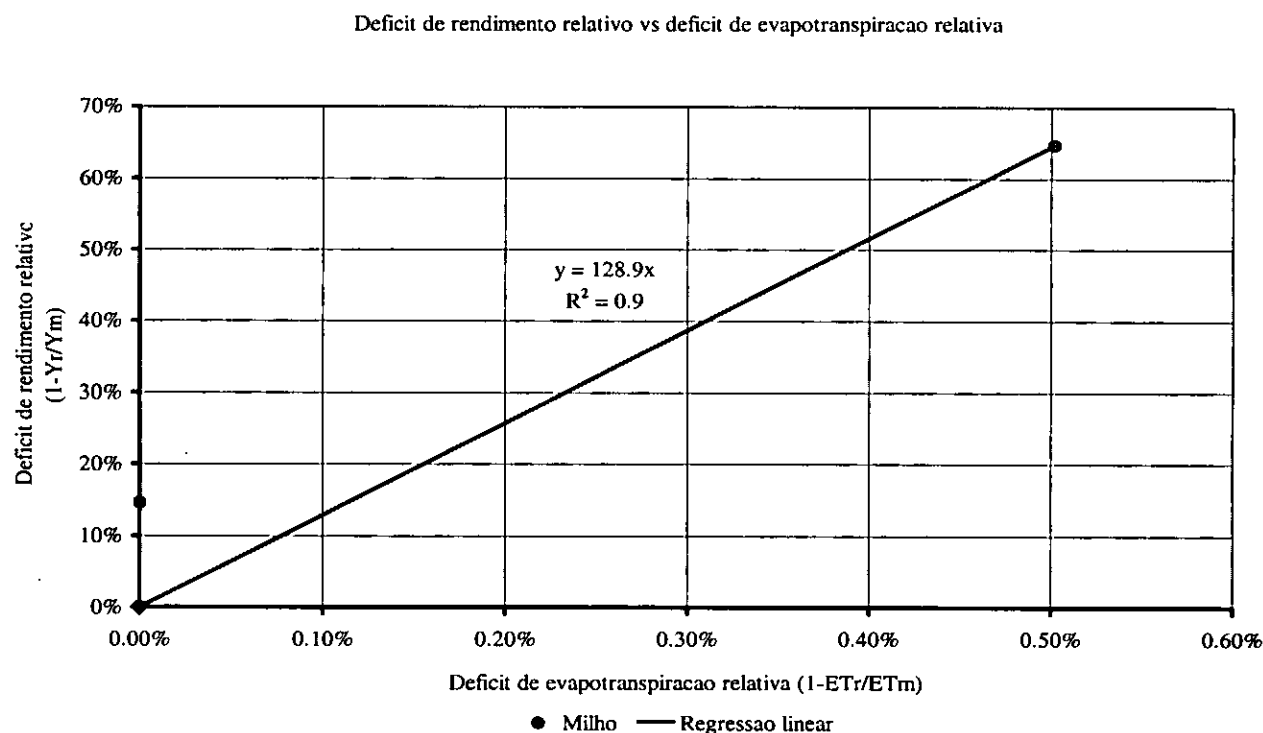


Figura 6. Relação entre deficit de evapotranspiração relativa e deficit de rendimento relativo na cultura de milho durante o ciclo de crescimento.

A Figura mostra a relação entre o deficit de evapotranspiração relativa e o deficit de rendimento relativo durante o ciclo de crescimento da cultura de milho. Como feito para o amendoim e feijão-nhemba, os dados, foram ajustados a uma equação de regressão linear passando pela origem, de acordo com o proposto por Stewart e Hagan (1973). O coeficiente angular da equação que representa o factor de resposta da cultura à água foi neste caso de 128.9. Embora não contradizendo o critério agronómico de tolerância ao deficit hídrico, segundo o qual a cultura de milho é considerada sensível ao deficit hídrico durante o ciclo de crescimento (Bergamaschi et al. 2001, citando Morizet & Togola, 1984), o valor é bastante alto e significativamente diferente de $k_y = 1.25$ apresentado por Doorenbos e Kassam (1979) para a cultura de milho.

Segundo Doorenbos e Kassam (1979), a cultura de milho mostram alta sensibilidade ao deficit hídrico, pois apresenta um factor de resposta da cultura à água (ky) maior que a unidade. Porém, o valor obtido neste trabalho (128.9) não tem qualquer significado pois o modelo de Stewart e Hagan (1973) usado para o seu calculo sofreu uma violação nos pressupostos que validam a sua aplicabilidade, como foi explicado anteriormente no caso das culturas de amendoim e feijão-nhemba. Identicamente àquelas culturas, o deficit hídrico para o caso do milho também não foi uniformemente distribuído ao longo do ciclo, devido principalmente à contribuição da precipitação no conteúdo de humidade no solo, reduzindo grandemente o nível de deficit hídrico que se pretendia no solo.

4.4 Consociação.

4.4.1 Análise dos rendimentos.

Tabela 11. Rendimentos médios l de grãos (Ton.ha⁻¹) das culturas em consociação (média de quatro repetições).

Tratamento	Rendimento médio (Ton.ha ⁻¹)		
	Amendoim	F. Nhemba	Milho
R ₁	0.49 a	1.57 a	7.36 a
R ₂	0.47 a	0.77 b	5.96 a
R ₃	0.32 b	0.46 b	3.28 b
CV (%)	8.07	32.22	20.89

¹Médias seguidas pela(s) mesma(s) letra(s), não diferem estatisticamente pelo teste de Duncan, a 5% de probabilidade.

Os dados das análises de variância indicaram que houve efeito altamente significativo ($P < 0.05$) das lâminas totais de irrigação aplicadas entre os tratamentos, para todas culturas consociadas. Apesar de mais água ter sido aplicada no tratamento R₁, o teste de Duncan não mostrou diferenças significativas entre os tratamentos R₁ e R₂ a nível de probabilidade 0.05, para o amendoim e milho; os coeficientes de variação para as duas culturas foram de 8.07% e 20.89%; para as mesmas culturas, foram detectadas diferenças significativas entre os tratamentos R₁ e R₃, e entre os tratamentos R₂ e R₃.

Para o feijão-nhemba, cujo coeficiente de variação foi de 32.22%, o teste de Duncan mostrou existirem diferenças significativas entre os tratamentos R₁ e R₂, e entre R₁ e R₃; porém, entre os tratamentos R₂ e R₃ não foi detectada qualquer diferença estatisticamente significativa.

4.4.2 Análise conjunta da consociação e cultivo puro.

Tabela 12. Rendimentos médios² de grãos (Ton.ha⁻¹) das três culturas em consociação e cultivo puro, obtidos nos três tratamentos de irrigação (corrigidos à densidade de plantio de 50.000 plantas/ha).

Tratamento	Rendimento médio ² (Ton.ha ⁻¹)						Razão de Terra Equivalente (LER ³)			
	Amendoim		Feijão-nhamba		Milho		Amendoim ³	Feijão-nhamba ³	Milho ³	Total ⁴
	Cons	Puro	Cons	Puro	Cons	Puro				
R ₁	0.51	2.28	1.57	0.50	7.35	4.79	0.22	3.14	1.53	4.90
R ₂	0.47	2.22	0.77	0.41	5.95	4.09	0.21	1.88	1.45	3.54
R ₃	0.32	1.60	0.46	0.31	3.28	2.42	0.20	1.48	1.36	3.04

²LER Parcial = Y_{co_i} / Y_{cp_i} .

⁴LER total = $\sum(Y_{co_i} / Y_{cp_i})$.

A tabela 12 sumariza os rendimentos médios de amendoim, milho e feijão-nhamba em cultivo puro e consociação (corrigidos à densidade de plantio de 50.000 plantas/ha), e os índices de equivalência de terra (LER) parcial e total para cada tratamento de irrigação. Nos tratamentos R₁, R₂ e R₃, observa-se claramente que as culturas de feijão-nhamba e milho apresentam rendimentos médios mais altos quando cultivadas em consociação do que em cultivo puro, o que já não acontece com a cultura de amendoim que apresenta rendimentos mais baixos em consociação, indicando que a consociação não é benéfica para o amendoim em termos de ganhos de rendimento.

Da tabela 12, verifica-se que o rendimento em consociação decresceu em relação ao cultivo puro, em 78%, 79% e 80% para o amendoim nos tratamentos R₁, R₂ e R₃; aumentou em 214%, 88% e 48% para o feijão-nhamba; e em 53%, 45% e 36% para o milho nos mesmos tratamentos. Os valores de LER totais obtidos em cada tratamento foram de 4.88 (R₁), 3.44 (R₂) e 3.03 (R₃), indicando vantagem da consociação sobre o cultivo puro. Da tabela, observa-se ainda que em todos tratamentos, os maiores índices parciais de equivalência de terra foram obtidos com o feijão-nhamba (3.14, 1.88 e 1.48), sugerindo que esta cultura foi a principal componente a influenciar o rendimento final do sistema de cultivo.

4.4.3 Efeito da consociação no consumo de água.

Tabela 13. Rendimentos médios das culturas de amendoim, feijão-nhemba e milho em consociação e cultivo puro, obtidos em cada tratamento de irrigação.

Rendimentos médios ¹ (Ton.ha ⁻¹)			
AMENDOIM	Tratamento R ₁	Tratamento R ₂	Tratamento R ₃
Consociação	0.5075 a	0.4675 a	0.3250 a
Cultivo puro	0.9125 b	0.8900 b	0.6400 b
FEIJÃO-NHEMBA	Tratamento R ₁	Tratamento R ₂	Tratamento R ₃
Consociação	1.5650 a	0.7700 a	0.4600 a
Cultivo puro	0.2000 b	0.1625 b	0.1250 a
MILHO	Tratamento R ₁	Tratamento R ₂	Tratamento R ₃
Consociação	7.3475 a	5.9550 a	3.2750 a
Cultivo puro	2.8750 b	2.4575 b	1.4525 b

¹Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas, não diferem estatisticamente pelo teste de Duncan a 5%.

Em relação ao efeito da consociação sobre o consumo de água das culturas, o teste de Duncan mostrou que em todos tratamentos de irrigação, foram observadas diferenças estatisticamente significativas entre os sistemas de cultivo, no caso do amendoim e milho (tabela 13). Da mesma tabela, no caso do feijão-nhemba, o cultivo consociado não diferiu estatisticamente do puro em termos de consumo de água, apenas no tratamento R₃. Pode concluir-se da tabela, que a consociação melhorou as relações hídricas das culturas de feijão-nhemba e milho, com efeito significativo no rendimento. A consociação resultou em melhoria no consumo de água na cultura de amendoim. Porém, tal melhoria não resultou em aumento no rendimento da cultura.

5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.

5.1 Conclusões.

Os resultados do balanço hídrico efectuado a partir do modelo Cropwat, mostram que o deficit hídrico não foi uniformemente distribuído durante o ciclo de crescimento das culturas.

A precipitação influenciou o nível de humidade no solo, resultando em deficits hídricos negligenciáveis (0% a 0.8%) que não podem ser considerados como a única causa dos deficits de rendimento observados, sob risco de se sobrestimar o seu efeito no rendimento e aplicar erroneamente o modelo "água-rendimento".

A não uniformidade na distribuição do deficit hídrico durante o ciclo de crescimento das culturas, limitou o uso da relação linear $(1 - Y_r/Y_m) = K_y(1 - E_{Tr}/E_{Tm})$ para determinação do K_y para o ciclo total de crescimento, constituindo portanto, seu uso uma violação dos pressupostos da sua aplicação.

O deficit de rendimento relativo do amendoim resultante do tratamento R_2 foi 3 vezes superior ao deficit de rendimento relativo estimado com o Cropwat, e 21 vezes superior àquele no caso do tratamento R_3 .

Para o feijão-nhemba, o tratamento R_2 resultou em deficit de rendimento relativo 20 vezes mais elevado que o estimado com o Cropwat; no caso do tratamento R_3 tal deficit foi 32 vezes maior que o estimado.

No caso do milho, o tratamento R_2 resultou em deficit de rendimento relativo 36 vezes maior que o deficit estimado com aquele modelo, contra 65 vezes maior que o simulado no caso do tratamento R_3 .

Os défices hídricos inicialmente programados não foram atingidos, visto que se pretendia com o estudo, simular condições de fornecimento limitado de água de 75% (tratamento R_2) e 50% (tratamento R_3) face ao tratamento de óptimo fornecimento de água (R_1). Entretanto, os cálculos mostraram que os fornecimentos limitados foram de 67% (R_2) e 33% (R_3), do fornecimento óptimo, respectivamente.

O tratamento R₂ resultou segundo as simulações com o Cropwat em déficits hídricos de 0% para as três culturas, contra um déficit hídrico de 25% inicialmente programado.

O tratamento R₃ resultou em déficits hídricos de 0.8% para o amendoim, 0.2% para o feijão-nhemba e 0.5% para o milho, contra um déficit hídrico de 50% inicialmente programado.

Os coeficientes k_y obtidos foram diferentes dos apresentados na literatura, provavelmente devido a não observância do pressuposto de que o uso do modelo aplicado é válido para condições em que o déficit hídrico é uniformemente distribuído durante o ciclo de crescimento.

A diferença nos valores de k_y obtidos quando confrontados com a literatura, evidencia a necessidade do seu cálculo para locais específicos e variedades específicas.

As simulações com o Cropwat mostraram que o déficit hídrico ocorreu nas fases I (inicial), II (vegetativa) e III (desenvolvimento) para as culturas de amendoim e feijão-nhemba, e apenas na fase III para o milho.

As quebras de rendimento observadas nas três culturas, podem dever-se à déficits de evapotranspiração relativa ligeiramente elevados (máximos de 39.2% para o amendoim; 27.6% para o feijão-nhemba; e 28% para o milho), verificados durante alguns dias nos estágios II e III (particularmente sensíveis ao déficit hídrico).

As quebras de rendimento estimadas durante o ciclo total de crescimento das culturas foram de 0.9% (R₂) e 1.4% (R₃) para o amendoim, 0.9% (R₂) e 1.2% (R₃) para o feijão-nhemba, 0.4% (R₂) e 1.0% (R₃) para o milho.

Com exceção do feijão-nhemba em cultivo puro ($P > 0.05$), as diferenças nas lâminas de irrigação tiveram efeito significativo ($P < 0.05$) no rendimento da culturas nos dois sistemas de cultivo.

A maior eficiência biológica, medida pelo índice de equivalência de terra (LER), obtida nos três tratamentos de irrigação, indica que os cultivos consociados propiciam mais vantagens agronómicas e económicas do que o cultivo puro.

O índice de equivalência de terra parcial mais elevado obtido pelo feijão-nhemba sugere que esta cultura foi a principal componente a influenciar o rendimento final do sistema de cultivo.

Os índices de equivalência de terra parciais mais baixos obtidos com o amendoim indicam que independentemente do nível de humidade no solo, esta cultura não é beneficiada em termos de rendimento quando cultivada em consociação com milho e feijão-nhemba.

A consociação melhorou o consumo de água das culturas, com efeito significativo no rendimento do feijão-nhemba e milho. Contudo, em condições de deficit hídrico severo (R₃), a consociação não teve influencia nenhuma no consumo de água da cultura de feijão-nhemba.

5.2 Recomendações.

Na prática da irrigação com deficit programado, recomenda-se que ela seja feita em condições tais que o nível de humidade no solo é controlado (cobrindo-se a área do ensaio), e o fornecimento de água seja feito unicamente pelo sistema de irrigação, evitando-se a contribuição da água proveniente da precipitação, ou em períodos que apresentam baixo índice pluviométrico (período seco).

Deve ser feito o monitoramento da humidade no solo por meio de tensiómetros, sonda de neutrões, ou através do balanço hídrico. Um método recomendável, ideal e preciso, consiste no uso da sonda TDR que mede a constante dielétrica do solo, característica correlacionada ao seu teor de água, confiável e capaz de ser avaliada directamente no campo, sem alteração das características físicas do solo.

Recomenda-se ainda a instalação de um datalogger que auxilie na colecta e análise dos dados em tempo real, de forma precisa e segura.

Durante o ciclo da cultura devem ser feitas observações do desenvolvimento radicular das plantas, para determinar a sua profundidade, permitindo deste modo fazer uma melhor gestão da água disponível no solo para a cultura.

Para determinar a profundidade radicular da cultura recomenda-se a utilização de uma sonda para a recolha das amostras, detectando deste modo as profundidades máximas a que se encontram os vestígios das raízes, ou o método do mini-rizotróo, que determina o perfil do solo explorado pela cultura. Embora caro, este método é preciso e recomendável.

Recomenda-se que sejam feitas regularmente observações foliares para se avaliar o estado hídrico actual das plantas.

Um dos pressupostos da ANOVA, é a independência dos erros experimentais, que é usualmente assegurada com uma correcta casualização dos tratamentos. Recomenda-se portanto, em futuros estudos que tanto os tratamentos culturais, como os de irrigação sejam correctamente casualizados, de modo que as inferências resultantes da análise estatística sejam fiáveis sem violações nos pressupostos da sua aplicação.

Para avaliar o desempenho da consociação face aos monocultivos em termos de rendimento, é recomendável que se propiciem alternativas de arranjos espaciais dos sistemas consociados e densidades de plantio, procurando identificar aqueles de comprovada eficiência biológica e economicamente rentáveis, que pelas facilidades de maneo, favoreçam e possibilitem a adopção pelos agricultores.

Em relação a quantificação do efeito da consociação no consumo de água, recomenda-se que em estudos posteriores sejam feitas análises mais quantitativas do que qualitativas, mediante medição de factores fisiológicos e ambientais como o índice de área foliar (LAI), potencial hídrico nas folhas, condutância estomática, taxa de transpiração, taxa fotossintética, e radiação fotossinteticamente activa (PAR) nos dois sistemas de cultivo. Posteriormente devem comparar-se aqueles factores entre os sistemas de cultivo.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

1. ALLEN, R.G.; PEREIRA, L.S.; RAES, D.; SMITH, M. (1998). Crop evapotranspiration – Guidelines for computing crop water requirements – FAO Irrigation and drainage paper 56. Rome.
2. BERGONCI, J.I.; BERGAMASCHI, H.; BERLATO, M.A.; SANTOS, A.O. (2000). Potencial de água na folha como indicador de déficit hídrico em milho. *Pesq. agropec. bras.*, Brasília, v.35, n.8, BR.
3. BEZERRA, F.M.L.; ANGELOCCI, L.R.; MINAMI, K. (1999). Coeficientes de sensibilidade ao déficit hídrico para a cultura da batata nas condições edafoclimáticas da região de Piracicaba, SP. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.3, n.3, Campina Grande, PB, DEAg/UFPB.
4. CARDOSO, M.J.; FILHO, F.R.F.; RIBEIRO, V.Q.; FROTA, A.B.; MELO, F.de B. (1993). Densidades de plantas no consorcio milho x caupi sob irrigação. *Pesq. agropec. bras.*, Brasília, v.28, n.1, BR.
5. CARLESSO, R.; DOS SANTOS, R.F. (?). Limite crítico de disponibilidade de água no solo às plantas de milho cultivadas em solos de diferentes texturas. Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Departamento de Engenharia Rural, Santa Maria-RS, BR.
6. CARVALHO, J. de A.; PEREIRA, G.M; ROQUE, M.W; DE ANDRADE, M.J.B. (2000). Efeito do déficit hídrico sobre o rendimento do feijão Caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp). *Ciênc. agrotec.*, Lavras, v.24, n.3, MG, BR.
7. COELHO, P. R.; DOS ANJOS, L.J.B.; SILVA, A.S.; DA SILVA, M.S.L. (?). Cultivo mínimo em sistemas de captação de água de chuva "in situ". EMBRAPA - Semi-árido, Petrolina-PE, BR.
8. COTR (Centro Operativo e de Tecnologia de Regadio). (2004). Disponível em www.cotr.pt
9. DA SILVA, E.L.; GERVÁSIO, E.S. (1999). Uso do instrumento TDR para determinação do teor de água em diferentes camadas de um Latossolo Roxo Distrófico. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.3, n.3, Campina Grande, PB, DEAg/UFPB.
10. DE FARIA, R.A.; SOARES, A.A.; SEDIYAMA, G.C.; RIBEIRO, C.A.Á.S. (2000). Demanda de irrigação suplementar para a cultura do milho no estado de minas gerais. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.4, n.1, Campina Grande, PB, DEAg/UFPB.
11. DE FREITAS, A.A.; BEZERRA, F.M.L.; FONTENELE, F.C.B. (1999). Determinação da evapotranspiração máxima e real e do factor de sensibilidade ao déficit hídrico da melancia em Canindé, CE. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.3, n.3, Campina Grande, PB, DEAg/UFPB.

12. DE OLIVEIRA, T.K.; DE CARVALHO, G.J.; MORAES, R.N.de S.; JÚNIOR, P.R.M.J. (2003). Características agronômicas e produção de fitomassa de milho verde em monocultivo e consorciado com leguminosas. Ciênc. agrotec., Lavras. V.27, n.1.
13. DE SOUZA, C.C; DE OLIVEIRA, F.A.; DA SILVA, I.de F.; NETO, M.da S.A. (2002). Avaliação de métodos de determinação de água disponível em solo cultivado com algodão. Pesq. agropec. bras., Brasília, v. 37, n. 3, BR.
14. DORNELLES, E.L.B.; MENDEZ, M.G.; CORRÊA, L.A.V.; SCHUCH, L.O.B. (1997). Arranjos de plantas e épocas de semeadura no cultivo consorciado de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) e milho (*Zea mays* L.) na região sul do rio grande do sul. Rev. Bras. de AGROCIÊNCIA, v.3, n.1.
DOS SANTOS, C.R (2001). Uso de tensiómetro na irrigação do coqueiro. Irrigação e Drenagem, Embrapa Semi - Árido. Petrolina, BR.
15. FILHO, I.A.P.; DE OLIVEIRA, A.C.; CRUZ, J.C. (2000). Sistema de plantio de milho em fileiras duplas e simples em consorcio com o feijoeiro comum. Pesq. agropec. bras., Brasília, v.35, n.5, BR.
16. FILHO, J.M.P.L. (2000). Physiological responses of maize and cowpea to intercropping. Pesq. Agropec. bras., Brasília, v.35, n.5, BR.
17. FLESCHE, R.D. (2002). Efeitos temporais e espaciais no consórcio intercalar de milho e feijão. Pesq. Agropec. bras., Brasília, v.37, n.1, BR.
18. GONDIM, R.S.; DE AGUIAR, J.V.; COSTA, R.N.T. (2000). Estratégias de manejo de água em caupi irrigado. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.4, n.1, Campina Grande, PB, DEAg/UFPB.
19. HERNANDEZ, F.B.T.; SOUZA, S.A.V. de; ZOCOLER, J.L.; FRIZZONE, J.A. (2003). Simulação e efeito de veranicos em culturas desenvolvidas na região de Palmeira d'oeste, estado de São Paulo. Jaboticabal, Engenharia Agrícola, v.23, n.1, BR.
20. HERNANDEZ, F.B.T.; ZOCOLER, J.L.; VANZELA, L.S (2002). Uniformidade de distribuição da água acima e abaixo da superfície do solo em um sistema de irrigação por aspersão convencional. XXXI Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA, Salvador-BA, BR.
21. KLOSOWSKI, E.S.; LUNARDI, D.M.C.; SANDANIELO, A. (1999). Determinação do consumo de água e do coeficiente da cultura de abóbora na região de Botucatu, SP. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.3, n.3, Campina Grande, PB, DEAg/UFPB.
22. MEIRELES, E.J.L.; STONE, L.F.; XAVIER, L.de S.; MOREIRA, J.A.A. (2003). Risco climático do feijão da seca no Estado de Goiás, sob preparo de solo convencional e plantio directo. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.7, n.1, Campina Grande, PB, DEAg/UFCG - <http://www.agriambi.com.br>

23. NETTO, J.Á.; DE AZEVEDO, P.V.; DA SILVA, B.B.; SOARES, J.M.; TEIXEIRA, A.H.de C. (2000). Exigências hídricas da videira na região do submédio São Francisco. *Pesq. agropec. bras.*, Brasília, v.35, n.8, BR.
24. NOGUEIRA, R.J.M.C.; DOS SANTOS, R.C. (2000). Alterações fisiológicas no amendoim submetido ao estresse hídrico. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.4, n.1, Campina Grande, PB, DEAg/UFPB.
25. NOGUEIRA, R.J.M.C.; DOS SANTOS, R.C.; NETO, E.B.; DOS SANTOS, V.F. (1998). Comportamento fisiológico de duas cultivares de amendoim submetidas a diferentes regimes hídricos. *Pesq. agropec. bras.*, Brasília, v.33, n.12, BR.
26. OLUWASEMIRE, K.O.; STIGTER, C.J.; OWONUBI, J.J.; JAGTAP, S.S. (2002). Seasonal water use and water productivity of millet-based cropping systems in the Nigerian Sudan savanna near Kano. *Agricultural water management*, www.elsevier.com/locate/agwat, NG.
27. RASSINI, J.B (2002). Manejo da água na irrigação da alfafa num Latossolo Vermelho-Amarelo. *Pesq. agropec. bras.*, Brasília, v. 37, n. 4, BR.
28. ROSA, L.M.G.; MULLER, A.; BERGAMASCHI, H.; BERGONCI, J.I. (). Efeito da disponibilidade hídrica do solo no fluxo de água no xilema, em plantas de milho. Departamento de Plantas Forrageiras e Agrometeorologia, Fac. Agronomia, UFRGS).
29. SANTOS, R.F.; CARLESSO, R. (1998). Deficit hídrico e os processos morfológico e fisiológico das plantas. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.2, n.3, Campina Grande, PB, DEAg/UFPB.
30. SILVA, L.C.; BELTRÃO, N.E.M.; RAO, T.V.R.; FILHO, J.F. (1998). Efeito do manejo da irrigação na qualidade da produção e na produtividade do amendoim cv. BR1. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.2, n.2, Campina Grande, PB, DEAg/UFPB.
31. TEIXEIRA, A.H.C.; DE AZEVEDO, P.V.; DA SILVA, B.B.; SOARES, J.M. (1999). Consumo hídrico e coeficiente de cultura da videira na região de Petrolina, PE. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.3, n.3, Campina Grande, PB, DEAg/UFPB.
32. TOUREIRO, C.C.; SERRALHEIRO, R.P. (?). Modelos de gestão da água em agricultura de regadio - *validação de modelos* - Universidade de Évora – Departamento de Engenharia Rural.
33. WREGE, M.S.; GONÇALVES, S.L.; CARAMORI, P.H.; VASCONCELLOS, M.E. da C.; DE OLIVEIRA, D.; NETO, M.A.; BORROZZINO, E.; CAVIGLIONE, J.H. (1999). Risco de deficiência hídrica na cultura do milho no estado do paraná. *Pesq. Agropec. bras.*, Brasília, v.34, n.7, BR.
34. ZHANG, F.; SHEN, J.; LI, L.; LIU, X. (2002). An approach to study rhizosphere processes under major cropping systems in China. Laboratory of plant nutrition, China Agricultural University, Beijing 100094, P.R.China.

ANEXO 1

Dados da cultura (p , K_c , K_y) nos diferentes estágios fenológicos, profundidade radicular efectiva máxima, e altura máxima média das plantas.

Valores de p , K_c e K_y nos diferentes estágios fenológicos das culturas de amendoim, feijão e milho.

Amendoim

	Inicial	Vegetativo	Desenvolvimento	Maturação	Total
Duração (dias)	20	30	45	24	119
K_c	0.40	-	1.15	0.60	
Prof. radicular (m)	-	-	0.50 - 1.00	-	
Altura média (m)	-	-	0.40	0.40	
p	0.50	-	0.50	0.50	
K_y	0.40	0.60	0.80	0.40	0.70

Feijão

	Inicial	Vegetativo	Desenvolvimento	Maturação	Total
Duração (dias)	30	50	65	33	178
K_c	0.40	-	1.05	0.35	
Prof. radicular (m)	-	-	0.60 - 1.00	-	
Altura média (m)	-	-	0.40	0.40	
p	0.45	-	0.45	0.60	
K_y	0.20	0.60	1.00	0.40	1.15

Milho

	Inicial	Vegetativo	Desenvolvimento	Maturação	Total
Duração (dias)	20	30	35	29	114
K_c	0.30	-	1.20	0.60	
Prof. radicular (m)	-	-	1.00 - 1.70	-	
Altura média (m)	-	-	2.00	2.00	
p	0.55	-	0.55	0.80	
K_y	0.40	0.40	1.30	0.50	1.25

Fontes:

FAO 56 – valores de K_c , p , profundidade radicular e altura média das plantas.

CROPWAT – valores de K_y .

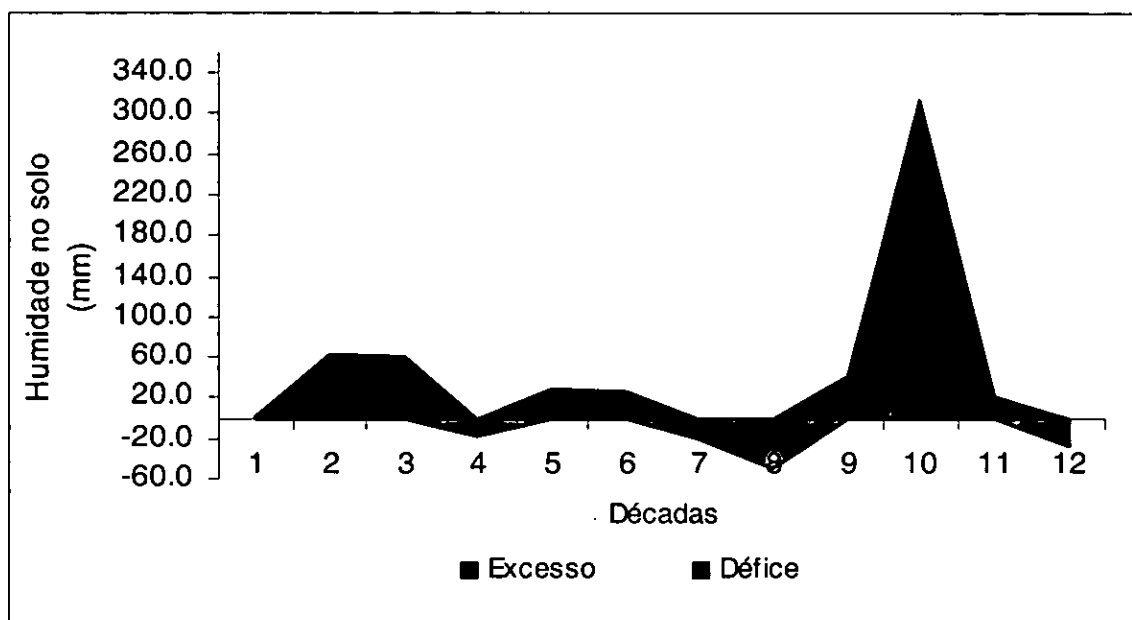
Obs: O factor de esgotamento de água no solo (p), é condicionado pelo nível de ET_m , em torno de 5 mm.dia⁻¹.

ANEXO 2

Resultados do modelo de Thornthwaite & Mather (1965) e das simulações com CROPWAT, mostrando as lâminas e frequência de irrigação, balanço hídrico, déficit de humidade no solo, evapotranspiração real e máxima, e necessidades líquidas de água das culturas.

BALANÇO HÍDRICO NA ZONA RADICULAR (THORNTWAITE & MATHER - 1965).

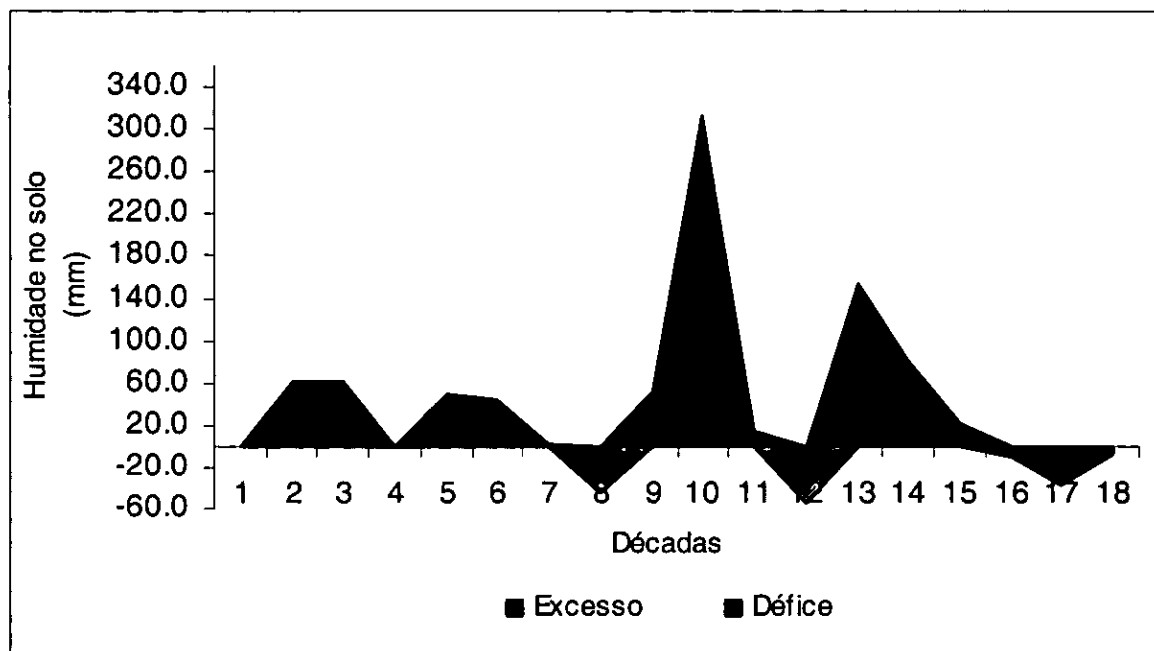
AMENDOIM				CAD (mm/m)	Dr (m)	CAD (mm)						
Décadas	Pr	ETP	Pr - ETP	38.5	1.00	38.5	APWL	ST	ΔST	ETR	Excesso	Défice
1	18.9	17.3	1.6	0.0	38.54	0.0	17.3	1.6	0.0			
2	82.4	19.7	62.7	0.0	38.54	0.0	19.7	62.7	0.0			
3	82.5	25.8	56.7	0.0	38.54	0.0	25.8	56.7	0.0			
4	21.9	35.3	-13.4	13.4	27.21	-11.3	33.2	0.0	-24.8			
5	78.8	44.1	34.7	0.0	38.54	11.3	44.1	23.3	0.0			
6	79.4	52.8	26.6	0.0	38.54	0.0	52.8	26.6	0.0			
7	43.5	54.0	-10.5	10.5	29.38	-9.2	52.7	0.0	-19.6			
8	19.6	53.3	-33.7	44.2	12.25	-17.1	36.7	0.0	-50.8			
9	119.1	52.1	67.0	0.0	38.54	26.3	52.1	40.7	0.0			
10	359.4	48.9	310.5	0.0	38.54	0.0	48.9	310.5	0.0			
11	58.2	38.2	20.0	0.0	38.54	0.0	38.2	20.0	0.0			
12	9.3	25.0	-15.7	15.7	25.65	-12.9	22.2	0.0	-28.6			



CAD = Capacidade de armazenamento do solo (mm).

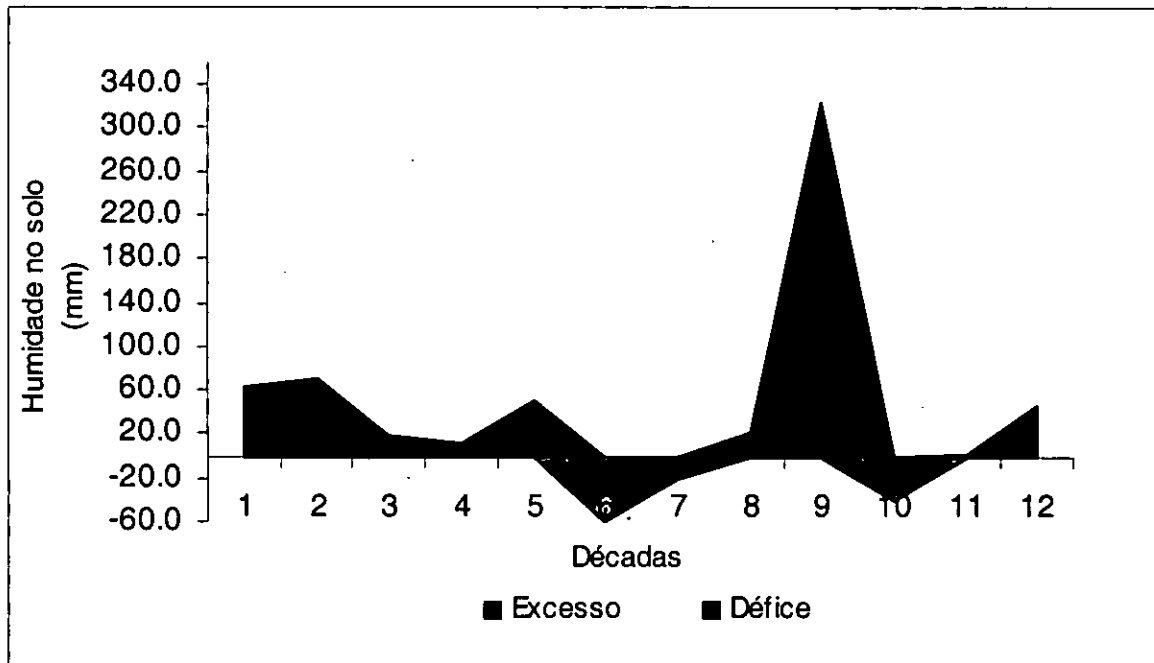
BALANÇO HÍDRICO NA ZONA RADICULAR (THORNTWAITE & MATHER - 1965).

FEIJÃO-NHEMBA				CAD (mm/m)	Dr (m)	CAD (mm)						
Décadas	Pr	ETP	Pr - ETP	38.5	1.00	38.5	APWL	ST	Δ ST	ETR	Excesso	Défice
1	18.9	17.3	1.6	0.0	38.54	0.0	17.3	1.6	0.0			
2	82.4	19.7	62.7	0.0	38.54	0.0	19.7	62.7	0.0			
3	82.5	19.9	62.6	0.0	38.54	0.0	19.9	62.6	0.0			
4	21.9	22.8	-0.9	0.9	37.70	-0.8	22.7	0.0	-1.7			
5	78.8	28.0	50.8	0.0	38.54	0.8	28.0	49.9	0.0			
6	79.4	34.2	45.2	0.0	38.54	0.0	34.2	45.2	0.0			
7	43.5	40.4	3.1	0.0	38.54	0.0	40.4	3.1	0.0			
8	19.6	46.0	-26.4	26.4	19.45	-19.1	38.7	0.0	-45.4			
9	119.1	47.6	71.5	0.0	38.54	19.1	47.6	52.4	0.0			
10	359.4	46.0	313.4	0.0	38.54	0.0	46.0	313.4	0.0			
11	58.2	44.1	14.1	0.0	38.54	0.0	44.1	14.1	0.0			
12	9.3	42.0	-32.7	32.7	16.50	-22.0	31.3	0.0	-54.7			
13	215.1	40.0	175.1	0.0	38.54	22.0	40.0	153.1	0.0			
14	118.3	38.3	80.1	0.0	38.54	0.0	38.3	80.1	0.0			
15	57.8	35.9	22.0	0.0	38.54	0.0	35.9	22.0	0.0			
16	24.0	28.5	-4.5	4.5	34.34	-4.2	28.2	0.0	-8.7			
17	0.7	20.7	-20.0	24.4	20.46	-13.9	14.6	0.0	-33.8			
18	6.9	11.0	-4.1	28.5	18.41	-2.1	9.0	0.0	-6.1			



BALANÇO HÍDRICO NA ZONA RADICULAR (THORNTWAITE & MATHER - 1965).

MILHO				CAD (mm/m)	Dr (m)	CAD (mm)						
Décadas	Pr	ETP	Pr - ETP	38.5	1.20	46.3	APWL	ST	Δ ST	ETR	Excesso	Défice
1	77.3	14.5	62.8	0.0	46.25	0.0	14.5	62.8	0.0			
2	85.9	15.0	70.9	0.0	46.25	0.0	15.0	70.9	0.0			
3	41.9	22.7	19.2	0.0	46.25	0.0	22.7	19.2	0.0			
4	45.7	36.0	9.7	0.0	46.25	0.0	36.0	9.7	0.0			
5	100.7	49.6	51.1	0.0	46.25	0.0	49.6	51.1	0.0			
6	20.7	56.4	-35.7	35.7	21.36	-24.9	45.6	0.0	-60.6			
7	41.0	55.9	-14.9	50.6	15.49	-5.9	46.9	0.0	-20.8			
8	107.8	54.8	53.0	0.0	46.25	30.8	54.8	22.2	0.0			
9	376.7	51.8	324.9	0.0	46.25	0.0	51.8	324.9	0.0			
10	22.8	41.9	-19.1	19.1	30.62	-15.6	38.4	0.0	-34.7			
11	51.1	31.5	19.6	0.0	46.25	15.6	31.5	3.9	0.0			
12	56.1	9.9	46.2	0.0	46.25	0.0	9.9	46.2	0.0			



Resultados do Cropwat com a cultura de AMENDOIM.

Crop Water Requirements Report

- Crop # 1 : AMENDOIM
- Block # : [All blocks]
- Planting date : 9/11
- Calculation time step = 10 Day(s)
- Irrigation Efficiency = 75%

Date	ETo (mm/period)	Planted Area (%)	Crop Kc	CWR (ETm)	Total Rain (mm/period)	Effect. Rain	Irr. Req.	FWS (l/s/ha)
9/11	43.16	100.00	0.40	17.26	0.00	0.00	17.26	0.27
19/11	49.27	100.00	0.40	19.71	0.00	0.00	19.71	0.30
29/11	49.84	100.00	0.52	25.79	0.00	0.00	25.79	0.40
9/12	48.28	100.00	0.73	35.32	0.00	0.00	35.32	0.55
19/12	46.64	100.00	0.95	44.12	0.00	0.00	44.12	0.68
29/12	46.77	100.00	1.13	52.79	0.00	0.00	52.79	0.81
8/1	46.92	100.00	1.15	53.96	0.00	0.00	53.96	0.83
18/1	46.35	100.00	1.15	53.30	0.00	0.00	53.30	0.82
28/1	45.31	100.00	1.15	52.11	0.00	0.00	52.11	0.80
7/2	43.83	100.00	1.12	48.91	0.00	0.00	48.91	0.75
17/2	42.00	100.00	0.91	38.23	0.00	0.00	38.23	0.59
27/2	36.09	100.00	0.69	24.99	0.00	0.00	24.99	0.43
Total	544.46			466.50	0.00	0.00	466.50	[0.60]

* ETo data is distributed using polynomial curve fitting.

* Rainfall data is distributed using polynomial curve fitting.

Resultados do tratamento R₁

Irrigation Scheduling Report

* Soil Data:

- Soil description : FAEFSoil
- Initial soil moisture depletion: 0%

* Irrigation Scheduling Criteria:

- Application Timing:
Irrigate at variable intervals (user-defined).
- Applications Depths:
Variable depths (user-defined).
- Start of Scheduling: 9/11

Date	TAM (mm)	RAM (mm)	Total Rain (mm)	Efct. Rain (mm)	ETc (mm)	ETc/ETm (%)	SMD (mm)	Interv. (Days)	Net Irr. (mm)	Lost Irr. (mm)	User Adj. (mm)
9/11	7.7	3.9	0.0	0.0	1.5	100.0%	1.5	0	18.8	17.2	
11/11	8.8	4.4	0.0	0.0	1.6	100.0%	3.2	2	0.6	0.0	
14/11	10.5	5.3	0.0	0.0	1.5	95.1%	7.5	3	18.8	11.2	
16/11	11.6	5.8	0.0	0.0	1.8	100.0%	3.6	2	9.4	5.8	
17/11	12.2	6.1	0.0	0.0	1.9	100.0%	1.9	1	37.5	35.6	
18/11	12.7	6.4	0.0	0.0	1.9	100.0%	1.9	1	8.9	7.0	
19/11	13.3	6.7	0.0	0.0	1.9	100.0%	1.9	1	1.0	0.0	
20/11	13.9	6.9	0.0	0.0	1.9	100.0%	2.8	1	10.3	7.5	
21/11	14.4	7.2	0.0	0.0	1.9	100.0%	1.9	1	0.6	0.0	
22/11	15.0	7.5	0.0	0.0	2.0	100.0%	3.3	1	3.0	0.0	
24/11	16.1	8.1	0.0	0.0	2.0	100.0%	4.3	2	46.8	42.5	
25/11	16.7	8.3	0.0	0.0	2.0	100.0%	2.0	1	34.8	32.8	
27/11	17.8	8.9	0.0	0.0	2.0	100.0%	4.0	2	19.1	15.1	
28/11	18.3	9.2	0.0	0.0	2.0	100.0%	2.0	1	41.8	39.8	
29/11	18.9	9.4	0.0	0.0	2.1	100.0%	2.1	1	49.2	47.1	
30/11	19.5	9.7	0.0	0.0	2.2	100.0%	2.2	1	12.1	9.9	
1/12	20.0	10.0	0.0	0.0	2.3	100.0%	2.3	1	38.7	36.4	
4/12	21.7	10.9	0.0	0.0	2.6	100.0%	7.6	3	37.5	29.9	
7/12	23.4	11.7	0.0	0.0	2.9	100.0%	8.5	3	4.3	0.0	
8/12	23.9	12.0	0.0	0.0	3.0	100.0%	7.2	1	53.2	46.0	
13/12	26.7	13.4	0.0	0.0	3.5	100.0%	16.5	5	18.3	1.8	
15/12	27.9	13.9	0.0	0.0	3.7	100.0%	7.2	2	41.1	33.9	
18/12	29.5	14.8	0.0	0.0	3.9	100.0%	11.5	3	37.5	26.0	
21/12	31.2	15.6	0.0	0.0	4.2	100.0%	12.3	3	45.5	33.2	
22/12	31.8	15.9	0.0	0.0	4.3	100.0%	4.3	1	37.5	33.2	
23/12	32.3	16.2	0.0	0.0	4.4	100.0%	4.4	1	0.2	0.0	
27/12	34.6	17.3	0.0	0.0	4.6	99.3%	22.4	4	37.5	15.1	
28/12	35.1	17.6	0.0	0.0	4.8	100.0%	4.8	1	33.1	28.3	
30/12	36.3	18.1	0.0	0.0	5.0	100.0%	9.9	2	2.3	0.0	
1/1	37.4	18.7	0.0	0.0	5.3	100.0%	18.0	2	8.9	0.0	
2/1	37.9	19.0	0.0	0.0	5.4	100.0%	14.5	1	3.0	0.0	
3/1	38.5	19.3	0.0	0.0	5.4	100.0%	16.9	1	1.0	0.0	
4/1	38.5	19.3	0.0	0.0	5.4	100.0%	21.3	1	52.4	31.1	
5/1	38.5	19.3	0.0	0.0	5.4	100.0%	5.4	1	4.7	0.0	
6/1	38.5	19.3	0.0	0.0	5.4	100.0%	6.1	1	3.7	0.0	
7/1	38.5	19.3	0.0	0.0	5.4	100.0%	7.8	1	3.4	0.0	
8/1	38.5	19.3	0.0	0.0	5.4	100.0%	9.9	1	8.5	0.0	

9/1	38.5	19.3	0.0	0.0	5.4	100.0%	6.8	1	0.4	0.0
10/1	38.5	19.3	0.0	0.0	5.4	100.0%	11.8	1	37.5	25.7
16/1	38.5	19.3	0.0	0.0	3.4	91.9%	29.7	6	19.6	0.0
17/1	38.5	19.3	0.0	0.0	5.4	100.0%	15.5	1	52.5	37.0
18/1	38.5	19.3	0.0	0.0	5.4	100.0%	5.4	1	6.4	1.0
24/1	38.5	19.3	0.0	0.0	3.4	92.2%	29.5	6	37.5	8.0
27/1	38.5	19.3	0.0	0.0	5.3	100.0%	15.9	3	13.2	0.0
28/1	38.5	19.3	0.0	0.0	5.3	100.0%	8.0	1	0.9	0.0
29/1	38.5	19.3	0.0	0.0	5.3	100.0%	12.3	1	93.7	81.4
31/1	38.5	19.3	0.0	0.0	5.2	100.0%	10.5	2	37.5	27.0
5/2	38.5	19.3	0.0	0.0	4.7	98.4%	25.5	5	18.5	0.0
6/2	38.5	19.3	0.0	0.0	5.1	100.0%	12.2	1	43.5	31.3
7/2	38.5	19.3	0.0	0.0	5.1	100.0%	5.1	1	243.0	237.9
8/2	38.5	19.3	0.0	0.0	5.1	100.0%	5.1	1	48.1	43.0
9/2	38.5	19.3	0.0	0.0	5.1	100.0%	5.1	1	0.8	0.0
10/2	38.5	19.3	0.0	0.0	5.1	100.0%	9.4	1	37.5	28.1
11/2	38.5	19.3	0.0	0.0	5.1	100.0%	5.1	1	1.5	0.0
12/2	38.5	19.3	0.0	0.0	4.9	100.0%	8.5	1	21.3	12.8
14/2	38.5	19.3	0.0	0.0	4.7	100.0%	9.5	2	37.5	28.0
15/2	38.5	19.3	0.0	0.0	4.6	100.0%	4.6	1	7.2	2.6
17/2	38.5	19.3	0.0	0.0	4.3	100.0%	8.8	2	3.4	0.0
19/2	38.5	19.3	0.0	0.0	4.1	100.0%	13.7	2	43.5	29.8
20/2	38.5	19.3	0.0	0.0	4.0	100.0%	4.0	1	3.4	0.0
22/2	38.5	19.3	0.0	0.0	3.8	100.0%	8.2	2	0.4	0.0
23/2	38.5	19.3	0.0	0.0	3.6	100.0%	11.5	1	2.4	0.0
24/2	38.5	19.3	0.0	0.0	3.5	100.0%	12.6	1	0.9	0.0
25/2	38.5	19.3	0.0	0.0	3.4	100.0%	15.1	1	2.1	0.0
26/2	38.5	19.3	0.0	0.0	3.3	100.0%	16.4	1	77.1	60.7
28/2	38.5	19.3	0.0	0.0	3.1	100.0%	6.3	2	6.0	0.0
3/3	38.5	19.3	0.0	0.0	2.8	100.0%	8.9	3	40.0	31.1
6/3	38.5	19.3	0.0	0.0	2.5	100.0%	7.7	3	0.8	0.0
Total			0.0	0.0	460.6	98.7%			1723.0	1271.70.0

* Yield Reduction:

- Estimated yield reduction in growth stage # 1 = 0.3%
- Estimated yield reduction in growth stage # 2 = 0.1%
- Estimated yield reduction in growth stage # 3 = 2.1%
- Estimated yield reduction in growth stage # 4 = 0.0%
- Estimated total yield reduction = 0.9%

* These estimates may be used as guidelines and not as actual figures.

* Legend:

TAM = Total Available Moisture = (FC% - WP%) * Root Depth [mm].
RAM = Readily Available Moisture = TAM * P [mm].
SMD = Soil Moisture Déficit [mm].

Resultados do tratamento R₂

Irrigation Scheduling Report

Date	TAM (mm)	RAM (mm)	Total Rain (mm)	Efct. Rain (mm)	ETc (mm)	ETc/ETm (%)	SMD (mm)	Interv. (Days)	Net Irr. (mm)	Lost Irr. (mm)	User Adj. (mm)
9/11	7.7	3.9	0.0	0.0	1.5	100.0%	1.5	0	12.5	11.0	
11/11	8.8	4.4	0.0	0.0	1.6	100.0%	3.2	2	0.6	0.0	
14/11	10.5	5.3	0.0	0.0	1.5	95.1%	7.5	3	12.5	5.0	
16/11	11.6	5.8	0.0	0.0	1.8	100.0%	3.6	2	9.4	5.8	
17/11	12.2	6.1	0.0	0.0	1.9	100.0%	1.9	1	25.0	23.1	
18/11	12.7	6.4	0.0	0.0	1.9	100.0%	1.9	1	8.9	7.0	
19/11	13.3	6.7	0.0	0.0	1.9	100.0%	1.9	1	1.0	0.0	
20/11	13.9	6.9	0.0	0.0	1.9	100.0%	2.8	1	10.3	7.5	
21/11	14.4	7.2	0.0	0.0	1.9	100.0%	1.9	1	0.6	0.0	
22/11	15.0	7.5	0.0	0.0	2.0	100.0%	3.3	1	3.0	0.0	
24/11	16.1	8.1	0.0	0.0	2.0	100.0%	4.3	2	34.3	30.0	
25/11	16.7	8.3	0.0	0.0	2.0	100.0%	2.0	1	34.8	32.8	
27/11	17.8	8.9	0.0	0.0	2.0	100.0%	4.0	2	19.1	15.1	
28/11	18.3	9.2	0.0	0.0	2.0	100.0%	2.0	1	29.3	27.3	
29/11	18.9	9.4	0.0	0.0	2.1	100.0%	2.1	1	49.2	47.1	
30/11	19.5	9.7	0.0	0.0	2.2	100.0%	2.2	1	12.1	9.9	
1/12	20.0	10.0	0.0	0.0	2.3	100.0%	2.3	1	26.2	23.9	
4/12	21.7	10.9	0.0	0.0	2.6	100.0%	7.6	3	25.0	17.4	
7/12	23.4	11.7	0.0	0.0	2.9	100.0%	8.5	3	4.3	0.0	
8/12	23.9	12.0	0.0	0.0	3.0	100.0%	7.2	1	40.7	33.5	
13/12	26.7	13.4	0.0	0.0	3.5	100.0%	16.5	5	18.3	1.8	
15/12	27.9	13.9	0.0	0.0	3.7	100.0%	7.2	2	28.6	21.4	
18/12	29.5	14.8	0.0	0.0	3.9	100.0%	11.5	3	25.0	13.5	
21/12	31.2	15.6	0.0	0.0	4.2	100.0%	12.3	3	45.5	33.2	
22/12	31.8	15.9	0.0	0.0	4.3	100.0%	4.3	1	25.0	20.7	
23/12	32.3	16.2	0.0	0.0	4.4	100.0%	4.4	1	0.2	0.0	
27/12	34.6	17.3	0.0	0.0	4.6	99.3%	22.4	4	25.0	2.6	
28/12	35.1	17.6	0.0	0.0	4.8	100.0%	4.8	1	33.1	28.3	
30/12	36.3	18.1	0.0	0.0	5.0	100.0%	9.9	2	2.3	0.0	
1/1	37.4	18.7	0.0	0.0	5.3	100.0%	18.0	2	8.9	0.0	
2/1	37.9	19.0	0.0	0.0	5.4	100.0%	14.5	1	3.0	0.0	
3/1	38.5	19.3	0.0	0.0	5.4	100.0%	16.9	1	1.0	0.0	
4/1	38.5	19.3	0.0	0.0	5.4	100.0%	21.3	1	52.4	31.1	
5/1	38.5	19.3	0.0	0.0	5.4	100.0%	5.4	1	4.7	0.0	
6/1	38.5	19.3	0.0	0.0	5.4	100.0%	6.1	1	3.7	0.0	
7/1	38.5	19.3	0.0	0.0	5.4	100.0%	7.8	1	3.4	0.0	
8/1	38.5	19.3	0.0	0.0	5.4	100.0%	9.9	1	8.5	0.0	
9/1	38.5	19.3	0.0	0.0	5.4	100.0%	6.8	1	0.4	0.0	
10/1	38.5	19.3	0.0	0.0	5.4	100.0%	11.8	1	25.0	13.2	
16/1	38.5	19.3	0.0	0.0	3.4	91.9%	29.7	6	19.6	0.0	
17/1	38.5	19.3	0.0	0.0	5.4	100.0%	15.5	1	40.0	24.5	
18/1	38.5	19.3	0.0	0.0	5.4	100.0%	5.4	1	6.4	1.0	
24/1	38.5	19.3	0.0	0.0	3.4	92.2%	29.5	6	25.0	0.0	
27/1	38.5	19.3	0.0	0.0	5.3	100.0%	20.4	3	13.2	0.0	
28/1	38.5	19.3	0.0	0.0	5.3	100.0%	12.5	1	0.9	0.0	
29/1	38.5	19.3	0.0	0.0	5.3	100.0%	16.9	1	93.7	76.8	
31/1	38.5	19.3	0.0	0.0	5.2	100.0%	10.5	2	25.0	14.5	
5/2	38.5	19.3	0.0	0.0	4.7	98.4%	25.5	5	18.5	0.0	
6/2	38.5	19.3	0.0	0.0	5.1	100.0%	12.2	1	31.0	18.8	
7/2	38.5	19.3	0.0	0.0	5.1	100.0%	5.1	1	243.0	237.9	

8/2	38.5	19.3	0.0	0.0	5.1	100.0%	5.1	1	48.1	43.0
9/2	38.5	19.3	0.0	0.0	5.1	100.0%	5.1	1	0.8	0.0
10/2	38.5	19.3	0.0	0.0	5.1	100.0%	9.4	1	37.5	28.1
11/2	38.5	19.3	0.0	0.0	5.1	100.0%	5.1	1	1.5	0.0
12/2	38.5	19.3	0.0	0.0	4.9	100.0%	8.5	1	21.3	12.8
14/2	38.5	19.3	0.0	0.0	4.7	100.0%	9.5	2	25.0	15.5
15/2	38.5	19.3	0.0	0.0	4.6	100.0%	4.6	1	7.2	2.6
17/2	38.5	19.3	0.0	0.0	4.3	100.0%	8.8	2	3.4	0.0
19/2	38.5	19.3	0.0	0.0	4.1	100.0%	13.7	2	31.0	17.3
20/2	38.5	19.3	0.0	0.0	4.0	100.0%	4.0	1	3.4	0.0
22/2	38.5	19.3	0.0	0.0	3.8	100.0%	8.2	2	0.4	0.0
23/2	38.5	19.3	0.0	0.0	3.6	100.0%	11.5	1	2.4	0.0
24/2	38.5	19.3	0.0	0.0	3.5	100.0%	12.6	1	0.9	0.0
25/2	38.5	19.3	0.0	0.0	3.4	100.0%	15.1	1	2.1	0.0
26/2	38.5	19.3	0.0	0.0	3.3	100.0%	16.4	1	64.6	48.2
28/2	38.5	19.3	0.0	0.0	3.1	100.0%	6.3	2	6.0	0.0
3/3	38.5	19.3	0.0	0.0	2.8	100.0%	8.9	3	27.5	18.6
6/3	38.5	19.3	0.0	0.0	2.5	100.0%	7.7	3	0.8	0.0
Total			0.0	0.0	460.6	98.7%			1473.0	1021.70.0

* Yield Reduction:

- Estimated yield reduction in growth stage # 1 = 0.3%
- Estimated yield reduction in growth stage # 2 = 0.1%
- Estimated yield reduction in growth stage # 3 = 2.1%
- Estimated yield reduction in growth stage # 4 = 0.0%
- Estimated total yield reduction = 0.9%

Resultados do tratamento R₃

Irrigation Scheduling Report

Date	TAM (mm)	RAM (mm)	Total Rain (mm)	Efct. Rain (mm)	ETc (mm)	ETc/ETm (%)	SMD (mm)	Interv. (Days)	Net Irr. (mm)	Lost Irr. (mm)	User Adj. (mm)
9/11	7.7	3.9	0.0	0.0	1.5	100.0%	1.5	0	6.3	4.7	
11/11	8.8	4.4	0.0	0.0	1.6	100.0%	3.2	2	0.6	0.0	
14/11	10.5	5.3	0.0	0.0	1.5	95.1%	7.5	3	6.3	0.0	
16/11	11.6	5.8	0.0	0.0	1.8	100.0%	4.9	2	9.4	4.5	
17/11	12.2	6.1	0.0	0.0	1.9	100.0%	1.9	1	12.5	10.6	
18/11	12.7	6.4	0.0	0.0	1.9	100.0%	1.9	1	8.9	7.0	
19/11	13.3	6.7	0.0	0.0	1.9	100.0%	1.9	1	1.0	0.0	
20/11	13.9	6.9	0.0	0.0	1.9	100.0%	2.8	1	10.3	7.5	
21/11	14.4	7.2	0.0	0.0	1.9	100.0%	1.9	1	0.6	0.0	
22/11	15.0	7.5	0.0	0.0	2.0	100.0%	3.3	1	3.0	0.0	
24/11	16.1	8.1	0.0	0.0	2.0	100.0%	4.3	2	21.8	17.5	
25/11	16.7	8.3	0.0	0.0	2.0	100.0%	2.0	1	34.8	32.8	
27/11	17.8	8.9	0.0	0.0	2.0	100.0%	4.0	2	19.1	15.1	
28/11	18.3	9.2	0.0	0.0	2.0	100.0%	2.0	1	16.8	14.8	
29/11	18.9	9.4	0.0	0.0	2.1	100.0%	2.1	1	49.2	47.1	
30/11	19.5	9.7	0.0	0.0	2.2	100.0%	2.2	1	12.1	9.9	
1/12	20.0	10.0	0.0	0.0	2.3	100.0%	2.3	1	13.7	11.4	
4/12	21.7	10.9	0.0	0.0	2.6	100.0%	7.6	3	12.5	4.9	
7/12	23.4	11.7	0.0	0.0	2.9	100.0%	8.5	3	4.3	0.0	
8/12	23.9	12.0	0.0	0.0	3.0	100.0%	7.2	1	28.2	21.0	
13/12	26.7	13.4	0.0	0.0	3.5	100.0%	16.5	5	18.3	1.8	
15/12	27.9	13.9	0.0	0.0	3.7	100.0%	7.2	2	16.1	8.9	
18/12	29.5	14.8	0.0	0.0	3.9	100.0%	11.5	3	12.5	1.0	
21/12	31.2	15.6	0.0	0.0	4.2	100.0%	12.3	3	45.5	33.2	
22/12	31.8	15.9	0.0	0.0	4.3	100.0%	4.3	1	12.5	8.2	
23/12	32.3	16.2	0.0	0.0	4.4	100.0%	4.4	1	0.2	0.0	
27/12	34.6	17.3	0.0	0.0	4.6	99.3%	22.4	4	12.5	0.0	
28/12	35.1	17.6	0.0	0.0	4.8	100.0%	14.7	1	33.1	18.4	
30/12	36.3	18.1	0.0	0.0	5.0	100.0%	9.9	2	2.3	0.0	
1/1	37.4	18.7	0.0	0.0	5.3	100.0%	18.0	2	8.9	0.0	
2/1	37.9	19.0	0.0	0.0	5.4	100.0%	14.5	1	3.0	0.0	
3/1	38.5	19.3	0.0	0.0	5.4	100.0%	16.9	1	1.0	0.0	
4/1	38.5	19.3	0.0	0.0	5.4	100.0%	21.3	1	52.4	31.1	
5/1	38.5	19.3	0.0	0.0	5.4	100.0%	5.4	1	4.7	0.0	
6/1	38.5	19.3	0.0	0.0	5.4	100.0%	6.1	1	3.7	0.0	
7/1	38.5	19.3	0.0	0.0	5.4	100.0%	7.8	1	3.4	0.0	
8/1	38.5	19.3	0.0	0.0	5.4	100.0%	9.9	1	8.5	0.0	
9/1	38.5	19.3	0.0	0.0	5.4	100.0%	6.8	1	0.4	0.0	
10/1	38.5	19.3	0.0	0.0	5.4	100.0%	11.8	1	12.5	0.7	
16/1	38.5	19.3	0.0	0.0	3.4	91.9%	29.7	6	19.6	0.0	
17/1	38.5	19.3	0.0	0.0	5.4	100.0%	15.5	1	27.5	12.0	
18/1	38.5	19.3	0.0	0.0	5.4	100.0%	5.4	1	6.4	1.0	
24/1	38.5	19.3	0.0	0.0	3.4	92.2%	29.5	6	12.5	0.0	
27/1	38.5	19.3	0.0	0.0	3.2	81.6%	30.0	3	13.2	0.0	
28/1	38.5	19.3	0.0	0.0	5.3	100.0%	22.1	1	0.9	0.0	
29/1	38.5	19.3	0.0	0.0	4.7	89.9%	25.9	1	93.7	67.8	
31/1	38.5	19.3	0.0	0.0	5.2	100.0%	10.5	2	12.5	2.0	
5/2	38.5	19.3	0.0	0.0	4.7	98.4%	25.5	5	18.5	0.0	
6/2	38.5	19.3	0.0	0.0	5.1	100.0%	12.2	1	18.5	6.3	

7/2	38.5	19.3	0.0	0.0	5.1	100.0%	5.1	1	243.0	237.9
8/2	38.5	19.3	0.0	0.0	5.1	100.0%	5.1	1	48.1	43.0
9/2	38.5	19.3	0.0	0.0	5.1	100.0%	5.1	1	0.8	0.0
10/2	38.5	19.3	0.0	0.0	5.1	100.0%	9.4	1	37.5	28.1
11/2	38.5	19.3	0.0	0.0	5.1	100.0%	5.1	1	1.5	0.0
12/2	38.5	19.3	0.0	0.0	4.9	100.0%	8.5	1	21.3	12.8
14/2	38.5	19.3	0.0	0.0	4.7	100.0%	9.5	2	12.5	3.0
15/2	38.5	19.3	0.0	0.0	4.6	100.0%	4.6	1	7.2	2.6
17/2	38.5	19.3	0.0	0.0	4.3	100.0%	8.8	2	3.4	0.0
19/2	38.5	19.3	0.0	0.0	4.1	100.0%	13.7	2	18.5	4.8
20/2	38.5	19.3	0.0	0.0	4.0	100.0%	4.0	1	3.4	0.0
22/2	38.5	19.3	0.0	0.0	3.8	100.0%	8.2	2	0.4	0.0
23/2	38.5	19.3	0.0	0.0	3.6	100.0%	11.5	1	2.4	0.0
24/2	38.5	19.3	0.0	0.0	3.5	100.0%	12.6	1	0.9	0.0
25/2	38.5	19.3	0.0	0.0	3.4	100.0%	15.1	1	2.1	0.0
26/2	38.5	19.3	0.0	0.0	3.3	100.0%	16.4	1	52.1	35.7
28/2	38.5	19.3	0.0	0.0	3.1	100.0%	6.3	2	6.0	0.0
3/3	38.5	19.3	0.0	0.0	2.8	100.0%	8.9	3	15.0	6.1
6/3	38.5	19.3	0.0	0.0	2.5	100.0%	7.7	3	0.8	0.0

Total			0.0	0.0	457.1	98.0%			1223.0	775.1 0.0

* Yield Reduction:

- Estimated yield reduction in growth stage # 1 = 0.3%
 - Estimated yield reduction in growth stage # 2 = 0.1%
 - Estimated yield reduction in growth stage # 3 = 3.4%
 - Estimated yield reduction in growth stage # 4 = 0.0%
-
- Estimated total yield reduction = 1.4%

Resultados do Cropwat com a cultura de FEIJÃO-NHEMBA.

Crop Water Requirements Report

- Crop # 1 : FEIJAO-NHEMBA
- Block # : [All blocks]
- Planting date : 9/11
- Calculation time step = 10 Day(s)
- Irrigation Efficiency = 75%

Date	ETo	Planted Area	Crop Kc	CWR (ETm)	Total Rain	Effect. Rain	Irr. Req.	FWS
	(mm/period)	(%)		-----	(mm/period)	-----	-----	(l/s/ha)
9/11	43.16	100.00	0.40	17.26	0.00	0.00	17.26	0.27
19/11	49.27	100.00	0.40	19.71	0.00	0.00	19.71	0.30
29/11	49.84	100.00	0.40	19.93	0.00	0.00	19.93	0.31
9/12	48.28	100.00	0.47	22.75	0.00	0.00	22.75	0.35
19/12	46.64	100.00	0.60	28.04	0.00	0.00	28.04	0.43
29/12	46.77	100.00	0.73	34.23	0.00	0.00	34.23	0.53
8/1	46.92	100.00	0.86	40.42	0.00	0.00	40.42	0.62
18/1	46.35	100.00	0.99	45.95	0.00	0.00	45.95	0.71
28/1	45.31	100.00	1.05	47.58	0.00	0.00	47.58	0.73
7/2	43.83	100.00	1.05	46.02	0.00	0.00	46.02	0.71
17/2	42.00	100.00	1.05	44.10	0.00	0.00	44.10	0.68
27/2	40.00	100.00	1.05	42.00	0.00	0.00	42.00	0.65
9/3	38.07	100.00	1.05	39.98	0.00	0.00	39.98	0.62
19/3	36.43	100.00	1.05	38.25	0.00	0.00	38.25	0.59
29/3	35.20	100.00	1.02	35.85	0.00	0.00	35.85	0.55
8/4	34.34	100.00	0.83	28.42	0.00	0.00	28.42	0.44
18/4	33.53	100.00	0.62	20.65	0.00	0.00	20.65	0.32
28/4	25.83	100.00	0.42	10.98	0.00	0.00	10.98	0.21
Total	751.77			582.10	0.00	0.00	582.10	[0.50]

* ETo data is distributed using polynomial curve fitting.

* Rainfall data is distributed using polynomial curve fitting.

Resultados do tratamento R₁

 Irrigation Scheduling Report

* Crop Data:

 - Crop # 1 : FEIJÃO-NHEMBA
 - Block # : 1
 - Planting date: 9/11

* Soil Data:

 - Soil description : COWPEASOIL
 - Initial soil moisture depletion: 0%

* Irrigation Scheduling Criteria:

 - Application Timing:
 Irrigate at variable intervals (user-defined).
 - Applications Depths:
 Variable depths (user-defined).
 - Start of Scheduling: 9/11

Date	TAM (mm)	RAM (mm)	Total Rain (mm)	Efct. Rain (mm)	ETc (mm)	ETc/ETm (%)	SMD (mm)	Interv. (Days)	Net Irr. (mm)	Lost Irr. (mm)	User Adj. (mm)
9/11	7.7	3.5	0.0	0.0	1.5	100.0%	1.5	0	18.8	17.2	
11/11	8.5	3.8	0.0	0.0	1.6	100.0%	3.2	2	0.6	0.0	
14/11	9.6	4.3	0.0	0.0	1.2	88.7%	7.2	3	18.8	11.6	
16/11	10.4	4.7	0.0	0.0	1.8	100.0%	3.6	2	9.4	5.8	
17/11	10.8	4.9	0.0	0.0	1.9	100.0%	1.9	1	37.5	35.6	
18/11	11.2	5.0	0.0	0.0	1.9	100.0%	1.9	1	8.9	7.0	
19/11	11.6	5.2	0.0	0.0	1.9	100.0%	1.9	1	1.0	0.0	
20/11	11.9	5.4	0.0	0.0	1.9	100.0%	2.8	1	10.3	7.5	
21/11	12.3	5.5	0.0	0.0	1.9	100.0%	1.9	1	0.6	0.0	
22/11	12.7	5.7	0.0	0.0	2.0	100.0%	3.3	1	3.0	0.0	
24/11	13.5	6.1	0.0	0.0	2.0	100.0%	4.3	2	46.8	42.5	
25/11	13.9	6.2	0.0	0.0	2.0	100.0%	2.0	1	34.8	32.8	
27/11	14.6	6.6	0.0	0.0	2.0	100.0%	4.0	2	19.1	15.1	
28/11	15.0	6.8	0.0	0.0	2.0	100.0%	2.0	1	41.8	39.8	
29/11	15.4	6.9	0.0	0.0	2.0	100.0%	2.0	1	49.2	47.2	
30/11	15.8	7.1	0.0	0.0	2.0	100.0%	2.0	1	12.1	10.1	
1/12	16.2	7.3	0.0	0.0	2.0	100.0%	2.0	1	38.7	36.7	
4/12	17.3	7.8	0.0	0.0	2.0	100.0%	6.0	3	37.5	31.5	
7/12	18.5	8.3	0.0	0.0	2.0	100.0%	6.0	3	4.3	0.0	
8/12	18.9	8.5	0.0	0.0	2.0	100.0%	3.6	1	53.2	49.6	
13/12	20.8	9.4	0.0	0.0	2.2	100.0%	10.7	5	18.3	7.6	
15/12	21.6	9.7	0.0	0.0	2.4	100.0%	4.7	2	41.1	36.4	
18/12	22.7	10.2	0.0	0.0	2.5	100.0%	7.4	3	37.5	30.1	
21/12	23.9	10.7	0.0	0.0	2.7	100.0%	7.9	3	45.5	37.6	
22/12	24.3	10.9	0.0	0.0	2.7	100.0%	2.7	1	37.5	34.8	
23/12	24.6	11.1	0.0	0.0	2.8	100.0%	2.8	1	0.2	0.0	
27/12	26.2	11.8	0.0	0.0	3.0	100.0%	14.2	4	37.5	23.3	
28/12	26.6	12.0	0.0	0.0	3.0	100.0%	3.0	1	33.1	30.1	
30/12	27.3	12.3	0.0	0.0	3.2	100.0%	6.2	2	2.3	0.0	
1/1	28.1	12.6	0.0	0.0	3.4	100.0%	10.5	2	8.9	0.0	

2/1	28.5	12.8	0.0	0.0	3.4	100.0%	5.0	1	3.0	0.0
3/1	28.9	13.0	0.0	0.0	3.5	100.0%	5.5	1	1.0	0.0
4/1	29.3	13.2	0.0	0.0	3.5	100.0%	8.0	1	52.4	44.4
5/1	29.6	13.3	0.0	0.0	3.6	100.0%	3.6	1	4.7	1.1
6/1	30.0	13.5	0.0	0.0	3.7	100.0%	3.7	1	3.7	0.0
7/1	30.4	13.7	0.0	0.0	3.7	100.0%	3.7	1	3.4	0.0
8/1	30.8	13.9	0.0	0.0	3.8	100.0%	4.1	1	8.5	4.4
9/1	31.2	14.0	0.0	0.0	3.8	100.0%	3.8	1	0.4	0.0
10/1	31.6	14.2	0.0	0.0	3.9	100.0%	7.3	1	37.5	30.2
16/1	33.9	15.2	0.0	0.0	3.1	94.5%	23.2	6	19.6	0.0
17/1	34.3	15.4	0.0	0.0	4.3	100.0%	7.9	1	52.5	44.6
18/1	34.6	15.6	0.0	0.0	4.4	100.0%	4.4	1	6.4	2.0
24/1	37.0	16.6	0.0	0.0	3.4	94.0%	25.6	6	37.5	11.9
27/1	38.1	17.2	0.0	0.0	4.8	100.0%	14.3	3	13.2	0.0
28/1	38.5	17.3	0.0	0.0	4.8	100.0%	5.9	1	0.9	0.0
29/1	38.5	17.3	0.0	0.0	4.8	100.0%	9.8	1	93.7	83.9
31/1	38.5	17.3	0.0	0.0	4.8	100.0%	9.6	2	37.5	27.9
5/2	38.5	17.3	0.0	0.0	4.3	98.4%	23.3	5	18.5	0.0
6/2	38.5	17.3	0.0	0.0	4.7	100.0%	9.5	1	43.5	34.0
7/2	38.5	17.3	0.0	0.0	4.7	100.0%	4.7	1	243.0	238.3
8/2	38.5	17.3	0.0	0.0	4.7	100.0%	4.7	1	48.1	43.4
9/2	38.5	17.3	0.0	0.0	4.6	100.0%	4.6	1	0.8	0.0
10/2	38.5	17.3	0.0	0.0	4.6	100.0%	8.5	1	37.5	29.0
11/2	38.5	17.3	0.0	0.0	4.6	100.0%	4.6	1	1.5	0.0
12/2	38.5	17.3	0.0	0.0	4.6	100.0%	7.7	1	21.3	13.6
14/2	38.5	17.3	0.0	0.0	4.6	100.0%	9.1	2	37.5	28.4
15/2	38.5	17.3	0.0	0.0	4.5	100.0%	4.5	1	7.2	2.7
17/2	38.5	17.3	0.0	0.0	4.5	100.0%	9.0	2	3.4	0.0
19/2	38.5	17.3	0.0	0.0	4.5	100.0%	14.6	2	43.5	28.9
20/2	38.5	17.3	0.0	0.0	4.4	100.0%	4.4	1	3.4	0.0
22/2	38.5	17.3	0.0	0.0	4.4	100.0%	9.9	2	0.4	0.0
23/2	38.5	17.3	0.0	0.0	4.4	100.0%	13.8	1	2.4	0.0
24/2	38.5	17.3	0.0	0.0	4.4	100.0%	15.8	1	0.9	0.0
25/2	38.5	17.3	0.0	0.0	4.3	100.0%	19.2	1	2.1	0.0
26/2	38.5	17.3	0.0	0.0	4.3	100.0%	21.5	1	77.1	55.6
28/2	38.5	17.3	0.0	0.0	4.3	100.0%	8.6	2	6.0	0.0
3/3	38.5	17.3	0.0	0.0	4.2	100.0%	15.3	3	40.0	24.7
6/3	38.5	17.3	0.0	0.0	4.1	100.0%	12.5	3	0.8	0.0
9/3	38.5	17.3	0.0	0.0	3.6	95.9%	23.5	3	55.3	31.8
10/3	38.5	17.3	0.0	0.0	4.1	100.0%	4.1	1	14.9	10.8
11/3	38.5	17.3	0.0	0.0	4.0	100.0%	4.0	1	80.3	76.3
12/3	38.5	17.3	0.0	0.0	4.0	100.0%	4.0	1	18.4	14.4
16/3	38.5	17.3	0.0	0.0	3.9	100.0%	15.9	4	0.6	0.0
17/3	38.5	17.3	0.0	0.0	3.9	100.0%	19.2	1	42.5	23.3
18/3	38.5	17.3	0.0	0.0	3.9	100.0%	3.9	1	40.6	36.7
20/3	38.5	17.3	0.0	0.0	3.9	100.0%	7.8	2	41.4	33.6
22/3	38.5	17.3	0.0	0.0	3.8	100.0%	7.7	2	4.2	0.0
23/3	38.5	17.3	0.0	0.0	3.8	100.0%	7.3	1	2.7	0.0
24/3	38.5	17.3	0.0	0.0	3.8	100.0%	8.5	1	37.5	29.0
28/3	38.5	17.3	0.0	0.0	3.8	100.0%	15.1	4	70.0	54.9
29/3	38.5	17.3	0.0	0.0	3.7	100.0%	3.7	1	37.5	33.8
30/3	38.5	17.3	0.0	0.0	3.7	100.0%	3.7	1	2.1	0.0
31/3	38.5	17.3	0.0	0.0	3.7	100.0%	5.4	1	8.5	3.1
1/4	38.5	17.3	0.0	0.0	3.7	100.0%	3.7	1	17.5	13.8
2/4	38.5	17.3	0.0	0.0	3.7	100.0%	3.7	1	4.0	0.3
3/4	38.5	17.5	0.0	0.0	3.6	100.0%	3.6	1	37.5	33.9
6/4	38.5	18.0	0.0	0.0	3.4	100.0%	10.3	3	12.5	2.2
7/4	38.5	18.2	0.0	0.0	3.3	100.0%	3.3	1	13.2	9.9
8/4	38.5	18.4	0.0	0.0	3.2	100.0%	3.2	1	19.2	16.0

10/4	38.5	18.7	0.0	0.0	3.0	100.0%	6.2	2	37.5	31.3
17/4	38.5	19.9	0.0	0.0	2.5	100.0%	19.1	7	42.3	23.2
20/4	38.5	20.5	0.0	0.0	2.3	100.0%	7.0	3	0.4	0.0
22/4	38.5	20.8	0.0	0.0	2.1	100.0%	10.9	2	0.3	0.0
24/4	38.5	21.2	0.0	0.0	1.9	100.0%	14.6	2	37.5	22.9
29/4	38.5	22.0	0.0	0.0	1.6	100.0%	8.6	5	5.4	0.0
5/5	38.5	23.1	0.0	0.0	1.1	100.0%	11.0	6	1.5	0.0
Total			0.0	0.0	577.6	99.2%			2408.3	1840.10.0

* Yield Reduction:

- Estimated yield reduction in growth stage # 1 = 0.2%
- Estimated yield reduction in growth stage # 2 = 1.0%
- Estimated yield reduction in growth stage # 3 = 0.3%
- Estimated yield reduction in growth stage # 4 = 0.0%
- Estimated total yield reduction = 0.9%

Resultados do tratamento R₂

Irrigation Scheduling Report

Date	TAM (mm)	RAM (mm)	Total Rain (mm)	Efct. Rain (mm)	ETc (mm)	ETc/ETm (%)	SMD (mm)	Interv. (Days)	Net Irr. (mm)	Lost Irr. (mm)	User Adj. (mm)
9/11	7.7	3.5	0.0	0.0	1.5	100.0%	1.5	0	12.5	11.0	
11/11	8.5	3.8	0.0	0.0	1.6	100.0%	3.2	2	0.6	0.0	
14/11	9.6	4.3	0.0	0.0	1.2	88.7%	7.2	3	12.5	5.3	
16/11	10.4	4.7	0.0	0.0	1.8	100.0%	3.6	2	9.4	5.8	
17/11	10.8	4.9	0.0	0.0	1.9	100.0%	1.9	1	25.0	23.1	
18/11	11.2	5.0	0.0	0.0	1.9	100.0%	1.9	1	8.9	7.0	
19/11	11.6	5.2	0.0	0.0	1.9	100.0%	1.9	1	1.0	0.0	
20/11	11.9	5.4	0.0	0.0	1.9	100.0%	2.8	1	10.3	7.5	
21/11	12.3	5.5	0.0	0.0	1.9	100.0%	1.9	1	0.6	0.0	
22/11	12.7	5.7	0.0	0.0	2.0	100.0%	3.3	1	3.0	0.0	
24/11	13.5	6.1	0.0	0.0	2.0	100.0%	4.3	2	34.3	30.0	
25/11	13.9	6.2	0.0	0.0	2.0	100.0%	2.0	1	34.8	32.8	
27/11	14.6	6.6	0.0	0.0	2.0	100.0%	4.0	2	19.1	15.1	
28/11	15.0	6.8	0.0	0.0	2.0	100.0%	2.0	1	29.3	27.3	
29/11	15.4	6.9	0.0	0.0	2.0	100.0%	2.0	1	49.2	47.2	
30/11	15.8	7.1	0.0	0.0	2.0	100.0%	2.0	1	12.1	10.1	
1/12	16.2	7.3	0.0	0.0	2.0	100.0%	2.0	1	26.2	24.2	
4/12	17.3	7.8	0.0	0.0	2.0	100.0%	6.0	3	25.0	19.0	
7/12	18.5	8.3	0.0	0.0	2.0	100.0%	6.0	3	4.3	0.0	
8/12	18.9	8.5	0.0	0.0	2.0	100.0%	3.6	1	40.7	37.1	
13/12	20.8	9.4	0.0	0.0	2.2	100.0%	10.7	5	18.3	7.6	
15/12	21.6	9.7	0.0	0.0	2.4	100.0%	4.7	2	28.6	23.9	
18/12	22.7	10.2	0.0	0.0	2.5	100.0%	7.4	3	25.0	17.6	
21/12	23.9	10.7	0.0	0.0	2.7	100.0%	7.9	3	45.5	37.6	
22/12	24.3	10.9	0.0	0.0	2.7	100.0%	2.7	1	25.0	22.3	
23/12	24.6	11.1	0.0	0.0	2.8	100.0%	2.8	1	0.2	0.0	
27/12	26.2	11.8	0.0	0.0	3.0	100.0%	14.2	4	25.0	10.8	
28/12	26.6	12.0	0.0	0.0	3.0	100.0%	3.0	1	33.1	30.1	
30/12	27.3	12.3	0.0	0.0	3.2	100.0%	6.2	2	2.3	0.0	
1/1	28.1	12.6	0.0	0.0	3.4	100.0%	10.5	2	8.9	0.0	
2/1	28.5	12.8	0.0	0.0	3.4	100.0%	5.0	1	3.0	0.0	
3/1	28.9	13.0	0.0	0.0	3.5	100.0%	5.5	1	1.0	0.0	
4/1	29.3	13.2	0.0	0.0	3.5	100.0%	8.0	1	52.4	44.4	
5/1	29.6	13.3	0.0	0.0	3.6	100.0%	3.6	1	4.7	1.1	
6/1	30.0	13.5	0.0	0.0	3.7	100.0%	3.7	1	3.7	0.0	
7/1	30.4	13.7	0.0	0.0	3.7	100.0%	3.7	1	3.4	0.0	
8/1	30.8	13.9	0.0	0.0	3.8	100.0%	4.1	1	8.5	4.4	
9/1	31.2	14.0	0.0	0.0	3.8	100.0%	3.8	1	0.4	0.0	
10/1	31.6	14.2	0.0	0.0	3.9	100.0%	7.3	1	25.0	17.7	
16/1	33.9	15.2	0.0	0.0	3.1	94.5%	23.2	6	19.6	0.0	
17/1	34.3	15.4	0.0	0.0	4.3	100.0%	7.9	1	40.0	32.1	
18/1	34.6	15.6	0.0	0.0	4.4	100.0%	4.4	1	6.4	2.0	
24/1	37.0	16.6	0.0	0.0	3.4	94.0%	25.6	6	25.0	0.0	
27/1	38.1	17.2	0.0	0.0	4.8	100.0%	15.0	3	13.2	0.0	
28/1	38.5	17.3	0.0	0.0	4.8	100.0%	6.6	1	0.9	0.0	
29/1	38.5	17.3	0.0	0.0	4.8	100.0%	10.5	1	93.7	83.2	
31/1	38.5	17.3	0.0	0.0	4.8	100.0%	9.6	2	25.0	15.4	
5/2	38.5	17.3	0.0	0.0	4.3	98.4%	23.3	5	18.5	0.0	
6/2	38.5	17.3	0.0	0.0	4.7	100.0%	9.5	1	31.0	21.5	
7/2	38.5	17.3	0.0	0.0	4.7	100.0%	4.7	1	243.0	238.3	

8/2	38.5	17.3	0.0	0.0	4.7	100.0%	4.7	1	48.1	43.4
9/2	38.5	17.3	0.0	0.0	4.6	100.0%	4.6	1	0.8	0.0
10/2	38.5	17.3	0.0	0.0	4.6	100.0%	8.5	1	37.5	29.0
11/2	38.5	17.3	0.0	0.0	4.6	100.0%	4.6	1	1.5	0.0
12/2	38.5	17.3	0.0	0.0	4.6	100.0%	7.7	1	21.3	13.6
14/2	38.5	17.3	0.0	0.0	4.6	100.0%	9.1	2	25.0	15.9
15/2	38.5	17.3	0.0	0.0	4.5	100.0%	4.5	1	7.2	2.7
17/2	38.5	17.3	0.0	0.0	4.5	100.0%	9.0	2	3.4	0.0
19/2	38.5	17.3	0.0	0.0	4.5	100.0%	14.6	2	31.0	16.4
20/2	38.5	17.3	0.0	0.0	4.4	100.0%	4.4	1	3.4	0.0
22/2	38.5	17.3	0.0	0.0	4.4	100.0%	9.9	2	0.4	0.0
23/2	38.5	17.3	0.0	0.0	4.4	100.0%	13.8	1	2.4	0.0
24/2	38.5	17.3	0.0	0.0	4.4	100.0%	15.8	1	0.9	0.0
25/2	38.5	17.3	0.0	0.0	4.3	100.0%	19.2	1	2.1	0.0
26/2	38.5	17.3	0.0	0.0	4.3	100.0%	21.5	1	64.6	43.1
28/2	38.5	17.3	0.0	0.0	4.3	100.0%	8.6	2	6.0	0.0
3/3	38.5	17.3	0.0	0.0	4.2	100.0%	15.3	3	27.5	12.2
6/3	38.5	17.3	0.0	0.0	4.1	100.0%	12.5	3	0.8	0.0
9/3	38.5	17.3	0.0	0.0	3.6	95.9%	23.5	3	55.3	31.8
10/3	38.5	17.3	0.0	0.0	4.1	100.0%	4.1	1	14.9	10.8
11/3	38.5	17.3	0.0	0.0	4.0	100.0%	4.0	1	80.3	76.3
12/3	38.5	17.3	0.0	0.0	4.0	100.0%	4.0	1	18.4	14.4
16/3	38.5	17.3	0.0	0.0	3.9	100.0%	15.9	4	0.6	0.0
17/3	38.5	17.3	0.0	0.0	3.9	100.0%	19.2	1	30.0	10.8
18/3	38.5	17.3	0.0	0.0	3.9	100.0%	3.9	1	40.6	36.7
20/3	38.5	17.3	0.0	0.0	3.9	100.0%	7.8	2	41.4	33.6
22/3	38.5	17.3	0.0	0.0	3.8	100.0%	7.7	2	4.2	0.0
23/3	38.5	17.3	0.0	0.0	3.8	100.0%	7.3	1	2.7	0.0
24/3	38.5	17.3	0.0	0.0	3.8	100.0%	8.5	1	25.0	16.5
28/3	38.5	17.3	0.0	0.0	3.8	100.0%	15.1	4	70.0	54.9
29/3	38.5	17.3	0.0	0.0	3.7	100.0%	3.7	1	25.0	21.3
30/3	38.5	17.3	0.0	0.0	3.7	100.0%	3.7	1	2.1	0.0
31/3	38.5	17.3	0.0	0.0	3.7	100.0%	5.4	1	8.5	3.1
1/4	38.5	17.3	0.0	0.0	3.7	100.0%	3.7	1	17.5	13.8
2/4	38.5	17.3	0.0	0.0	3.7	100.0%	3.7	1	4.0	0.3
3/4	38.5	17.5	0.0	0.0	3.6	100.0%	3.6	1	25.0	21.4
6/4	38.5	18.0	0.0	0.0	3.4	100.0%	10.3	3	12.5	2.2
7/4	38.5	18.2	0.0	0.0	3.3	100.0%	3.3	1	13.2	9.9
8/4	38.5	18.4	0.0	0.0	3.2	100.0%	3.2	1	19.2	16.0
10/4	38.5	18.7	0.0	0.0	3.0	100.0%	6.2	2	25.0	18.8
17/4	38.5	19.9	0.0	0.0	2.5	100.0%	19.1	7	29.8	10.7
20/4	38.5	20.5	0.0	0.0	2.3	100.0%	7.0	3	0.4	0.0
22/4	38.5	20.8	0.0	0.0	2.1	100.0%	10.9	2	0.3	0.0
24/4	38.5	21.2	0.0	0.0	1.9	100.0%	14.6	2	25.0	10.4
29/4	38.5	22.0	0.0	0.0	1.6	100.0%	8.6	5	5.4	0.0
5/5	38.5	23.1	0.0	0.0	1.1	100.0%	11.0	6	1.5	0.0
Total			0.0	0.0	577.6	99.2%			2070.8	1502.60.0

* Yield Reduction:

- Estimated yield reduction in growth stage # 1 = 0.2%
 - Estimated yield reduction in growth stage # 2 = 1.0%
 - Estimated yield reduction in growth stage # 3 = 0.3%
 - Estimated yield reduction in growth stage # 4 = 0.0%
-
- Estimated total yield reduction = 0.9%

Resultados do tratamento R₂

Irrigation Scheduling Report

Date	TAM (mm)	RAM (mm)	Total Rain (mm)	Efct. Rain (mm)	ETc (mm)	ETc/ETm (%)	SMD (mm)	Interv. (Days)	Net Irr. (mm)	Lost Irr. (mm)	User Adj. (mm)
9/11	7.7	3.5	0.0	0.0	1.5	100.0%	1.5	0	6.3	4.7	
11/11	8.5	3.8	0.0	0.0	1.6	100.0%	3.2	2	0.6	0.0	
14/11	9.6	4.3	0.0	0.0	1.2	88.7%	7.2	3	6.3	0.0	
16/11	10.4	4.7	0.0	0.0	1.8	100.0%	4.6	2	9.4	4.8	
17/11	10.8	4.9	0.0	0.0	1.9	100.0%	1.9	1	12.5	10.6	
18/11	11.2	5.0	0.0	0.0	1.9	100.0%	1.9	1	8.9	7.0	
19/11	11.6	5.2	0.0	0.0	1.9	100.0%	1.9	1	1.0	0.0	
20/11	11.9	5.4	0.0	0.0	1.9	100.0%	2.8	1	10.3	7.5	
21/11	12.3	5.5	0.0	0.0	1.9	100.0%	1.9	1	0.6	0.0	
22/11	12.7	5.7	0.0	0.0	2.0	100.0%	3.3	1	3.0	0.0	
24/11	13.5	6.1	0.0	0.0	2.0	100.0%	4.3	2	21.8	17.5	
25/11	13.9	6.2	0.0	0.0	2.0	100.0%	2.0	1	34.8	32.8	
27/11	14.6	6.6	0.0	0.0	2.0	100.0%	4.0	2	19.1	15.1	
28/11	15.0	6.8	0.0	0.0	2.0	100.0%	2.0	1	16.8	14.8	
29/11	15.4	6.9	0.0	0.0	2.0	100.0%	2.0	1	49.2	47.2	
30/11	15.8	7.1	0.0	0.0	2.0	100.0%	2.0	1	12.1	10.1	
1/12	16.2	7.3	0.0	0.0	2.0	100.0%	2.0	1	13.7	11.7	
4/12	17.3	7.8	0.0	0.0	2.0	100.0%	6.0	3	12.5	6.5	
7/12	18.5	8.3	0.0	0.0	2.0	100.0%	6.0	3	4.3	0.0	
8/12	18.9	8.5	0.0	0.0	2.0	100.0%	3.6	1	28.2	24.6	
13/12	20.8	9.4	0.0	0.0	2.2	100.0%	10.7	5	18.3	7.6	
15/12	21.6	9.7	0.0	0.0	2.4	100.0%	4.7	2	16.1	11.4	
18/12	22.7	10.2	0.0	0.0	2.5	100.0%	7.4	3	12.5	5.1	
21/12	23.9	10.7	0.0	0.0	2.7	100.0%	7.9	3	45.5	37.6	
22/12	24.3	10.9	0.0	0.0	2.7	100.0%	2.7	1	12.5	9.8	
23/12	24.6	11.1	0.0	0.0	2.8	100.0%	2.8	1	0.2	0.0	
27/12	26.2	11.8	0.0	0.0	3.0	100.0%	14.2	4	12.5	0.0	
28/12	26.6	12.0	0.0	0.0	3.0	100.0%	4.8	1	33.1	28.3	
30/12	27.3	12.3	0.0	0.0	3.2	100.0%	6.2	2	2.3	0.0	
1/1	28.1	12.6	0.0	0.0	3.4	100.0%	10.5	2	8.9	0.0	
2/1	28.5	12.8	0.0	0.0	3.4	100.0%	5.0	1	3.0	0.0	
3/1	28.9	13.0	0.0	0.0	3.5	100.0%	5.5	1	1.0	0.0	
4/1	29.3	13.2	0.0	0.0	3.5	100.0%	8.0	1	52.4	44.4	
5/1	29.6	13.3	0.0	0.0	3.6	100.0%	3.6	1	4.7	1.1	
6/1	30.0	13.5	0.0	0.0	3.7	100.0%	3.7	1	3.7	0.0	
7/1	30.4	13.7	0.0	0.0	3.7	100.0%	3.7	1	3.4	0.0	
8/1	30.8	13.9	0.0	0.0	3.8	100.0%	4.1	1	8.5	4.4	
9/1	31.2	14.0	0.0	0.0	3.8	100.0%	3.8	1	0.4	0.0	
10/1	31.6	14.2	0.0	0.0	3.9	100.0%	7.3	1	12.5	5.2	
16/1	33.9	15.2	0.0	0.0	3.1	94.5%	23.2	6	19.6	0.0	
17/1	34.3	15.4	0.0	0.0	4.3	100.0%	7.9	1	27.5	19.6	
18/1	34.6	15.6	0.0	0.0	4.4	100.0%	4.4	1	6.4	2.0	
24/1	37.0	16.6	0.0	0.0	3.4	94.0%	25.6	6	12.5	0.0	
27/1	38.1	17.2	0.0	0.0	3.6	90.1%	26.0	3	13.2	0.0	
28/1	38.5	17.3	0.0	0.0	4.8	100.0%	17.7	1	0.9	0.0	
29/1	38.5	17.3	0.0	0.0	4.8	100.0%	21.6	1	93.7	72.1	
31/1	38.5	17.3	0.0	0.0	4.8	100.0%	9.6	2	12.5	2.9	
5/2	38.5	17.3	0.0	0.0	4.3	98.4%	23.3	5	18.5	0.0	
6/2	38.5	17.3	0.0	0.0	4.7	100.0%	9.5	1	18.5	9.0	
7/2	38.5	17.3	0.0	0.0	4.7	100.0%	4.7	1	243.0	238.3	

8/2	38.5	17.3	0.0	0.0	4.7	100.0%	4.7	1	48.1	43.4
9/2	38.5	17.3	0.0	0.0	4.6	100.0%	4.6	1	0.8	0.0
10/2	38.5	17.3	0.0	0.0	4.6	100.0%	8.5	1	37.5	29.0
11/2	38.5	17.3	0.0	0.0	4.6	100.0%	4.6	1	1.5	0.0
12/2	38.5	17.3	0.0	0.0	4.6	100.0%	7.7	1	21.3	13.6
14/2	38.5	17.3	0.0	0.0	4.6	100.0%	9.1	2	12.5	3.4
15/2	38.5	17.3	0.0	0.0	4.5	100.0%	4.5	1	7.2	2.7
17/2	38.5	17.3	0.0	0.0	4.5	100.0%	9.0	2	3.4	0.0
19/2	38.5	17.3	0.0	0.0	4.5	100.0%	14.6	2	18.5	3.9
20/2	38.5	17.3	0.0	0.0	4.4	100.0%	4.4	1	3.4	0.0
22/2	38.5	17.3	0.0	0.0	4.4	100.0%	9.9	2	0.4	0.0
23/2	38.5	17.3	0.0	0.0	4.4	100.0%	13.8	1	2.4	0.0
24/2	38.5	17.3	0.0	0.0	4.4	100.0%	15.8	1	0.9	0.0
25/2	38.5	17.3	0.0	0.0	4.3	100.0%	19.2	1	2.1	0.0
26/2	38.5	17.3	0.0	0.0	4.3	100.0%	21.5	1	52.1	30.6
28/2	38.5	17.3	0.0	0.0	4.3	100.0%	8.6	2	6.0	0.0
3/3	38.5	17.3	0.0	0.0	4.2	100.0%	15.3	3	15.0	0.0
6/3	38.5	17.3	0.0	0.0	4.1	100.0%	12.8	3	0.8	0.0
9/3	38.5	17.3	0.0	0.0	3.5	95.5%	23.7	3	55.3	31.6
10/3	38.5	17.3	0.0	0.0	4.1	100.0%	4.1	1	14.9	10.8
11/3	38.5	17.3	0.0	0.0	4.0	100.0%	4.0	1	80.3	76.3
12/3	38.5	17.3	0.0	0.0	4.0	100.0%	4.0	1	18.4	14.4
16/3	38.5	17.3	0.0	0.0	3.9	100.0%	15.9	4	0.6	0.0
17/3	38.5	17.3	0.0	0.0	3.9	100.0%	19.2	1	17.5	0.0
18/3	38.5	17.3	0.0	0.0	3.9	100.0%	5.7	1	40.6	34.9
20/3	38.5	17.3	0.0	0.0	3.9	100.0%	7.8	2	41.4	33.6
22/3	38.5	17.3	0.0	0.0	3.8	100.0%	7.7	2	4.2	0.0
23/3	38.5	17.3	0.0	0.0	3.8	100.0%	7.3	1	2.7	0.0
24/3	38.5	17.3	0.0	0.0	3.8	100.0%	8.5	1	12.5	4.0
28/3	38.5	17.3	0.0	0.0	3.8	100.0%	15.1	4	70.0	54.9
29/3	38.5	17.3	0.0	0.0	3.7	100.0%	3.7	1	12.5	8.8
30/3	38.5	17.3	0.0	0.0	3.7	100.0%	3.7	1	2.1	0.0
31/3	38.5	17.3	0.0	0.0	3.7	100.0%	5.4	1	8.5	3.1
1/4	38.5	17.3	0.0	0.0	3.7	100.0%	3.7	1	17.5	13.8
2/4	38.5	17.3	0.0	0.0	3.7	100.0%	3.7	1	4.0	0.3
3/4	38.5	17.5	0.0	0.0	3.6	100.0%	3.6	1	12.5	8.9
6/4	38.5	18.0	0.0	0.0	3.4	100.0%	10.3	3	12.5	2.2
7/4	38.5	18.2	0.0	0.0	3.3	100.0%	3.3	1	13.2	9.9
8/4	38.5	18.4	0.0	0.0	3.2	100.0%	3.2	1	19.2	16.0
10/4	38.5	18.7	0.0	0.0	3.0	100.0%	6.2	2	12.5	6.3
17/4	38.5	19.9	0.0	0.0	2.5	100.0%	19.1	7	17.3	0.0
20/4	38.5	20.5	0.0	0.0	2.3	100.0%	8.8	3	0.4	0.0
22/4	38.5	20.8	0.0	0.0	2.1	100.0%	12.6	2	0.3	0.0
24/4	38.5	21.2	0.0	0.0	1.9	100.0%	16.3	2	12.5	0.0
29/4	38.5	22.0	0.0	0.0	1.6	100.0%	12.4	5	5.4	0.0
5/5	38.5	23.1	0.0	0.0	1.1	100.0%	14.8	6	1.5	0.0
Total			0.0	0.0	576.2	99.0%			1733.3	1170.40.0

* Yield Reduction:

- Estimated yield reduction in growth stage # 1 = 0.2%
 - Estimated yield reduction in growth stage # 2 = 1.5%
 - Estimated yield reduction in growth stage # 3 = 0.3%
 - Estimated yield reduction in growth stage # 4 = 0.0%
-
- Estimated total yield reduction = 1.2%

Resultados do Cropwat com a cultura de MILHO.

Crop Water Requirements Report

- Crop # 1 : MILHO
- Block # : [All blocks]
- Planting date : 16/11
- Calculation time step = 10 Day(s)
- Irrigation Efficiency = 75%

Date	ETo (mm/period)	Planted Area (%)	Crop Kc	CWR (ETm)	Total Rain (mm/period)	Effect. Rain	Irr. Req.	FWS (l/s/ha)
16/11	48.21	100.00	0.30	14.46	0.00	0.00	14.46	0.22
26/11	50.02	100.00	0.30	15.00	0.00	0.00	15.00	0.23
6/12	48.83	100.00	0.47	22.66	0.00	0.00	22.66	0.35
16/12	47.07	100.00	0.76	35.97	0.00	0.00	35.97	0.56
26/12	46.50	100.00	1.07	49.56	0.00	0.00	49.56	0.76
5/1	47.01	100.00	1.20	56.42	0.00	0.00	56.42	0.87
15/1	46.57	100.00	1.20	55.88	0.00	0.00	55.88	0.86
25/1	45.67	100.00	1.20	54.81	0.00	0.00	54.81	0.85
4/2	44.32	100.00	1.17	51.82	0.00	0.00	51.82	0.80
14/2	42.57	100.00	0.98	41.87	0.00	0.00	41.87	0.65
24/2	40.60	100.00	0.78	31.54	0.00	0.00	31.54	0.49
6/3	15.68	100.00	0.63	9.90	0.00	0.00	9.90	0.38
Total	523.06			439.89	0.00	0.00	439.89	[0.60]

* ETo data is distributed using polynomial curve fitting.
 * Rainfall data is distributed using polynomial curve fitting.

Resultados do tratamento R₁

Irrigation Scheduling Report

* Crop Data:

- Crop # 1 : MILHO
- Block # : 1
- Planting date: 16/11

* Soil Data:

- Soil description : MAIZESOIL
- Initial soil moisture depletion: 0%

* Irrigation Scheduling Criteria:

- Application Timing:
Irrigate at variable intervals (user-defined).
- Applications Depths:
Variable depths (user-defined).
- Start of Scheduling: 16/11

Date	TAM (mm)	RAM (mm)	Total Rain (mm)	Efct. Rain (mm)	ETc (mm)	ETc/ETm (%)	SMD (mm)	Interv. (Days)	Net Irr. (mm)	Lost Irr. (mm)	User Adj. (mm)
16/11	7.7	4.2	0.0	0.0	1.4	100.0%	1.4	0	9.4	8.0	
17/11	8.5	4.7	0.0	0.0	1.4	100.0%	1.4	1	37.5	36.1	
18/11	9.2	5.1	0.0	0.0	1.4	100.0%	1.4	1	8.9	7.5	
19/11	10.0	5.5	0.0	0.0	1.4	100.0%	1.4	1	1.0	0.0	
20/11	10.8	5.9	0.0	0.0	1.4	100.0%	1.9	1	10.3	8.4	
21/11	11.6	6.4	0.0	0.0	1.5	100.0%	1.5	1	0.6	0.0	
22/11	12.3	6.8	0.0	0.0	1.5	100.0%	2.3	1	3.0	0.7	
24/11	13.9	7.6	0.0	0.0	1.5	100.0%	3.0	2	46.8	43.8	
25/11	14.6	8.0	0.0	0.0	1.5	100.0%	1.5	1	34.8	33.3	
27/11	16.2	8.9	0.0	0.0	1.5	100.0%	3.0	2	19.1	16.1	
28/11	16.9	9.3	0.0	0.0	1.5	100.0%	1.5	1	41.8	40.3	
29/11	17.7	9.7	0.0	0.0	1.5	100.0%	1.5	1	49.2	47.7	
30/11	18.5	10.2	0.0	0.0	1.5	100.0%	1.5	1	12.1	10.6	
1/12	19.3	10.6	0.0	0.0	1.5	100.0%	1.5	1	38.7	37.2	
4/12	21.6	11.9	0.0	0.0	1.5	100.0%	4.5	3	37.5	33.0	
7/12	23.9	13.1	0.0	0.0	1.8	100.0%	4.9	3	4.3	0.0	
8/12	24.6	13.6	0.0	0.0	1.9	100.0%	2.5	1	53.2	50.7	
13/12	28.5	15.7	0.0	0.0	2.6	100.0%	11.7	5	18.3	6.6	
15/12	30.0	16.5	0.0	0.0	2.9	100.0%	5.6	2	41.1	35.5	
18/12	32.3	17.8	0.0	0.0	3.3	100.0%	9.4	3	37.5	28.1	
21/12	34.7	19.1	0.0	0.0	3.7	100.0%	10.6	3	45.5	34.9	
22/12	35.4	19.5	0.0	0.0	3.8	100.0%	3.8	1	37.5	33.7	
23/12	36.2	19.9	0.0	0.0	3.9	100.0%	3.9	1	0.2	0.0	
27/12	39.3	21.6	0.0	0.0	4.4	100.0%	20.7	4	37.5	16.8	
28/12	40.0	22.0	0.0	0.0	4.6	100.0%	4.6	1	33.1	28.5	
30/12	41.6	22.9	0.0	0.0	4.8	100.0%	9.5	2	2.3	0.0	
1/1	43.1	23.7	0.0	0.0	5.2	100.0%	17.4	2	8.9	0.0	
2/1	43.9	24.1	0.0	0.0	5.4	100.0%	13.9	1	3.0	0.0	
3/1	44.7	24.6	0.0	0.0	5.5	100.0%	16.4	1	1.0	0.0	
4/1	45.4	25.0	0.0	0.0	5.7	100.0%	21.0	1	52.4	31.4	

5/1	46.2	25.4	0.0	0.0	5.7	100.0%	5.7	1	4.7	0.0
6/1	46.2	25.4	0.0	0.0	5.7	100.0%	6.6	1	3.7	0.0
7/1	46.2	25.4	0.0	0.0	5.6	100.0%	8.6	1	3.4	0.0
8/1	46.2	25.4	0.0	0.0	5.6	100.0%	10.8	1	8.5	0.0
9/1	46.2	25.4	0.0	0.0	5.6	100.0%	7.9	1	0.4	0.0
10/1	46.2	25.4	0.0	0.0	5.6	100.0%	13.2	1	37.5	24.3
16/1	46.2	25.4	0.0	0.0	4.9	97.8%	33.0	6	19.6	0.0
17/1	46.2	25.4	0.0	0.0	5.6	100.0%	19.0	1	52.5	33.5
18/1	46.2	25.4	0.0	0.0	5.6	100.0%	5.6	1	6.4	0.8
24/1	46.2	25.4	0.0	0.0	4.9	98.0%	32.8	6	37.5	4.7
27/1	46.2	25.4	0.0	0.0	5.5	100.0%	16.6	3	13.2	0.0
28/1	46.2	25.4	0.0	0.0	5.5	100.0%	8.9	1	0.9	0.0
29/1	46.2	25.4	0.0	0.0	5.5	100.0%	13.5	1	93.7	80.2
31/1	46.2	25.4	0.0	0.0	5.5	100.0%	10.9	2	37.5	26.6
5/2	46.2	25.4	0.0	0.0	5.4	100.0%	27.1	5	18.5	0.0
6/2	46.2	25.4	0.0	0.0	5.4	100.0%	13.9	1	43.5	29.6
7/2	46.2	25.4	0.0	0.0	5.3	100.0%	5.3	1	243.0	237.7
8/2	46.2	25.4	0.0	0.0	5.3	100.0%	5.3	1	48.1	42.8
9/2	46.2	25.8	0.0	0.0	5.2	100.0%	5.2	1	0.8	0.0
10/2	46.2	26.2	0.0	0.0	5.1	100.0%	9.5	1	37.5	28.0
11/2	46.2	26.6	0.0	0.0	5.0	100.0%	5.0	1	1.5	0.0
12/2	46.2	27.0	0.0	0.0	4.9	100.0%	8.4	1	21.3	12.9
14/2	46.2	27.8	0.0	0.0	4.7	100.0%	9.4	2	37.5	28.1
15/2	46.2	28.2	0.0	0.0	4.6	100.0%	4.6	1	7.2	2.6
17/2	46.2	29.0	0.0	0.0	4.3	100.0%	8.8	2	3.4	0.0
19/2	46.2	29.8	0.0	0.0	4.1	100.0%	13.8	2	43.5	29.7
20/2	46.2	30.2	0.0	0.0	4.0	100.0%	4.0	1	3.4	0.0
22/2	46.2	31.0	0.0	0.0	3.8	100.0%	8.4	2	0.4	0.0
23/2	46.2	31.4	0.0	0.0	3.7	100.0%	11.7	1	2.4	0.0
24/2	46.2	31.8	0.0	0.0	3.6	100.0%	12.9	1	0.9	0.0
25/2	46.2	32.2	0.0	0.0	3.5	100.0%	15.5	1	2.1	0.0
26/2	46.2	32.6	0.0	0.0	3.4	100.0%	16.8	1	77.1	60.3
28/2	46.2	33.4	0.0	0.0	3.2	100.0%	6.5	2	6.0	0.0
3/3	46.2	34.6	0.0	0.0	2.9	100.0%	9.5	3	40.0	30.5
6/3	46.2	35.8	0.0	0.0	2.6	100.0%	8.1	3	0.8	0.0
9/3	46.2	37.0	0.0	0.0	2.3	100.0%	14.6	3	55.3	40.7
Total			0.0	0.0	438.5	99.7%			1740.2	1301.70.0

* Yield Reduction:

- Estimated yield reduction in growth stage # 1 = 0.0%
- Estimated yield reduction in growth stage # 2 = 0.0%
- Estimated yield reduction in growth stage # 3 = 0.9%
- Estimated yield reduction in growth stage # 4 = 0.0%
- Estimated total yield reduction = 0.4%

Resultados do tratamento R₂

Irrigation Scheduling Report

Date	TAM (mm)	RAM (mm)	Total Rain (mm)	Efct. Rain (mm)	ETc (mm)	ETc/ETm (%)	SMD (mm)	Interv. (Days)	Net Irr. (mm)	Lost Irr. (mm)	User Adj. (mm)
16/11	7.7	4.2	0.0	0.0	1.4	100.0%	1.4	0	9.4	8.0	
17/11	8.5	4.7	0.0	0.0	1.4	100.0%	1.4	1	25.0	23.6	
18/11	9.2	5.1	0.0	0.0	1.4	100.0%	1.4	1	8.9	7.5	
19/11	10.0	5.5	0.0	0.0	1.4	100.0%	1.4	1	1.0	0.0	
20/11	10.8	5.9	0.0	0.0	1.4	100.0%	1.9	1	10.3	8.4	
21/11	11.6	6.4	0.0	0.0	1.5	100.0%	1.5	1	0.6	0.0	
22/11	12.3	6.8	0.0	0.0	1.5	100.0%	2.3	1	3.0	0.7	
24/11	13.9	7.6	0.0	0.0	1.5	100.0%	3.0	2	34.3	31.3	
25/11	14.6	8.0	0.0	0.0	1.5	100.0%	1.5	1	34.8	33.3	
27/11	16.2	8.9	0.0	0.0	1.5	100.0%	3.0	2	19.1	16.1	
28/11	16.9	9.3	0.0	0.0	1.5	100.0%	1.5	1	29.3	27.8	
29/11	17.7	9.7	0.0	0.0	1.5	100.0%	1.5	1	49.2	47.7	
30/11	18.5	10.2	0.0	0.0	1.5	100.0%	1.5	1	12.1	10.6	
1/12	19.3	10.6	0.0	0.0	1.5	100.0%	1.5	1	26.2	24.7	
4/12	21.6	11.9	0.0	0.0	1.5	100.0%	4.5	3	25.0	20.5	
7/12	23.9	13.1	0.0	0.0	1.8	100.0%	4.9	3	4.3	0.0	
8/12	24.6	13.6	0.0	0.0	1.9	100.0%	2.5	1	40.7	38.2	
13/12	28.5	15.7	0.0	0.0	2.6	100.0%	11.7	5	18.3	6.6	
15/12	30.0	16.5	0.0	0.0	2.9	100.0%	5.6	2	28.6	23.0	
18/12	32.3	17.8	0.0	0.0	3.3	100.0%	9.4	3	25.0	15.6	
21/12	34.7	19.1	0.0	0.0	3.7	100.0%	10.6	3	45.5	34.9	
22/12	35.4	19.5	0.0	0.0	3.8	100.0%	3.8	1	25.0	21.2	
23/12	36.2	19.9	0.0	0.0	3.9	100.0%	3.9	1	0.2	0.0	
27/12	39.3	21.6	0.0	0.0	4.4	100.0%	20.7	4	25.0	4.3	
28/12	40.0	22.0	0.0	0.0	4.6	100.0%	4.6	1	33.1	28.5	
30/12	41.6	22.9	0.0	0.0	4.8	100.0%	9.5	2	2.3	0.0	
1/1	43.1	23.7	0.0	0.0	5.2	100.0%	17.4	2	8.9	0.0	
2/1	43.9	24.1	0.0	0.0	5.4	100.0%	13.9	1	3.0	0.0	
3/1	44.7	24.6	0.0	0.0	5.5	100.0%	16.4	1	1.0	0.0	
4/1	45.4	25.0	0.0	0.0	5.7	100.0%	21.0	1	52.4	31.4	
5/1	46.2	25.4	0.0	0.0	5.7	100.0%	5.7	1	4.7	0.0	
6/1	46.2	25.4	0.0	0.0	5.7	100.0%	6.6	1	3.7	0.0	
7/1	46.2	25.4	0.0	0.0	5.6	100.0%	8.6	1	3.4	0.0	
8/1	46.2	25.4	0.0	0.0	5.6	100.0%	10.8	1	8.5	0.0	
9/1	46.2	25.4	0.0	0.0	5.6	100.0%	7.9	1	0.4	0.0	
10/1	46.2	25.4	0.0	0.0	5.6	100.0%	13.2	1	25.0	11.8	
16/1	46.2	25.4	0.0	0.0	4.9	97.8%	33.0	6	19.6	0.0	
17/1	46.2	25.4	0.0	0.0	5.6	100.0%	19.0	1	40.0	21.0	
18/1	46.2	25.4	0.0	0.0	5.6	100.0%	5.6	1	6.4	0.8	
24/1	46.2	25.4	0.0	0.0	4.9	98.0%	32.8	6	25.0	0.0	
27/1	46.2	25.4	0.0	0.0	5.5	100.0%	24.4	3	13.2	0.0	
28/1	46.2	25.4	0.0	0.0	5.5	100.0%	16.7	1	0.9	0.0	
29/1	46.2	25.4	0.0	0.0	5.5	100.0%	21.2	1	93.7	72.5	
31/1	46.2	25.4	0.0	0.0	5.5	100.0%	10.9	2	25.0	14.1	
5/2	46.2	25.4	0.0	0.0	5.4	100.0%	27.1	5	18.5	0.0	
6/2	46.2	25.4	0.0	0.0	5.4	100.0%	13.9	1	31.0	17.1	
7/2	46.2	25.4	0.0	0.0	5.3	100.0%	5.3	1	243.0	237.7	
8/2	46.2	25.4	0.0	0.0	5.3	100.0%	5.3	1	48.1	42.8	
9/2	46.2	25.8	0.0	0.0	5.2	100.0%	5.2	1	0.8	0.0	
10/2	46.2	26.2	0.0	0.0	5.1	100.0%	9.5	1	37.5	28.0	

11/2	46.2	26.6	0.0	0.0	5.0	100.0%	5.0	1	1.5	0.0
12/2	46.2	27.0	0.0	0.0	4.9	100.0%	8.4	1	21.3	12.9
14/2	46.2	27.8	0.0	0.0	4.7	100.0%	9.4	2	25.0	15.6
15/2	46.2	28.2	0.0	0.0	4.6	100.0%	4.6	1	7.2	2.6
17/2	46.2	29.0	0.0	0.0	4.3	100.0%	8.8	2	3.4	0.0
19/2	46.2	29.8	0.0	0.0	4.1	100.0%	13.8	2	31.0	17.2
20/2	46.2	30.2	0.0	0.0	4.0	100.0%	4.0	1	3.4	0.0
22/2	46.2	31.0	0.0	0.0	3.8	100.0%	8.4	2	0.4	0.0
23/2	46.2	31.4	0.0	0.0	3.7	100.0%	11.7	1	2.4	0.0
24/2	46.2	31.8	0.0	0.0	3.6	100.0%	12.9	1	0.9	0.0
25/2	46.2	32.2	0.0	0.0	3.5	100.0%	15.5	1	2.1	0.0
26/2	46.2	32.6	0.0	0.0	3.4	100.0%	16.8	1	64.6	47.8
28/2	46.2	33.4	0.0	0.0	3.2	100.0%	6.5	2	6.0	0.0
3/3	46.2	34.6	0.0	0.0	2.9	100.0%	9.5	3	27.5	18.0
6/3	46.2	35.8	0.0	0.0	2.6	100.0%	8.1	3	0.8	0.0
9/3	46.2	37.0	0.0	0.0	2.3	100.0%	14.6	3	55.3	40.7
Total			0.0	0.0	438.5	99.7%			1502.7	1064.20.0

* Yield Reduction:

- Estimated yield reduction in growth stage # 1 = 0.0%
- Estimated yield reduction in growth stage # 2 = 0.0%
- Estimated yield reduction in growth stage # 3 = 0.9%
- Estimated yield reduction in growth stage # 4 = 0.0%
- Estimated total yield reduction = 0.4%

Resultados do tratamento R₃

Irrigation Scheduling Report

Date	TAM (mm)	RAM (mm)	Total Rain (mm)	Efct. Rain (mm)	ETc (mm)	ETc/ETm (%)	SMD (mm)	Interv. (Days)	Net Irr. (mm)	Lost Irr. (mm)	User Adj. (mm)
16/11	7.7	4.2	0.0	0.0	1.4	100.0%	1.4	0	9.4	8.0	
17/11	8.5	4.7	0.0	0.0	1.4	100.0%	1.4	1	12.5	11.1	
18/11	9.2	5.1	0.0	0.0	1.4	100.0%	1.4	1	8.9	7.5	
19/11	10.0	5.5	0.0	0.0	1.4	100.0%	1.4	1	1.0	0.0	
20/11	10.8	5.9	0.0	0.0	1.4	100.0%	1.9	1	10.3	8.4	
21/11	11.6	6.4	0.0	0.0	1.5	100.0%	1.5	1	0.6	0.0	
22/11	12.3	6.8	0.0	0.0	1.5	100.0%	2.3	1	3.0	0.7	
24/11	13.9	7.6	0.0	0.0	1.5	100.0%	3.0	2	21.8	18.8	
25/11	14.6	8.0	0.0	0.0	1.5	100.0%	1.5	1	34.8	33.3	
27/11	16.2	8.9	0.0	0.0	1.5	100.0%	3.0	2	19.1	16.1	
28/11	16.9	9.3	0.0	0.0	1.5	100.0%	1.5	1	16.8	15.3	
29/11	17.7	9.7	0.0	0.0	1.5	100.0%	1.5	1	49.2	47.7	
30/11	18.5	10.2	0.0	0.0	1.5	100.0%	1.5	1	12.1	10.6	
1/12	19.3	10.6	0.0	0.0	1.5	100.0%	1.5	1	13.7	12.2	
4/12	21.6	11.9	0.0	0.0	1.5	100.0%	4.5	3	12.5	8.0	
7/12	23.9	13.1	0.0	0.0	1.8	100.0%	4.9	3	4.3	0.0	
8/12	24.6	13.6	0.0	0.0	1.9	100.0%	2.5	1	28.2	25.7	
13/12	28.5	15.7	0.0	0.0	2.6	100.0%	11.7	5	18.3	6.6	
15/12	30.0	16.5	0.0	0.0	2.9	100.0%	5.6	2	16.1	10.5	
18/12	32.3	17.8	0.0	0.0	3.3	100.0%	9.4	3	12.5	3.1	
21/12	34.7	19.1	0.0	0.0	3.7	100.0%	10.6	3	45.5	34.9	
22/12	35.4	19.5	0.0	0.0	3.8	100.0%	3.8	1	12.5	8.7	
23/12	36.2	19.9	0.0	0.0	3.9	100.0%	3.9	1	0.2	0.0	
27/12	39.3	21.6	0.0	0.0	4.4	100.0%	20.7	4	12.5	0.0	
28/12	40.0	22.0	0.0	0.0	4.6	100.0%	12.8	1	33.1	20.3	
30/12	41.6	22.9	0.0	0.0	4.8	100.0%	9.5	2	2.3	0.0	
1/1	43.1	23.7	0.0	0.0	5.2	100.0%	17.4	2	8.9	0.0	
2/1	43.9	24.1	0.0	0.0	5.4	100.0%	13.9	1	3.0	0.0	
3/1	44.7	24.6	0.0	0.0	5.5	100.0%	16.4	1	1.0	0.0	
4/1	45.4	25.0	0.0	0.0	5.7	100.0%	21.0	1	52.4	31.4	
5/1	46.2	25.4	0.0	0.0	5.7	100.0%	5.7	1	4.7	0.0	
6/1	46.2	25.4	0.0	0.0	5.7	100.0%	6.6	1	3.7	0.0	
7/1	46.2	25.4	0.0	0.0	5.6	100.0%	8.6	1	3.4	0.0	
8/1	46.2	25.4	0.0	0.0	5.6	100.0%	10.8	1	8.5	0.0	
9/1	46.2	25.4	0.0	0.0	5.6	100.0%	7.9	1	0.4	0.0	
10/1	46.2	25.4	0.0	0.0	5.6	100.0%	13.2	1	12.5	0.0	
16/1	46.2	25.4	0.0	0.0	4.7	97.3%	33.5	6	19.6	0.0	
17/1	46.2	25.4	0.0	0.0	5.6	100.0%	19.5	1	27.5	8.0	
18/1	46.2	25.4	0.0	0.0	5.6	100.0%	5.6	1	6.4	0.8	
24/1	46.2	25.4	0.0	0.0	4.9	98.0%	32.8	6	12.5	0.0	
27/1	46.2	25.4	0.0	0.0	4.0	90.0%	35.2	3	13.2	0.0	
28/1	46.2	25.4	0.0	0.0	5.5	100.0%	27.5	1	0.9	0.0	
29/1	46.2	25.4	0.0	0.0	5.2	94.2%	31.8	1	93.7	61.9	
31/1	46.2	25.4	0.0	0.0	5.5	100.0%	10.9	2	12.5	1.6	
5/2	46.2	25.4	0.0	0.0	5.4	100.0%	27.1	5	18.5	0.0	
6/2	46.2	25.4	0.0	0.0	5.4	100.0%	13.9	1	18.5	4.6	
7/2	46.2	25.4	0.0	0.0	5.3	100.0%	5.3	1	243.0	237.7	
8/2	46.2	25.4	0.0	0.0	5.3	100.0%	5.3	1	48.1	42.8	
9/2	46.2	25.8	0.0	0.0	5.2	100.0%	5.2	1	0.8	0.0	
10/2	46.2	26.2	0.0	0.0	5.1	100.0%	9.5	1	37.5	28.0	

11/2	46.2	26.6	0.0	0.0	5.0	100.0%	5.0	1	1.5	0.0	
12/2	46.2	27.0	0.0	0.0	4.9	100.0%	8.4	1	21.3	12.9	
14/2	46.2	27.8	0.0	0.0	4.7	100.0%	9.4	2	12.5	3.1	
15/2	46.2	28.2	0.0	0.0	4.6	100.0%	4.6	1	7.2	2.6	
17/2	46.2	29.0	0.0	0.0	4.3	100.0%	8.8	2	3.4	0.0	
19/2	46.2	29.8	0.0	0.0	4.1	100.0%	13.8	2	18.5	4.7	
20/2	46.2	30.2	0.0	0.0	4.0	100.0%	4.0	1	3.4	0.0	
22/2	46.2	31.0	0.0	0.0	3.8	100.0%	8.4	2	0.4	0.0	
23/2	46.2	31.4	0.0	0.0	3.7	100.0%	11.7	1	2.4	0.0	
24/2	46.2	31.8	0.0	0.0	3.6	100.0%	12.9	1	0.9	0.0	
25/2	46.2	32.2	0.0	0.0	3.5	100.0%	15.5	1	2.1	0.0	
26/2	46.2	32.6	0.0	0.0	3.4	100.0%	16.8	1	52.1	35.3	
28/2	46.2	33.4	0.0	0.0	3.2	100.0%	6.5	2	6.0	0.0	
3/3	46.2	34.6	0.0	0.0	2.9	100.0%	9.5	3	15.0	5.5	
6/3	46.2	35.8	0.0	0.0	2.6	100.0%	8.1	3	0.8	0.0	
9/3	46.2	37.0	0.0	0.0	2.3	100.0%	14.6	3	55.3	40.7	
Total			0.0	0.0	436.3	99.2%			1265.2	828.9	0.0

* Yield Reduction:

- Estimated yield reduction in growth stage # 1 = 0.0%
- Estimated yield reduction in growth stage # 2 = 0.0%
- Estimated yield reduction in growth stage # 3 = 2.4%
- Estimated yield reduction in growth stage # 4 = 0.0%
- Estimated total yield reduction = 1.0%

ANEXO 3

Resultados da análise estatística efectuada com auxílio do pacote estatístico
S.A.S

Obs	Trat	Bloc	Amendoim	Nhemba	Milho
1	1	1	0.96	0.10	2.4
2	1	2	0.80	0.40	3.6
3	1	3	0.96	0.20	3.0
4	1	4	0.90	0.10	2.5
5	2	1	0.90	0.10	2.3
6	2	2	0.80	0.30	2.7
7	2	3	0.98	0.20	2.8
8	2	4	0.80	0.03	2.0
9	3	1	0.50	0.10	1.3
10	3	2	0.40	0.30	1.1
11	3	3	0.80	0.10	1.4
12	3	4	0.80	0.03	0.2

Class Level Information

Class	Levels	Values
Trat	3	1 2 3
Bloco	4	1 2 3 4
Number of observations		12

Dependent Variable: **Amendoim**

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	5	0.28193333	0.05638667	4.72	0.0427
Error	6	0.07166667	0.01194444		
Corrected Total	11	0.35360000			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	Amendoim Mean
0.797323	13.66133	0.109291	0.800000

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
Trat	2	0.18620000	0.09310000	7.79	0.0215
Bloc	3	0.09573333	0.03191111	2.67	0.1412

Dependent Variable: **Feijão-nhemba**

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	5	0.14438333	0.02887667	23.79	0.0007
Error	6	0.00728333	0.00121389		
Corrected Total	11	0.15166667			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	Feijão-nhemba Mean
0.951978	21.33117	0.034841	0.163333

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
Trat	2	0.00931667	0.00465833	3.84	0.0845
Bloc	3	0.13506667	0.04502222	37.09	0.0003

Dependent Variable: **Milho**

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	5	9.28750000	1.85750000	16.84	0.0018
Error	6	0.66166667	0.11027778		
Corrected Total	11	9.94916667			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	Milho Mean
0.933495	15.75088	0.332081	2.108333

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
Trat	2	7.73166667	3.86583333	35.06	0.0005
Bloc	3	1.55583333	0.51861111	4.70	0.0512

Duncan's Multiple Range Test for **Amendoim**

NOTE: This test controls the Type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate

Alpha		0.05
Error Degrees of Freedom		6
Error Mean Square		0.011944
Number of Means	2	3
Critical Range	.1891	.1960

Means with the same letter are not significantly different.

Duncan Grouping	Mean	N	Trat
A	0.90500	4	1
A	0.87000	4	2
B	0.62500	4	3

Duncan's Multiple Range Test for **Feijão-nhemba**

NOTE: This test controls the Type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate

Alpha		0.05
Error Degrees of Freedom		6
Error Mean Square		0.001214
Number of Means	2	3
Critical Range	.06028	.06248

Means with the same letter are not significantly different.

Duncan Grouping	Mean	N	Trat
A	0.20000	4	1
B A	0.15750	4	2
B	0.13250	4	3

Duncan's Multiple Range Test for **Milho**

NOTE: This test controls the Type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate

Alpha		0.05
Error Degrees of Freedom		6
Error Mean Square		0.110278
Number of Means	2	3
Critical Range	.5746	.5955

Means with the same letter are not significantly different.

Duncan Grouping	Mean	N	Trat
A	2.8750	4	1
A	2.4500	4	2
B	1.0000	4	3

Obs	Trat	Bloc	Amendoim	Nhemba	Milho
1	1	1	0.503	0.965	5.782
2	1	2	0.479	2.124	8.784
3	1	3	0.431	2.027	6.467
4	1	4	0.575	1.158	8.398
5	2	1	0.431	0.483	5.405
6	2	2	0.479	0.676	7.336
7	2	3	0.431	1.158	6.178
8	2	4	0.527	0.772	4.923
9	3	1	0.287	0.386	2.606
10	3	2	0.263	0.483	2.413
11	3	3	0.335	0.579	3.958
12	3	4	0.407	0.386	4.151

Class Level Information

Class	Levels	Values
Trat	3	1 2 3
Bloc	4	1 2 3 4
Number of observations		12

Dependent Variable: **Amendoim**

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	5	0.09124800	0.01824960	15.21	0.0024
Error	6	0.00720000	0.00120000		
Correct total	11	0.09844800			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	Amendoim Mean
0.926865	8.074829	0.034641	0.429000

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
Trat	2	0.06921600	0.03460800	28.84	0.0008
Bloc	3	0.02203200	0.00734400	6.12	0.0295

Dependent Variable: **Feijão-nhemba**

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	5	3.39606908	0.67921382	7.52	0.0145
Error	6	0.54222583	0.09037097		
Correct total	11	3.93829492			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	Feijão-nhemba Mean
0.862320	32.21766	0.300618	0.933083

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
Trat	2	2.61940417	1.30970208	14.49	0.0050
Bloc	3	0.77666492	0.25888831	2.86	0.1262

Dependent Variable: **Milho**

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	5	38.44325408	7.68865082	5.76	0.0274
Error	6	8.01592283	1.33598714		
Correct total	11	46.45917692			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	Milho Mean
0.827463	20.88852	1.155849	5.533417

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
Trat	2	34.31787717	17.15893858	12.84	0.0068
Bloc	3	4.12537692	1.37512564	1.03	0.4439

Duncan's Multiple Range Test for **Amendoim**

NOTE: This test controls the Type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate

Alpha	0.05
Error Degrees of Freedom	6
Error Mean Square	0.0012

Number of Means	2	3
Critical Range	.05994	.06212

Means with the same letter are not significantly different.

Duncan Grouping	Mean	N	Trat
A	0.49700	4	1
A	0.46700	4	2
B	0.32300	4	3

Duncan's Multiple Range Test for **Feijão-nhamba**

NOTE: This test controls the Type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate

Alpha	0.05
Error Degrees of Freedom	6
Error Mean Square	0.090371

Number of Means	2	3
Critical Range	.5201	.5391

Means with the same letter are not significantly different.

Duncan Grouping	Mean	N	Trat
A	1.5685	4	1
B	0.7723	4	2
B	0.4585	4	3

Duncan's Multiple Range Test for **Milho**

NOTE: This test controls the Type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate

Alpha	0.05
Error Degrees of Freedom	6
Error Mean Square	1.335987

Number of Means	2	3
Critical Range	2.000	2.073

Means with the same letter are not significantly different.

Duncan Grouping	Mean	N	Trat
A	7.3578	4	1
A	5.9605	4	2
B	3.2820	4	3

Obs	Bloc	Trat	Amendoim	Milho	Feijão-nhemba
1	1	1M	0.96	2.43	0.10
2	2	1M	0.83	3.63	0.35
3	3	1M	0.96	2.96	0.21
4	4	1M	0.90	2.48	0.14
5	1	2M	0.90	2.29	0.11
6	2	2M	0.85	2.66	0.30
7	3	2M	0.98	2.85	0.21
8	4	2M	0.83	2.03	0.03
9	1	3M	0.51	1.36	0.10
10	2	3M	0.45	1.14	0.26
11	3	3M	0.82	1.39	0.11
12	4	3M	0.78	1.92	0.03
13	1	1C	0.50	5.77	0.96
14	2	1C	0.53	8.77	2.12
15	3	1C	0.43	6.46	2.02
16	4	1C	0.57	8.39	1.16
17	1	2C	0.43	5.40	0.48
18	2	2C	0.48	7.33	0.67
19	3	2C	0.43	6.17	1.16
20	4	2C	0.53	4.92	0.77
21	1	3C	0.29	2.60	0.39
22	2	3C	0.26	2.41	0.48
23	3	3C	0.34	3.95	0.58
24	4	3C	0.41	4.14	0.39

Class Level Information

Class	Levels	Values
Bloc	4	1 2 3 4
Trat	6	1 2 3 4 5 6

Number of observations 24

Dependent Variable: **Amendoim**

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	8	1.17098333	0.14637292	18.93	<. 0001
Error	15	0.11597917	0.00773194		
Corrected Total	23	1.28696250			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	Amendoim Mean
0.909881	14.09723	0.087931	0.623750

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
Bloc	3	0.04414583	0.01471528	1.90	0.1725
Trat	5	1.12683750	0.22536750	29.15	<. 0001

Dependent Variable: **Milho**

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	8	105.7186500	13.2148313	18.81	<. 0001
Error	15	10.5389125	0.7025942		
Corrected Total	23	116.2575625			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	Milho Mean
0.909349	21.52703	0.838209	3.893750

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
Bloc	3	3.2372125	1.0790708	1.54	0.2462
Trat	5	102.4814375	20.4962875	29.17	<. 0001

Dependent Variable: **Feijão-nhemba**

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	8	6.77770000	0.84721250	15.81	<. 0001
Error	15	0.80379583	0.05358639		
Corrected Total	23	7.58149583			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	Feijão-nhemba Mean
0.893979	42.31299	0.231487	0.547083

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
Bloc	3	0.61787917	0.20595972	3.84	0.0318
Trat	5	6.15982083	1.23196417	22.99	<. 0001

Duncan's Multiple Range Test for **Amendoim**

NOTE: This test controls the Type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate

	Alpha	0.05			
	Error Degrees of Freedom	15			
	Error Mean Square	0.007732			
Number of Means	2	3	4	5	6
Critical Range	.1325	.1389	.1429	.1456	.1476

Means with the same letter are not significantly different.

Duncan Grouping	Mean	N	Trat
A	0.91250	4	1M
A	0.89000	4	2M
B	0.64000	4	3M
C B	0.50750	4	1C
C	0.46750	4	2C
D	0.32500	4	3C

Duncan's Multiple Range Test for **Milho**

NOTE: This test controls the Type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate

	Alpha	0.05			
	Error Degrees of Freedom	15			
	Error Mean Square	0.702594			
Number of Means	2	3	4	5	6
Critical Range	1.263	1.324	1.362	1.388	1.407

Means with the same letter are not significantly different.

Duncan Grouping	Mean	N	Trat
A	7.3475	4	1C
B	5.9550	4	2C
C	3.2750	4	3C
C	2.8750	4	1M
D C	2.4575	4	2M
D	1.4525	4	3M

Duncan's Multiple Range Test for **Feijão-nhemba**

NOTE: This test controls the Type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate

	Alpha	0.05			
	Error Degrees of Freedom	15			
	Error Mean Square	0.053586			
Number of Means	2	3	4	5	6
Critical Range	.3489	.3657	.3762	.3833	.3884

Means with the same letter are not significantly different.

Duncan Grouping	Mean	N	Trat
A	1.5650	4	1C
B	0.7700	4	2C
C B	0.4600	4	3C
C	0.2000	4	1M
C	0.1625	4	2M
C	0.1250	4	3M

ANEXO 4

Elementos meteorológicos (Precipitação, Insolação, Humidade Relativa, Temperaturas máximas e mínimas, Velocidade do vento) e tabelas de parâmetros meteorológicos.

Precipitação total diária (das 9 as 9 horas em mm)											
Dias	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai				
1.0	0.0	1.2	8.9	0.0	0.0	4.0	0.0				
2.0	0.0	0.0	3.0	0.0	2.5	0.0	0.0				
3.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0				
4.0	0.0	0.0	52.4	0.0	0.0	0.0	1.5				
5.0	0.0	0.0	4.7	18.5	0.8	12.5	8.7				
6.0	0.0	0.0	3.7	6.0	0.0	13.2	16.4				
7.0	0.0	4.3	3.4	243.0	0.0	19.2	0.0				
8.0	0.0	15.7	8.5	48.1	55.3	0.0	0.0				
9.0	0.0	0.0	0.4	0.8	14.9	0.0	0.0				
10.0	0.0	0.0	0.0	37.5	80.3	0.0	0.0				
11.0	0.6	0.0	0.0	1.5	18.4	0.0	0.0				
12.0	0.0	0.0	0.0	21.3	0.0	0.0	0.0				
13.0	0.0	18.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0				
14.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0				
15.0	0.0	3.6	0.0	7.2	0.6	0.0	0.0				
16.0	9.4	0.0	19.6	0.0	5.0	4.8	0.0				
17.0	0.0	0.0	15.0	3.4	40.6	0.0	0.0				
18.0	8.9	0.0	6.4	0.0	0.0	0.0	0.0				
19.0	1.0	0.0	0.0	6.0	41.4	0.4	0.0				
20.0	10.3	0.0	0.0	3.4	0.0	0.0	0.0				
21.0	0.6	45.5	0.0	0.0	4.2	0.3	0.0				
22.0	3.0	0.0	0.0	0.4	2.7	0.0	0.0				
23.0	0.0	0.2	0.0	2.4	0.0	0.0	0.0				
24.0	9.3	0.0	0.0	0.9	0.0	0.0	0.0				
25.0	34.8	0.0	0.0	2.1	0.0	0.0	0.0				
26.0	0.0	0.0	0.0	39.6	0.0	0.0	0.0				
27.0	19.1	0.0	13.2	0.0	70.0	0.0	0.0				
28.0	4.3	33.1	0.9	6.0	0.0	5.4	0.0				
29.0	49.2	0.0	93.7	0.0	2.1	0.0	0.0				
30.0	12.1	2.3	0.0	0.0	8.5	0.0	0.0				
31.0		0.0	0.0		17.5						
Total	162.6	124.2	234.8	448.1	364.8	59.8	26.6				

Humidade relativa média diária (%)											
Dias	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai				
1	73	75	90	77	84	86	74				
2	74	77	84	79	79	80	66				
3	82	86	87	73	80	84	80				
4	74	85	95	80	80	86	85				
5	68	82	88	94	79	88	86				
6	73	83	86	95	80	91	77				
7	76	90	62	97	85	77	72				
8	71	87	86	91	85	76	77				
9	76	82	76	94	92	83	82				
10	82	79	81	89	91	79	78				
11	85	81	79	87	77	84					
12	80	88	76	87	81	85					
13	74	81	70	88	85	84					
14	74	80	67	92	82	81					
15	80	82	81	84	85	80					
16	86	70	94	87	88	79					
17	62	72	85	73	89	77					
18	70	74	70	87	91	80					
19	84	75	70	84	93	80					
20	87	73	71	87	88	80					
21	86	85	73	72	86	85					
22	82	81	73	87	84	80					
23	90	82	72	83	86	81					
24	84	73	68	82	82	82					
25	87	81	75	77	77	72					
26	82	78	80	**	81	78					
27	88	77	87	78	78	77					
28	82	85	84	81	81	79					
29	92	81	82	86	94	77					
30	80	85	80		87	71					
31		82	79		84						

** Dado não registrado.

Temperatura mínima média diária (°C)

Dias	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai
1	17.4	18.5	23.6	23.4	22.7	21.0	15.9
2	18.5	21.8	23.0	23.5	22.7	18.6	15.3
3	20.8	21.6	22.7	22.5	22.2	20.3	17.4
4	19.2	22.6	21.6	22.1	23.2	18.2	16.4
5	20.9	23.0	20.7	22.2	22.0	15.6	16.9
6	18.9	23.4	23.0	21.6	22.3	15.1	15.0
7	20.0	21.0	22.6	21.2	21.9	15.4	15.3
8	19.9	23.0	21.9	21.8	20.9	16.1	16.1
9	21.0	23.2	20.6	22.2	20.9	17.9	16.0
10	19.6	23.6	21.2	22.0	20.9	18.6	16.1
11	22.9	22.5	23.5	22.7	22.0	18.9	
12	22.0	21.6	22.6	21.9	21.9	19.6	
13	20.0	20.4	21.1	22.6	21.9	19.3	
14	21.8	21.3	19.3	23.2	22.6	19.4	
15	21.4	22.1	20.4	21.6	22.8	19.9	
16	20.5	22.5	20.2	19.0	22.4	17.4	
17	23.2	21.0	19.2	19.0	22.2	17.6	
18	23.5	21.2	18.4	20.3	23.1	18.4	
19	21.7	21.5	18.4	22.2	21.4	19.0	
20	19.2	25.0	19.1	22.6	22.2	18.4	
21	19.9	21.5	19.4	22.1	21.0	19.4	
22	22.1	23.0	21.6	23.3	20.5	19.0	
23	22.4	25.0	22.1	24.0	22.4	19.2	
24	22.0	25.2	19.7	23.5	21.5	18.5	
25	21.0	25.0	19.5	21.5	20.6	17.9	
26	21.0	24.6	22.6	21.1	21.0	19.3	
27	21.5	25.1	22.2	21.7	20.3	18.0	
28	21.6	23.3	20.5	21.1	20.2	15.2	
29	19.9	23.2	20.5	21.1	19.0	16.1	
30	19.5	22.8	21.6		20.3	17.9	
31		25.0	23.2		19.8		

Temperatura máxima média diária (°C)

Dias	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai
1	26.3	26.6	27.4	30.5	30.0	27.2	27.6
2	27.3	26.6	29.7	30.9	30.5	28.5	29.7
3	24.8	28.2	27.6	30.2	30.8	29.5	24.4
4	35.0	28.9	25.7	29.8	30.8	28.5	26.8
5	27.5	29.2	29.0	27.5	31.3	19.7	23.4
6	25.7	29.8	29.8	25.7	30.7	18.6	24.9
7	30.4	26.1	31.4	26.4	29.3	25.5	25.3
8	35.9	28.4	27.0	29.2	29.0	27.7	25.5
9	26.5	29.2	27.7	26.5	25.1	28.6	25.7
10	29.5	29.1	30.1	28.8	27.5	28.1	25.9
11	28.2	27.9	30.4	28.9	28.7	28.7	
12	28.7	27.0	30.7	29.6	30.4	28.8	
13	28.5	28.5	26.2	30.7	29.9	28.3	
14	29.1	29.2	28.4	29	31.0	28.6	
15	32.0	27.9	27.2	34.5	29.5	27.1	
16	28.3	28.3	23.7	28.5	29.7	27.3	
17	38.9	28.8	24.3	27.4	30.7	27.8	
18	38.3	29.2	27.5	26	27.7	27.9	
19	30.7	35.6	27.8	29.6	27.0	27.7	
20	23.7	38.8	28.2	30.3	29.8	27.6	
21	27.4	28.5	28.7	31.2	26.0	26.9	
22	27.3	30.1	29.2	29.5	29.3	30.1	
23	26.8	34.0	29.5	29.7	29.8	31.9	
24	31.2	40.0	29.2	29.8	29.6	27.4	
25	28.9	32.2	30.2	30.2	30.1	30.6	
26	33.7	31.6	30.6	29.6	30.3	28.7	
27	26.2	31.4	26.9	29.7	27.9	24.1	
28	33.7	29.4	31.3	28.7	29.7	21.8	
29	26.4	32.8	29.5	28.5	23.5	25.8	
30	25.6	31.0	29.2		27.4	27.0	
31		30.3	30.3		28.0		

Velocidade média do vento (km/h)							
Dias	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai
1	9.2	8.0	**	**	**	**	**
2	6.9	7.7	**	**	**	**	**
3	7.4	11.2	**	**	**	**	**
4	14.1	7.5	**	**	**	**	**
5	16.5	8.7	**	**	**	**	**
6	14.0	8.5	**	**	**	**	**
7	11.3	11.0	**	**	**	**	**
8	15.4	**	**	**	**	**	**
9	12.8	**	**	**	**	**	**
10	10.4	**	**	**	**	**	**
11	12.8	**	**	**	**	**	
12	11.9	**	**	**	**	**	
13	13.4	**	**	**	**	**	
14	**	**	**	**	**	**	
15	15.7	**	**	**	**	**	
16	11.0	**	**	**	**	**	
17	16.4	**	**	**	**	**	
18	14.6	**	**	**	**	**	
19	11.6	**	**	**	**	**	
20	11.2	**	**	**	**	**	
21	8.8	**	**	**	**	**	
22	8.2	**	**	**	**	**	
23	6.6	**	**	**	**	**	
24	9.7	**	**	**	**	**	
25	8.0	**	**	**	**	**	
26	11.2	**	**	**	**	**	
27	9.5	**	**	**	**	**	
28	11.3	**	**	**	**	**	
29	16	**	**	**	**	**	
30	13.3	**	**		**	**	
31		**	**		**		

** Dado não registado

Pressão atmosférica (P) para diferentes altitudes (Z).

$$P = 101.3 \left(\frac{293 - 0.0065Z}{293} \right)^{5.26}$$

z (m)	P (kPa)	z (m)	P (kPa)	z (m)	P (kPa)	z (m)	P (kPa)
0	101.3	200	99.0	400	96.7	600	94.4
50	100.7	250	98.4	450	96.1	650	93.8
100	100.1	300	97.8	500	95.5	700	93.3
150	99.5	350	97.2	550	95.0	750	92.7

Constante psicrométrica (γ) para diferentes altitudes (Z).

$$\gamma = \frac{c_p P}{\epsilon \lambda} = 0.665 \times 10^{-3}$$

z (m)	γ (kPa/°C)	z (m)	γ (kPa/°C)	z (m)	γ (kPa/°C)	z (m)	γ (kPa/°C)
0	0.067	1000	0.060	2000	0.053	3000	0.047
100	0.067	1100	0.059	2100	0.052	3100	0.046
200	0.066	1200	0.058	2200	0.052	3200	0.046
300	0.065	1300	0.058	2300	0.051	3300	0.045

Baseado em $\lambda = 2.45 \text{ MJ kg}^{-1}$ a 20°C .

Pressão de vapor saturado ($e^\circ(T)$) à diferentes temperaturas (T)

$$e^\circ(T) = 0.6108 \exp \left[\frac{17.27T}{T + 237.3} \right]$$

T °C	e_s kPa	T °C	$e^\circ(T)$ kPa	T °C	$e^\circ(T)$ kPa	T °C	e_s kPa
1.0	0.657	13.0	1.498	25.0	3.168	37.0	6.275
1.5	0.681	13.5	1.547	25.5	3.263	37.5	6.448
2.0	0.706	14.0	1.599	26.0	3.361	38.0	6.625
2.5	0.731	14.5	1.651	26.5	3.462	38.5	6.806
3.0	0.758	15.0	1.705	27.0	3.565	39.0	6.991
3.5	0.785	15.5	1.761	27.5	3.671	39.5	7.181
4.0	0.813	16.0	1.818	28.0	3.780	40.0	7.376
4.5	0.842	16.5	1.877	28.5	3.891	40.5	7.574
5.0	0.872	17.0	1.938	29.0	4.006	41.0	7.778
5.5	0.903	17.5	2.000	29.5	4.123	41.5	7.986
6.0	0.935	18.0	2.064	30.0	4.243	42.0	8.199
6.5	0.968	18.5	2.130	30.5	4.366	42.5	8.417
7.0	1.002	19.0	2.197	31.0	4.493	43.0	8.640
7.5	1.037	19.5	2.267	31.5	4.622	43.5	8.867
8.0	1.073	20.0	2.338	32.0	4.755	44.0	9.101
8.5	1.110	20.5	2.412	32.5	4.891	44.5	9.339
9.0	1.148	21.0	2.487	33.0	5.030	45.0	9.582
9.5	1.187	21.5	2.564	33.5	5.173	45.5	9.832
10.0	1.228	22.0	2.644	34.0	5.319	46.0	10.086
10.5	1.270	22.5	2.726	34.5	5.469	46.5	10.347
11.0	1.313	23.0	2.809	35.0	5.623	47.0	10.613
11.5	1.357	23.5	2.896	35.5	5.780	47.5	10.885
12.0	1.403	24.0	2.984	36.0	5.941	48.0	11.163
12.5	1.449	24.5	3.075	36.5	6.106	48.5	11.447

Declive da curva de pressão de vapor (Δ) à diferentes temperaturas (T).

$$\Delta = \frac{4098 \left[0.6108 \exp \left(\frac{17.27T}{T + 237.3} \right) \right]}{(T + 237.3)^2}$$

T °C	Δ kPa/°C	T °C	Δ kPa/°C	T °C	Δ kPa/°C	T °C	Δ kPa/°C	T °C	Δ kPa/°C
15.0	0.110	21.5	0.157	28.0	0.220	34.5	0.303		
15.5	0.113	22.0	0.161	28.5	0.226	35.0	0.311		
16.0	0.116	22.5	0.165	29.0	0.231	35.5	0.318		
16.5	0.119	23.0	0.170	29.5	0.237	36.0	0.326		
17.0	0.123	23.5	0.174	30.0	0.243	36.5	0.334		
17.5	0.126	24.0	0.179	30.5	0.249	37.0	0.342		
18.0	0.130	24.5	0.184	31.0	0.256	37.5	0.350		
18.5	0.133	25.0	0.189	31.5	0.262	38.0	0.358		
19.0	0.137	25.5	0.194	32.0	0.269	38.5	0.367		
19.5	0.141	26.0	0.199	32.5	0.275	39.0	0.375		
20.0	0.145	26.5	0.204	33.0	0.282	39.5	0.384		
20.5	0.149	27.0	0.209	33.5	0.289	40.0	0.393		
21.0	0.153	27.5	0.215	34.0	0.296	40.5	0.402		

Radiação diária extraterrestre (Ra) à diferentes latitudes no 15º dia do mês¹.

Hemisfério Sul												
Graus de latitude (°)	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
40	43.4	38.1	30.9	22.3	15.8	12.8	13.9	19.1	27.1	35.3	41.8	44.6
38	43.4	38.5	31.7	23.3	16.9	13.9	15.1	20.2	28.0	35.8	41.9	44.5
36	43.4	38.9	32.4	24.3	18.1	15.1	16.2	21.2	28.8	36.3	42.0	44.4
34	43.4	39.2	33.0	25.3	19.2	16.2	17.4	22.3	29.6	36.7	42.0	44.3
32	43.3	39.4	33.7	26.3	20.3	17.4	18.5	23.3	30.4	37.1	42.0	44.1
30	43.1	39.6	34.3	27.3	21.4	18.5	19.6	24.3	31.1	37.5	42.0	43.9
28	43.0	39.8	34.8	28.1	22.5	19.7	20.7	25.3	31.8	37.8	41.9	43.6
26	42.8	39.9	35.3	29.0	23.5	20.8	21.8	26.3	32.5	38.0	41.8	43.3
24	42.5	40.0	35.8	29.8	24.6	21.9	22.9	27.1	33.1	38.3	41.7	43.0
22	42.2	40.1	36.2	30.6	25.6	23.0	24.0	28.1	33.7	38.4	41.4	42.6
20	41.9	40.0	36.6	31.3	26.6	24.1	25.0	28.9	34.2	38.6	41.2	42.1

¹ Valores de Ra no 15º dia do mês providenciam boa estimativa (erro < 1 %) da radiação média mensal. Nas latitudes maiores que 55º (N ou S) durante o inverno os desvios podem ser superiores a 1%.

Número médio de horas de brilho solar (N) à diferentes altitudes no 15º dia do mês¹.

Hemisfério Sul												
Graus de latitude (°)	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
40	14.5	13.5	12.3	10.9	9.8	9.2	9.4	10.4	11.8	13.1	14.3	14.8
38	14.4	13.4	12.3	11.0	9.9	9.4	9.6	10.5	11.8	13.0	14.1	14.6
36	14.2	13.3	12.3	11.1	10.1	9.6	9.8	10.6	11.8	12.9	13.9	14.4
34	14.0	13.2	12.2	11.1	10.2	9.7	9.9	10.7	11.8	12.9	13.8	14.3
32	13.9	13.1	12.2	11.2	10.4	9.9	10.1	10.8	11.8	12.8	13.7	14.1
30	13.7	13.0	12.2	11.3	10.5	10.1	10.2	10.9	11.8	12.7	13.5	13.9
28	13.6	13.0	12.2	11.3	10.6	10.2	10.4	11.0	11.8	12.7	13.4	13.8
26	13.5	12.9	12.2	11.4	10.7	10.4	10.5	11.1	11.9	12.6	13.3	13.6
24	13.3	12.8	12.2	11.4	10.8	10.5	10.7	11.2	11.9	12.6	13.2	13.5
22	13.2	12.7	12.1	11.5	10.9	10.7	10.8	11.2	11.9	12.5	13.1	13.3
20	13.1	12.7	12.1	11.5	11.1	10.8	10.9	11.3	11.9	12.5	13.0	13.2

¹ Valores de N no 15º dia do mês fornecem boa estimativa (erro < 1 %) do valor médio mensal de número de horas de luz solar. Nas latitudes superiores a 55º (N or S) durante o inverno os desvios podem superar 1%.

ANEXO 5

Esquema do delineamento experimental usado.

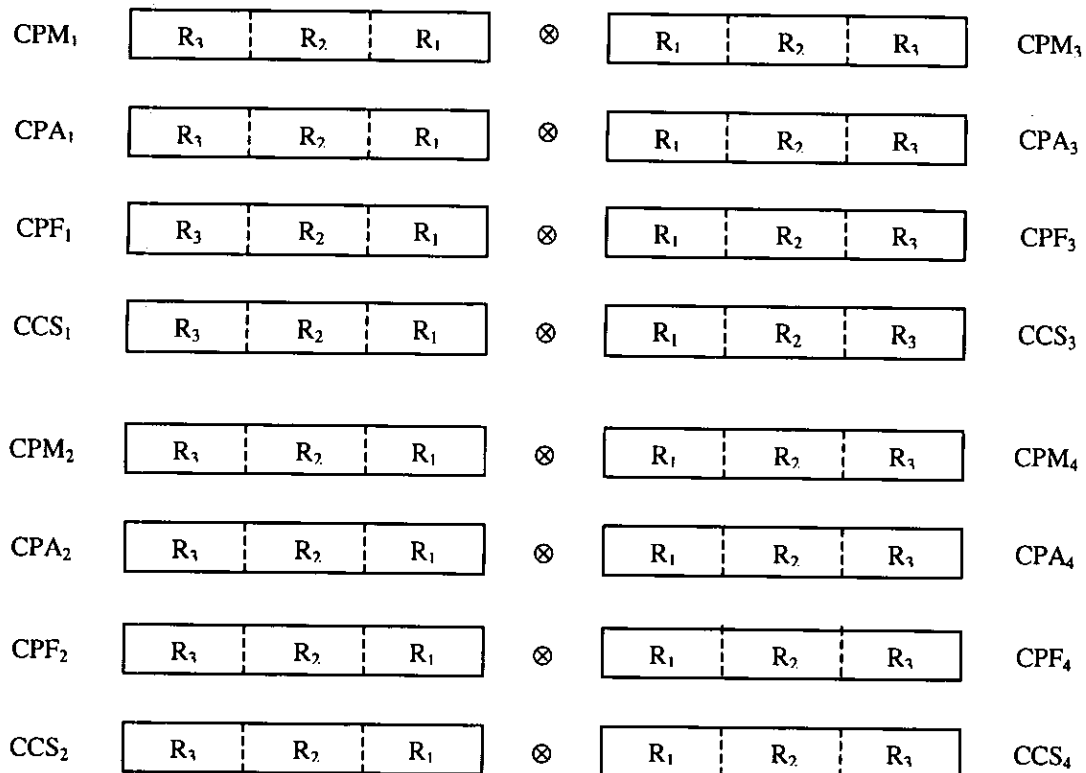


Figura 1. Esquema do ensaio com a linha única de aspersão "Sprinkler Line Source System" (Ringersma, 1998).

Legenda:

- CPM_i Cultura de milho em cultivo puro na repetição i.
- CPA_i Cultura de amendoim em cultivo puro na repetição i.
- CPF_i Cultura de feijão-nhembá em cultivo puro na repetição i.
- CCS_i Cultivo consociado na repetição i.
- R_j Tratamentos de irrigação (definidos como sub-talhões); j = 1; 2;

Lei de Stefan-Boltzmann (σT_K^4) à diferentes temperaturas (T).

$$\sigma = 4.903 \cdot 10^{-9} \text{ MJ K}^{-4} \text{ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$$

$$T_K = T (\text{°C}) + 273.16$$

T (°C)	σT_K^4 (MJ m ² d ⁻¹)	T (°C)	σT_K^4 (MJ m ² d ⁻¹)
15.0	33.81	27.5	40.06
15.5	34.04	28.0	40.33
16.0	34.28	28.5	40.60
16.5	34.52	29.0	40.87
17.0	34.75	29.5	41.14
17.5	34.99	30.0	41.41
18.0	35.24	30.5	41.69
18.5	35.48	31.0	41.96
19.0	35.72	31.5	42.24
19.5	35.97	32.0	42.52
20.0	36.21	32.5	42.80
20.5	36.46	33.0	43.08
21.0	36.71	33.5	43.36
21.5	36.96	34.0	43.64
22.0	37.21	34.5	43.93
22.5	37.47	35.0	44.21
23.0	37.72	35.5	44.50
23.5	37.98	36.0	44.79
24.0	38.23	36.5	45.08
24.5	38.49	37.0	45.37
25.0	38.75	37.5	45.67
25.5	39.01	38.0	45.96
26.0	39.27	38.5	46.26
26.5	39.53	39.0	46.56
27.0	39.80	40.0	47.15

Fonte: FAO 56 (Allen et al., (1998