



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA RURAL

**NECESSIDADE DE IRRIGAÇÃO PARA A CULTURA DO MILHO NA FAZENDA
EXPERIMENTAL DA RESSACADA SOB DIFERENTES CENÁRIOS DE DEFICIT HÍDRICO**

JONAS GESSÉ NUNES

Florianópolis
Novembro de 2011
JONAS GESSÉ NUNES

NECESSIDADE DE IRRIGAÇÃO PARA A CULTURA DO MILHO NA FAZENDA
EXPERIMENTAL DA RESSACADA SOB DIFERENTES CENÁRIOS DE DEFICIT HÍDRICO

Relatório de estágio de conclusão de curso
apresentado à Universidade Federal de Santa
Catarina, como parte das exigências do Curso de
Graduação, para obtenção do título de Engenheiro
Agrônomo.

Orientador: Antonio Augusto Alves Pereira

Supervisor: Nuno de Campos Filho

Florianópolis
Novembro de 2011

JONAS GESSÉ NUNES

NECESSIDADE DE IRRIGAÇÃO PARA A CULTURA DO MILHO NA FAZENDA
EXPERIMENTAL DA RESSACADA SOB DIFERENTES CENÁRIOS DE DEFICIT HÍDRICO

Relatório de estágio de conclusão de curso
apresentado à Universidade Federal de Santa
Catarina, como parte das exigências do Curso de
Graduação, para obtenção do título de Engenheiro
Agrônomo.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Antônio Augusto Alves Pereira

Prof. Dr. Rosandro Boligon Minuzzi

Eng.Agr. MsC Nuno de Campos Filho

Florianópolis
Novembro de 2001

AGRADECIMENTOS

A Deus, por minha vida, família e amigos.

Aos meus pais Gessé e Elvira e a minhas irmãs Bruna e Beatriz, pelo amor, incentivo e apoio incondicional.

A minha namorada Mileni pelo carinho e atenção.

À Universidade Federal de Santa Catarina, pela oportunidade de fazer o curso.

Ao professor Antonio Augusto Alves Pereira, pelo apoio e confiança.

Ao supervisor de estágio, Eng. Agrônomo Nuno de Campos Filho.

Sumário

LISTA DE ILUSTRAÇÕES	VI
LISTA DE TABELAS	VII
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS.....	Erro! Indicador não definido.
LISTA DE ANEXOS	Erro! Indicador não definido.
RESUMO	Erro! Indicador não definido.
1. INTRODUÇÃO	Erro! Indicador não definido.
2. JUSTIFICATIVA	Erro! Indicador não definido.
3. HIPÓTESE.....	Erro! Indicador não definido.
4. OBJETIVOS.....	Erro! Indicador não definido.
4.1. Objetivo Geral	Erro! Indicador não definido.
4.2. Objetivos Específicos.....	Erro! Indicador não definido.
5. REVISÃO DA LITERATURA.....	Erro! Indicador não definido.
5.1. A cultura do milho e a irrigação	Erro! Indicador não definido.
5.2. O programa Cropwat 8.0	Erro! Indicador não definido.
6. MATERIAL E MÉTODOS	Erro! Indicador não definido.
6.1. Dados necessários para utilizar o programa Cropwat	Erro! Indicador não definido.
6.1.1. Curva característica de retenção da água no solo	Erro! Indicador não definido.
6.1.2. Outros dados necessários ao Cropwat	Erro! Indicador não definido.
6.1.3. Características das variedades de milho.....	Erro! Indicador não definido.
6.1.4. Sistema de irrigação utilizado	Erro! Indicador não definido.
6.1.5. Cenários de cultivo para aplicação do Cropwat.....	Erro! Indicador não definido.
6.1.6. Método considerado no programa para o cálculo de chuva efetiva.....	26
6.1.7. Execução do cálculo do balanço hídrico com o programa Cropwat.....	Erro! Indicador não definido.
7. RESULTADOS E DISCUSSÃO	Erro! Indicador não definido.
8. CONCLUSÕES.....	Erro! Indicador não definido.
9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	Erro! Indicador não definido.
ANEXOS	Erro! Indicador não definido.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1. Curva Característica de Retenção para o solo da Fazenda Experimental da Ressacada.**Erro!**

Indicador não definido.

Figura 2. Balanço hídrico em que houve recomendação de irrigação..... **Erro! Indicador não definido.**

Figura 3. Balanço hídrico em que houve necessidade de irrigação mas esta não foi realizada.**Erro!**

Indicador não definido.

Figura 4. Necessidade de irrigação para plantio na safra com cenários de seca moderada. **Erro! Indicador não definido.**

Figura 5 Necessidade de irrigação para plantio na safra com cenários de seca severa. **Erro! Indicador não definido.**

Figura 6. Necessidade de irrigações para plantio na safrinha com cenários de seca moderada.**Erro!**

Indicador não definido.

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1 Duração das fases fenológicas de cada cultivar. **Erro! Indicador não definido.**
- Tabela 2 Cenários adotados para o cálculo do balanço hídrico da cultura do milho – semeadura da safra (01/09). A ocorrência de seca moderada ou severa foi simulada com prevalência de um mês ou de dois meses seguidos. **Erro! Indicador não definido.**
- Tabela 3 Cenários adotados para o cálculo do balanço hídrico da cultura do milho – semeadura da safrinha (01/01). A ocorrência de seca moderada ou severa foi simulada com prevalência de um mês ou de dois meses seguidos..... **Erro! Indicador não definido.**
- Tabela 4. Quantidade de água necessária para atender os cenários que precisaram de irrigação. **Erro! Indicador não definido.**
- Tabela 5. Perdas na produtividade do milho, em porcentagem, nos cenários em que foi recomendada a irrigação caso ela não venha a ser utilizada. **Erro! Indicador não definido.**

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CIRAM – Centro de Informações de Recursos Ambientais e de Hidrometeorologia de Santa Catarina

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento

FAO – Food and Agriculture Organization of United Nations

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

MAPA - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

INMET-Instituto Nacional de Meteorologia

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1: 1º Plantio, semeadura em 01 de Setembro(SAFRA).....	35
Anexo 2 2º Plantio, semeadura em 01 de Janeiro (Safrinha).....	45
Anexo 3 Sem o uso de irrigação, para os cenários que deveriam ser irrigado conforme o programa cropwat.....	55 Anexo 4
Tutorial para utilização do Cropwat 8.0.....	58

RESUMO

O milho é uma cultura de grande importância econômica amplamente utilizada para alimentação de pessoas e animais em todo o mundo. Como todas as espécies cultivadas, o milho também está sujeito a efeitos prejudiciais decorrentes do clima, tal como o déficit hídrico, que pode afetar seu desenvolvimento e sua produtividade final. O objetivo principal deste trabalho foi a investigação da necessidade de irrigação sob cenários hipotéticos de déficit hídrico, de ocorrência em um único mês ou em dois meses consecutivos, durante os cultivos de safra ou safrinha, nas condições da Fazenda Experimental da Ressacada, localizada no município de Florianópolis, estado de Santa Catarina. Os objetivos específicos foram (a) a estimativa do volume de água que deveria ser armazenado para atender cenários com necessidade de irrigação e (b) a estimativa da quebra de produtividade caso as irrigações recomendadas para algum cenário não fossem realizadas. Para identificar a necessidade de irrigação nos diferentes cenários foi utilizado o programa Cropwat 8.0, que calcula o balanço hídrico da cultura a partir de dados climáticos, de solo, da espécie cultivada. Na montagem dos cenários hipotéticos de déficit hídrico, utilizou-se valores de precipitação mensal de percentil 0,35 visando caracterizar um cenário de seca moderada e valores de precipitação mensal de percentil 0,15 visando caracterizar um cenário de seca severa. Os resultados mostraram que o programa Cropwat recomendou o uso da irrigação em cinco dos 38 cenários investigados: no cenário 14, plantio da safra (01/09), que considerou a ocorrência de seca severa no mês de dezembro; no cenário 18, plantio da safra, que considerou a ocorrência de seca severa nos meses de novembro e dezembro; no cenário 19, plantio da safra, que considerou a ocorrência de seca severa nos meses de dezembro e janeiro; no cenário 33, plantio da safrinha (01/01), que considerou a ocorrência de seca severa em abril e finalmente no cenário 37, plantio da safrinha, que considerou a ocorrência de seca severa em março e abril. Dentre os cenários em que houve recomendação de irrigação, o de número 19 foi o que demandou maior volume de água, com necessidade de armazenamento de 1.967,5 m³ para atender a área de plantio. Com relação à estimativa de quebra de produtividade nos cenários em que houve recomendação de irrigação, a supressão desta causaria, de acordo com os resultados do Cropwat, quebra máxima de 9,9% no cenário 18. Concluiu-se que a maior atenção ao controle da água no solo deverá ocorrer quando for constatada seca severa nos meses de dezembro a janeiro para o plantio da safra e nos meses de março e abril para o plantio da safrinha.

Palavras-chave: Cropwat 8.0, necessidade de irrigação; milho irrigado.

1. INTRODUÇÃO

A Fazenda Experimental da Ressacada, localizada no município de Florianópolis vem desenvolvendo atividades didáticas de apoio a diversos cursos de graduação da Universidade Federal de Santa Catarina, entre eles, Agronomia, Zootecnia, Engenharia de Aquicultura e Engenharia Sanitária e Ambiental. As atividades abrangem diversos campos de conhecimento, tais como Apicultura, Lavouras, Bovinocultura, Avicultura, Horticultura e Mecanização.

As atividades zootécnicas necessitam de um grande suprimento de milho para atender a demanda nutricional dos animais precisam. Na avicultura, segundo Rodrigues et al. (2001), o uso do milho na dieta representa aproximadamente 63,240 % do total. Em bovinocultura Cavalcanti et al. (2004) demonstrou que dietas a base de silagem de milho triturado in natura na concentração de 67,8 % geram um ganho significativo de peso bruto nos animais em épocas críticas no desenvolvimento de forragem no campo.

A importância econômica do milho é caracterizada pelas diversas formas de sua utilização, que vai desde a alimentação animal até a indústria de alta tecnologia. Na realidade, o uso do milho em grão como alimentação animal representa a maior parte do consumo desse cereal, isto é, cerca de 70% no mundo (EMBRAPA, 2000).

No caso da fazenda experimental da Ressacada a principal finalidade do milho será na alimentação dos animais, diminuindo assim a necessidade de compra do produto no mercado externo, gerando não somente redução do dispêndio econômico com o produto, mais criando também um sistema com maior sustentabilidade para as atividades desenvolvidas na fazenda.

A produtividade do milho tem seu sucesso condicionado por diversos fatores que estão integrados e relacionados entre si. Dentre estes fatores podemos citar a utilização de material genético adequado, adubação e fatores externos, como radiação solar e disponibilidade de água. A falta de água é um fator limitante para a cultura do milho no Brasil e no mundo, sendo responsável pelo estresse hídrico que afeta as culturas causando quedas na produção e baixa qualidade de grãos.

No caso do milho a maior necessidade de água ocorre nos períodos de florescimento e enchimento de grãos. Nestes momentos a falta água compromete severamente a produção de grãos (EMBRAPA, 2000).

Na fazenda da Ressacada o milho será produzido sob um sistema de irrigação através de pivô central, que irá suprir sua necessidade de água que a cultura necessita principalmente nos períodos

mais críticos (irrigação complementar). O sistema de pivô central é um sistema de irrigação por aspersão que consiste em uma canalização com aspersores suspensa por torres com rodas, que se movem acionadas por motores elétricos. São sistemas que permitem alto grau de automação. (adaptado, PEREIRA, 2009).

O uso eficiente de qualquer sistema de irrigação deve ser baseado no balanço hídrico sequencial da área irrigada. Na fase de elaboração do projeto da irrigação, a investigação do balanço hídrico calculado a partir de dados de séries históricas, permite estimar a necessidade de água para a atividade futura. Estas informações podem ser obtidas a partir de dados médios ou de cenários simulados para secas moderadas ou severas que venham a acontecer na área.

O município de Florianópolis não tem o milho como uma atividade de importância econômica, de modo que este trabalho tem caráter de consultoria e recomendação para o manejo da água na fazenda experimental da Ressacada. O propósito, enquanto estágio de conclusão de curso é o de elaborar um estudo da necessidade de irrigação em diferentes cenários de disponibilidade de água, visando auxiliar na condução da irrigação necessária à produção do milho, seja para atividades didáticas, experimentais ou simplesmente para a alimentação de animais criados na fazenda.

2. JUSTIFICATIVA

Visto que o equipamento de irrigação do tipo pivô central necessita de grandes vazões para seu funcionamento, será necessária construção de um açude para acumular água na fazenda em quantidade suficiente para operar o sistema. Esta investigação reveste-se de importância maior porque que não existem cursos de água perenes na área. Com isso toda água utilizada no pivô dependerá da chuva, ou seja, o estudo hidrológico é de fundamental importância para poder estimar os volumes de água que deverão ser armazenados para atender diferentes cenários de déficit hídrico na própria Fazenda. Este trabalho também tem como finalidade servir como um documento de consulta sobre a fazenda da Ressacada, sendo útil para os funcionários e colaboradores, para que os mesmo possam fazer uma melhor utilização do pivô central.

3. HIPÓTESE

Em caso de ocorrência de secas moderadas ou severas, haverá necessidade de irrigação para evitar quebras na produção do milho na fazenda da Ressacada.

4. OBJETIVOS

4.1. Objetivo Geral

Estimar a necessidade de irrigação para a cultura do milho na fazenda da Ressacada com o uso do programa Cropwat, para duas datas de plantio, sob diferentes cenários de déficit hídrico.

4.2. Objetivos Específicos

- Estimar a lâmina de água requerida para suprir a necessidade da cultura do milho, caso seja, constatada a necessidade de fazer o uso de irrigação para os cenários estudados.
- Estimar a perda de produtividade, caso não for feito o uso de irrigação nas épocas recomendadas pelo programa Cropwat.

5. REVISÃO DA LITERATURA

5.1. A cultura do milho e a irrigação

Os Estados Unidos são responsáveis por quase 70% das exportações mundiais do grão de milho nos anos 90 e estima-se que em 2017 as exportações mundiais de milho atingirão 105,8 milhões de toneladas e a participação dos USA será restrita a 50%; onde abre-se um imenso espaço para o Brasil ocupar parte deste mercado (SOLOGUREN, 2000).

Segundo dados da CONAB (2011) a expectativa da área total cultivada com milho em todo o Brasil é de ficarem em torno de 12.682,2 mil hectares; em uma produção esperada para a Primeira Safra de Milho 2010/11 está estimada em 31.511,20 mil toneladas, com uma redução entre 7,5%, enquanto a safra total de milho esperada para 2010/11 é de 52.723,3 mil toneladas. Considerando que o custo de produção da cultura do milho irrigado gira em torno do equivalente a 5 t/ha, e que é possível a obtenção de produtividade em torno de 8 a 9 t/ha de grão, essa cultura deixa de ser vista apenas como cultivo para rotação e passa, então, a ser economicamente viável (RESENDE, 2003).

A produção potencial de uma cultura é determinada pelo número de grãos que podem ser formados. O déficit hídrico afeta este número por motivo da infertilidade e do aborto floral e zigótico (WESTGATE & BOYER, 1986). Gordon et al. (1995) observaram que a eficiência da irrigação depende da etapa fenológica em que é efetuada; maior eficiência é obtida quando a irrigação é aplicada na fase do pendoamento. Por isso segundo Bergamaschi (2004) uso da irrigação torna-se fundamental, pois é no período crítico que ocorrem os maiores efeitos do déficit hídrico e também a maior eficiência do uso da irrigação, tanto na produção de matéria seca quanto na produtividade de grãos.

O milho é considerado uma cultura que demanda muita água, mas também é uma das mais eficientes no seu uso, isto é, produz uma grande quantidade de matéria seca por unidade de água absorvida (MAPA, 2002).

No Brasil tem cerca de 4,6 milhões de hectares irrigados como mostra o relatório da ANA (2007), este baixo percentual de área irrigada segundo Souza (2003), deve-se ao custo elevado na implantação de sistemas de irrigação.

Trabalhos desenvolvidos por Bergamaschi (2006) comparou que na média de dez anos, a irrigação máxima proporcionou aumento próximo a 70% no rendimento de grãos de milho, em relação à cultura não irrigada. A irrigação intermediária, com dose de rega média próxima a 60% da irrigação completa, aumentou o rendimento em quase 50%. Bergonci et al. (2006) e Bergamaschi et al. (2004)

constatarem que uma dose intermediária de irrigação, a partir de 60% daquela necessária para elevar a umidade do solo à capacidade de campo, é suficiente para que sejam obtidos rendimentos e levados de milho.

O manejo inadequado de irrigação permite excesso de água nas lavouras de milho, também contribui para o desenvolvimento de muitas doenças principalmente aquelas causadas por bactérias (FERNANDES, 1997). Queiróz et al. (1996) mostram que a adoção de práticas agrícolas como a rotação de culturas, plantio direto, irrigação, entre outras, podem diminuir os riscos na produção agrícola.

5.2. O programa Cropwat 8.0

O programa Cropwat 8.0 é utilizado para diferentes propósitos voltados principalmente para a irrigação, como projetos, manejo e pesquisa. O software pode ser obtido gratuitamente no site da FAO, no endereço: http://www.fao.org/nr/water/infores_databases_cropwat.html.

Todos os cálculos realizados pelo Cropwat 8.0 são baseados em duas publicações da própria FAO : “Crop Evapotranspiration – Guidelines for computing crop water requirements” e “Yield response to water”) (PICCOLI,2011).

A grande finalidade do uso Cropwat é calcular a demanda e a necessidade de água e irrigação para diversas culturas, onde este programa utiliza referencias como exemplos clima, solo, cultivar ,manejo ,ciclo entre outras.

6. MATERIAL E MÉTODOS

A Fazenda Experimental da Ressacada do Centro de Ciências Agrárias - Universidade Federal de Santa Catarina (CCA-UFSC), Florianópolis/SC, está situada nas coordenadas 27°35'48" S de latitude e 48°32'57" W de longitude e em uma altitude média de 3m acima do nível do mar. O clima da região, de acordo com a classificação climática de Köppen, é mesotérmico úmido, com verões quentes - Cfa (ICHIBA et al., 2002).

6.1. Dados necessários para utilizar o programa Cropwat

Para o cálculo do balanço hídrico com o Cropwat é necessário fornecer ao programa informações que permitam a estimativa da evapotranspiração no local de cultivo, os valores das precipitações registradas (a partir de séries históricas), informações sobre a espécie que será cultivada e sobre o solo. A seguir serão apresentadas as informações inseridas no programa.

6.1.1. Curva característica de retenção da água no solo

O solo da fazenda da Ressacada é classificado como Neossolo Quartzarenico Hídrico Típico, de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos (EMBRAPA, 1999). Portanto trata-se de um solo com predominância de areia, de cor escura devido ao alto teor de matéria orgânica presente devido ao nível do lençol freático, que permanece elevado boa parte do ano.

Uma das informações necessárias para o cálculo da necessidade de irrigação com o programa Cropwat é a chamada “capacidade de água disponível do solo” – CAD. Esta informação foi obtida a partir da curva característica de retenção da água no solo, determinada no laboratório de Irrigação e Drenagem (LABIRD) a partir de amostras coletadas na área de interesse.

Para determinar a curva citada, amostras do solo da fazenda foram coletadas por meio de anéis de volume conhecido (para que fosse possível determinar a densidade do solo) à profundidade de 0-20 cm da superfície. As amostras foram coletadas de forma a manter a estrutura natural do solo; para isso foram cobertas com filme de PVC e guardadas em caixas para impedir a perda de água por evaporação. Em laboratório as amostras foram saturadas em água destilada por um período de 24 horas antes de serem submetidas às pressões de 6, 10, 50, 100, 150, 300, 500 e 800 kPa; para cada valor de pressão foram utilizadas quatro amostras. As determinações de umidade nas pressões de 6 e 10 kPa foram feitas na Mesa de Tensão e as demais na Câmara de Pressão de Richards (extrator de membrana).

Com os pares de valores Umidade vs Pressão foi elaborada a curva de retenção de água no solo. Os pontos foram plotados em um gráfico e o ajuste da curva aos pontos foi feito manualmente.

Segundo Martin-Benito (1999) o ponto correspondente à umidade de capacidade de campo é retirado da curva de retenção na pressão de 10 kPa (para solos arenosos) e o ponto correspondente à umidade de murcha permanente à pressão de 1.500 kPa. Para o solo estudado neste trabalho, segundo a Curva de retenção de umidade apresentada na Figura 1, o valor da umidade volumétrica na capacidade de campo (θ_{cc}) é 0,286 e o valor da umidade volumétrica para o ponto de murcha permanente (θ_{pmp}) é de 0,167.

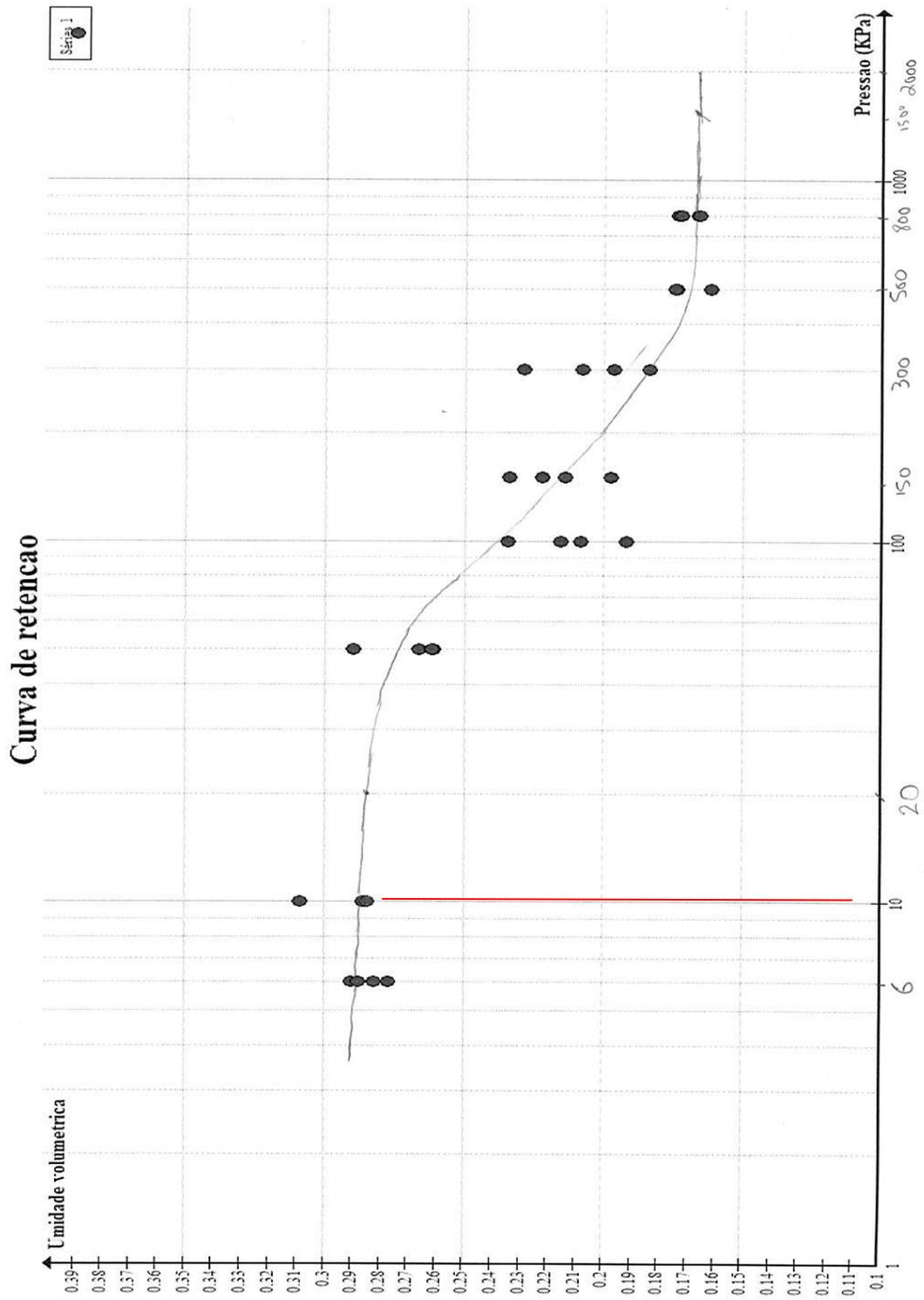


Figura 1. Curva Característica de Retenção para o solo da Fazenda Experimental da Ressacada.

6.1.2. Outros dados necessários ao Cropwat

Também foram utilizados os seguintes dados meteorológicos fornecidos pela estação meteorológica do INMET, fica no município de São José como: precipitação mensal (mm), velocidade do vento (m/s), temperatura do ar (C°) insolação (h) e umidade relativa (%). Para todas estas variáveis foram utilizados dados mensais.

6.1.3. Características das variedades de milho

As variedades de milho que serão cultivadas na fazenda da Ressacada nas duas épocas de semeadura previstas, ambas da empresa AGROCERES, são a AG5011 de ciclo precoce (155 dias, com semeadura em 01 de Setembro) e a variedade AG9010 de ciclo superprecoce (135 dias, com semeadura em 01 de Janeiro).

Uns dos dados específicos para fazer o balanço hídrico no programa Cropwat é a profundidade das raízes de milho, em que segundo Bordin et al (2008) situa-se em torno de 43 cm.

Segundo dados adaptados EMBRAPA (1998), para diversas regiões do mundo, a duração do ciclo fenológico do milho para produção de grãos varia de 120 a 180 dias, cujas fases 1, 2, 3 e 4 correspondem a 17%, 28%, 33% e 22%, respectivamente, do ciclo total. Como as cultivares tem ciclo previsto de 155 e 135 dias, foram feitas as adaptações para a duração dos estádios fenológicos, como mostra a Tabela 1.

Tabela 1. Duração das fases fenológicas de cada cultivar.

Cultivar	Duração das fases fenológicas (dias)				Ciclo total (dias)
	1	2	3	4	
AG5011 (precoce)	26	43	52	34	155
AG9010 (superprecoce)	23	38	45	29	135

Os dados de coeficiente de cultura (Kc) para cultura do milho foram adaptados de Back (1997); o programa Cropwat usa apenas três valores, correspondentes às fases inicial, de floração e de maturação. Os valores de Kc utilizados foram respectivamente 0,50; 1,1 e 0,55.

6.1.4. Sistema de irrigação utilizado

O equipamento utilizado caso haja a necessidade de fazer o uso de irrigação, será o pivô central; segundo o fabricante, o pivô tem eficiência de aplicação de 85 %, como se pode verificar no Anexo 5.

6.1.5. Cenários de cultivo para aplicação do Cropwat

Com a finalidade de estimar a necessidade de água para o cultivo do milho na Fazenda Experimental da Ressacada, o programa Cropwat foi utilizado para calcular o balanço hídrico em diversos cenários, divididos inicialmente em duas épocas de plantio: Safra (com semeadura em 01 de Setembro) e Safrinha (com semeadura em 01 de Janeiro).

Para cada data de semeadura foram consideradas duas situações de seca com diferentes intensidades, definidas de acordo com os percentis (p) obtidos a partir das séries mensais de chuva. Assim, considerou-se um mês com seca moderada e severa, ao valor de chuva obtido pelo percentil 0,35 (ou 35%) e 0,15 (ou 15%), respectivamente. Como exemplo, para a chuva de um determinado mês foi encontrado $p_{0,35}=54\text{mm}$ e $p_{0,15}=22\text{mm}$. Isso significa que para 35% dos anos analisados a chuva foi menor ou igual a 54mm. Outra interpretação, seria afirmar que nos anos observados da série histórica ou que virão a ocorrer, o referido mês que tiver registro total de chuva entre 54 e 22mm, será considerado um mês de seca moderada.

Para cada época de semeadura foram ainda estipuladas duas situações: Ocorrência de um ou dois meses seguidos de Seca Moderada e de Seca Severa. Foram simulados 38 cenários diferentes para avaliar a necessidade hídrica da cultura do milho pelo programa Cropwat, conforme apresentam as Tabelas 2 e 3. A Tabela 2 apresenta os 19 cenários considerados para o plantio da safra e a Tabela 3 os 19 cenários para o plantio da safrinha.

TABELA 2. Cenários adotados para o cálculo do balanço hídrico da cultura do milho – semeadura da safra (01/09). A ocorrência de seca moderada ou severa foi simulada com prevalência de um mês ou de dois meses seguidos.

Intensidade da seca	Número de ordem do cenário	Set	Out	Nov	Dez	Jan
Sem seca	1					
Seca Moderada em apenas um mês durante o ciclo. (Chuva com percentil 0,35)	2	X				
	3		X			
	4			X		
	5				X	
	6					X
Seca Moderada em dois meses seguidos durante o ciclo. (Chuva com percentil 0,35)	7	X	X			
	8		X	X		
	9			X	X	
	10				X	X
Seca Severa em apenas um mês durante o ciclo. (Chuva com percentil 0,15)	11	X				
	12		X			
	13			X		
	14				X	
	15					X
Seca Severa em dois meses seguidos durante o ciclo. (Chuva com percentil 0,15)	16	X	X			
	17		X	X		
	18			X	X	
	19				X	X

Tabela 3. Cenários adotados para o cálculo do balanço hídrico da cultura do milho – semeadura da safrinha (01/01). A ocorrência de seca moderada ou severa foi simulada com prevalência de um mês ou de dois meses seguidos.

Intensidade da seca	Número de ordem do cenário	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai
Sem seca	20					
Seca Moderada em apenas um mês durante o ciclo. (Chuva com percentil 0,35)	21	X				
	22		X			
	23			X		
	24				X	
	25					X
Seca Moderada em dois meses seguidos durante o ciclo. (Chuva com percentil 0,35)	26	X	X			
	27		X	X		
	28			X	X	
	29				X	X
Seca Severa em apenas um mês durante o ciclo. (Chuva com percentil 0,15)	30	X				
	31		X			
	32			X		
	33				X	
	34					X
Seca Severa em dois meses seguidos durante o ciclo. (Chuva com percentil 0,15)	35	X	X			
	36		X	X		
	37			X	X	
	38				X	X

6.1.6. Método considerado no programa para o cálculo de chuva efetiva

O método utilizado para chuva efetiva foi de porcentagem fixa "Fixed percentagem" de 80%, devido ao solo ter um grande teor de areia maior que 90% e ter uma declividade plana menor que 1 % de declividade, ou seja, isso faz com que grande parte da chuva que caia sobre este solo vem a infiltrar.

6.1.7. Execução do cálculo do balanço hídrico com o programa Cropwat

As informações apresentadas foram inseridas no programa Cropwat 8.0 na forma como demonstra o Anexo 4 (Tutorial para utilização do Cropwat 8.0), gerando o cálculo do balanço hídrico para a cultura do milho nos diversos cenários.

A condição de início da irrigação selecionada no Cropwat foi o ponto de esgotamento crítico (Irrigate at critical depletion), que é o ponto a partir do qual a planta começará a sofrer estresse para retirar água do solo, pois a água facilmente disponível terá se esgotado.

O programa também estima a lâmina de água necessária quando há recomendação de irrigação. Com estes valores foi possível estimar o volume de água necessário para atender a um determinado cenário investigado, gerando uma informação útil para o dimensionamento de açudes.

Naqueles cenários em que se constatou necessidade de irrigação foi utilizado outro recurso do Cropwat que estima a perda de produtividade da cultura estudada em caso de ocorrência de déficit hídrico (opção "No irrigation (rainfed)"). Nesta opção não se considera o uso de irrigação durante o ciclo da cultura do milho.

Como exemplo para a interpretação dos dados gerados pelo programa Cropwat, apresentamos na Figura 3 um gráfico gerado após o cálculo de um balanço hídrico em que houve recomendação de irrigação. Na Figura 4 pode-se visualizar um gráfico gerado pelo Cropwat para um balanço hídrico em que houve necessidade de irrigação, sendo que esta não foi realizada.

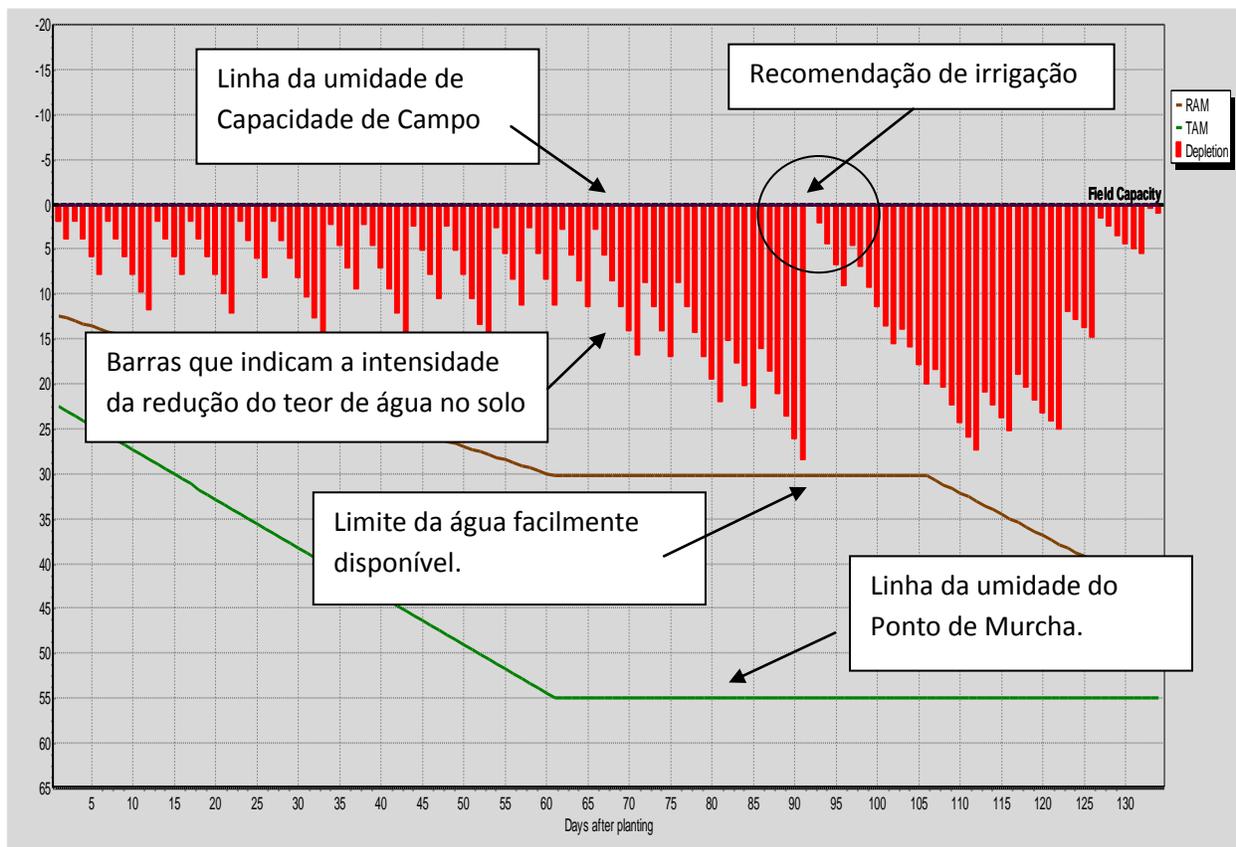


Figura 2. Balanço hídrico em que houve recomendação de irrigação.

Na Figura 2, na área destacada por um círculo, podemos verificar que existe um espaço vazio (não preenchido pelas barras em vermelho). Este vazio indica que a umidade do solo voltou ao nível de umidade da capacidade de campo após a realização de uma irrigação. O fato de disparou a recomendação da irrigação foi a aproximação da barra vermelha anterior da linha que determina o limite para a água facilmente disponível no solo para as plantas.

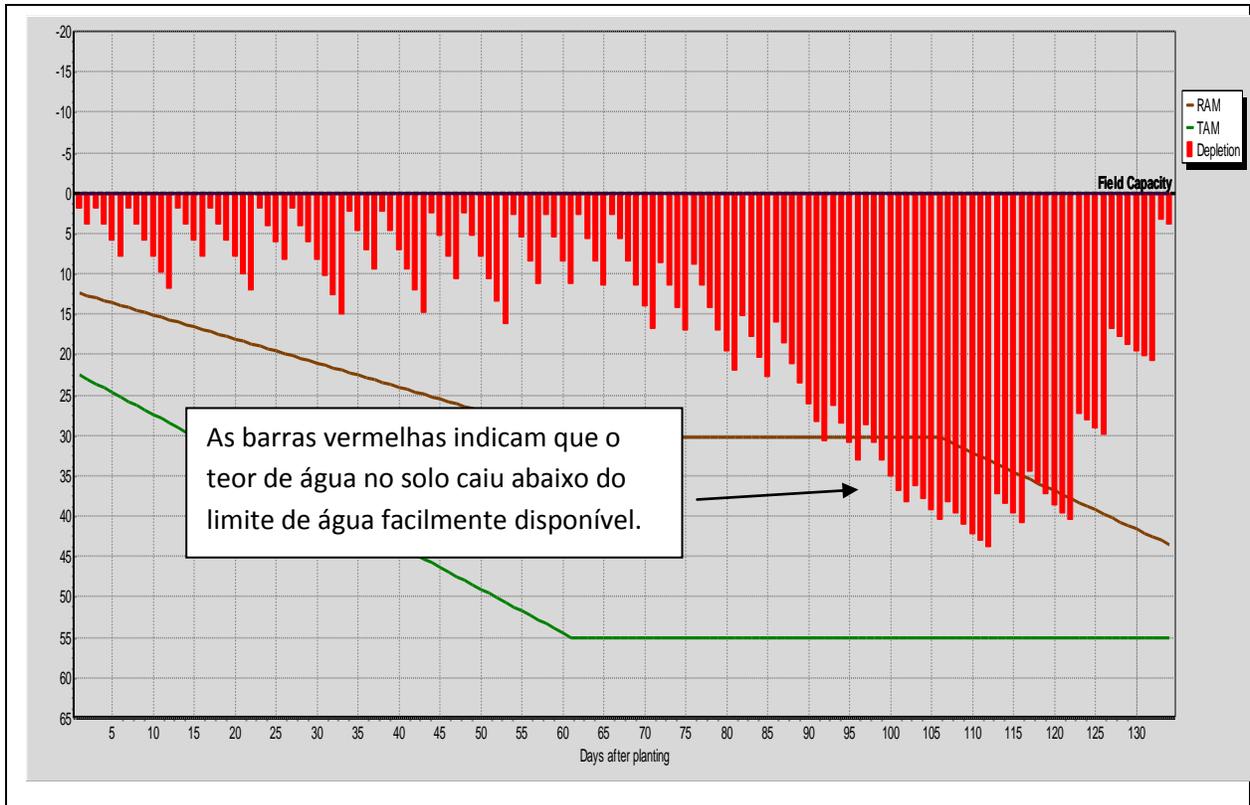


Figura 3. Balanço hídrico em que houve necessidade de irrigação mas esta não foi realizada.

Na Figura 3 podemos verificar que as barras em vermelho ultrapassaram a linha que limita a água facilmente disponível para as plantas, porém sem ultrapassar a linha da umidade no ponto de murcha permanente; ou seja, haverá quebra de produtividade mas não a morte das plantas.

7. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As Figuras 4.1, 4.2, 4.3 e 4.4 mostram os resultados obtidos com o programa Cropwat 8.0 referentes à necessidade de irrigação para a cultura do milho na Fazenda Experimental da Ressacada. Observando estas figuras vemos que para os cenários 14, 18, 19, 33 e 37 houve recomendação de irrigação. No Anexo 1 podem ser observados os gráficos gerados pelo programa Cropwat mostrando a variação do teor de água no solo para os cenários 14, 18 e 19, referentes ao plantio da safra e no Anexo 2 podem ser observados os gráficos semelhantes, relacionados aos cenários 33 e 37, plantio da safrinha.

Meses do Ciclo	Cenários investigados									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Set		X					X			
Out			X				X	X		
Nov				X				X	X	
Dez					X				X	X
Jan						X				X

X Mês de ocorrência de seca moderada nos cenários



Cenários em que o Cropwat não recomendou a irrigação

Figura 4.1. Necessidade de irrigação para plantio na safra com cenários de seca moderada.

Meses do Ciclo	Cenários investigados									
	1	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Set		X					X			
Out			X				X	X		
Nov				X				X	X	
Dez					X				X	X
Jan						X				X

X mês de ocorrência de seca severa nos cenários



Cenários em que o Cropwat não recomendou a irrigação.



Cenários com necessidade de irrigar apenas uma vez.



Cenários com necessidade de irrigar duas vezes.

Figura 4.2. Necessidade de irrigação para plantio na safra com cenários de seca severa.

Meses do Ciclo	Cenários investigados									
	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
Jan		X					X			
Fev			X				X	X		
Mar				X				X	X	
Abr					X				X	X
Mai						X				X

X mês de ocorrência de seca moderada



Cenários sem a necessidade de fazer uso de irrigação

Figura 4.3. Necessidade de irrigações para plantio na safrinha com cenários de seca moderada.

Meses do Ciclo	Cenários investigados									
	20	30	31	32	33	34	35	36	37	38
Jan		X					X			
Fev			X				X	X		
Mar				X				X	X	
Abr					X				X	X
Mai						X				X

X mês de ocorrência de seca moderada



Cenários sem a necessidade de fazer uso de irrigação



Cenários com a necessidade de fazer uso de irrigação apenas uma vez.

Figura 4.4. Necessidade de irrigações para plantio na safrinha com cenários de seca severa.

Conforme podemos verificar nas Figuras 4.1 e na Figura 4.4, o uso de irrigação foi recomendado pelo programa Cropwat apenas em 5 cenários do total de 38 cenários investigados (36 com ocorrência de seca e dois com precipitação média), para as duas épocas de plantio do milho. Os cenários em que recomendação de irrigação foram todos com seca severa (precipitações com percentil de 0,15), sendo os cenários 14, 18 e 19 no período de semeadura em 01 de Setembro (safra) e os cenários 33 e 37 no período de semeadura em 01 de Janeiro (safrinha).

O Cropwat também informa o valor das lâminas de irrigação recomendadas, o que permite estimar o volume total de água necessário para atender as irrigações nos cenários críticos, conforme mostra a Tabela 4.

Tabela 4. Quantidade de água necessária para atender os cenários que precisaram de irrigação.

Número de ordem do Cenário	Lâmina líquida (mm)	Lâmina bruta (mm)	Volume para irrigação (m ³ /ha)	Volume na área irrigada (m ³ em 2,5 hectares)
14	31,5	37,0	370	925
18	72,5	83,4	725	1.812,5
19	66,8	78,7	787	1.967,5
33	33,1	38,9	389	972,5
37	30,8	36,3	365	907,5

O programa Cropwat permite estimar a quebra da produtividade da espécie cultivada em função da intensidade do déficit hídrico. Para isto basta escolher a opção de cálculo do balanço hídrico sem recomendação de irrigação para aqueles cenários em que houve recomendação de irrigação (14, 18, 19, 33 e 37). A Tabela 5 mostra os níveis de quebra de produtividade estimados pelo Cropwat.

Tabela 5. Perdas na produtividade do milho, em porcentagem, nos cenários em que foi recomendada a irrigação caso ela não venha a ser utilizada.

Número de ordem do Cenário	Perdas na produtividade por não utilizar um sistema de irrigação (%)
14	5,5
18	9,9
19	5,9
33	0,0
37	3,8

Verifica-se, a partir da Tabela 5, que no pior cenário a quebra de produtividade do milho não alcançou 10%. No cenário 33 apesar do programa recomendar o uso de irrigação não teve perda por falta de um sistema de irrigação, ou seja, a perda de produtividade ocorreu somente em 4 cenários diferentes. Isto pode levar a concluir que o uso de um pivô central é de fundamental importância na Fazenda Experimental da Ressacada pois existem neste local pesquisa e experimentos agrícolas que em muitos casos necessita de condições especial para poder ter seu desenvolvimento.

8. CONCLUSÕES

1. O maior requerimento de água para irrigação do milho foi de 78,7 mm. O volume estimado para atender a esta demanda pode servir como referência para dimensionar o tamanho do reservatório d'água a ser construído, já que não há cursos d'água perenes na Fazenda Experimental da Ressacada.

2. A quebra de produtividade estimada pelo Cropwat para os cenários em que houve recomendação de irrigação, caso ela não fosse utilizada, não excedeu 10%.

3. O maior nível de atenção ao teor de água no solo, para evitar redução na produtividade, deverá acontecer quando for constatada seca severa nos meses de dezembro a janeiro para o plantio da safra e nos meses de março e abril para o plantio da safrinha.

9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBUQUERQUE, P.E.P.; RESENDE, M.. **Cultivo do milho Manejo de Irrigação**. Comunicado Técnico 47. Sete Lagoas, MG.8 disponível em: < <http://ag20.cnptia.embrapa.br/Repositorio/comuni47ID-pbrVxX5xma.pdf>>.. Acesso em: 28 out. 2011.

BERGAMASCHI, HOMERO; DALMAGO, GENEI; BERGONCI, JOÃO. **Distribuição hídrica no período crítico do milho e produção de grãos**. Pesq. agropec. bras., Brasília, v.39, n.9, p.831-839, set. 2004. Disponível em: <www.scielo.br/pdf/%0D/pab/v39n9/22025.pdf>. Acesso em: 10 nov. 2011.

BERGAMASCHI, HOMERO; DALMAGO, GENEI. **Deficit hídrico e produtividade na cultura do milho**. Pesq. agropec. bras., Brasília, v.41, n.2, p.243-249, fev. 2006. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/pab/v41n2/a08v41n2.pdf>>. Acesso em: 10 out. 2011.

BERGONCI et al. Eficiência da irrigação em rendimento de grãos e matéria seca de milho. Pesq. agropec. bras. vol.36 no.7. Brasília July 2001 in Westgate, m. E.; grant, d. L. T. Water deficits and reproduction in maize. Plant physiology, rockville, v.91, n.3, p.862-867, 1989. Disponível em: www.scielo.br/scielo.php?Pid=s0100-204x2001000700004&script=sci_arttext. Acesso em : 09 nov. 2011.

BERGONCI el. At.. Eficiência da irrigação em rendimento de grãos e matéria seca de milho. Pesq. agropec. bras. vol.36 no.7 Brasília July 2001 in GORDON, W. B.; RANEY, R. J.; STONE, L. R. Irrigation management practices for corn production in north central Kansas. Journal of Soil and Water Conservation, Ankeny, v.50, n.4, p.395-398, 1995. Disponível em: <www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-204X2001000700004&script=sci_arttext>. Acesso em: 09 nov. 2011.

CAVALCANTE, ANA CLARA RODRIGUES. **Dietas Contendo Silagem de Milho (Zea maiz L.) e Feno de Capim-Tifton 85 (Cynodonspp.) em Diferentes Proporções para Bovinos**. R. Bras. Zootec., v.33, n.6, p.2394-2402, 2004 (Supl. 3). Disponível em <http://www.scielo.br/pdf/%0D/rbz/v33n6s3/23444.pdf>>. Acesso em: 10 out. 2011.

CEPA. **Síntese anual da agricultura de Santa Catarina 2009-2010**. Disponível em:

<http://cepa.epagri.sc.gov.br/Publicacoes/Sintese_2010/sintese%202010_inteira.pdf>. Acessado em: 08 de out. de 2011.

CONAB. **Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos 2010/2011- Sétimo Levantamento**. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/11_04_07_11_02_42_boletim_abril-2011..pdf>. Acessado em: 07 de out. de 2011.

ISHIBA, S. H. K. et al.. Variabilidade da Precipitação Pluviométrica de Santa Catarina. In: XII Congresso Brasileiro de Meteorologia. Foz de Iguaçu-PR, 2002. Disponível em http://200.145.140.50/html/CD_REVISTA_ENERGIA_vol24n3/vol24n32009/Eraldo%20Silva%20final.pdf, acessado >. Acesso em: 11 out. 2011.

PEREIRA, A. A. A. **Pivô Central**. Disponível no site:

<http://www.cca.ufsc.br/~aaap/irrigacao/irrigacao_pressurizada/pivo_central.ppt> Acesso em: 01 out. 2011.

QUEIROZ, J. E.; CALHEIROS, C. B. M.; PESSOA, P. C. S.; FRIZZONE, J. A. Estratégias Ótimas de Irrigação do Feijoeiro: Terra Como Fator Limitante de Produção. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 31, n. 1, p. 55 - 61, 1996. Disponível em :< <http://www.academicoo.com/artigo/estrategias-otimas-de-irrigacao-do-feijoeiro-terra-como-fator-limitante-da-producao>> Acesso em:11 out. 2011.

RESENDE, MORETHSON;ALBURQUERQUE,P.;COUTO,L. **A cultura do milho irrigado**. EMBRAPA,2003. Brasília, DF. Disponível em:

<http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/11_01_06_08_41_56_boletim_graos_4o_lev_safra_2010_2011..pdf> Acesso em:03 out. 2011.

RODRIGUES, PAULO BORGES. **Valores Energéticos do Milheto, do Milho e Subprodutos do Milho, Determinados com Frangos de Corte e Galos Adultos**. Rev. bras. zootec.2001. Disponível em:<<http://www.scielo.br/pdf/rbz/v30n6/7306.pdf>> .Acesso em:08 nov. 2011.

SOUZA, LUIZ CARLOS; GONÇALVES, MANOEL CARLOS. **Culturas antecessoras e adubação nitrogenada na produtividade de milho em plantio direto irrigado.** Revista Brasileira de Milho e Sorgo, v.2, n.3, p.55-62, 2003. Disponível em <http://rbms.cnpms.embrapa.br/index.php/ojs/article>>. Acesso em: 12 out. 2011.

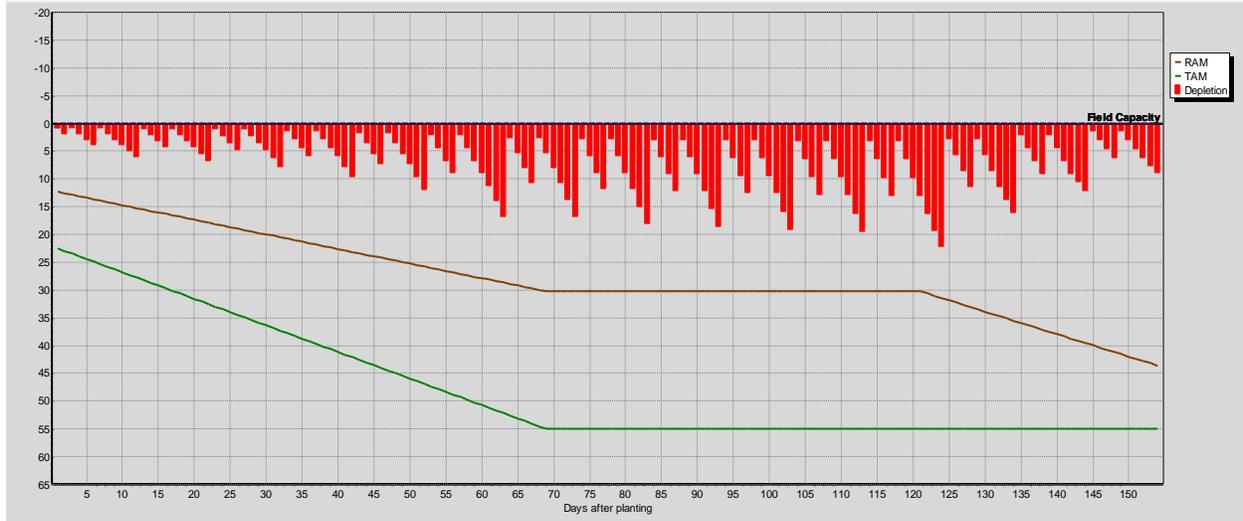
SOLOGUREN, Leonardo. **Produtividade do milho no Brasil:** o novo desafio para consolidar as exportações. Conselho de Informação sobre Biotecnologia. 2000. Disponível em: http://www.pioneersementes.com.br/upload/download/files/DownloadFile_220.pdf>. Acesso em: 05 out. 2011.

UBERTI. **As classes de aptidão de uso do solo predominantes.** 1992. Disponível em:<<http://fazenda.ufsc.br/descricao-fisica/>>. Acesso em: 25 out. 2011.

ANEXO 1

1º Plantio - semeadura em 1º de Setembro(SAFRA).

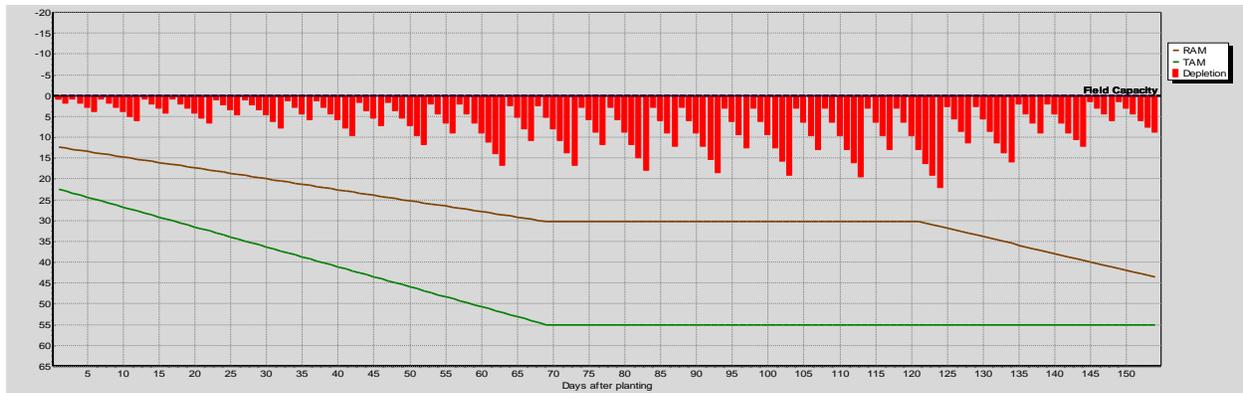
Cenário 1 – Sem seca



Recomendação de irrigação:

Date	Day	Stage	Rain	Ks	Eta	Depl	Net Irr	Deficit	Loss	Gr. Irr	Flow
			mm	fract.	%	%	mm	mm	mm	mm	l/s/ha
2 Feb	End	End	0.0	1.00	0	16					

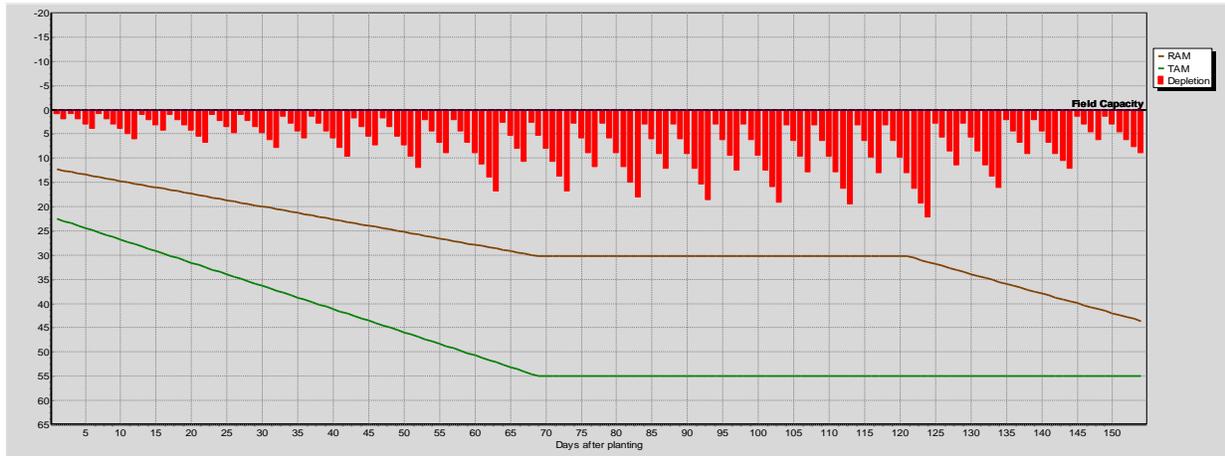
Cenário 2 – Seca moderada em setembro



Recomendação de irrigação:

Date	Day	Stage	Rain	Ks	Eta	Depl	Net Irr	Deficit	Loss	Gr. Irr	Flow
			mm	fract.	%	%	mm	mm	mm	mm	l/s/ha
2 Feb	End	End	0.0	1.00	0	16					

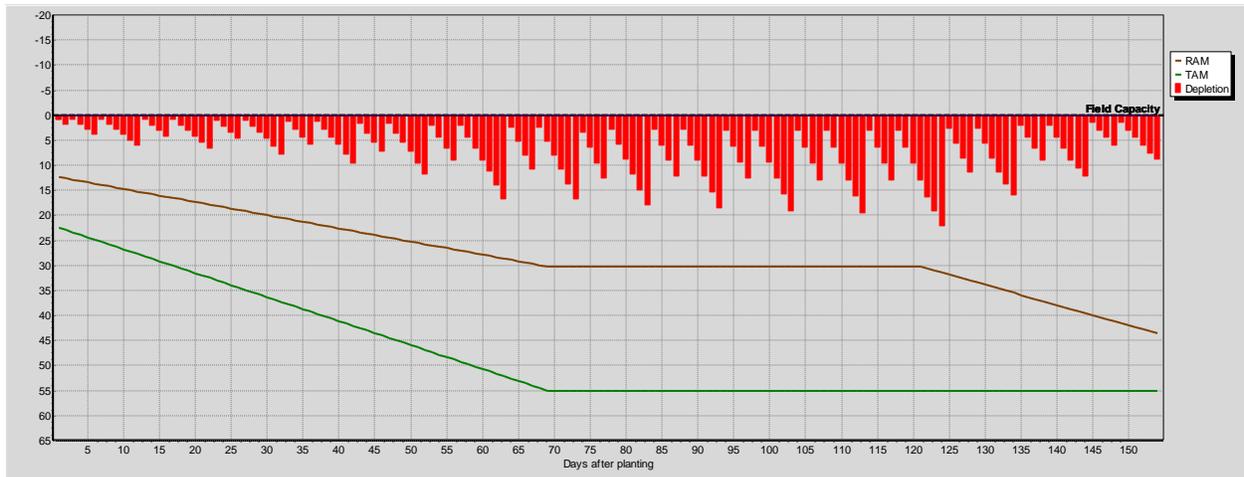
Cenário 3 - Seca moderada em outubro



Recomendação de irrigação:

Date	Day	Stage	Rain	Ks	Eta	Depl	Net Irr	Deficit	Loss	Gr. Irr	Flow
			mm	fract.	%	%	mm	mm	mm	mm	l/s/ha
2 Feb	End	End	0.0	1.00	0	16					

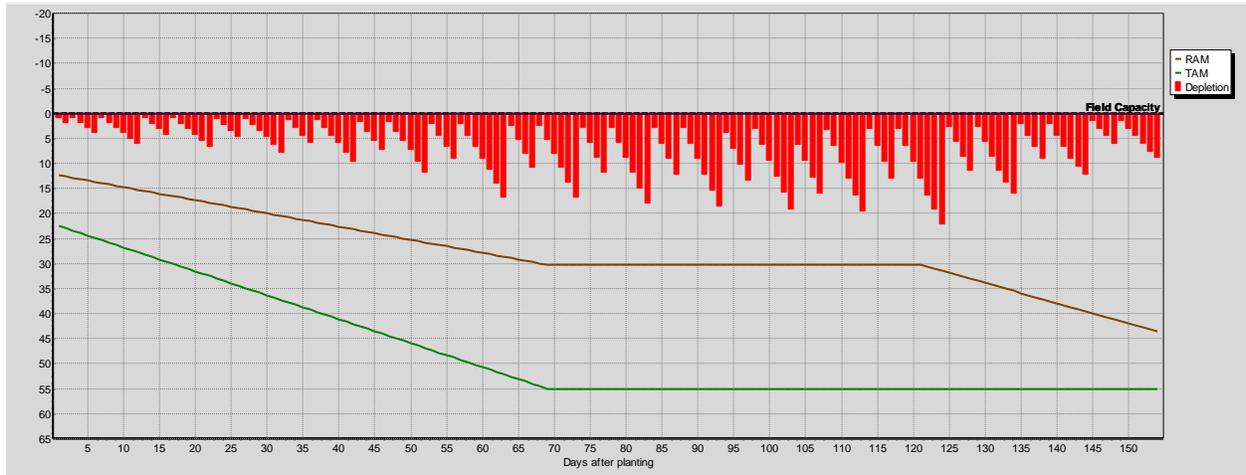
Cenário 4 - -Seca moderada em novembro



Recomendação de irrigação:

Date	Day	Stage	Rain	Ks	Eta	Depl	Net Irr	Deficit	Loss	Gr. Irr	Flow
			mm	fract.	%	%	mm	mm	mm	mm	l/s/ha
2 Feb	End	End	0.0	1.00	0	16					

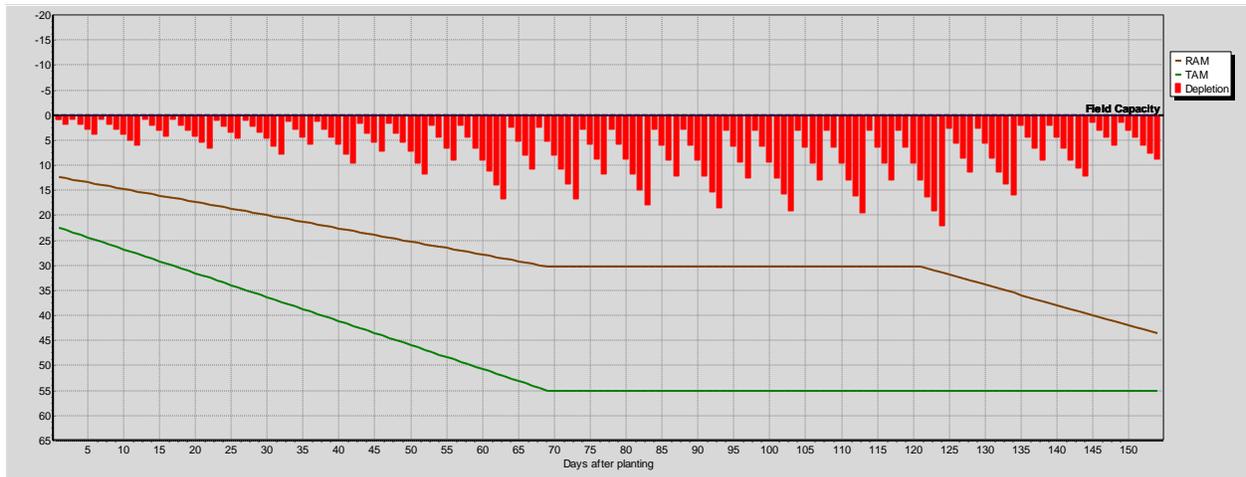
Cenário 5 – Seca moderada em dezembro



Recomendação de irrigação:

Date	Day	Stage	Rain	Ks	Eta	Depl	Net Irr	Deficit	Loss	Gr. Irr	Flow
			mm	fract.	%	%	mm	mm	mm	mm	l/s/ha
2 Feb	End	End	0.0	1.00	0	16					

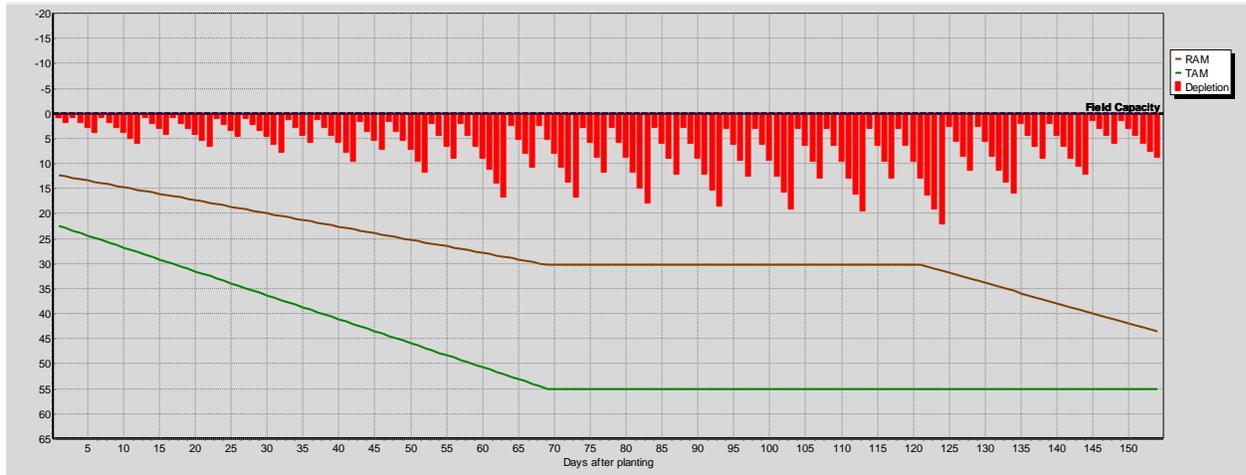
Cenário 6 – Seca moderada em janeiro



Recomendação de irrigação:

Date	Day	Stage	Rain	Ks	Eta	Depl	Net Irr	Deficit	Loss	Gr. Irr	Flow
			mm	fract.	%	%	mm	mm	mm	mm	l/s/ha
2 Feb	End	End	0.0	1.00	0	16					

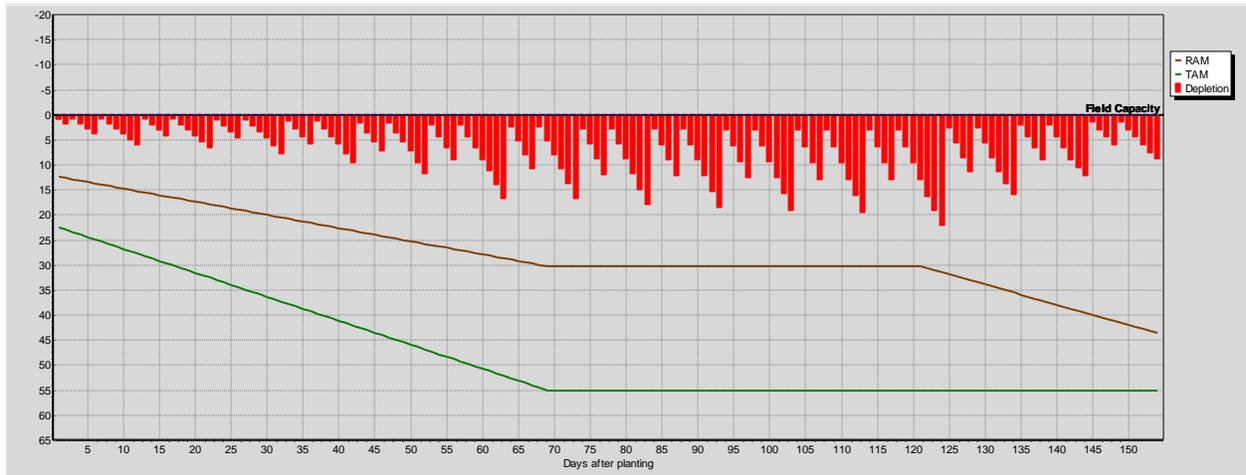
Cenário 7 – Seca moderada em setembro e outubro



Recomendação de irrigação:

Date	Day	Stage	Rain	Ks	Eta	Depl	Net Irr	Deficit	Loss	Gr. Irr	Flow
			mm	fract.	%	%	mm	mm	mm	mm	l/s/ha
2 Feb	End	End	0.0	1.00	0	16					

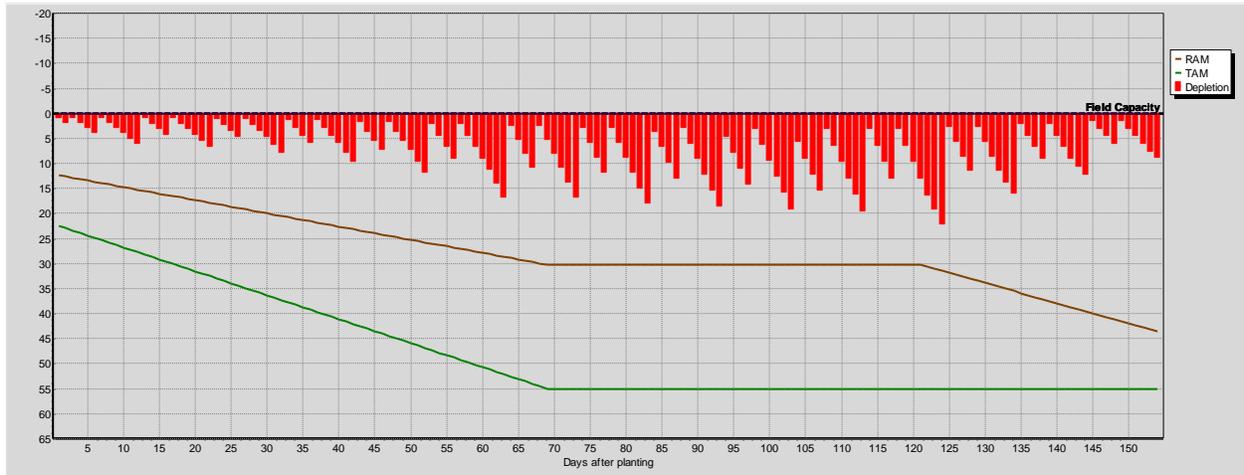
Cenário 8 – Seca moderada em outubro e novembro



Recomendação de irrigação:

Date	Day	Stage	Rain	Ks	Eta	Depl	Net Irr	Deficit	Loss	Gr. Irr	Flow
			mm	fract.	%	%	mm	mm	mm	mm	l/s/ha
2 Feb	End	End	0.0	1.00	0	16					

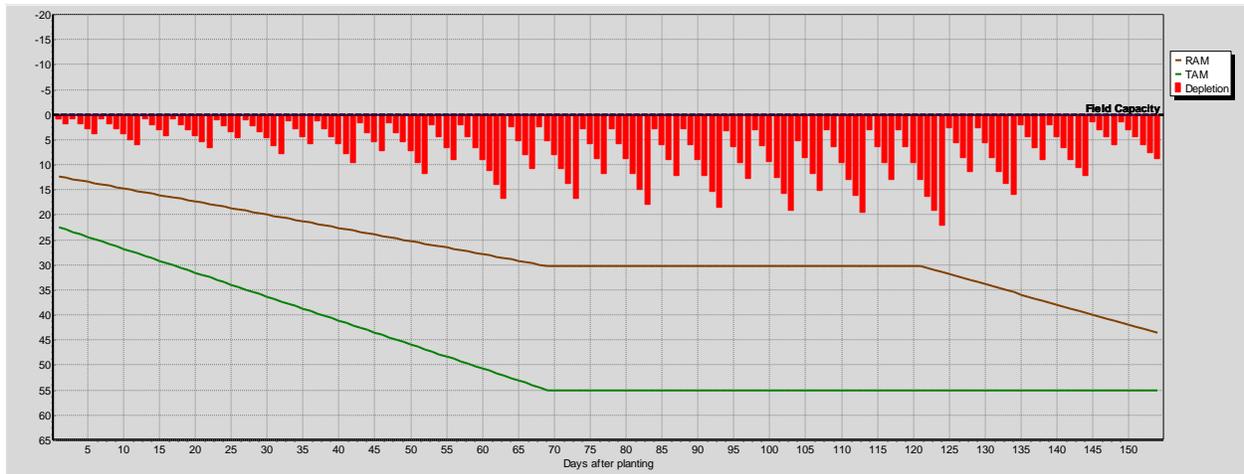
Cenário 9 – Seca moderada em novembro e dezembro



Recomendação de irrigação:

Date	Day	Stage	Rain	Ks	Eta	Depl	Net Irr	Deficit	Loss	Gr. Irr	Flow
			mm	fract.	%	%	mm	mm	mm	mm	l/s/ha
2 Feb	End	End	0.0	1.00	0	16					

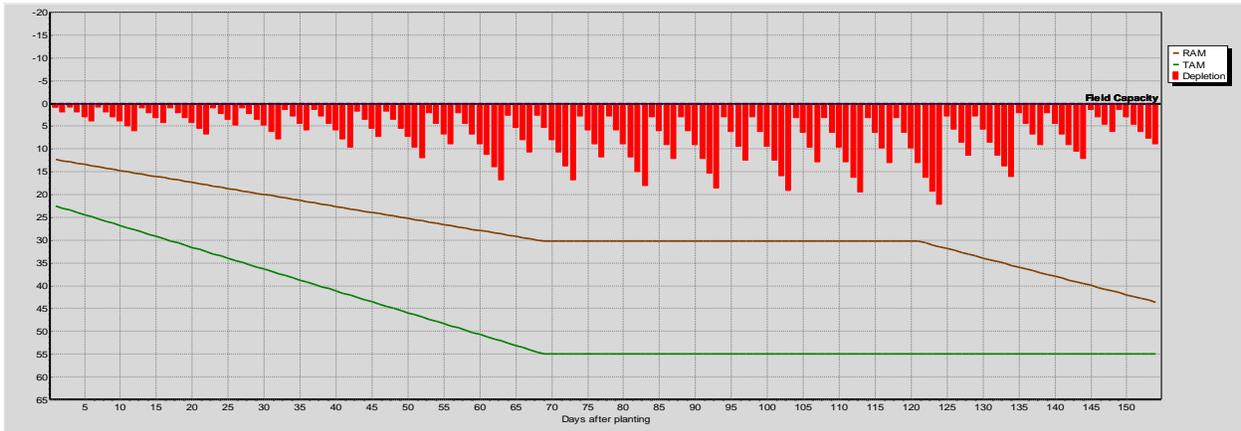
Cenário 10 – Seca moderada em dezembro e janeiro



Recomendação de irrigação:

Date	Day	Stage	Rain	Ks	Eta	Depl	Net Irr	Deficit	Loss	Gr. Irr	Flow
			mm	fract.	%	%	mm	mm	mm	mm	l/s/ha
2 Feb	End	End	0.0	1.00	0	16					

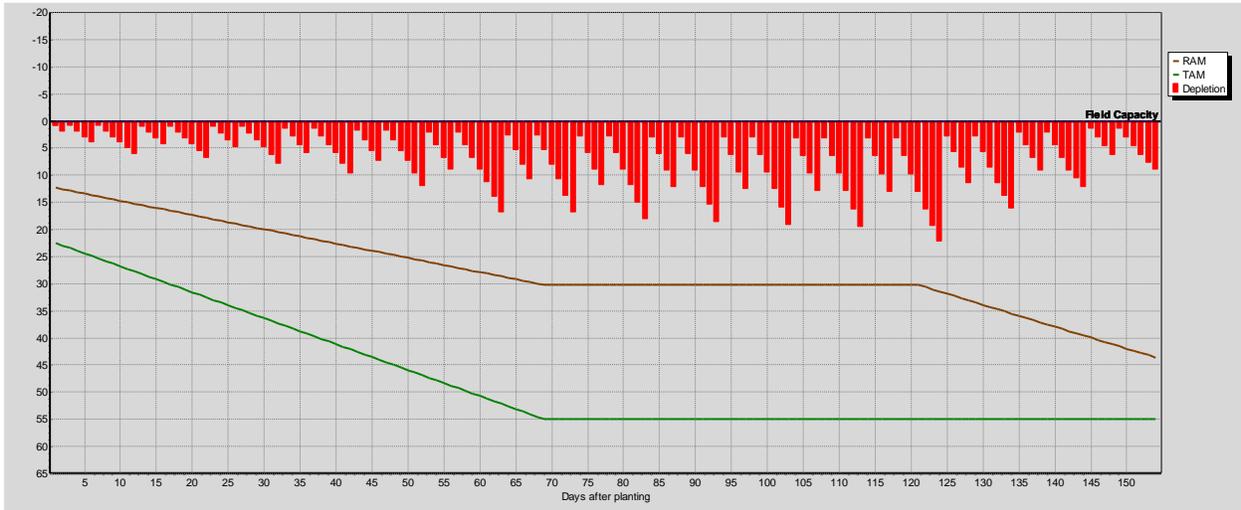
Cenário 11 - Seca severa em Setembro



Recomendação de irrigação:

Date	Day	Stage	Rain	Ks	Eta	Depl	Net Irr	Deficit	Loss	Gr. Irr	Flow
			mm	fract.	%	%	mm	mm	mm	mm	l/s/ha
2 Feb	End	End	0.0	1.00	0	16					

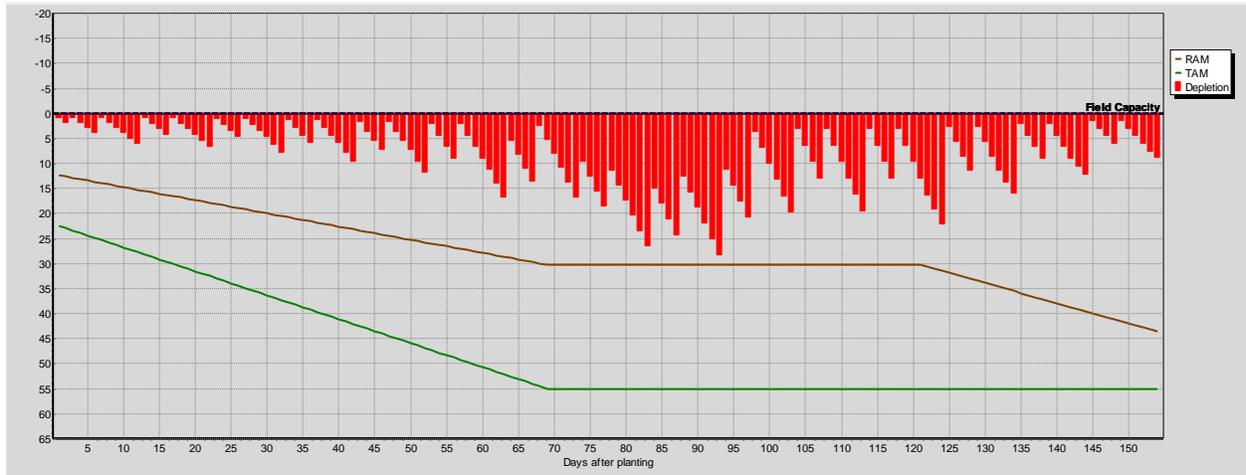
Cenário 12 – Seca severa em outubro



Recomendação de irrigação:

Date	Day	Stage	Rain	Ks	Eta	Depl	Net Irr	Deficit	Loss	Gr. Irr	Flow
			mm	fract.	%	%	mm	mm	mm	mm	l/s/ha
2 Feb	End	End	0.0	1.00	0	16					

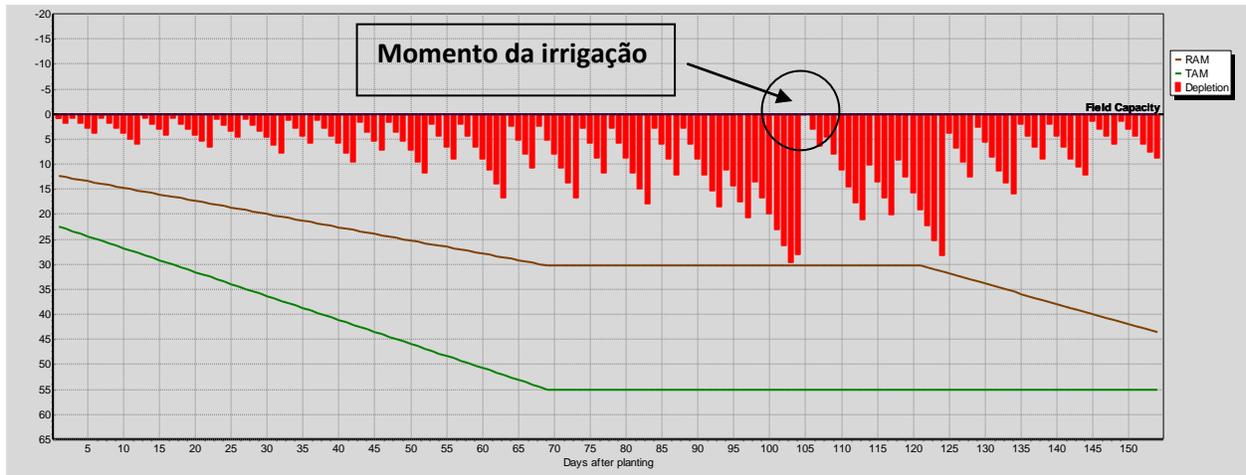
Cenário 13 – Seca severa em dezembro



Recomendação de irrigação:

Date	Day	Stage	Rain	Ks	Eta	Depl	Net Irr	Deficit	Loss	Gr. Irr	Flow
			mm	fract.	%	%	mm	mm	mm	mm	l/s/ha
2 Feb	End	End	0.0	1.00	0	16					

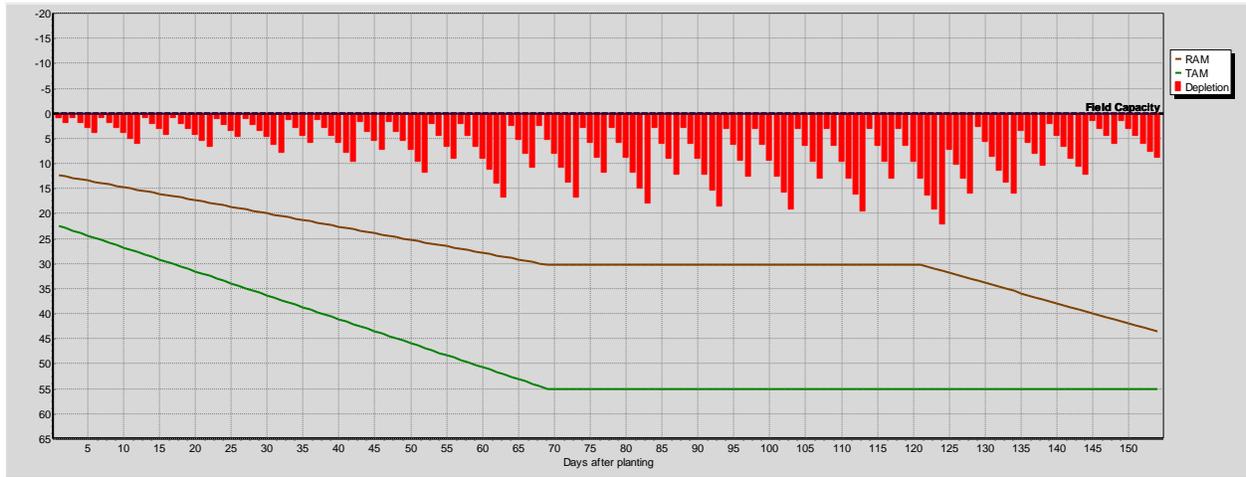
Cenário 14 – Seca severa em dezembro



Recomendação de irrigação:

Date	Day	Stage	Rain	Ks	Eta	Depl	Net Irr	Deficit	Loss	Gr. Irr	Flow
			mm	fract.	%	%	mm	mm	mm	mm	l/s/ha
14 Dec	105	Mid	0.0	1.00	100	57	31.5	0.0	0.0	37.0	0.04
2 Feb	End	End	0.0	1.00	0	16					

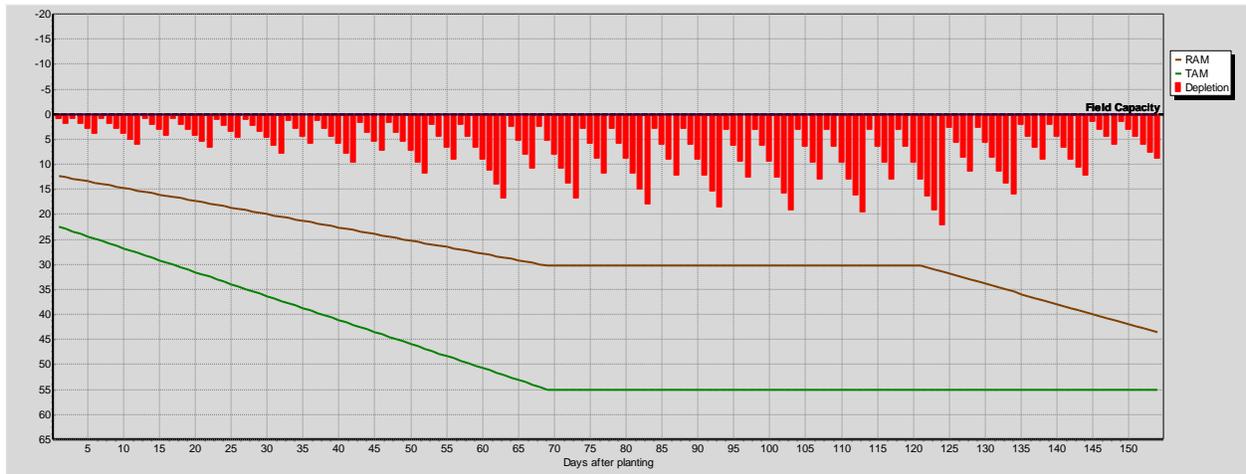
Cenário 15 – Seca severa em janeiro



Recomendação de irrigação:

Date	Day	Stage	Rain	Ks	Eta	Depl	Net Irr	Deficit	Loss	Gr. Irr	Flow
			mm	fract.	%	%	mm	mm	mm	mm	l/s/ha
2 Feb	End	End	0.0	1.00	0	16					

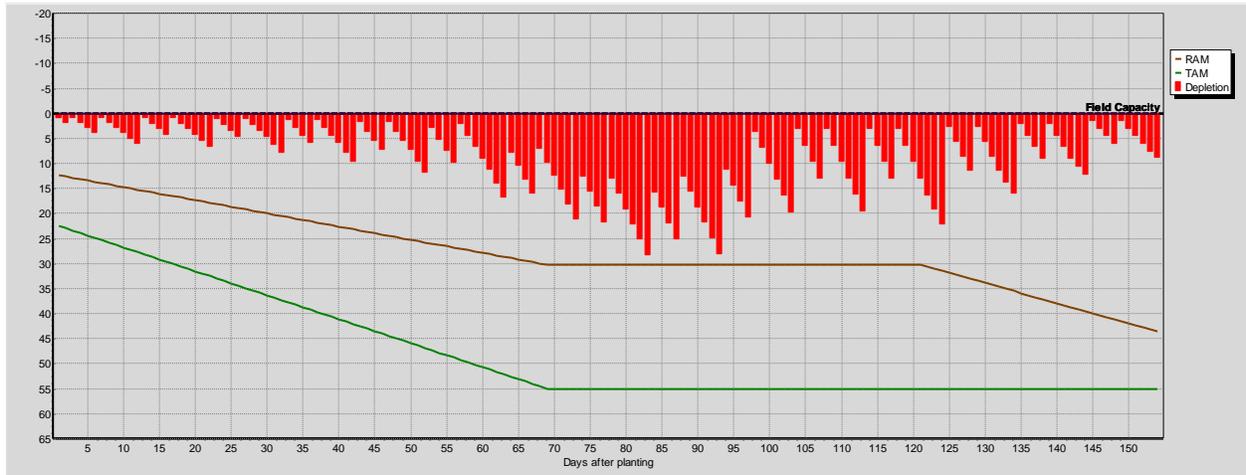
Cenário 16 – Seca severa em setembro e outubro



Recomendação de irrigação:

Date	Day	Stage	Rain	Ks	Eta	Depl	Net Irr	Deficit	Loss	Gr. Irr	Flow
			mm	fract.	%	%	mm	mm	mm	mm	l/s/ha
2 Feb	End	End	0.0	1.00	0	16					

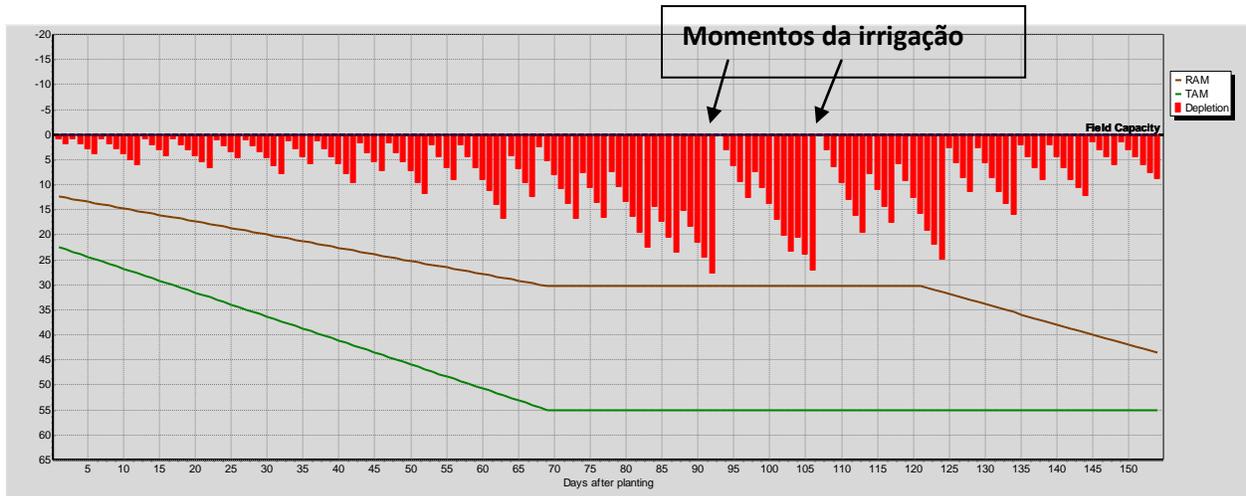
Cenário 17 – Seca severa em outubro e novembro



Recomendação de irrigação:

Date	Day	Stage	Rain	Ks	Eta	Depl	Net Irr	Deficit	Loss	Gr. Irr	Flow
			mm	fract.	%	%	mm	mm	mm	mm	l/s/ha
2 Feb	End	End	0.0	1.00	0	16					

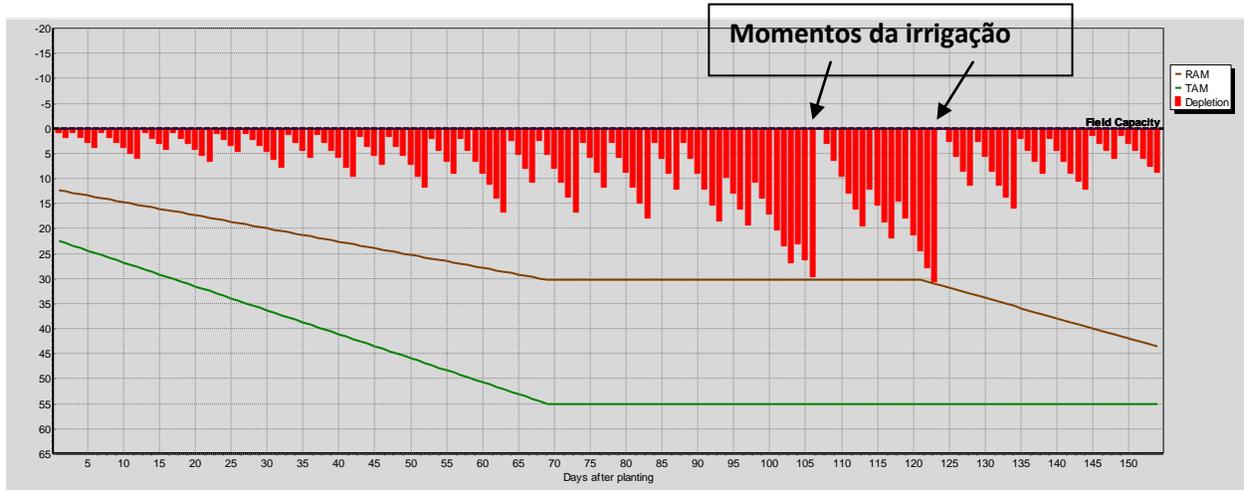
Cenário 18 – Seca severa em novembro e dezembro



Recomendação de irrigação:

Date	Day	Stage	Rain	Ks	Eta	Depl	Net Irr	Deficit	Loss	Gr. Irr	Flow
			mm	fract.	%	%	mm	mm	mm	mm	l/s/ha
2 Dec	93	Mid	0.0	1.00	100	56	31.1	0.0	0.0	36.6	0.05
16 Dec	107	Mid	0.0	1.00	100	56	30.5	0.0	0.0	35.9	0.30
2 Feb	End	End	0.0	1.00	0	16					

Cenário 19 – Seca severa em dezembro e janeiro



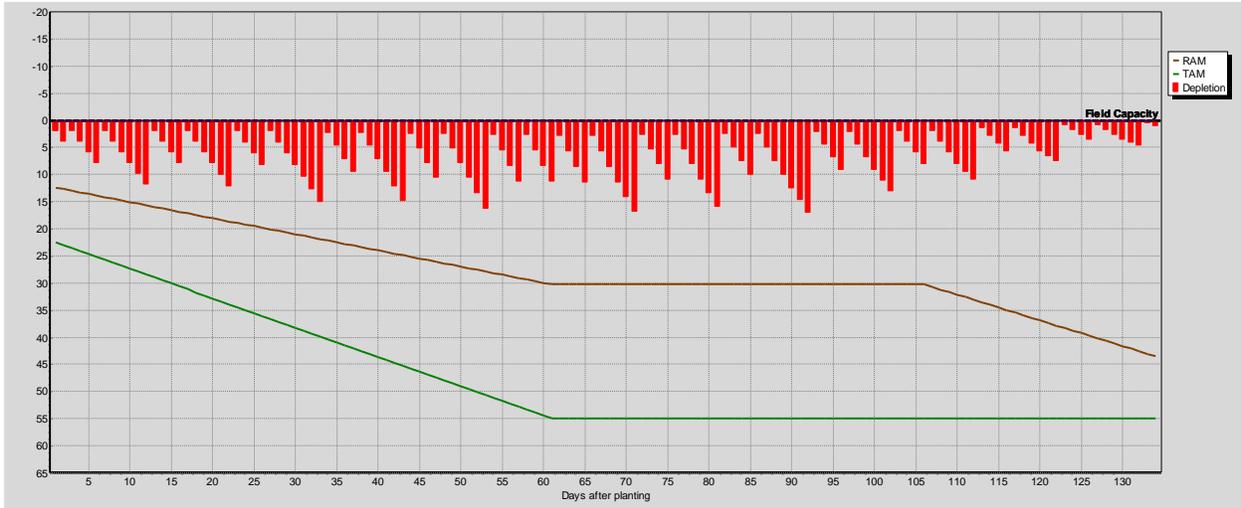
Recomendação de irrigação:

Date	Day	Stage	Rain	Ks	Eta	Depl	Net Irr	Deficit	Loss	Gr. Irr	Flow
			mm	fract.	%	%	mm	mm	mm	mm	l/s/ha
16 Dec	107	Mid	0.0	1.00	100	60	33.0	0.0	0.0	38.9	0.04
2 Jan	124	End	0.0	1.00	100	62	33.8	0.0	0.0	39.8	0.27
2 Feb	End	End	0.0	1.00	0	16					

ANEXO 2

2º Plantio - semeadura em 1º de Janeiro (Safrinha).

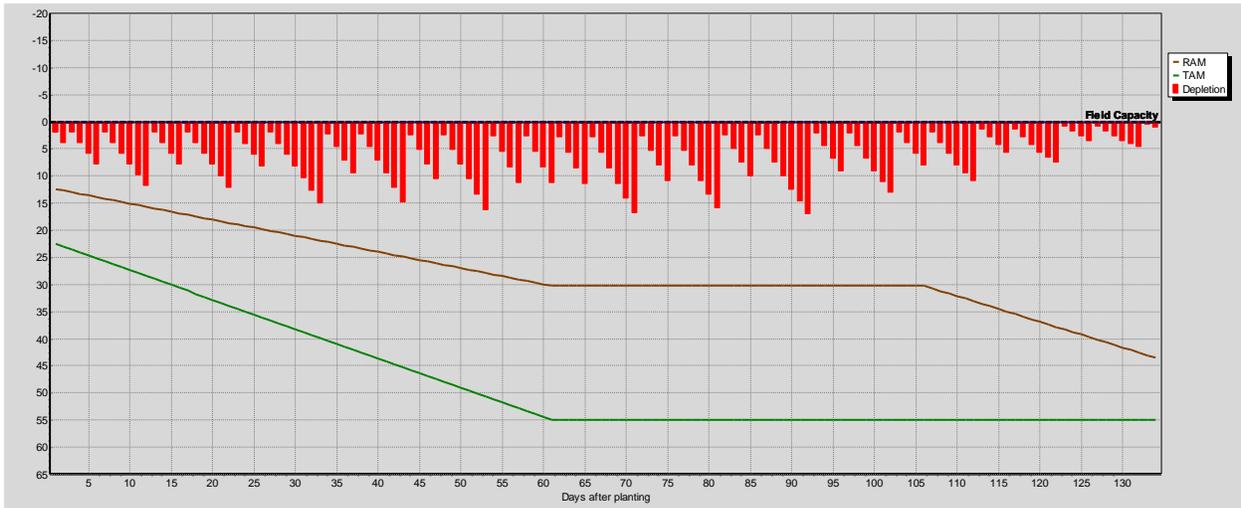
Cenário 20 – Sem seca



Recomendação de irrigação:

Date	Day	Stage	Rain	Ks	Eta	Depl	Net Irr	Deficit	Loss	Gr. Irr	Flow
			mm	fract.	%	%	mm	mm	mm	mm	l/s/ha
15 May	End	End	0.0	1.00	0	2					

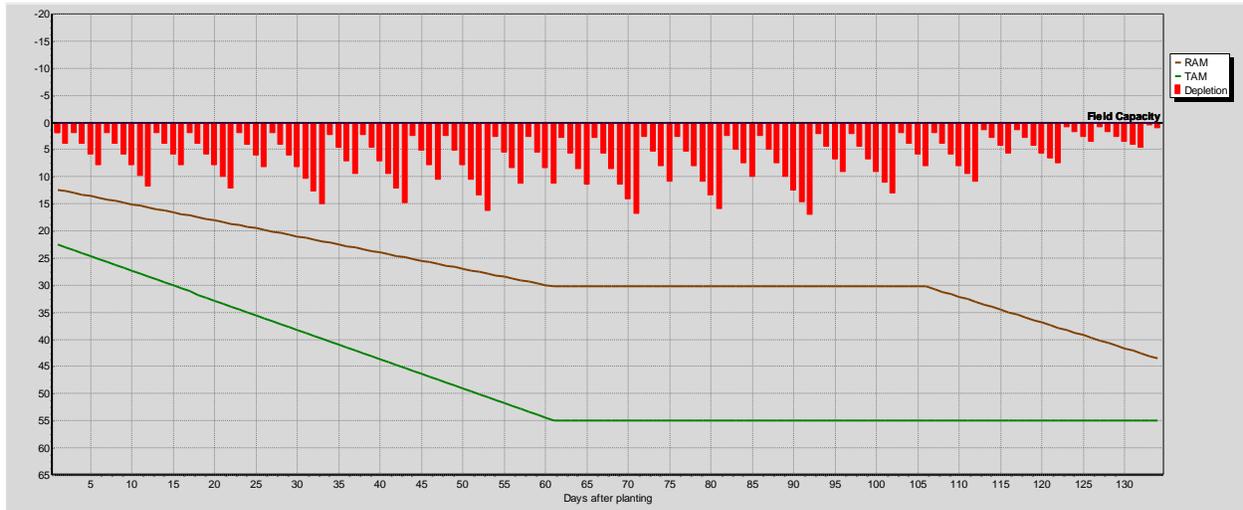
Cenário 21 – Seca moderada em janeiro



Recomendação de irrigação:

Date	Day	Stage	Rain	Ks	Eta	Depl	Net Irr	Deficit	Loss	Gr. Irr	Flow
			mm	fract.	%	%	mm	mm	mm	mm	l/s/ha
15 May	End	End	0.0	1.00	0	2					

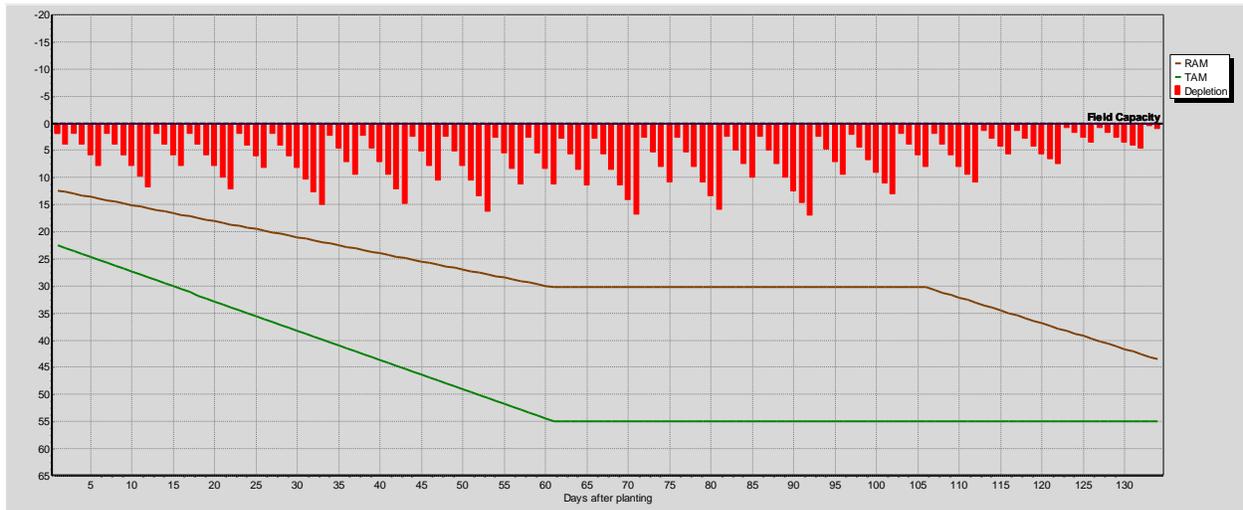
Cenário 22 – Seca moderada em fevereiro



Recomendação de irrigação:

Date	Day	Stage	Rain	Ks	Eta	Depl	Net Irr	Deficit	Loss	Gr. Irr	Flow
			mm	fract.	%	%	mm	mm	mm	mm	l/s/ha
15 May	End	End	0.0	1.00	0	2					

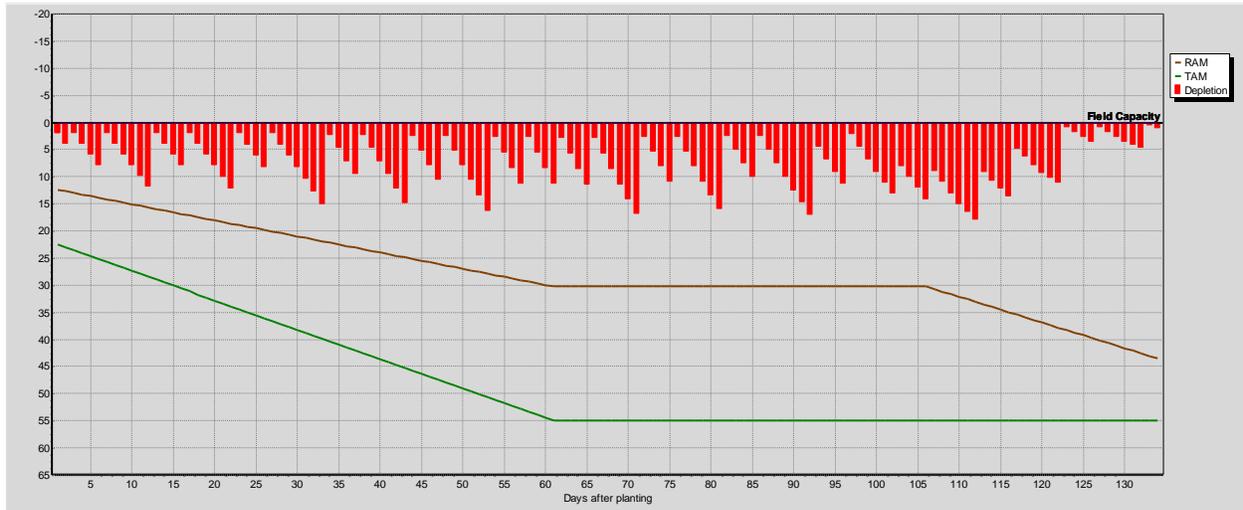
Cenário 23 – Seca moderada em março



Recomendação de irrigação:

Date	Day	Stage	Rain	Ks	Eta	Depl	Net Irr	Deficit	Loss	Gr. Irr	Flow
			mm	fract.	%	%	mm	mm	mm	mm	l/s/ha
15 May	End	End	0.0	1.00	0	2					

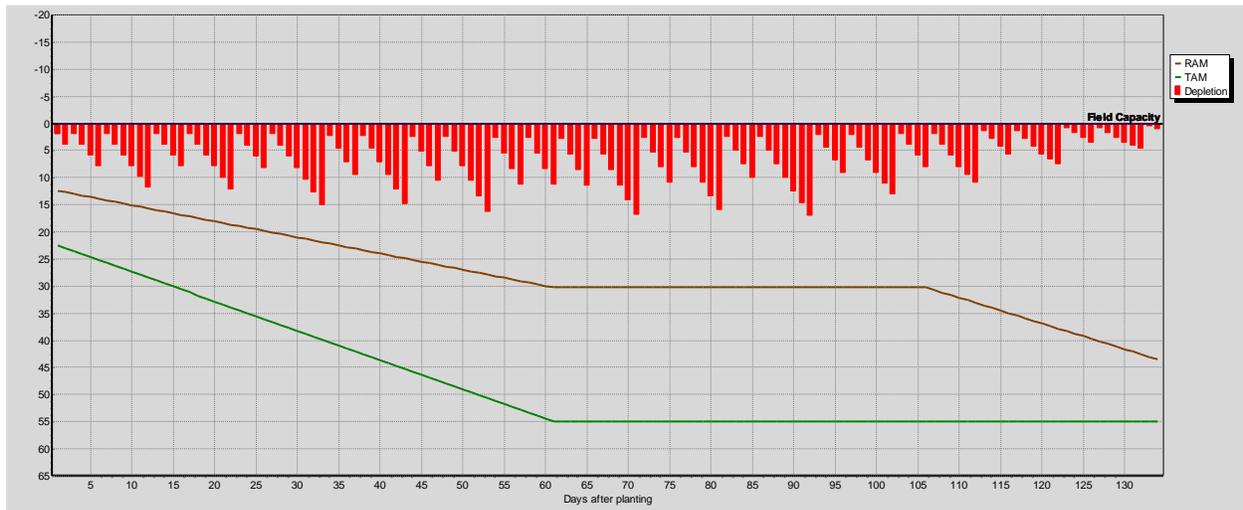
Cenário 24 – Seca moderada em abril



Recomendação de irrigação:

Date	Day	Stage	Rain	Ks	Eta	Depl	Net Irr	Deficit	Loss	Gr. Irr	Flow
			mm	fract.	%	%	mm	mm	mm	mm	l/s/ha
15 May	End	End	0.0	1.00	0	2					

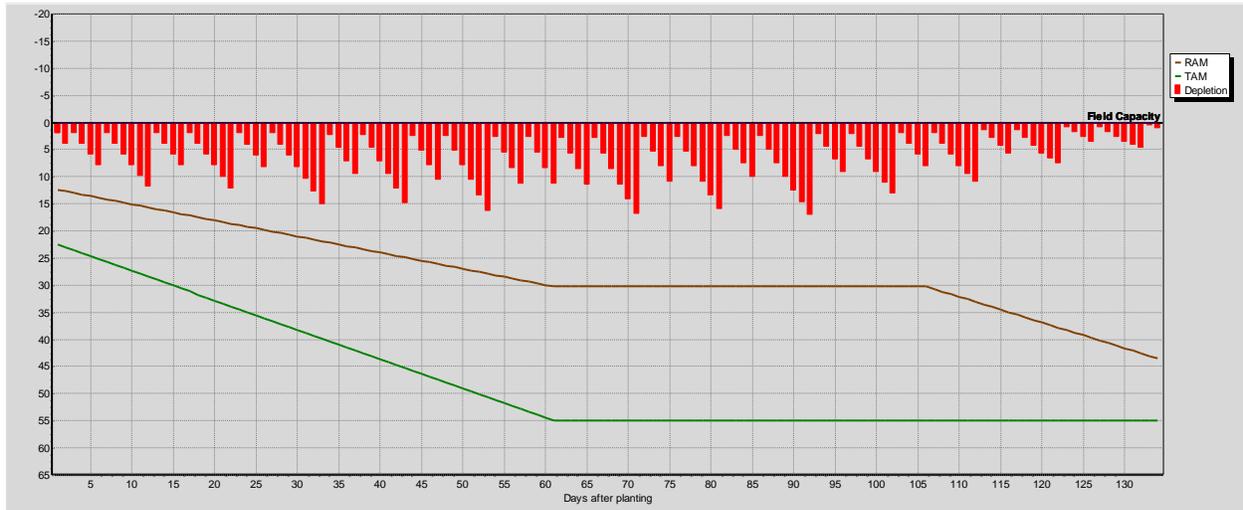
Cenário 25 – Seca moderada em maio



Recomendação de irrigação:

Date	Day	Stage	Rain	Ks	Eta	Depl	Net Irr	Deficit	Loss	Gr. Irr	Flow
			mm	fract.	%	%	mm	mm	mm	mm	l/s/ha
15 May	End	End	0.0	1.00	0	2					

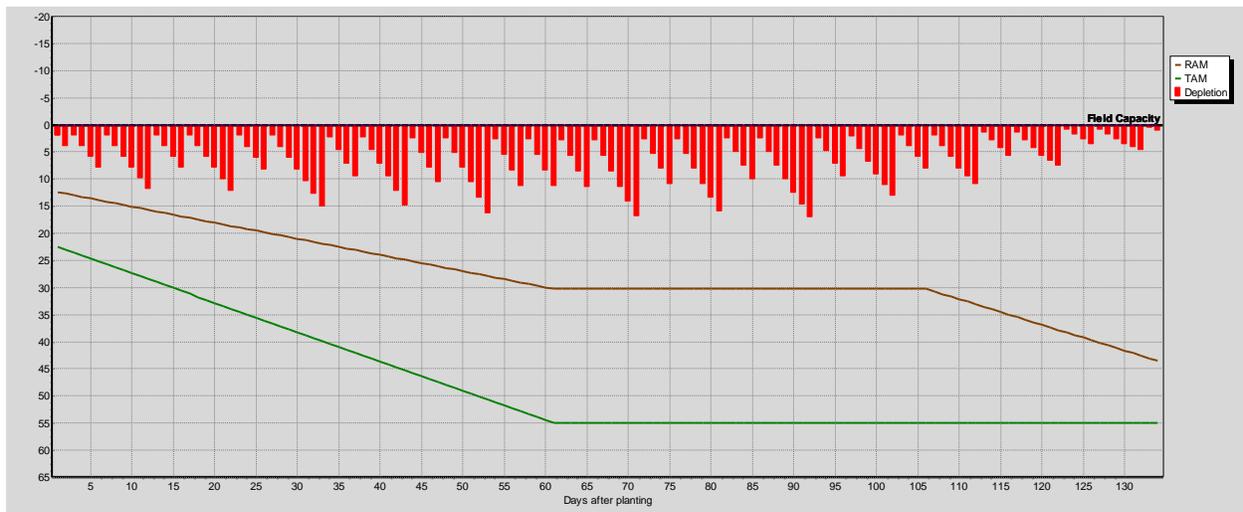
Cenário 26 – Seca moderada em janeiro e fevereiro



Recomendação de irrigação:

Date	Day	Stage	Rain	Ks	Eta	Depl	Net Irr	Deficit	Loss	Gr. Irr	Flow
			mm	fract.	%	%	mm	mm	mm	mm	l/s/ha
15 May	End	End	0.0	1.00	0	2					

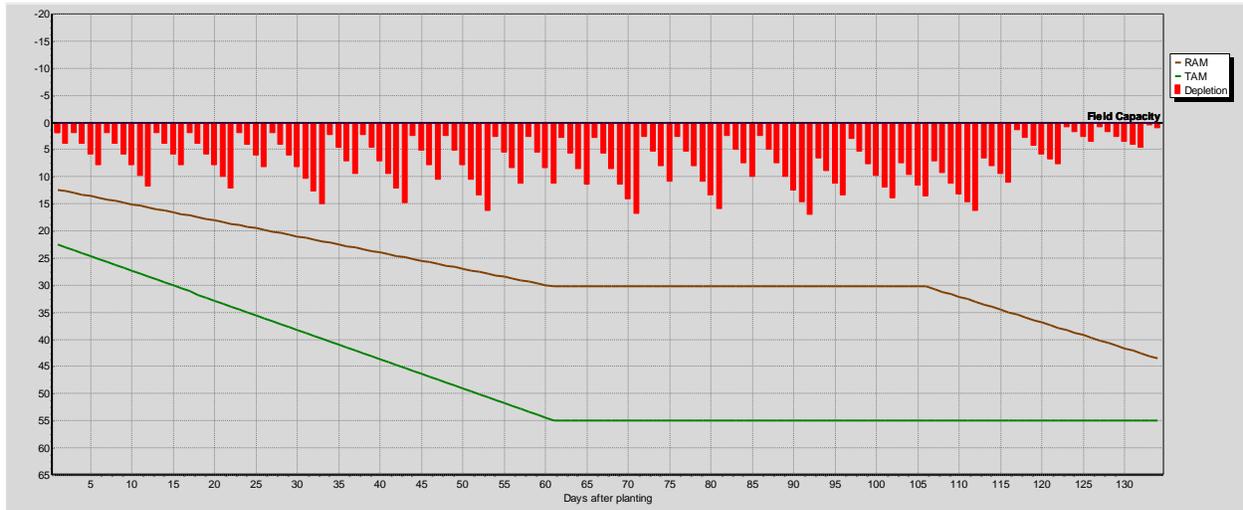
Cenário 27 – Seca moderada em fevereiro e março



Recomendação de irrigação:

Date	Day	Stage	Rain	Ks	Eta	Depl	Net Irr	Deficit	Loss	Gr. Irr	Flow
			mm	fract.	%	%	mm	mm	mm	mm	l/s/ha
15 May	End	End	0.0	1.00	0	2					

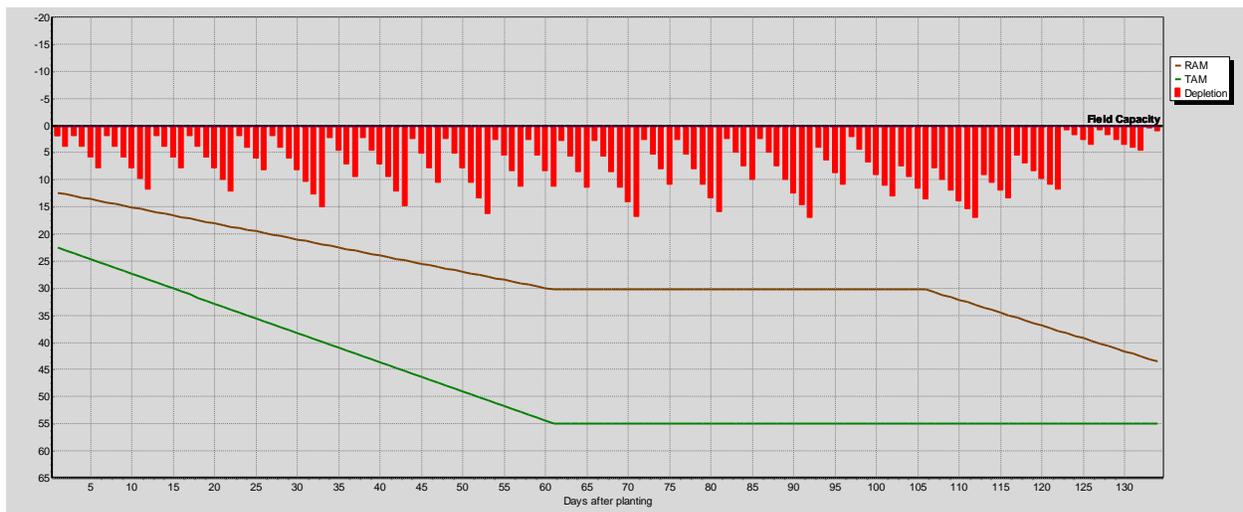
Cenário 28 – Seca moderada em março e abril



Recomendação de irrigação:

Date	Day	Stage	Rain	Ks	Eta	Depl	Net Irr	Deficit	Loss	Gr. Irr	Flow
			mm	fract.	%	%	mm	mm	mm	mm	l/s/ha
15 May	End	End	0.0	1.00	0	2					

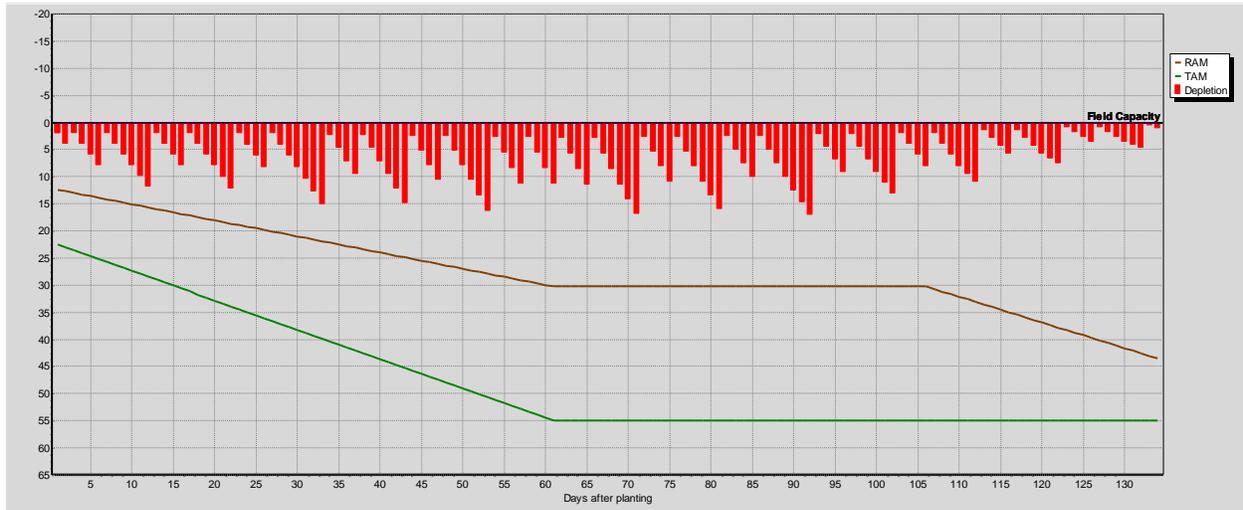
Cenário 29 – Seca moderada em abril e maio



Recomendação de irrigação:

Date	Day	Stage	Rain	Ks	Eta	Depl	Net Irr	Deficit	Loss	Gr. Irr	Flow
			mm	fract.	%	%	mm	mm	mm	mm	l/s/ha
15 May	End	End	0.0	1.00	0	2					

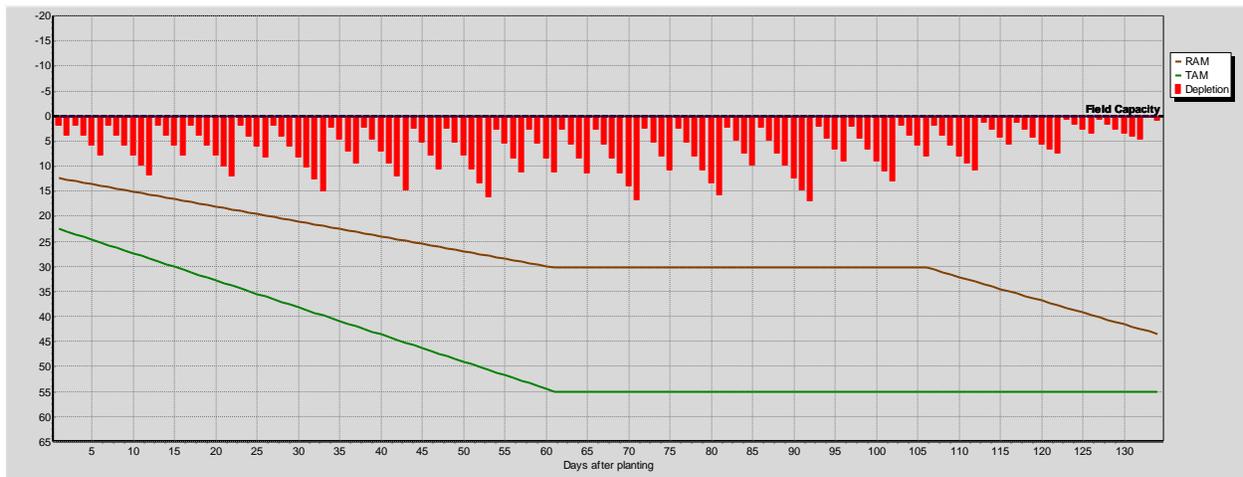
Cenário 30 – Seca severa em janeiro



Recomendação de irrigação:

Date	Day	Stage	Rain	Ks	Eta	Depl	Net Irr	Deficit	Loss	Gr. Irr	Flow
			mm	fract.	%	%	mm	mm	mm	mm	l/s/ha
15 May	End	End	0.0	1.00	0	2					

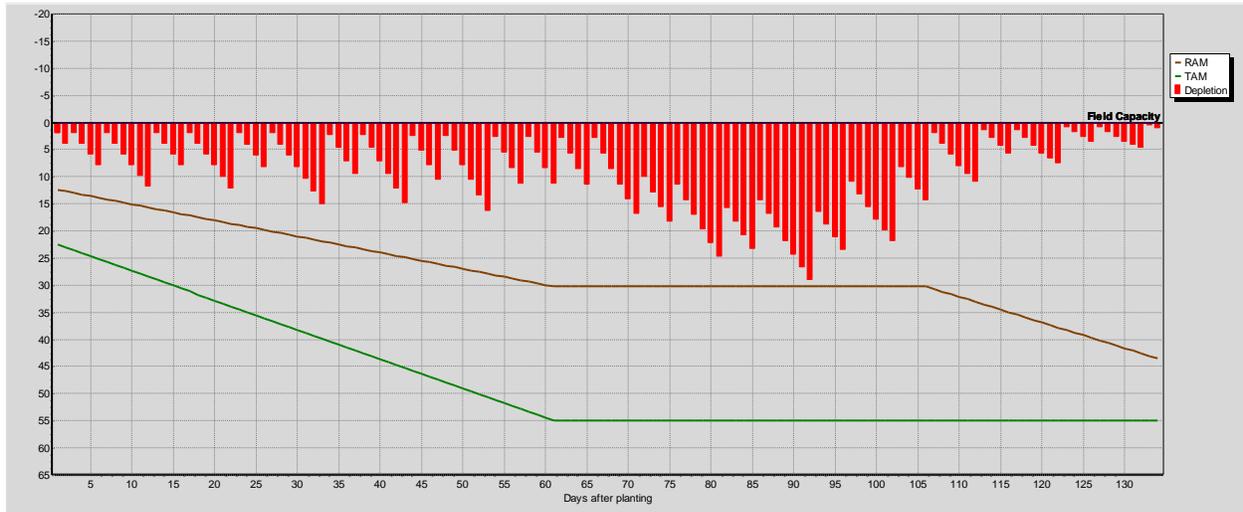
Cenário 31 – Seca severa em fevereiro



Recomendação de irrigação:

Date	Day	Stage	Rain	Ks	Eta	Depl	Net Irr	Deficit	Loss	Gr. Irr	Flow
			mm	fract.	%	%	mm	mm	mm	mm	l/s/ha
15 May	End	End	0.0	1.00	0	2					

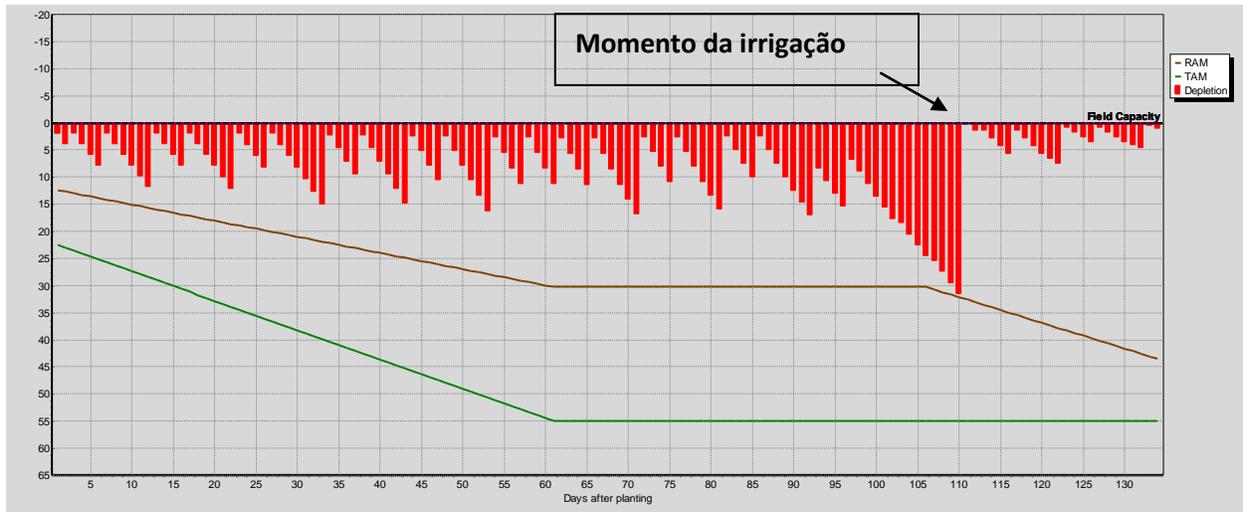
Cenário 32 – Seca severa em março



Recomendação de irrigação:

Date	Day	Stage	Rain	Ks	Eta	Depl	Net Irr	Deficit	Loss	Gr. Irr	Flow
			mm	fract.	%	%	mm	mm	mm	mm	l/s/ha
15 May	End	End	0.0	1.00	0	2					

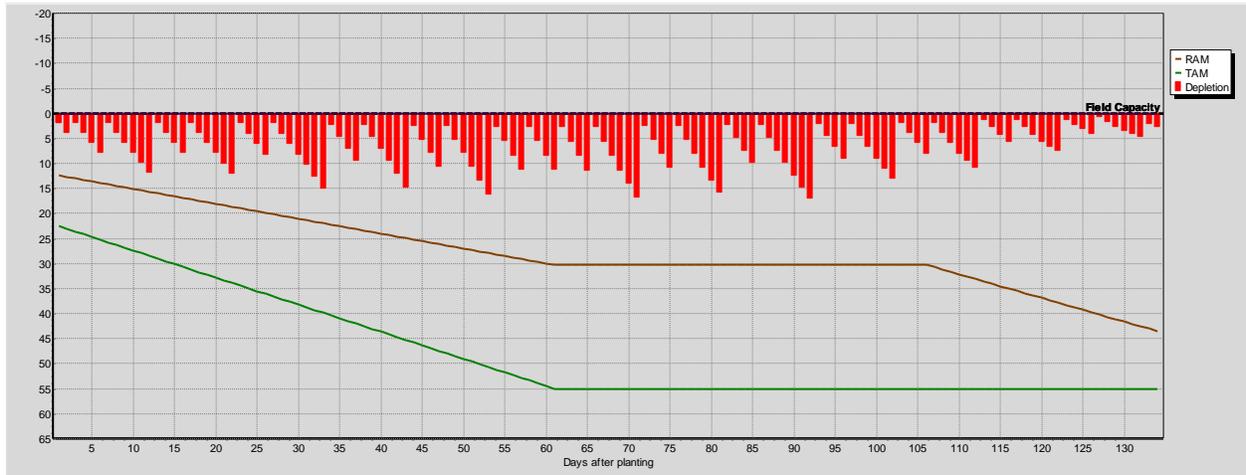
Cenário 33 – Seca severa em abril



Recomendação de irrigação:

Date	Day	Stage	Rain	Ks	Eta	Depl	Net Irr	Deficit	Loss	Gr. Irr	Flow
			mm	fract.	%	%	mm	mm	mm	mm	l/s/ha
21 Apr	111	End	0.0	1.00	100	60	33.1	0.0	0.0	38.9	0.04
15 May	End	End	0.0	1.00	0	2					

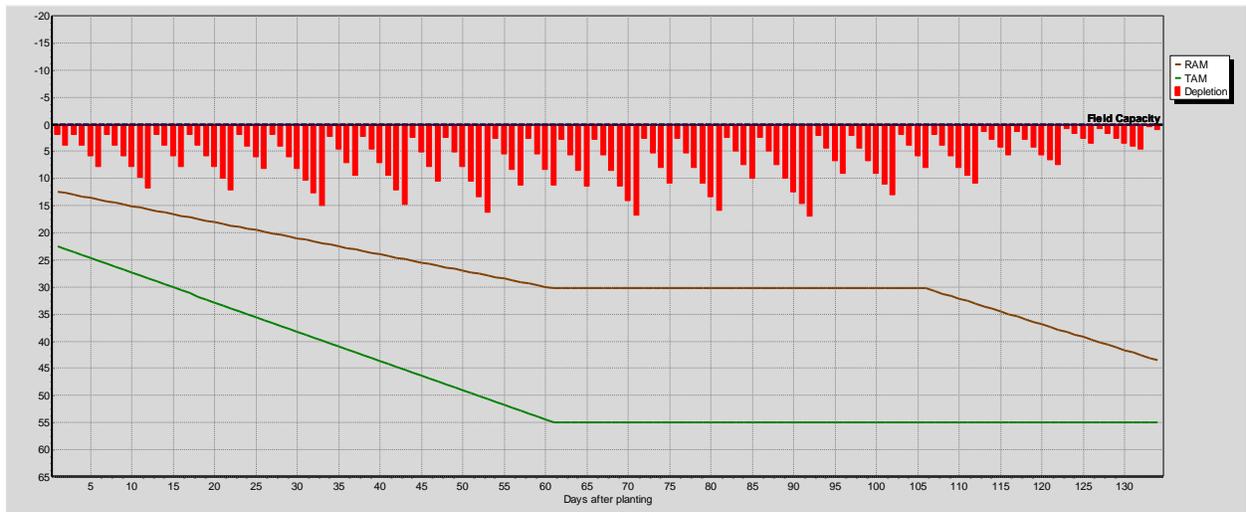
Cenário 34 – Seca severa em maio



Recomendação de irrigação:

Date	Day	Stage	Rain	Ks	Eta	Depl	Net Irr	Deficit	Loss	Gr. Irr	Flow
			mm	fract.	%	%	mm	mm	mm	mm	l/s/ha
15 May	End	End	0.0	1.00	0	5					

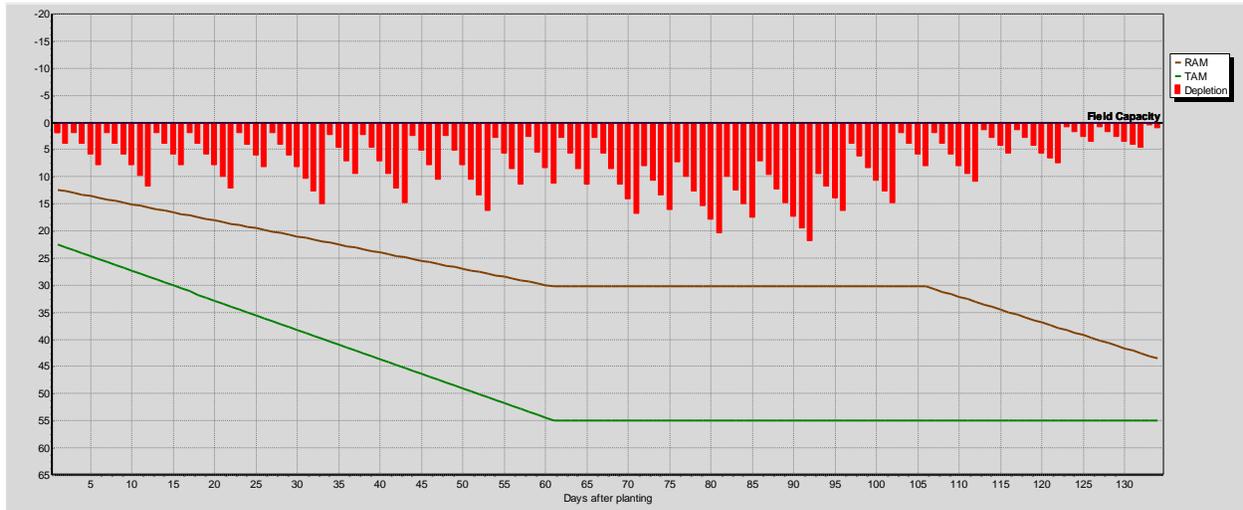
Cenário 35 – Seca severa em janeiro e fevereiro



Recomendação de irrigação:

Date	Day	Stage	Rain	Ks	Eta	Depl	Net Irr	Deficit	Loss	Gr. Irr	Flow
			mm	fract.	%	%	mm	mm	mm	mm	l/s/ha
15 May	End	End	0.0	1.00	0	2					

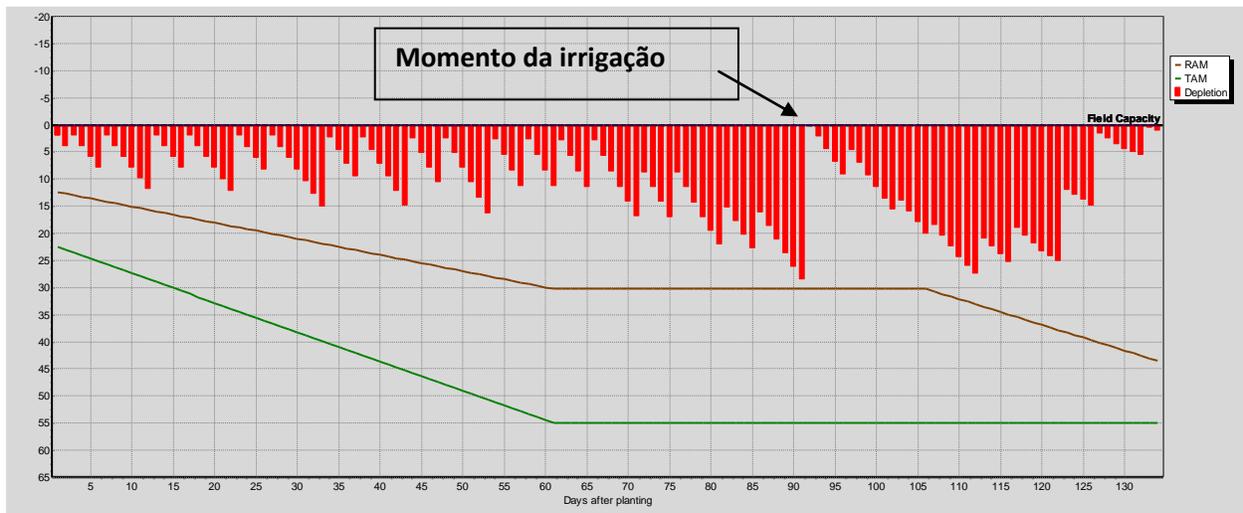
Cenário 36 – Seca severa em fevereiro e março



Recomendação de irrigação:

Date	Day	Stage	Rain	Ks	Eta	Depl	Net Irr	Deficit	Loss	Gr. Irr	Flow
			mm	fract.	%	%	mm	mm	mm	mm	l/s/ha
15 May	End	End	0.0	1.00	0	2					

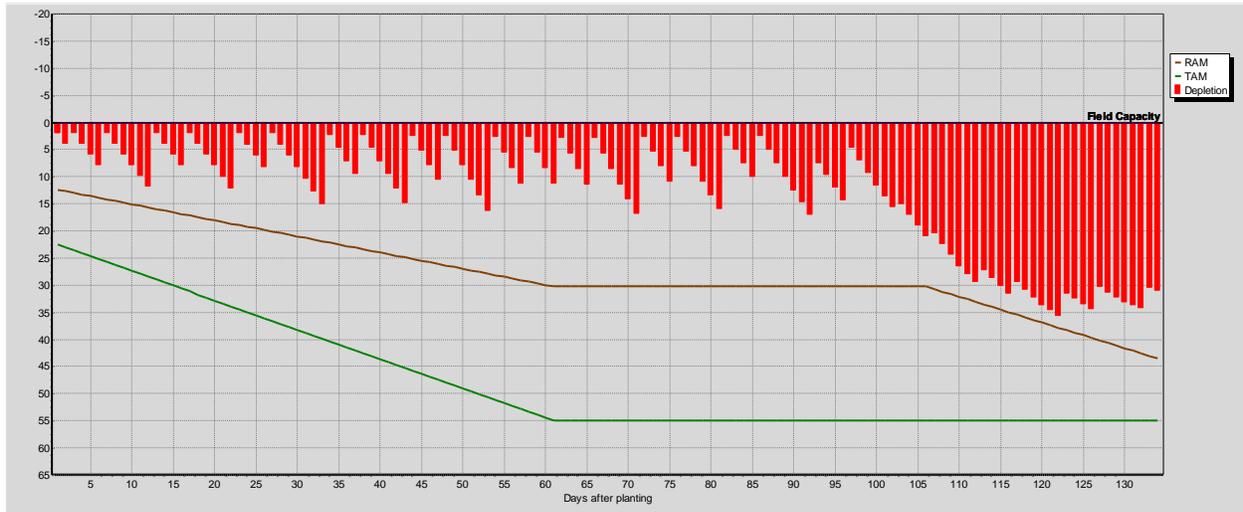
Cenário 37 – Seca severa em março e abril



Recomendação de irrigação:

Date	Day	Stage	Rain	Ks	Eta	Depl	Net Irr	Deficit	Loss	Gr. Irr	Flow
			mm	fract.	%	%	mm	mm	mm	mm	l/s/ha
2 Apr	92	Mid	0.0	1.00	100	56	30.8	0.0	0.0	36.3	0.05
15 May	End	End	0.0	1.00	0	2					

Cenário 38 – Seca severa em abril e maio



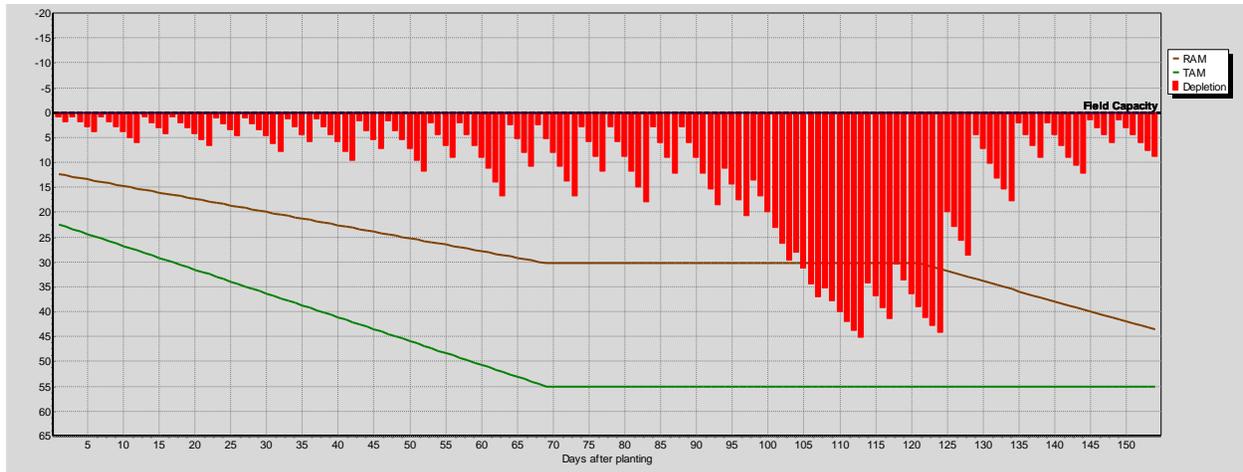
Recomendação de irrigação:

Date	Day	Stage	Rain	Ks	Eta	Depl	Net Irr	Deficit	Loss	Gr. Irr	Flow
			mm	fract.	%	%	mm	mm	mm	mm	l/s/ha
15 May	End	End	0.0	1.00	0	57					

ANEXO 3

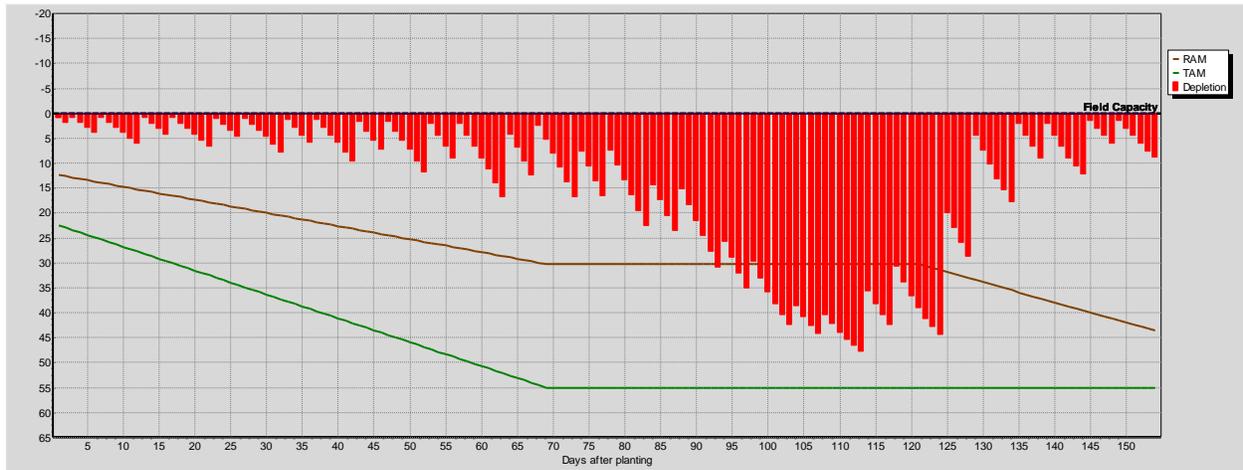
Balanço hídrico para os cenários em que houve recomendação de irrigação caso esta não seja realizada.

Cenário 14 - Opção que impede a recomendação de irrigação no Cropwat ativada.



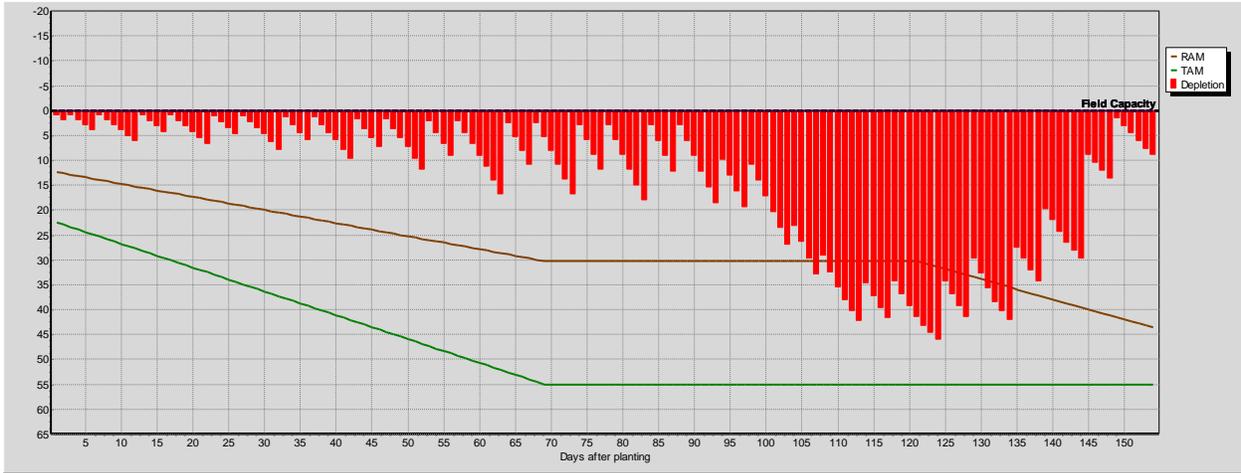
Previsão de redução na produtividade = 5,5%

Cenário 18 - Opção que impede a recomendação de irrigação no Cropwat ativada.



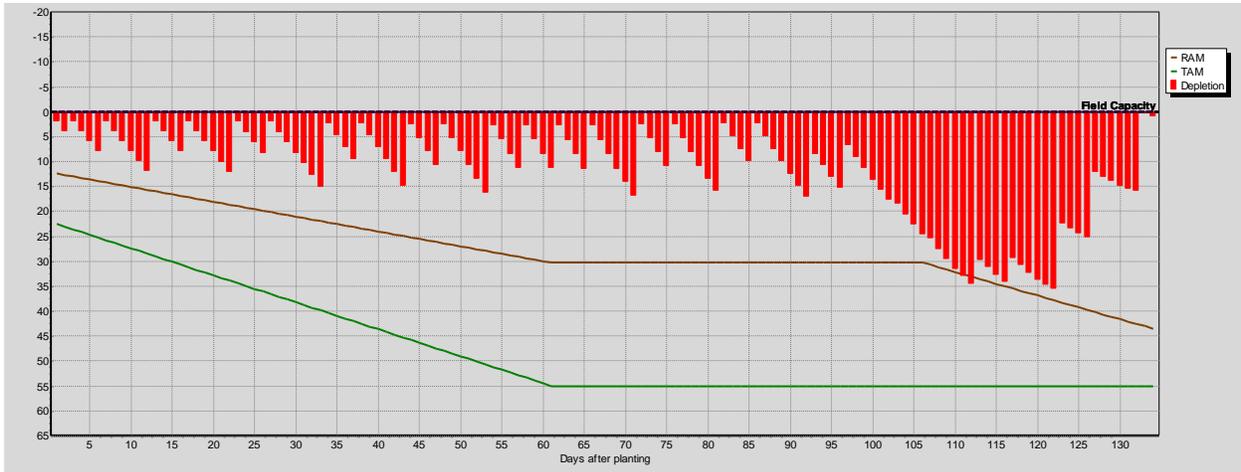
Perda de produtividade estimada = 9,9%

Cenário 19 - Opção que impede a recomendação de irrigação no Cropwat ativada.



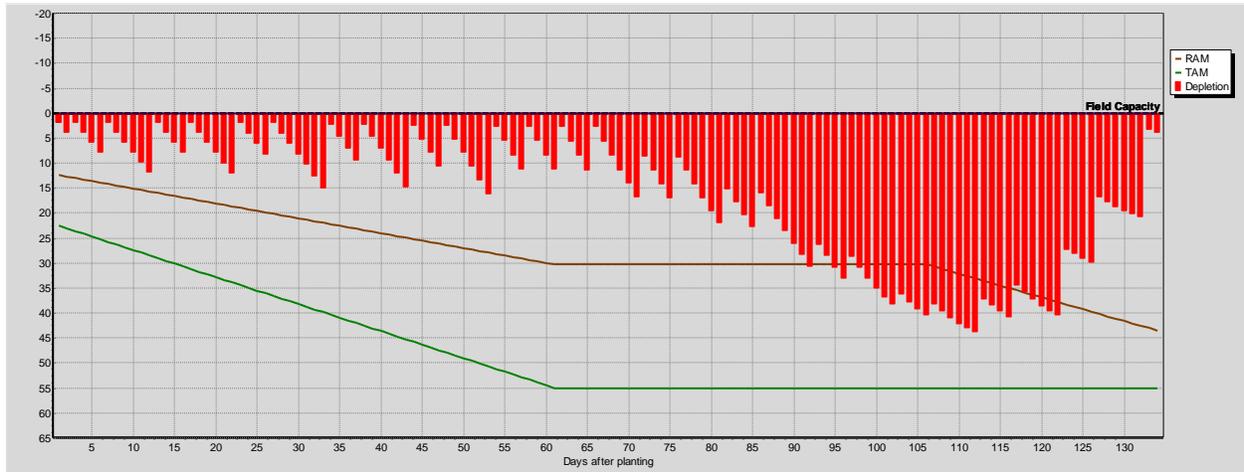
Perda de produtividade estimada = 5,9%

Cenário 33 - Opção que impede a recomendação de irrigação no Cropwat ativada.



Perda de produtividade estimada = 0,0%

Cenário 37 - Opção que impede a recomendação de irrigação no Cropwat ativada.



Perda de produtividade estimada = 3,8%

Anexo 4

Tutorial para utilização do Cropwat 8.0

Para utilizar o Cropwat 8.0 é necessário que sejam inseridos os dados climatológicos (temperatura, umidade, insolação e velocidade do vento) do local em estudo no caso da estação meteorológica do IMMET, este procedimento é realizado como mostrado na Figura 1 do anexo.

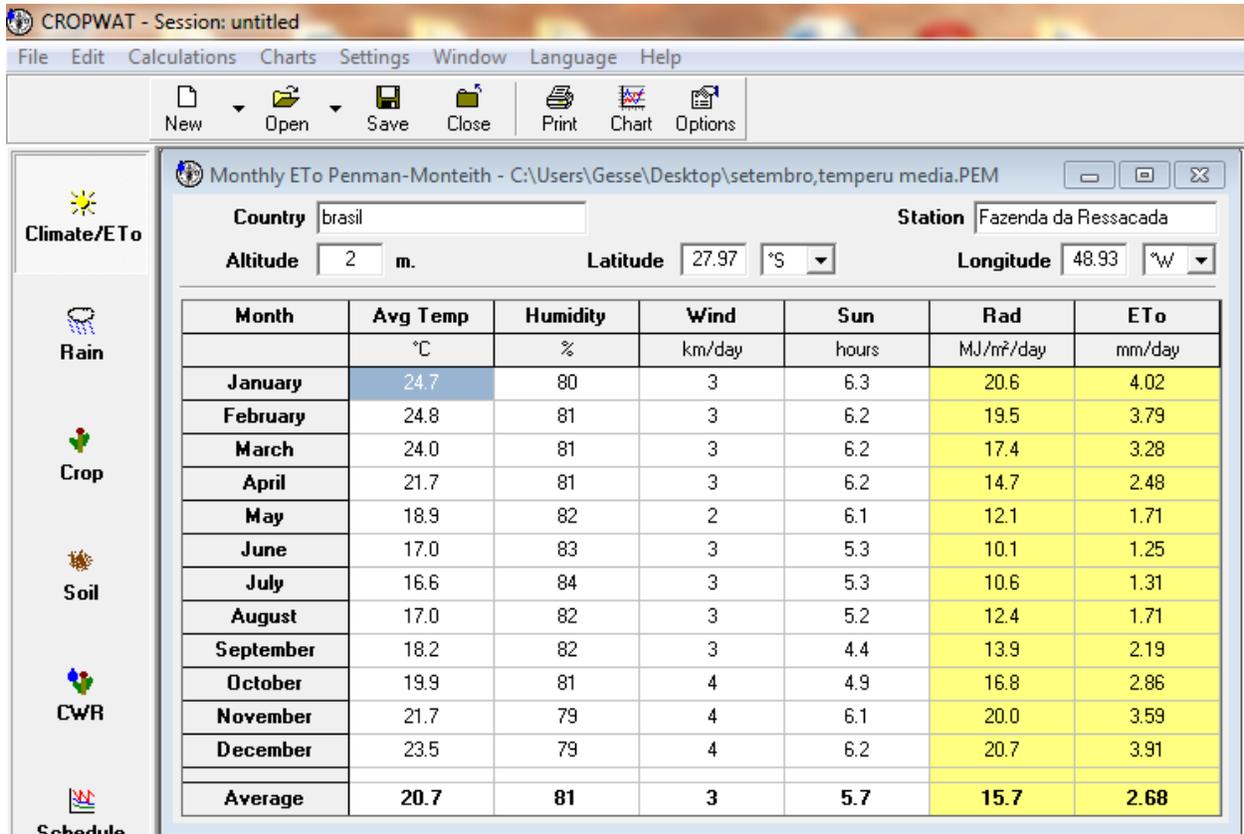


Figura 1

Após serem inseridos os dados climatológicos deverão ser inseridos os dados referentes a quantidade de chuva no local de estudo como mostrado na Figura 2 do anexo.

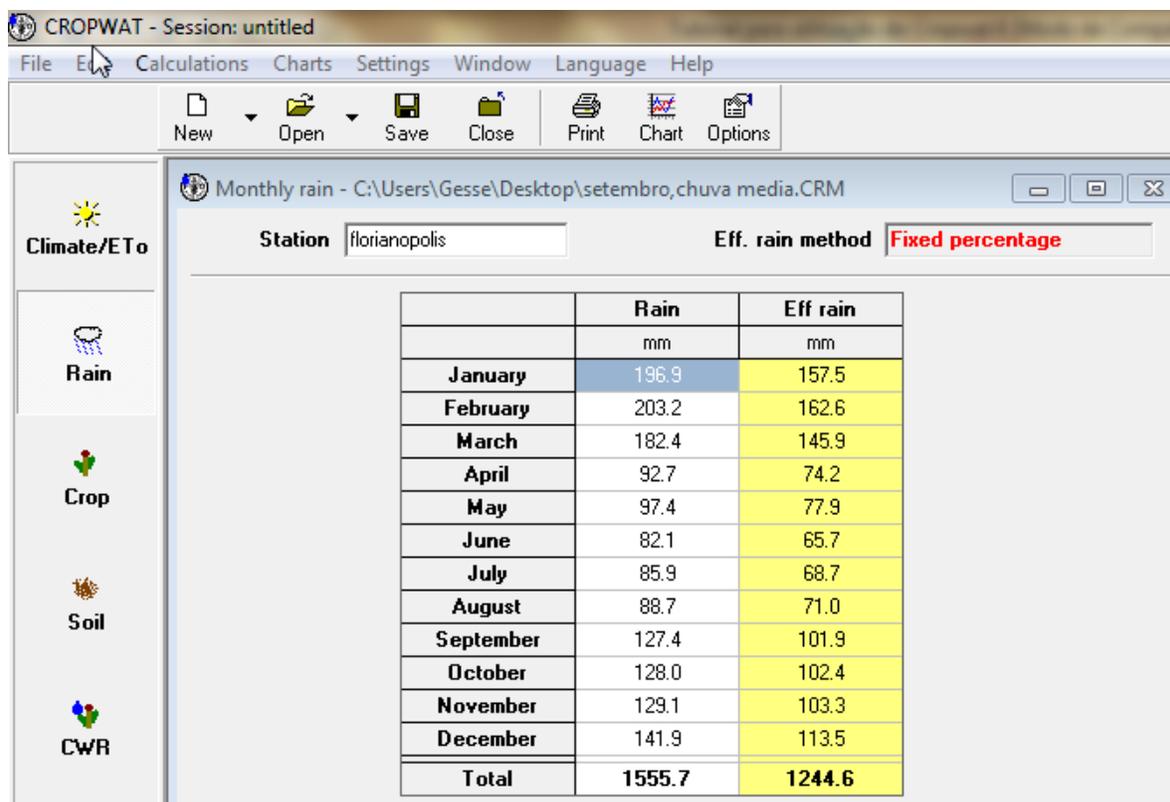


Figura 2

O programa requer ainda dados referentes à cultura e o solo do local de estudo (Figura 3 do anexo) para que possam ser realizados os cálculos da quantidade de água armazenada no solo e a capacidade da cultura de aproveitar essa água.

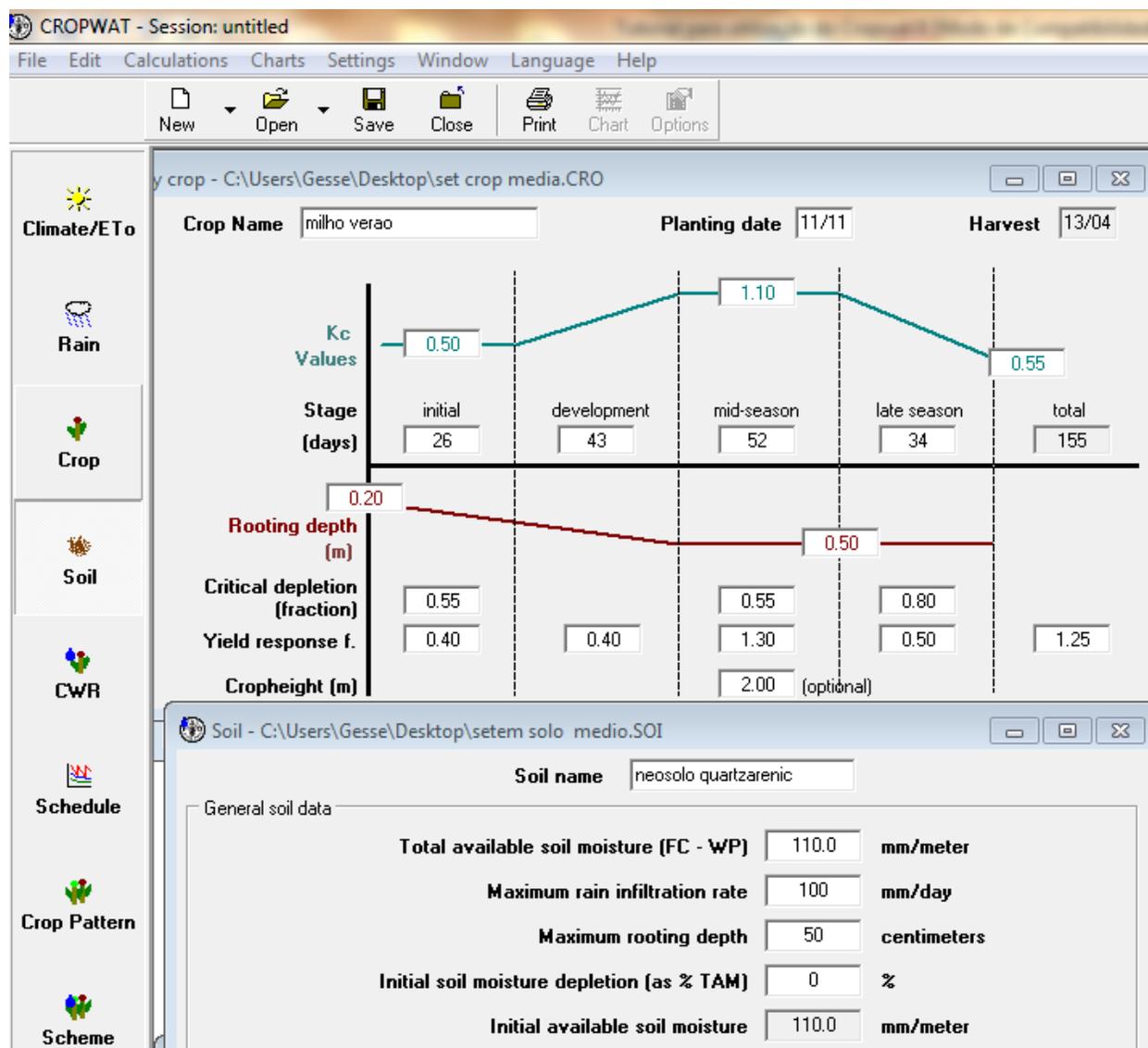


Figura 3

Após todos os dados serem inseridos, o programa é capaz de calcular quantas vezes é necessário irrigar a cultura e a quantidade de água a ser aplicada em cada irrigação como mostrado na Figura 4 do anexo.

Date	Day	Stage	Rain	Ks	Eta	Depl	Net Irr	Deficit	Loss	Gr. Irr	Flow
			mm	fract.	%	%	mm	mm	mm	mm	l/s/ha
2 Dec	93	Mid	0.0	1.00	100	56	31.1	0.0	0.0	36.6	0.05
16 Dec	107	Mid	0.0	1.00	100	56	30.5	0.0	0.0	35.9	0.30
2 Feb	End	End	0.0	1.00	0	16					

Figura 4

Na Figura 5 do anexo pode ser observado uma tela do programa onde foi utilizada a opção de não realizar a irrigação, desse modo é mostrado no canto superior direito a redução de produtividade causada na cultura pela falta de água.

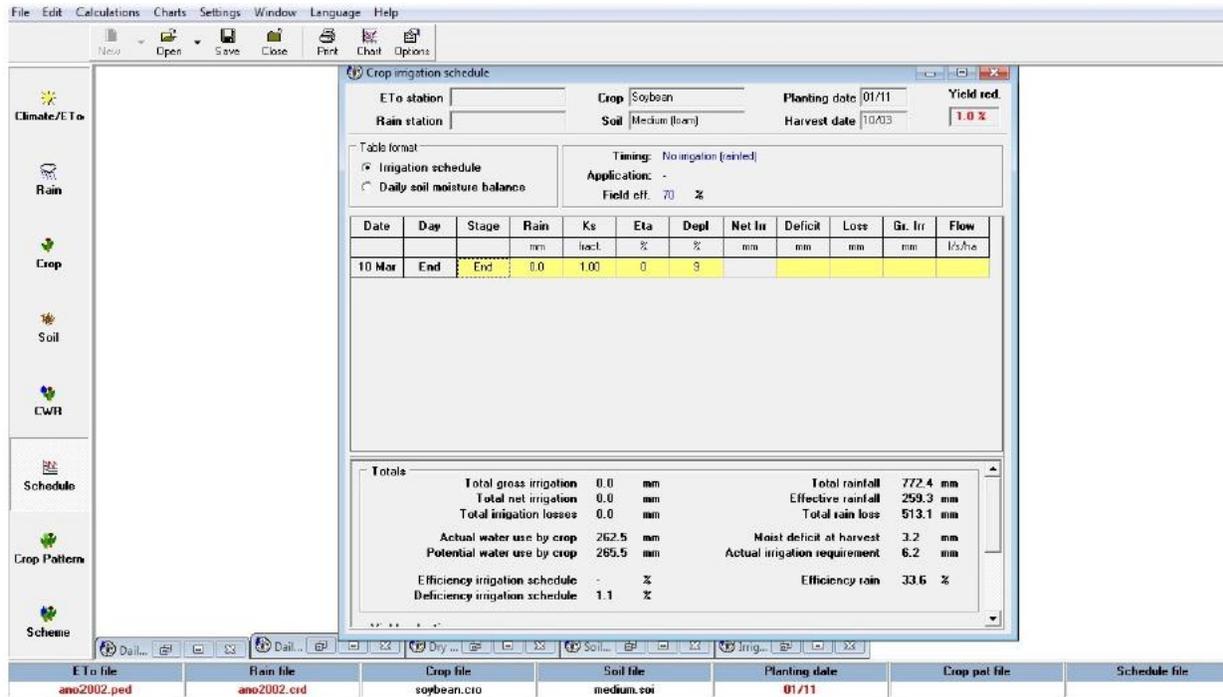


Figura 5

Na Figura 6 do anexo é mostrado o gráfico gerado pelo programa mostrando a queda nas reservas de água do solo. A linha marrom mostra o limite da água facilmente disponível para as plantas e a linha verde mostra o ponto de murcha permanente. Neste caso foi selecionada a opção de realizar a irrigação quando a queda nas reservas de água atingir o limite da água facilmente disponível.

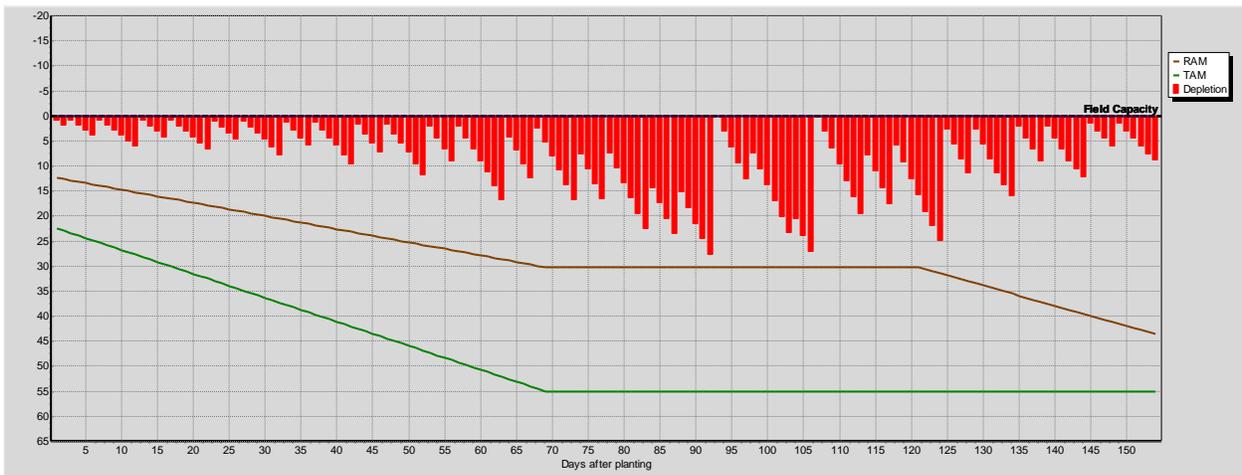


Figura 6

Na Figura 7 do anexo o programa foi utilizado com a opção de não realizar a irrigação e podemos observar que as reservas do solo em diversas situações encontram-se abaixo do limite da água facilmente disponível, o que indica que a cultura sofrerá reduções em sua produtividade devido a falta de água.

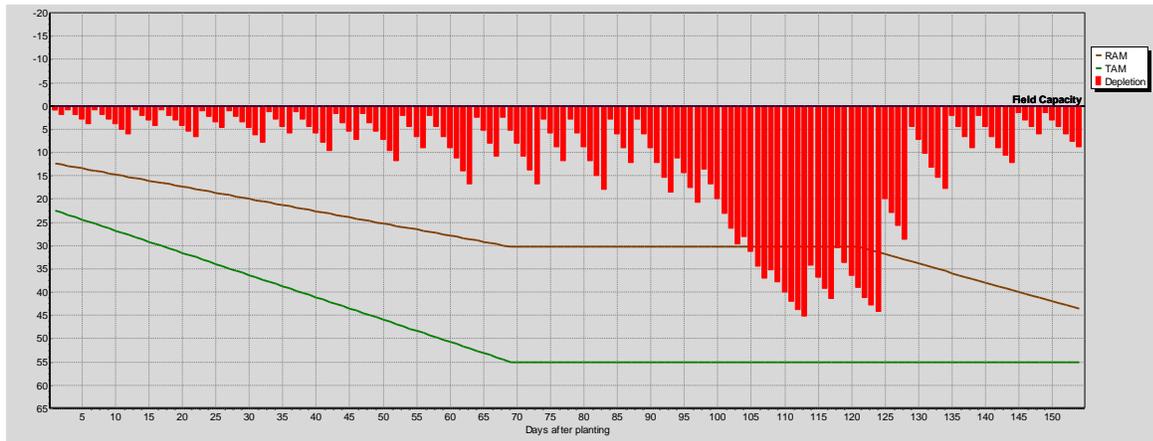


Figura 7

Para informações mais detalhadas do uso do Cropwat 8.0 a FAO disponibiliza no site http://www.fao.org/nr/water/infores_databases_cropwat.html um exemplo completo de utilização do programa.

ANEXO 5

Característica do equipamento Pivô Central da empresa Fockink

PIVOT MODELO: S2 AF3000-15		QUANT. TORRES: 3					
COMPOSIÇÃO DO PIVOT: Altura livre entre as torres: 3,00 m 8 Lances Médio 5 5/8" 		CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS: Lâmina Bruta: 8,00 mm/da Eficiência de Aplicação: 85 % Lâmina Líquida: 6,8 mm/da Tempo de Operação Diária: 21,00 t Vazão Total: 231,2 m³/h Vazão por Área: 3,84 m³/ha/h Velocidade da Última Torre: 255,00 m/h Tempo Mínimo por Volta: 9,46 t Lâmina Bruta Mínima: 3,63 mm Raio: 45 % Raio: 8,00 mm					
Balanço: 25,50 m Comprimento até a última Torre: 384,00 m Comprimento Total dos Tubos: 410,50 m Raio do Canhão: 27,37 m		ALTURAS MANOMÉTRICAS: Pressão no Extremo do Pivô: 16,00 mca Perda de Carga no Tubo do Pivô: 12,69 mca Desnível Centro ao Pto + Alto: 3,00 mca Altura dos Aspersores: 4,20 mca Pressão no Centro do Pivô: 35,89 mca Desnível Captação ao Centro: 5,00 mca Altura de Sucção: 3,00 mca Perda de Carga na Adutora: 7,67 mca Perda de Carga Localizada: 2,06 mca Altura Manométrica Total: 53,82 mca					
ÁREA IRRIGADA: Raio efetivo da área irrigada: 437,87 m Área circular irrigada: 60,23 ha Área setorial irrigada: 60,23 ha							
INFORMAÇÕES COMPLEMENTARES: Aspersores tipo: Super Spray Banguelas e Aspersores: 186,00 pg Motorreductor: 1,50 CV Pressão Centro do Pivô: 3,47 atm Pressão Ponta Extrema do Pivô: 1,55 atm							
TUBULAÇÃO ADUTORA:							
	Trecho	Diâmetro (mm)	Comprimento (m)	Vazão (m³/h)	Velocidade (m/s)	Perda Carga (mca)	
	Apo	10.	206	18,00	231,18	2,04	
	PVC PN125	10.	0	0,00	0,00	0,00	
	PVC PN80	10.	0	0,00	0,00	0,00	
	PVC PN60	10.	206	582,00	231,18	1,75	
	Apo	20.	0	0,00	0,00	0,00	
	PVC PN125	20.	0	0,00	0,00	0,00	
	PVC PN80	20.	0	0,00	0,00	0,00	
	PVC PN60	20.	0	0,00	0,00	0,00	
	TOTAL		600,00 metros			7,67 mca	
TUBULAÇÃO DE SUÇÃO:		CANHÃO:		Lâmina:		8,50 mm/da	
Diâmetro:	1 x	250,00 mm	25,00	Beal:	25,00	Raio de Alcance:	27,37 m
Comprimento:		26,00 m		Bomba Rolagem:	Mogavinim Sloc 50-125 5cv		29,54 m³/h
BOMBEAMENTO				NORMAL			
BOMBA CENTRÍFUGA		1 X		MOTOR ELÉTRICO:		1 X	
Marca:	IMBL	Modelo:	INI 125-315	Marca:	Wag	Modelo:	W-21 - IP 55
		Rotor:	330 mm	Potência Nominal:			75 CV
Vazão Prevista:			231,18 m³/h	Rotações:			1750 rpm
Pressão Prevista:			53,62 mca	№. Fases:	Trifásico		
Rendimento:			77 %	Tensão:	380 V		
Consumo de Força no Eixo:			58,62 CV	Consumo Energia:			43,84 kWh
Número de Cortiças:			1	Fator de Serviço:			1,00
				Chave de Partida:	Compensador		
MOTOR DIESEL:				CRUPO CERADOR:			
Marca:				Potência:			CV
Potência Contínua:			CV	Potência Gerador:			KVA
Rotação:			rpm	Tensão:			V
Consumo de combustível:			lh				
Potência com Gerador:			CV				
Potência Gerador:			KVA				
FONTE DE ALIMENTAÇÃO (BOMBEAMENTO):				FONTE DE ENERGIA DO PIVOT:			
Potência:	75 KVA			Potência:	25 KVA		
Tensão:	380 V			Tensão 1ª ATTS:	380/510 V		
				Tensão 2ª ATTS:	0 V		