

Autor: José Luis Teixeira

Atualizado: 20/04/2022

Capítulo 4. Ficheiros Característicos da Rega

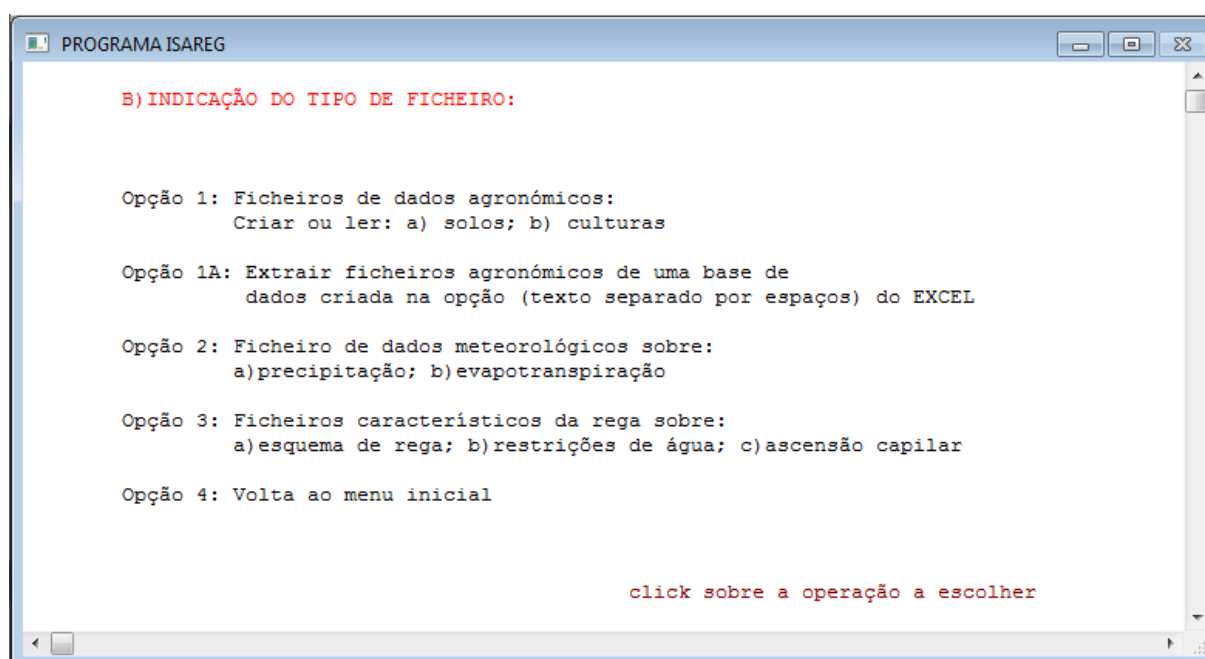
4 - FICHEIROS CARACTERÍSTICOS DA REGA	2
<u>4.0</u> - Definição	2
<u>4.1</u> - Criação de ficheiros com o esquema de rega.....	5
<u>4.1.1</u> - Condições iniciais da humidade do solo e indicação do final da rega.	6
<u>4.1.2</u> - Rega visando o rendimento máximo (esquema de rega tipo 1)	8
<u>4.1.3</u> - Rega com fixação da oportunidade e quantidade da rega (esquema de rega tipo 2).....	9
<u>4.1.3.1</u> - Indicação da oportunidade de rega	9
<u>4.1.3.2</u> - Indicação da quantidade de rega.....	10
<u>4.1.4</u> - Fixação do dia em que se realiza a rega (esquema de rega tipo 3).....	17
<u>4.1.5</u> - Otimização do calendário de rega com volumes de rega fixados (esquema de rega tipo 4)	20
<u>4.1.6</u> - Cultura sem rega (esquema de rega tipo 5)	22
<u>4.1.7</u> - Cálculo das necessidades globais de rega (esquema de rega tipo 6)	23
<u>4.2</u> – Criação de ficheiros com restrições de água para a rega	24
<u>4.2.1</u> - Imposição de um intervalo mínimo entre regas	25
<u>4.2.2</u> - Imposição de um volume de água limitado em períodos definidos	26
<u>4.3</u> – Criação de ficheiros com o potencial de ascensão capilar	27
<u>4.3.1</u> - Potencial de ascensão capilar constante durante o período de rega	28
<u>4.3.2</u> - Potencial de ascensão capilar variável durante o período de rega	29
<u>4.4</u> - Leitura ou alteração dos ficheiros característicos da rega	31
<u>4.4.1</u> - Leitura e alteração de ficheiros com o esquema de rega	31
<u>4.4.2</u> - Leitura e alteração de ficheiros com restrições de água	31
<u>4.4.3</u> - Leitura e alteração de ficheiros com o potencial de ascensão capilar	31

Capítulo 4. Ficheiros Característicos da Rega

4.0 - Definição

Conhecidas as características hidrológicas do solo e da cultura armazenadas nos ficheiros pedológicos e culturais, interessa considerar as várias situações em que se efetua a rega, isto é, o momento em que ela deve ser fornecida e o seu volume, tendo em atenção a possível existência de restrições de água e considerando a hipótese de se verificar ascensão capilar. Estes dados são designados *dados característicos da rega* e os ficheiros em que eles são armazenados denominam-se *ficheiros característicos da rega*.

Tem-se acesso ao trabalho com estes ficheiros escolhendo a opção "1" no *menu* inicial (*trabalho com ficheiros de dados*) e a opção "3" no *menu B*(*ficheiros característicos da rega*).



A partir deste *menu* são realizadas todas as operações com estes ficheiros. No entanto, a sua criação pode também ser executada dentro da opção *simulação da rega* do Menu Inicial, quando nela se indicam os dados característicos da rega (vd. 6.3). Na figura 4.1 estão indicados esquematicamente todos os dados característicos da rega.

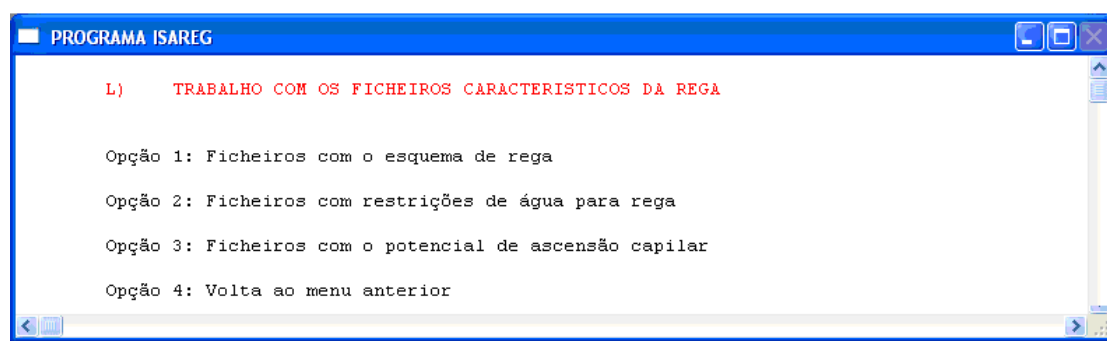


Figura 4.1 - Escolha do tipo de ficheiro característico da Esquemas de rega

Entende-se por *esquema de rega* (*Er*) o conjunto de informações referentes ao objetivo da rega, isto é, à sua oportunidade de aplicação e ao volume de água que ela fornece ao solo. O esquema de rega é normalmente composto por uma oportunidade de rega, que permite indicar ao computador quando se deve regar, e por uma quantidade de rega, que permite indicar ao computador qual deve ser o

volume a considerar em cada rega. Quando este volume se exprime em mm utiliza-se o termo *dotação de rega*.

Para efeitos do balanço hídrico, o solo é considerado um reservatório cuja capacidade máxima é a sua Reserva Utilizável calculada, quando a humidade à capacidade de campo (CC) e ao coeficiente de emurchecimento (CE) são expressos pela sua % em volume, através da expressão:

$$RU = (CC - CE) * z \quad [4-1]$$

Em consequência desta definição, a *água útil do solo* (R) pode variar entre o valor mínimo zero, quando o teor de humidade iguala o coeficiente de emurchecimento permanente, e um valor máximo igual à Reserva Utilizável do Solo.

Como apenas uma parte desta água é utilizada em situação de conforto hídrico das culturas, estabelece-se uma Reserva Facilmente Utilizável calculada como um fração da Reserva Utilizável. Esta fração denomina-se *fração facilmente utilizável*, p.

$$RFU = RU * p \quad [4-2]$$

O *limite da reserva facilmente utilizável* (Lrfu) é o valor mínimo da água útil no solo, R, abaixo do qual a planta entra em situação de carência hídrica, e calcula-se pela expressão:

$$Lrfu = RU - RFU = RU(1 - p) \quad [4-3]$$

A água no solo pode então ser dividida em 4 zonas, definindo-se uma *zona de saturação*, acima da capacidade de campo, em que a água não é imediatamente utilizável, uma *zona de conforto hídrico* entre a capacidade de campo e o Lrfu, uma *zona de carência hídrica* entre este limite e o coeficiente de emurchecimento e uma *zona de água não utilizável* abaixo deste valor.

Na Figura 4.2 podem observar-se estas quatro zonas, e os seus limites. A variável R (*reserva útil do solo*) representa o valor de água acima do coeficiente de emurchecimento num determinado dia.

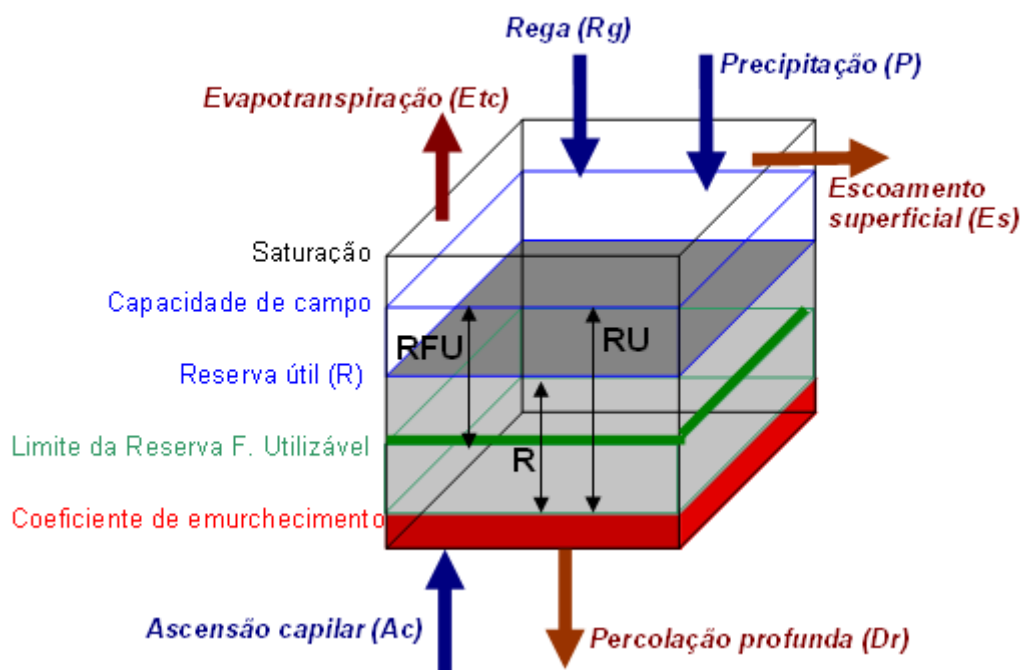


Figura 4.2 - Nomenclatura adotada para definição do reservatório solo

Na Figura 4.3 indicam-se os seis esquemas de rega que o programa pode considerar e, para a definição de cada um, os dados que é necessário conhecer. Nesta figura saliente-se que, quer a oportunidade quer a quantidade de rega, se referem geralmente aos limites das zonas anteriormente referidas.

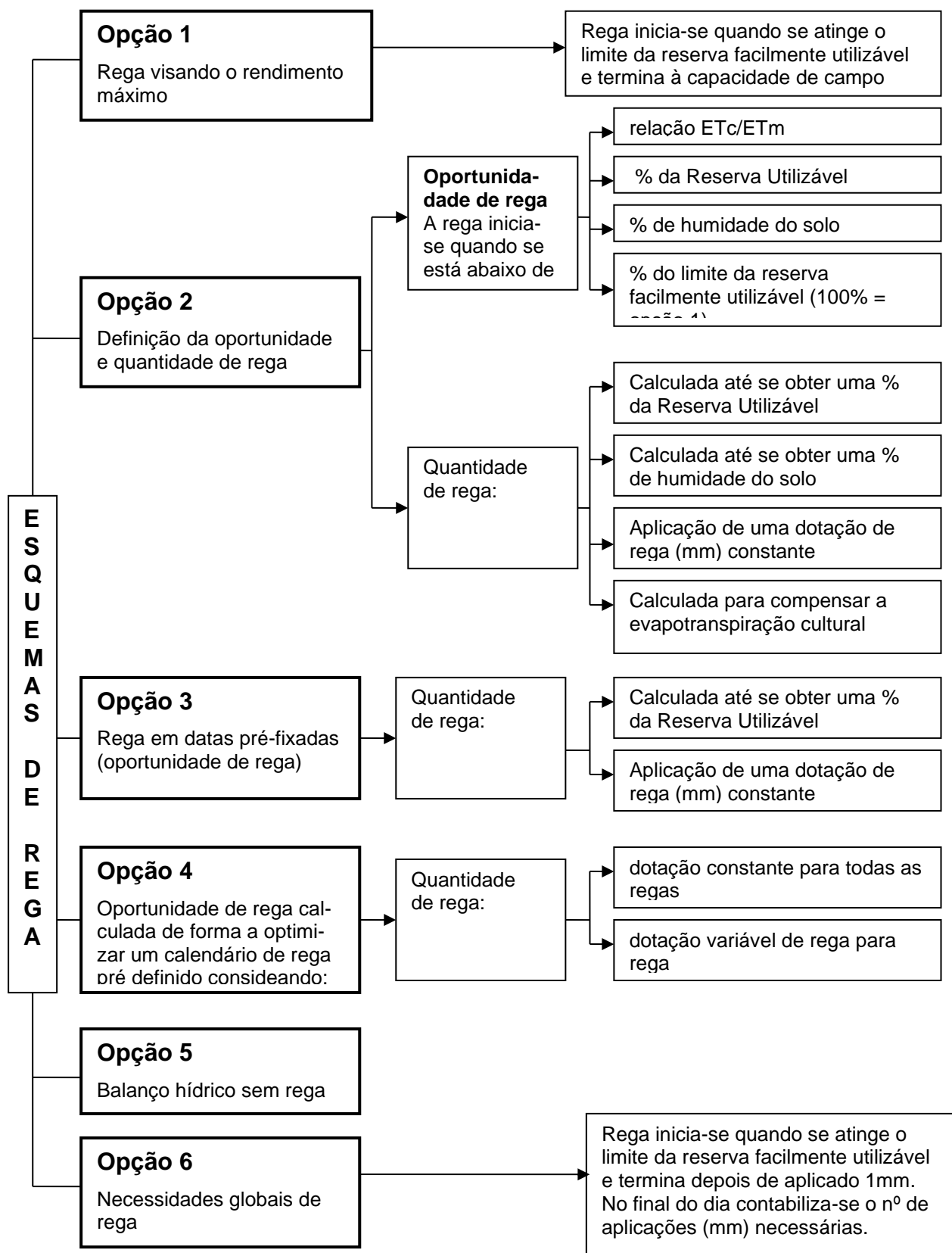
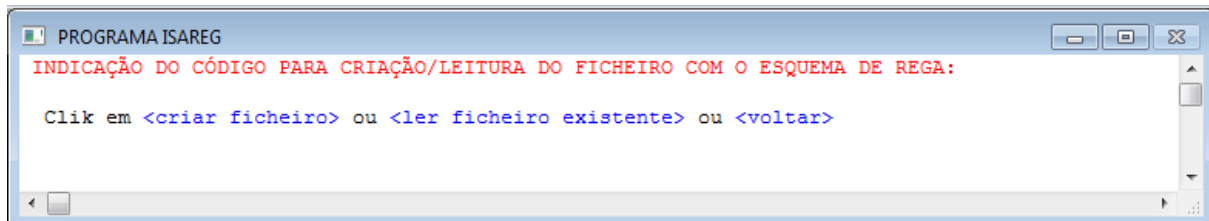


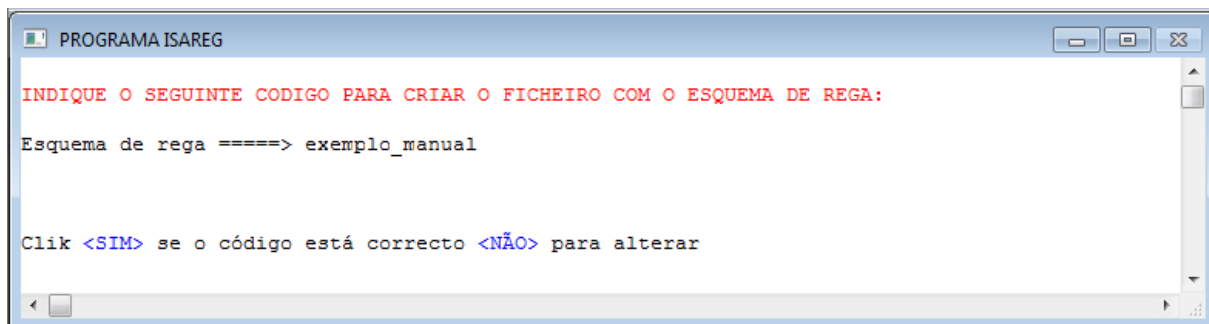
Figura 4.3 – Esquemas de rega disponíveis no programa ISAREG

4.1 Criação de ficheiros com o esquema de rega

A escolha da “Opção 1” do menu L), representado na Figura 4.1, conduz ao seguinte menu:



A escolha da opção <criar ficheiros> permite construir os ficheiros com o esquema de rega. Primeiro indica-se o nome do ficheiro:



Depois o programa apresenta o menu M) representado na Figura 4.4.

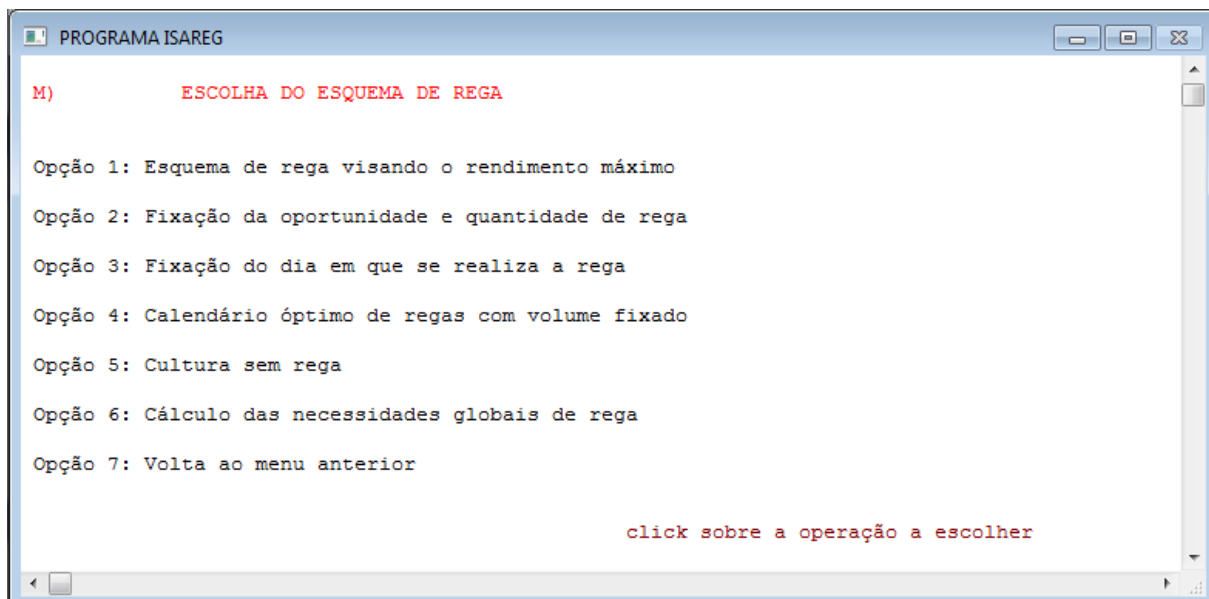


Figura 4.4 - Seleção do esquema de rega no programa ISAREG

Como já anteriormente se referiu o reservatório solo fica dividido em quatro zonas. Trabalhando apenas com a água útil o zero corresponde ao coeficiente de emurchecimento (CE) e serão apenas consideradas três zonas. A *zona de saturação*, acima da capacidade de campo (CC), a *zona de rendimento máximo* separada da *zona de carência hídrica* pelo limite da reserva facilmente utilizável (Lrfu). Na Figura 4.5 mostra-se o esquema genérico utilizado pelo programa para a definição desta zonas.

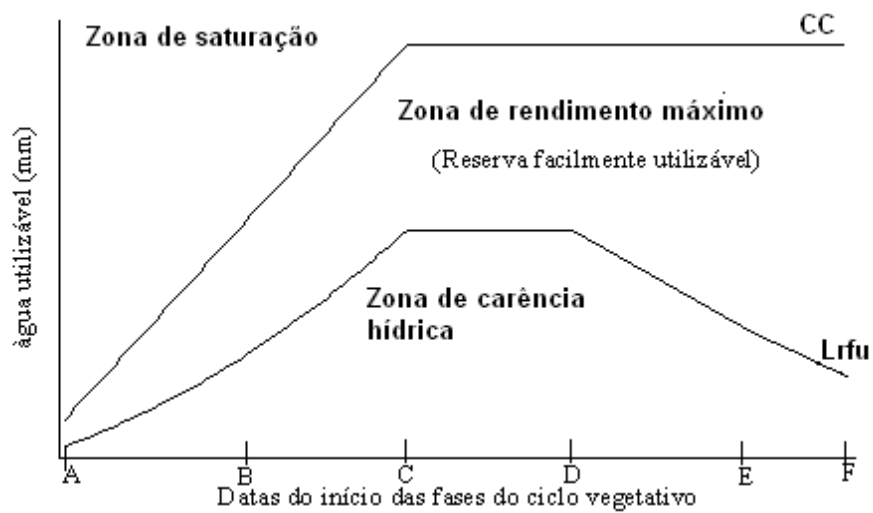


Figura 4.5 - Delimitação das zonas de rendimento máximo e de carência hídrica

Os objetivos com que a rega será simulada dependem do esquema de rega escolhido. A informação é depois completada com a indicação das seguintes variáveis:

- a) a *oportunidade de rega* (Or), que permite identificar o instante em que a rega deve ter o seu início;
- b) a *quantidade de rega* (Qr), que permite determinar qual o volume de água que deve ser fornecido à cultura.

4.1.1 Condições iniciais da humidade do solo e indicação do final da rega.

As condições iniciais de água no solo, bem como o número de dias em que deve parar a rega antes da colheita foram incluídos por comodidade neste ficheiro. No que se refere às condições iniciais, são pedidos, em geral, dois valores:

- O primeiro referente às camadas de solo que estão acima da profundidade atribuída ao início da fase A da cultura (z_0), que pode estar mais humedecida que as restantes (se tiver havido, por exemplo, uma rega destinada a preparar o solo para a sementeira) ou menos húmida (quando tal rega não se tenha realizado e não tenha ocorrido precipitação nos dias antecedentes).
- O segundo valor refere-se ao teor inicial de humidade das restantes camadas de solo que estão a uma profundidade superior a z_0 , mas inferior à *profundidade máxima* (z_m), para a qual o balanço hídrico é realizado. O valor de z_m é normalmente igual ao máximo valor da profundidade radicular (z) indicada, mas pode ser inferior se o solo for limitante. Neste caso z_m iguala a profundidade potencial de exploração pelas raízes (pr).

A consideração de valores iniciais da humidade do solo em dois níveis está relacionada com o modo como se realizará o balanço hídrico. Este, no início, considera apenas o primeiro valor indicado, ficando a água armazenada nas camadas inferiores até que o sistema radicular as atinja (*vd.* capítulo 8, equações [8.17] e [8.18])⁽²⁾.

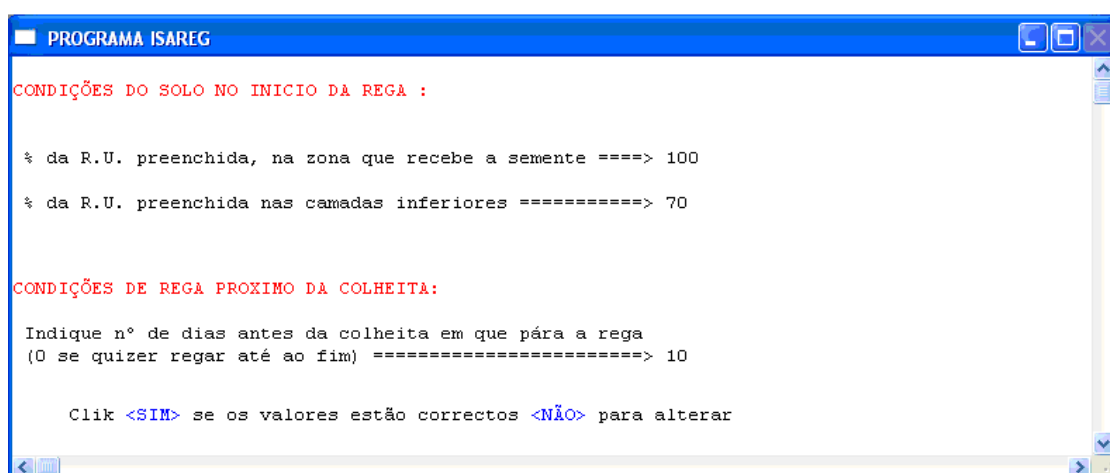
A fixação de uma data limite para a rega (por indicação do número de dias anteriores à colheita) impede que o programa considere a hipótese de regar quando apenas uma pequena quantidade de água seria utilizada pela planta.

As condições iniciais anteriormente indicadas serão incluídas em todos os ficheiros utilizados neste capítulo que irão ilustrar as várias possibilidades oferecidas pelo programa.

Escolhida a opção "1" no *menu* representado na Figura 4.4, introduzem-se os valores referentes às condições iniciais da humidade do solo em percentagem de reserva utilizável (RU) na camada inicial (100% da RU no exemplo, que equivale à capacidade de campo) e nas restantes camadas (70% no exemplo, admitindo que o solo está mais seco nas camadas inferiores). Quando se conhecem os teores de humidade θ_0 (% em volume ou em peso) do solo, estes podem ser convertidos em %RU pela seguinte expressão:

$$\%RU = (CC - \theta_0) / (CC - CE) \quad [4.4]$$

em que CC e CE estão expressos em % de humidade (em volume ou em peso, conforme a unidade em que está θ_0)



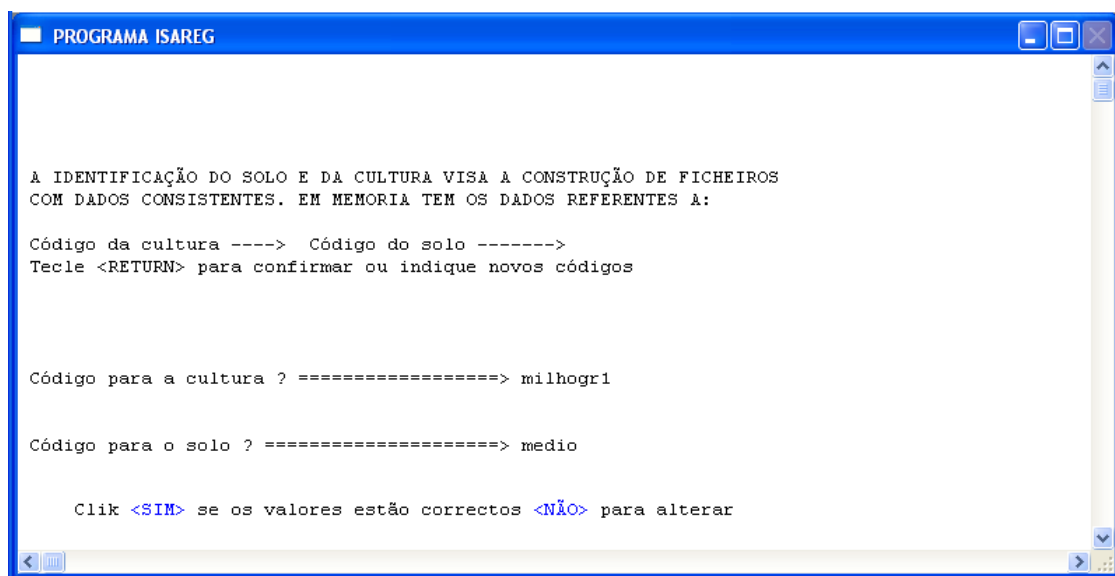
⁽²⁾ Quando a profundidade do sistema radicular é constante ao longo do período de rega, caso das culturas de tipo 2 e 3 (*vd.* 2.1) e das culturas frutícolas já instaladas, não tem significado considerar esta diferenciação e o segundo valor não será utilizado.

a) Ficheiros com os esquemas de rega 1, 4, 5 e 6.

Nos esquemas de rega 1, 4, 5 e 6 não é necessário indicar a oportunidade e a quantidade de rega ou porque elas não existem, como é o caso do esquema 5 (sem rega), ou porque são automaticamente calculadas pelo computador (ver Figura 4.3). Nestes casos o ficheiro fica concluído após a introdução das variáveis referidas na secção anterior.

b) Ficheiros com os esquemas de rega 2 e 3.

Neste tipo de ficheiros para além das condições iniciais é necessário ainda explicitar a oportunidade e a quantidade da rega. Para o efeito é conveniente indicar o código da cultura e do solo para o qual se define o presente esquema de rega para que o utilizador possa referir limiares que estão de acordo com as dimensões do reservatório solo, evitando por exemplo indicar valores da humidade do solo superiores à capacidade de campo ou limiares para definir a oportunidade de rega, em que se pretende simular uma rega deficitária, superiores ao limite da reserva facilmente utilizável.



Com esta informação a introdução dos dados é controlada pelas características do solo e da cultura indicados. O ficheiro, no entanto, poderá ser utilizado em simulações com outro tipo de solos ou de culturas, desde que não exista incompatibilidade de dados, como se verá no Capítulo 6 (Simulação da Rega).

4.1.2 Rega visando o rendimento máximo (esquema de rega tipo 1)

No esquema de rega visando o rendimento máximo é um esquema em que se pretende manter a água no solo na zona de conforto hídrico durante todo o ciclo vegetativo isto é, deve fornecer-se água à cultura sempre que o teor de água no solo atinja o *limite da reserva facilmente utilizável* (*Lrfu*). O programa define a *oportunidade de rega* (*Or*) quando aquele limite é atingido. A *quantidade de rega* (*Qr*) é conhecida implicitamente pois o volume de água a fornecer é calculado para preencher totalmente a reserva utilizável do solo (*RU*). Nestas condições *Or* e *Qr* são conhecidos pelo programa pelo que este não necessita de mais informação para definir o esquema de rega.

Assim, depois de introduzidas as condições iniciais, o ficheiro `REND_MAXIMO.ESQ` fica completo, seguindo-se a sua apresentação no visor, como se mostra na Figura 4.6.

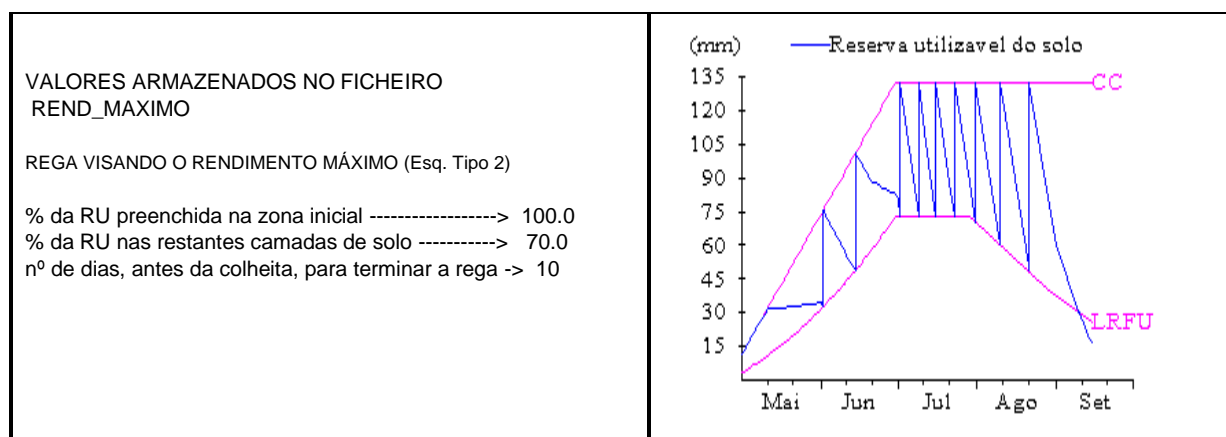


Figura 4.6 – Leitura do ficheiro `REND_MAXIMO.ESQ` com o esquema de rega visando o rendimento máximo; Resultado da simulação utilizando este ficheiro em solo MEDIO

Na mesma figura apresenta-se graficamente o resultado da aplicação do programa utilizando este esquema de rega, onde é interessante salientar que na fase final da cultura, o volume de água armazenada no solo desce abaixo do *Lrfu* porque nos 10 dias que antecedem a colheita não é considerada nenhuma rega (vd 4.1.1).

Nesta fase, se o utilizador indicar que os dados não estão corretos, entra no *menu* de alteração dos ficheiros com o esquema de rega, R), que será analisado em 4.4.

4.1.3 Rega com fixação da oportunidade e quantidade da rega (esquema de rega tipo 2).

Cada opção do programa para a definição deste esquema de rega será ilustrada com os procedimentos necessários para a construção do despectivo ficheiro de dados. As Figuras 4.9 a 4-14 mostram a informação fornecida pelo computador depois de se completar cada um dos seis ficheiros construídos. Nas mesmas figuras, para que se possa visualizar o resultado de cada opção na calendarização da rega, mostram-se os resultados da simulação para cada um dos esquemas de rega. Considera-se a simulação para a mesma cultura (código MILHOGRI) e para os solos referidos na legenda da figura-

4.1.3.1 Indicação da oportunidade de rega

O menu para fixação da oportunidade da rega tem as seguintes opções (Figura 4.7), que se analisam pormenorizadamente:

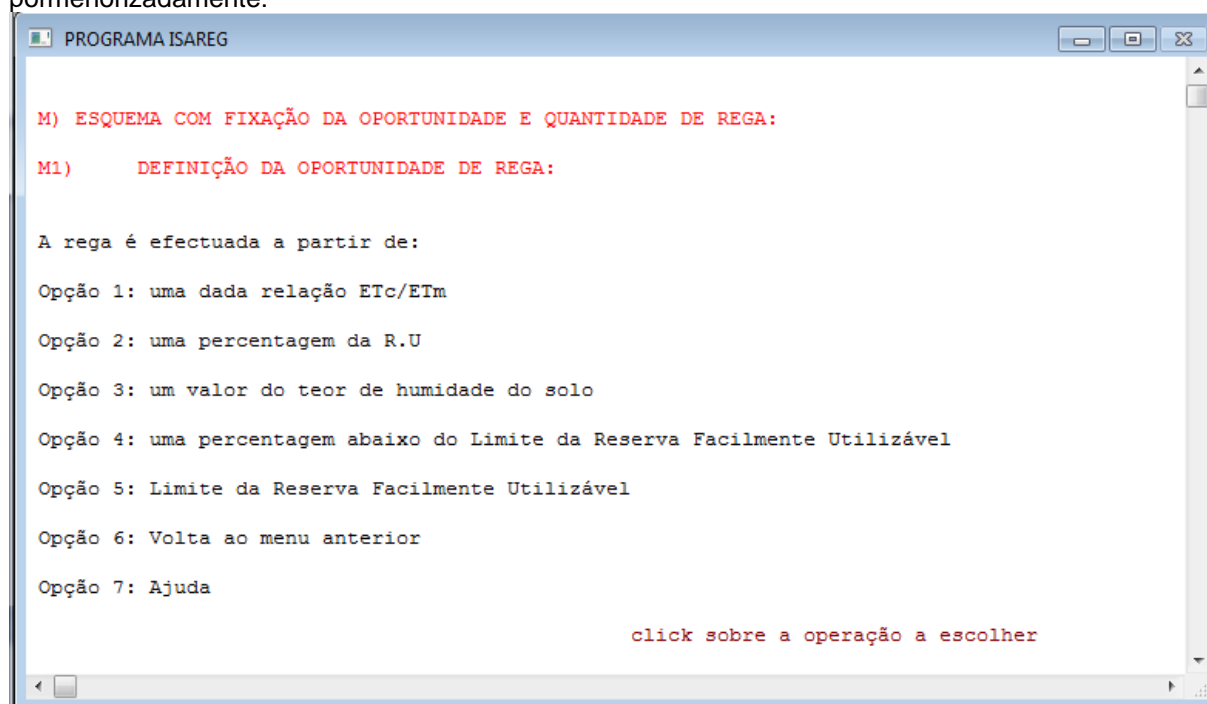


Figura 4.7 - Menu para definição da oportunidade de rega

A relação entre os valores real e máximo da evapotranspiração (ET_c/ET_m) pode ser um parâmetro importante na definição da oportunidade de rega, dado que esta relação está intimamente relacionada com os défices na produção. Assim, em trabalhos onde se pretende simular a rega, tal como ela é feita numa dada região, é fundamental caracterizar o comportamento dos agricultores na definição da oportunidade de rega. De facto, usualmente, o agricultor decide regar quando a cultura apresenta aspetos fenológicos de secura. Nesta altura já a planta se encontra em défice hídrico há algum tempo, sendo portanto a relação ET_c/ET_m inferior à unidade.

A fixação da oportunidade de rega, a partir da percentagem da RU ou do teor de humidade, corresponde à utilização da doutrina tradicional em que o controlo da rega se faz através do conhecimento da quantidade de água existente no solo.

A escolha das últimas opções deve ser feita quando a fixação da oportunidade da rega tem em vista a produção a ser atingida, uma vez que o L_{rfu} define o limite abaixo do qual o programa contabiliza quebras na produção.

Para tornar mais flexível a definição de Or , este parâmetro pode ser introduzido por fases do período vegetativo. Em geral na rega deficitária ele deve ser, pelo menos em algumas fases, inferior ao L_{rfu} . No caso de regas com alta frequência (rega gota-a-gota ou rega por rampas pivotantes) é necessariamente superior a L_{rfu} aproximando-se da linha de máxima capacidade de retenção.

4.1.3.2 Indicação da quantidade de rega

A quantidade de rega é o parâmetro que permite ao computador calcular o volume da rega. Pode ser escolhida uma das opções representadas no menu M) da Figura 4.8.

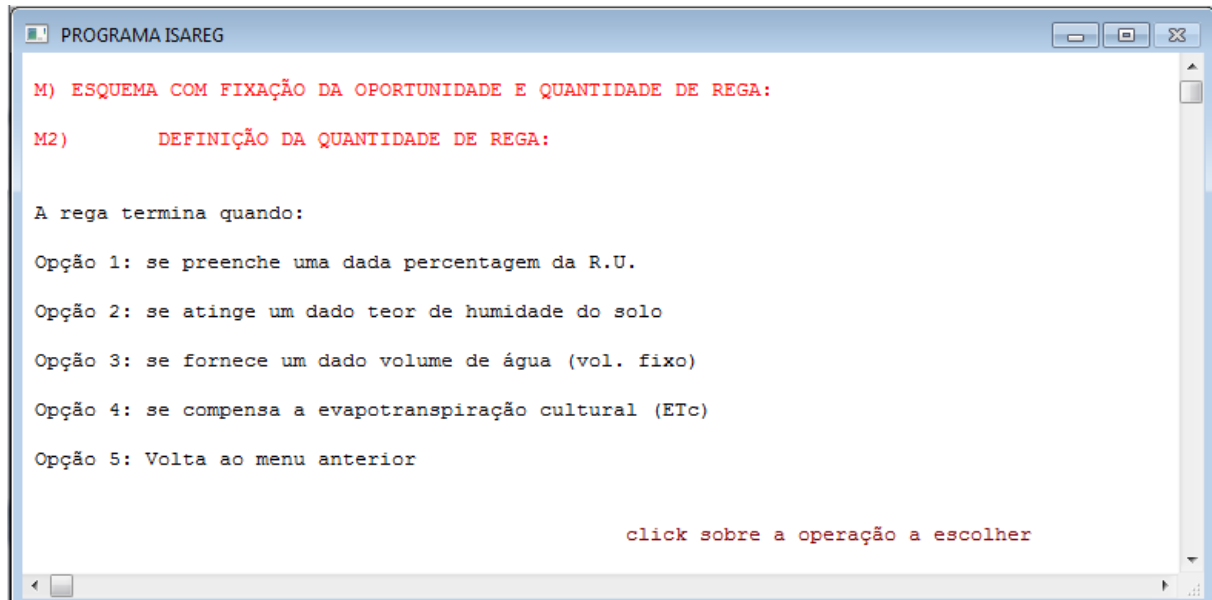


Figura 4.8 - Menu para definição da quantidade de rega

Visando a minimização de erros na entrada de dados, o programa fornece, consoante a opção escolhida, elementos que facilitam a sua introdução. Para ilustrar esta situação, apresentam-se seguidamente exemplos referentes a cada uma das cinco opções consideradas, sendo utilizada a opção 2 para apresentar duas situações, uma com rega deficitária e outra com regas frequentes, originando a criação de seis ficheiros, todos referentes à cultura `MILHOGRI1`, com as condições iniciais de humidade do solo indicadas em 4.1.0. Nos três primeiros será considerado um solo homogéneo (ficheiro `MEDIO.SOL`) e nos restantes um solo com três camadas distintas (ficheiro `ARENOSO.SOL`).

1) Relação ETC/ETm (opção 1)

Construção do ficheiro ETAETM07_PERCENTRU.ESQ (Solo MEDIO - Figura 4.9)

PROGRAMA ISAREG

FASES DO CICLO VEGETATIVO INDICADAS:

A --> Fase Inicial (sementeira ou início da rega) -----> 1/ 5
 B --> Início da Fase de Crescimento Vegetativo -----> 25/ 5
 C --> Início da Fase Intermédia I - floração -----> 30/ 6
 D --> Início da Fase Intermédia II - formação do fruto -> 29/ 7
 E --> Início da Fase Final - maturação -----> 30/ 8
 F --> Colheita (ou fim da rega) -----> 15/ 9

Indique, para cada uma das fases do ciclo vegetativo, a
 Relação ETC/ETm abaixo da qual se inicia a rega (Ex:0.6):

1ª fase [A - B] -----> .5
 2ª fase [B - C] -----> .6
 3ª fase [C - D] -----> .7
 4ª fase [D - E] -----> .6
 5ª fase [E - F] -----> .5

Clik <SIM> se os valores estão correctos <Não> para alterar

PROGRAMA ISAREG

Limites da Reserva Utilizável: RUmin= 12.0 mm RUmax=132.0 mm

% da Reserva Utilizável preenchida pela rega (Ex: 90)=> 90

Clik <SIM> se os valores estão correctos <Não> para alterar

VALORES ARMAZENADOS NO FICHEIRO
 ETAETM07_PERCENTRU.ESQ

FIXAÇÃO DA OPORTUNIDADE E QUANTIDADE DE REGA (Esq. Tipo 2)

% da RU preenchida na zona inicial -----> 100.0
 % da RU nas restantes camadas de solo -----> 70.0
 nº de dias, antes da colheita, para terminar a rega -> 10

Relação Etc/etm que desencadeia a rega :

de 1/ 5 a 25/ 5 -----> 0.5
 de 25/ 5 a 30/ 6 -----> 0.6
 de 30/ 6 a 29/ 7 -----> 0.7
 de 29/ 7 a 30/ 8 -----> 0.6
 de 30/ 8 a 15/ 9 -----> 0.5

Volume da rega: --> variável até se atingir 90.0% da R.U.

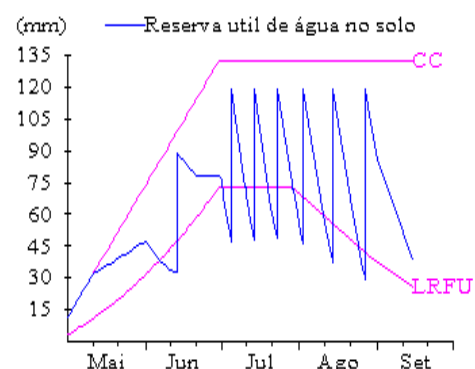


Figura 4.9 - Exemplo de leitura de um ficheiro com o esquema de rega tipo 2, oportunidade de rega definida pela relação Etc/ETm e quantidade de rega em função da % da RU. Resultado da simulação utilizando este ficheiro em solo MEDIO

2-a) Percentagem da RU (opção 2) (na zona de carência hídrica)

Construção do ficheiro PERCENTRU_DOTACAO_ESQ.TXT (Solo MEDIO - Figura 4.10)

O programa, além das datas referentes a cada fase do ciclo vegetativo, fornece os valores de *RU* em mm e do *Lrfu* expresso em percentagem da *RU* para que o utilizador possa situar a fixação de *Or* entre o valor 0 (coeficiente de emurchecimento) e *Lrfu*.

PROGRAMA ISAREG

FASES DO CICLO VEGETATIVO INDICADAS:

Fase	Descrição	Data	RU (mm)	LRFU (%RU)
A	--> Fase Inicial (sementeira ou início da rega)	1/ 5	12.00	30.00
B	--> Início da Fase de Crescimento Vegetativo	25/ 5	60.00	40.00
C	--> Início da Fase Intermédia I - floração	30/ 6	132.00	55.00
D	--> Início da Fase Intermédia II - formação do fruto	29/ 7	132.00	55.00
E	--> Início da Fase Final - maturação	30/ 8	132.00	30.00
F	--> Colheita (ou fim da rega)	15/ 9	132.00	20.00

Indique, para cada uma das fases do ciclo vegetativo a percentagem da Reserva Utilizável abaixo da qual se inicia a rega (ex: 80) :

1ª fase [A - B] =====> 20
 2ª fase [B - C] =====> 30
 3ª fase [C - D] =====> 30
 4ª fase [D - E] =====> 20
 5ª fase [E - F] =====> 20

Clik <SIM> se os valores estão correctos <NÃO> para alterar

PROGRAMA ISAREG

Limites da Reserva Utilizável: RUmin= 12.0 mm RUmax=132.0 mm

Qual o volume (mm) para a rega ? =====> 50

Clik <SIM> se os valores estão correctos <NÃO> para alterar

VALORES ARMAZENADOS NO FICHEIRO:

PERCENTRU_DOTACAO_ESQ.TXT

FIXAÇÃO DA OPORTUNIDADE E QUANTIDADE DE REGA (Esq. Tipo 2)

% da RU preenchida na zona inicial -----> 100.0

% da RU nas restantes camadas de solo -----> 70.0

nº de dias, antes da colheita, para terminar a rega -> 10

Percentagem da R.U. que desencadeia a rega :

de 1/ 5 a 25/ 5 -----> 20.0 %

de 25/ 5 a 30/ 6 -----> 30.0 %

de 30/ 6 a 29/ 7 -----> 30.0 %

de 29/ 7 a 30/ 8 -----> 20.0 %

de 30/ 8 a 15/ 9 -----> 20.0 %

Volume da rega: -----> 50.0 mm

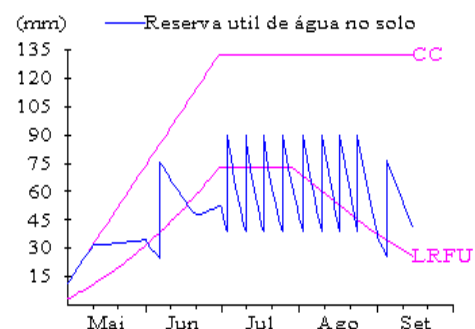


Figura 4.10 - Exemplo de leitura de um ficheiro com o esquema de rega tipo 2, oportunidade de rega definida por uma % da RU e quantidade de rega igual a 50 mm. Resultado da simulação utilizando este ficheiro em solo MEDIO

2-b) Percentagem da RU (**opção 2**) (na zona de conforto hídrico)

Construção do ficheiro PERCENTRU_CONFORTO_ESQ.TXT (Solo MEDIO - Figura 4.11)

Este tipo de esquema pode ser utilizado com regas frequentes, como por exemplo rega com rampas pivotantes

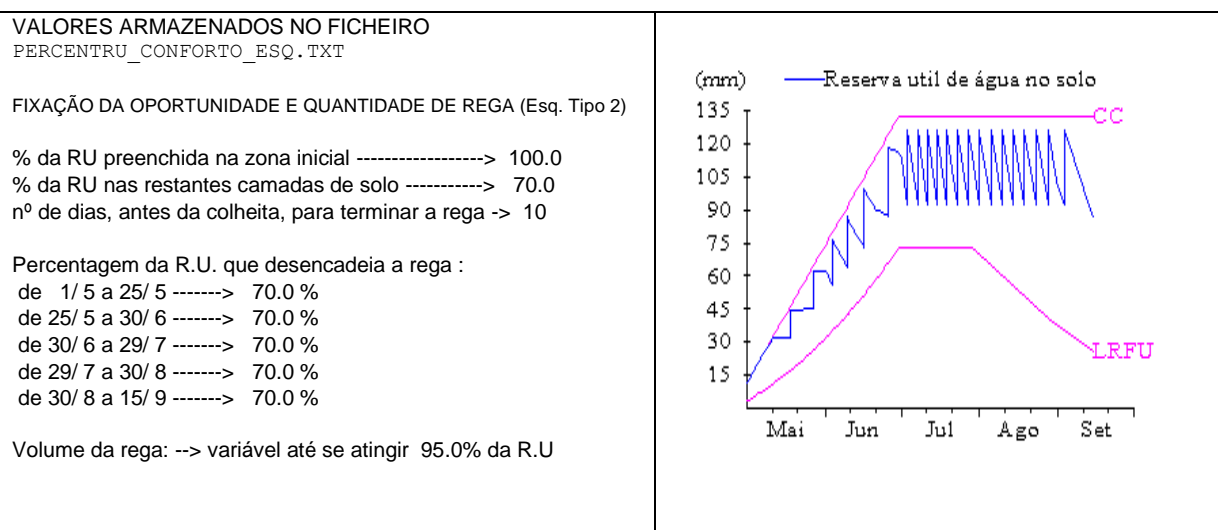
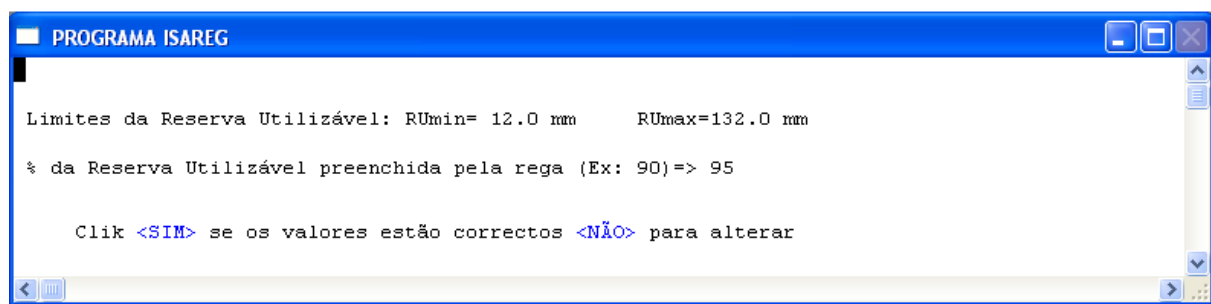


Figura 4.11- Leitura de um ficheiro com o esquema de rega tipo 2, oportunidade de rega e quantidade de rega definidas em função da % RU. Resultados da simulação com um solo MEDIO, como exemplo de um esquema com regas frequentes de baixa dotação.

3) Teor de humidade do solo (opção 3)

Construção do ficheiro TEORHUM_TEORHUM_ESQ.TXT (Solo ARENOSO - Figura 4.12)

Para indicar *Or* em função do teor de humidade do solo, é necessário fornecer um valor compreendido entre *CE* e *Lrfu*. O programa informa o utilizador do teor de humidade a que, no início de cada fase, correspondem aqueles limites, se no ficheiro solo CC e CE estão em % de humidade⁽³⁾:

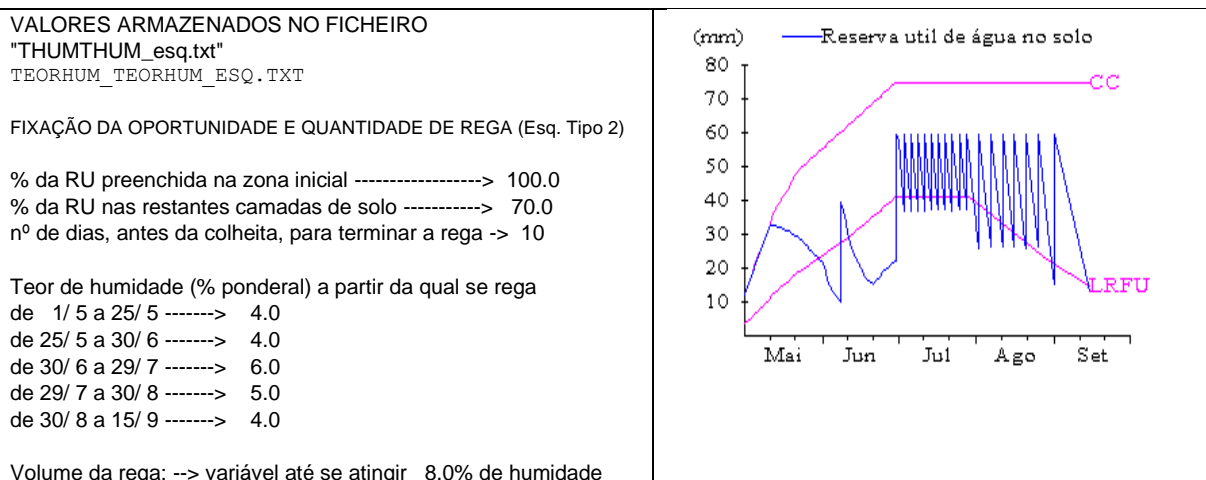
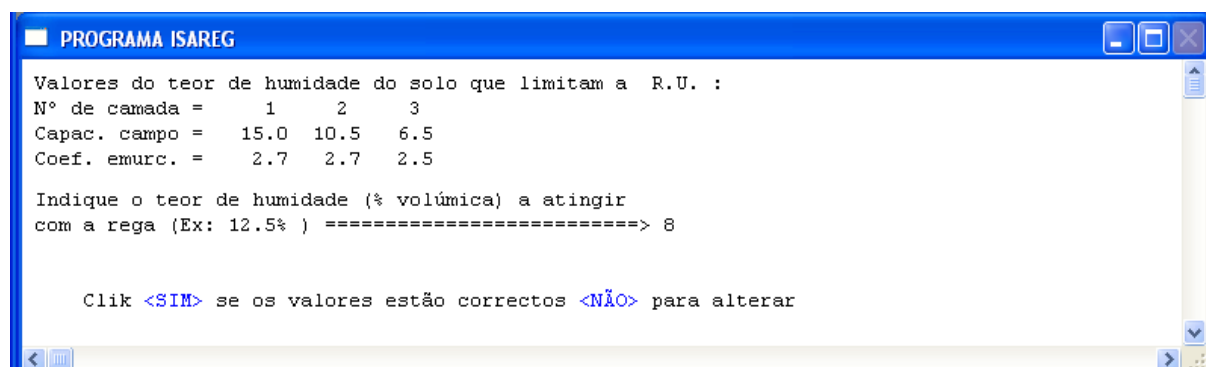
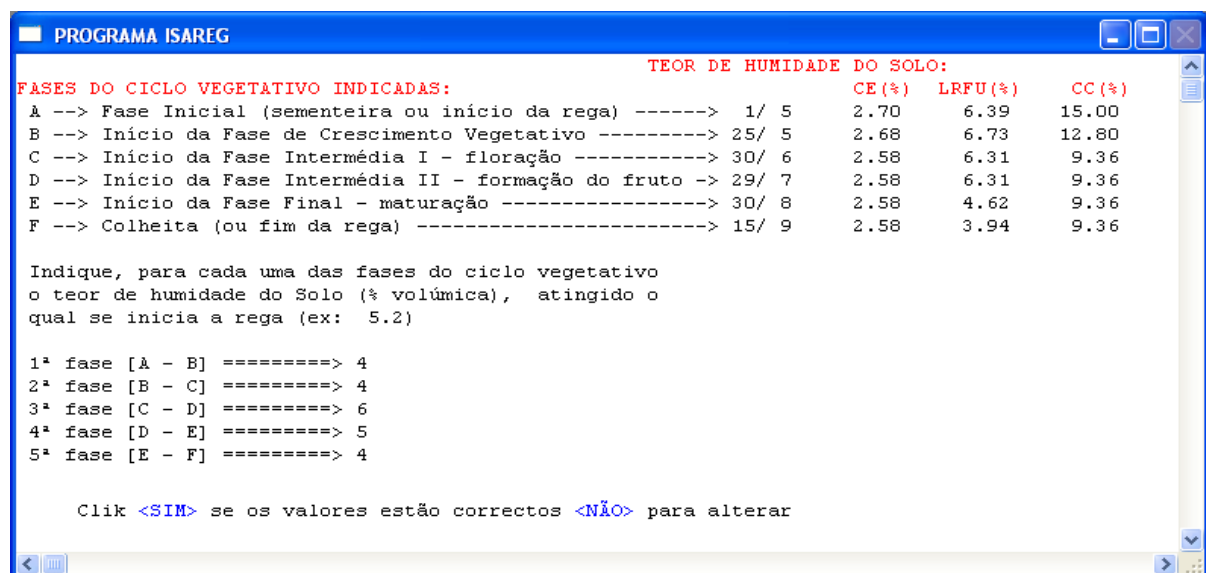


Figura 4.12 - Leitura de um ficheiro com o esquema de rega tipo 2, oportunidade de rega e quantidade de rega definidas pelo teor de humidade do solo. Simulação em solo arenoso.

⁽³⁾ Se na construção deste ficheiro a capacidade utilizável foi dada em mm, o programa fornece uma mensagem de erro.

4) Percentagem do Lrfu (opção 4)

Construção do ficheiro PERCENTLRFU_PERCENTRU_ESQ.TXT (Solo ARENOSO - Figura 4.13)

Nesta opção a informação fornecida é idêntica à do primeiro exemplo⁽⁴⁾, pelo que se apresenta apenas o texto que o programa apresenta para pedir o valor de *Or*:

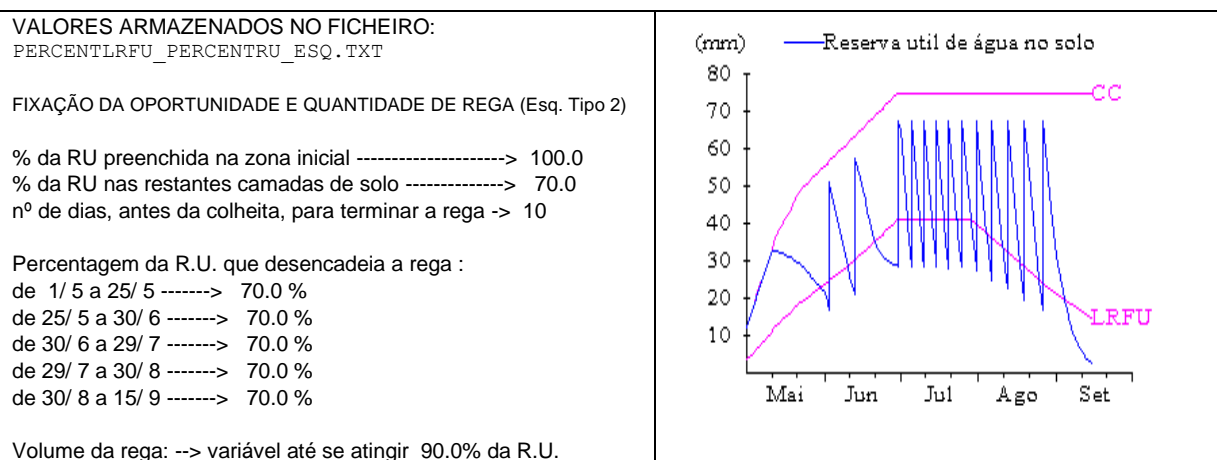
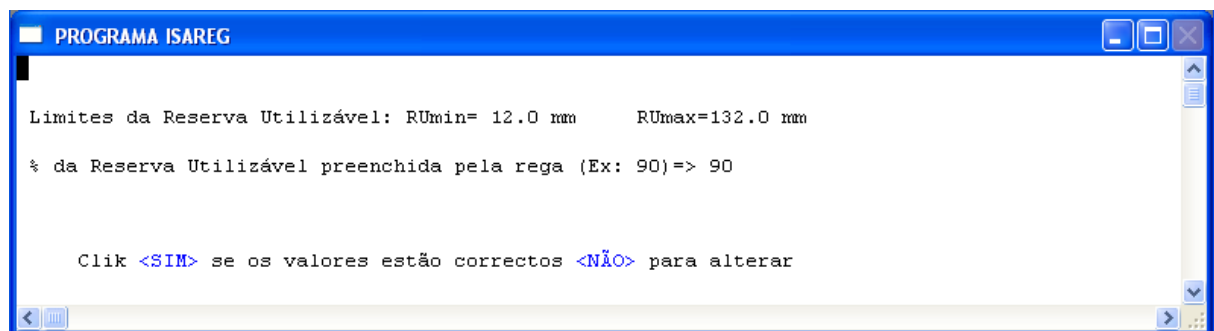
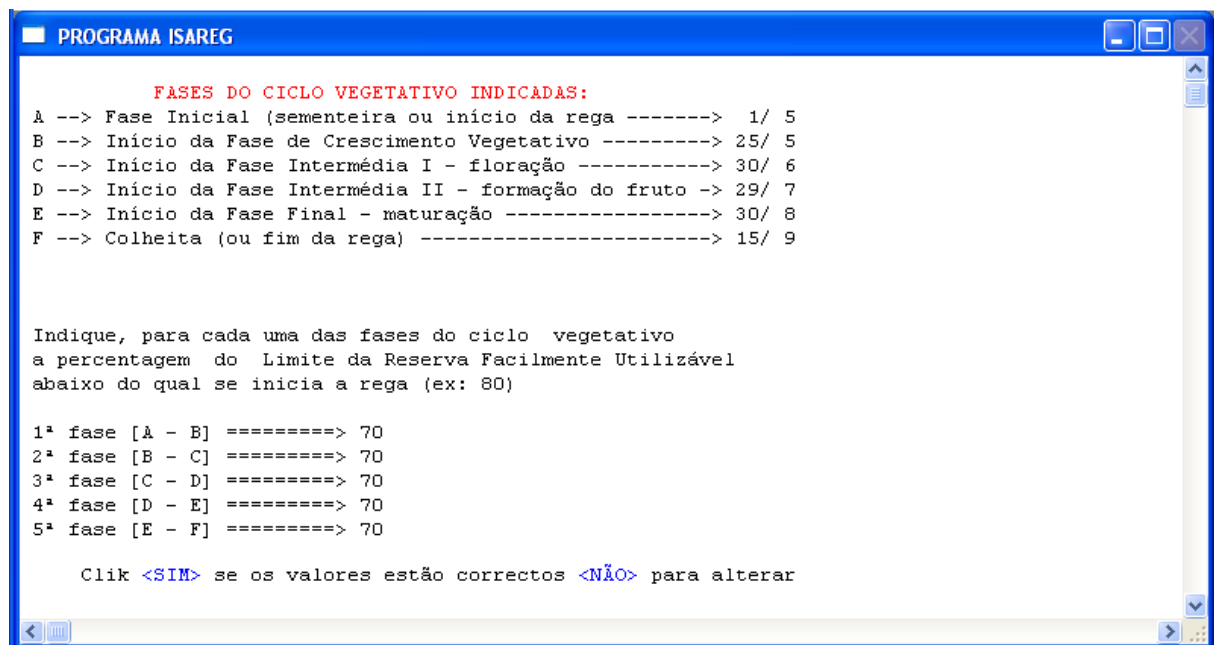


Figura 4.13 - Leitura de um ficheiro com o esquema de rega tipo 2, oportunidade de rega definida por uma % do Lrfu e quantidade de rega em função da % da RU a atingir com a rega. Resultado da simulação em solo arenoso

⁽⁴⁾ Não são admitidos valores superiores a 100

5) A partir do Lrfu (opção 5)

Construção do ficheiro LRFU_PERCENTRU_ESQ.TXT (Solo ARENOSO - Figura 4.14)

Nesta opção o programa já conhece a valor da oportunidade de rega pelo que passa imediatamente para o *menu* M2 (indicação da quantidade de rega).

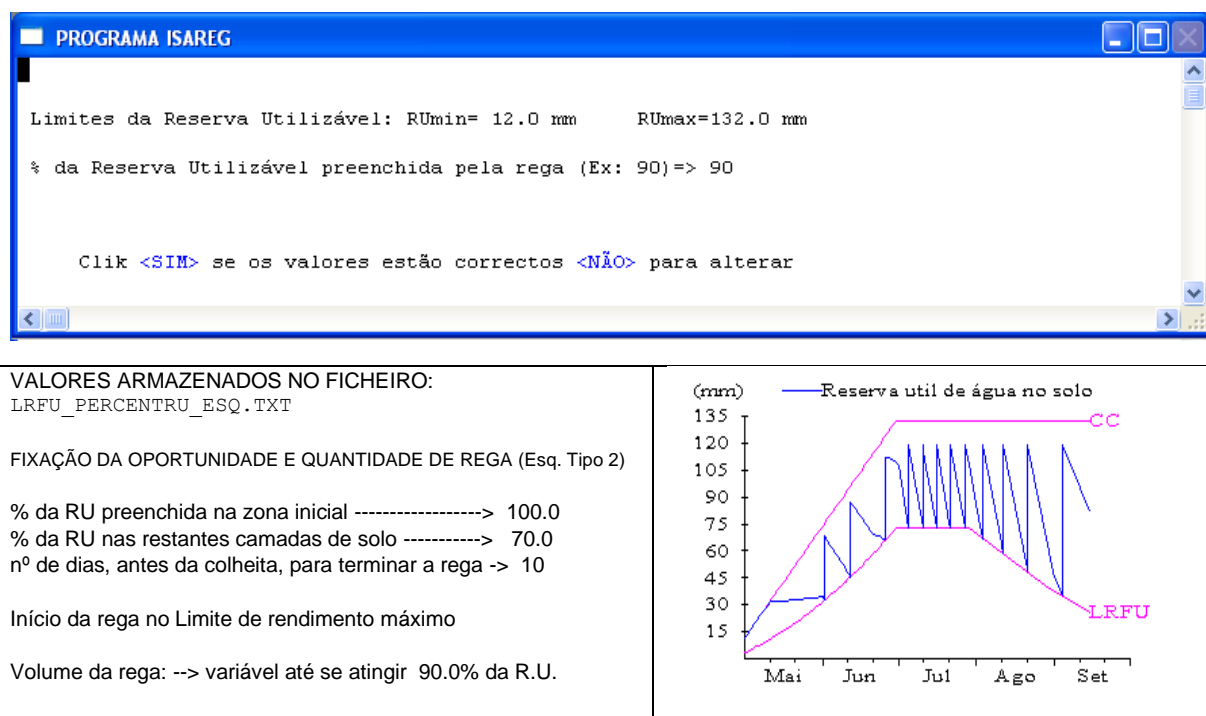
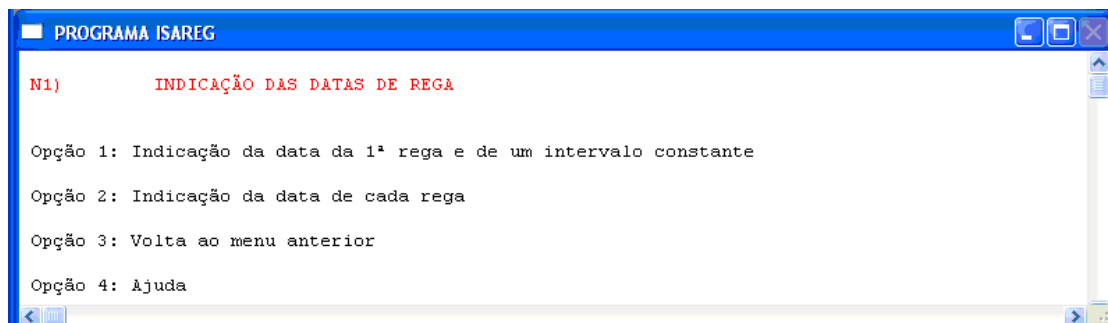


Figura 4.14 - Leitura de um ficheiro com o esquema de rega tipo 2, oportunidade de rega definida pelo Lrfu e quantidade de rega em função da % da RU a atingir com a rega. Resultados da simulação em solo arenoso

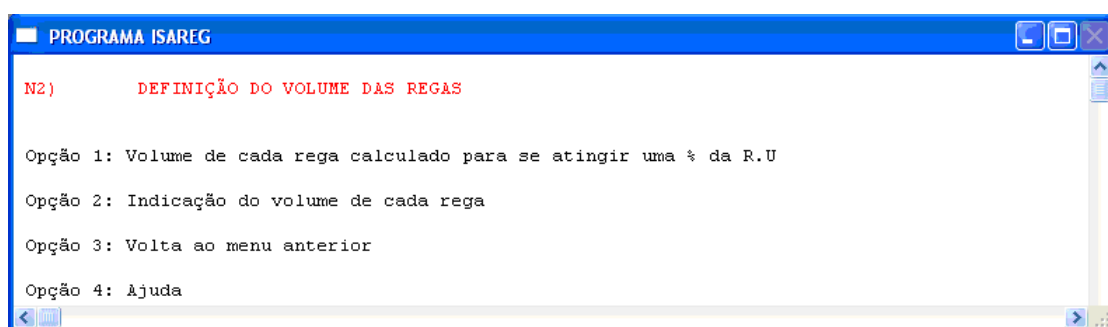
4.1.4 Fixação do dia em que se realiza a rega (esquema de rega tipo 3)

Neste esquema de rega o utilizador fixa o dia em que pretende desencadear a rega (corresponde à fixação de Or) respondendo ao seguinte *menu*:



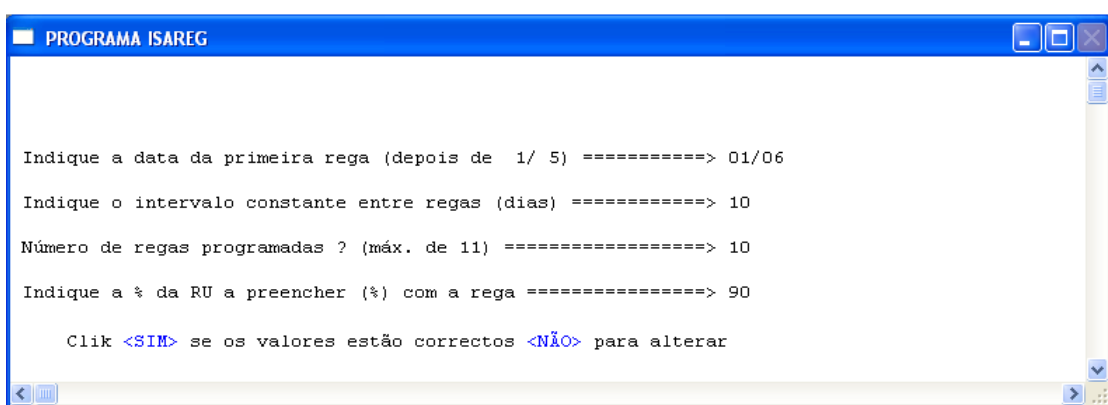
Na primeira opção obtém-se o esquema de *rega programada* em que se mantêm os intervalos entre regas durante toda o período. A segunda opção deve ser utilizada quando se procede à *avaliação* de um dado calendário de rega.

A quantidade de rega (Q_r) é indicada diretamente em mm, ou em % da RU , por escolha no *menu* que a seguir se apresenta:



A opção "1" deve ser tomada nos casos em que, como acontece em muitos regadios tradicionais, o calendário de rega é muito apertado, sendo o dia de cada possível rega conhecido no início do período, restando apenas ao regante a possibilidade de variar o seu volume em função das condições meteorológicas. A opção "2" deve ser utilizada na *rega programada*, quando se pretende *calibrar* o modelo ou quando se pretende *avaliar* um determinado calendário de rega.

Quando se escolhe a opção "1" no menu N1), estes parâmetros são iguais para todas as regas, como se exemplifica, para a cultura MILHOGR1, com a construção do ficheiro REGAPROG_INTERVCONST_PERCENTRU_ESQ.TXT (Figura 4.15), em que se escolheu a opção "1" no *menu* N2):



A indicação "(max. de 11)" resulta do nº máximo (possível) de regas calculado pelo programa em função da duração do período de rega, conhecida a data da 1ª rega e o intervalo entre regas.

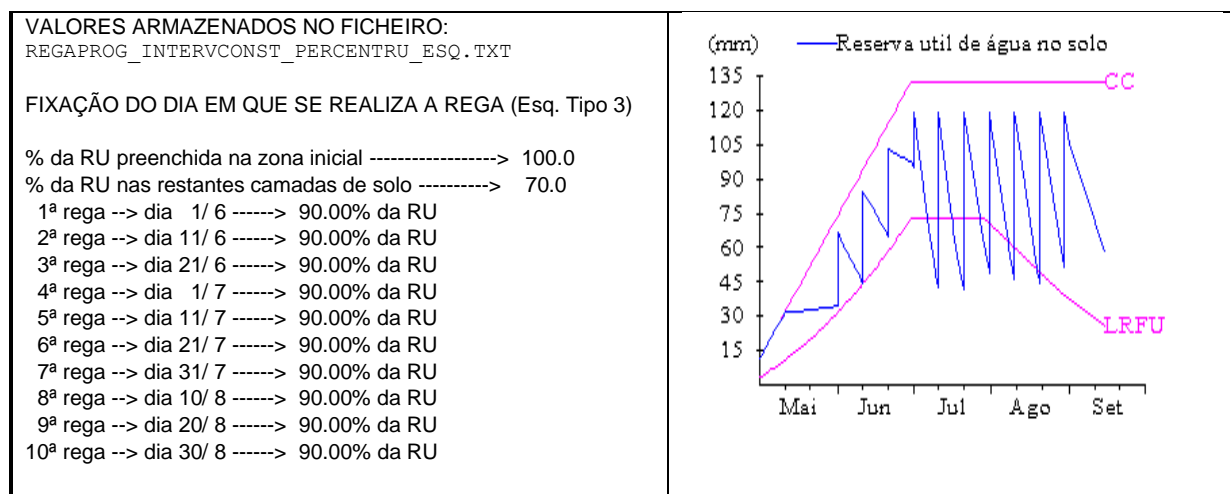


Figura 4.15 - Exemplo de um ficheiro com o esquema de rega tipo 3 (regas com um intervalo constante de 10 dias, com início em 1/6 e quantidade de rega definida em função da % da RU). Resultado da simulação em solo médio

A escolha da opção 2 no *menu* N2) teria conduzido à introdução dos volumes de rega em mm, tal como se especifica no procedimento seguido para a construção do ficheiro REGAPROG_INTERVCONST_DOTCONST_ESQ.TXT (Figura 4.16).

PROGRAMA ISAREG

Indique a data da primeira rega -----> 01/06

Indique o intervalo constante entre regas (dias) -----> 7

Número de regas programadas ? (máx. de 30) -----> 11

Indique o volume constante (mm) para as regas -----> 70

Clik <SIM> se os valores estão correctos <NÃO> para alterar

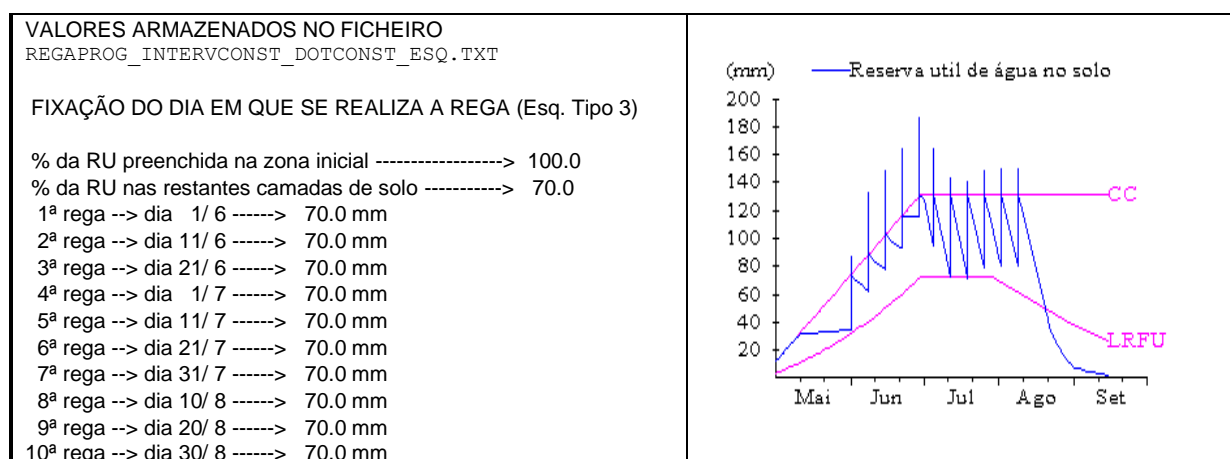


Figura 4.16 - Exemplo de um ficheiro com o esquema de rega tipo 3 (regas com um intervalo constante de 10 dias, com início em 1/6, e quantidade de rega de 70 mm). Resultado da simulação em solo MÉDIO.

Quando se definem as características de cada rega - opção "2" no *menu* N1) - é necessário introduzir a quantidade de rega para todas as regas, como se exemplifica no procedimento a seguir para o ficheiro REGAPROG_DATAVAR_DOTVAR_ESQ.TXT (Figura 4.17):

PROGRAMA ISAREG

Número de regas programadas ? =====> 4

Indique para cada rega:

- a data (ex 30/05)
- o volume a fornecer (mm)

1ª rega ----> data : 01/06
volume : 60

2ª rega ----> data : 01/07
volume : 90

3ª rega ----> data : 20/07
volume : 90

4ª rega ----> data : 16/08
volume : 90

Clik <SIM> se os valores estão correctos <NÃO> para alterar

VALORES ARMAZENADOS NO FICHEIRO:
REGAPROG_DATAVAR_DOTVAR_ESQ.TXT

FIXAÇÃO DO DIA EM QUE SE REALIZA A REGA (Esq. Tipo 3)

% da RU preenchida na zona inicial -----> 100.0
% da RU nas restantes camadas de solo -----> 70.0
1ª rega --> dia 1/6 -----> 60.0 mm
2ª rega --> dia 1/7 -----> 90.0 mm
3ª rega --> dia 20/7 -----> 90.0 mm
4ª rega --> dia 16/8 -----> 90.0 mm

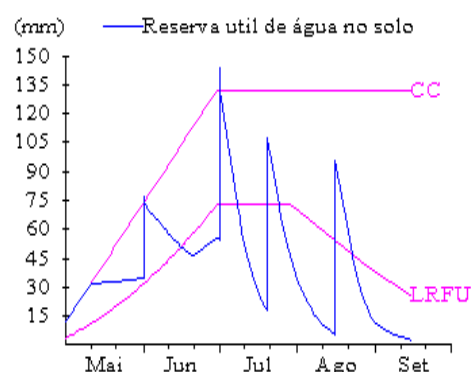


Figura 4.17 - Exemplo de um ficheiro com o esquema de rega tipo 3, indicação da data e do volume (mm) de cada rega. Resultado da simulação em solo MEDIO.

A indicação dos volumes de rega tem particular interesse para a *calibração* do modelo, dado que é possível, desta forma:

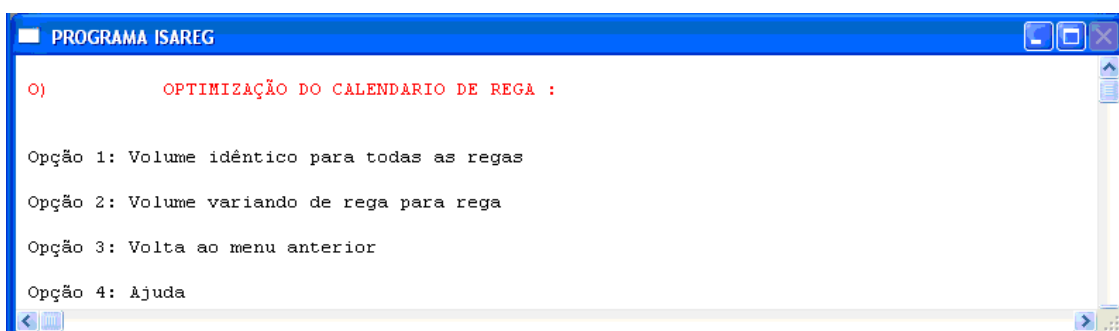
- comparar os teores de humidade do solo obtidos por simulação com os que foram medidos no terreno para o esquema indicado;
- avaliar* a resposta, em termos de produção, a um calendário de rega pré-definido, como se verá no Capítulo 7, utilizando os dados do ficheiro REGAPROG_DATAVAR_DOTVAR_ESQ.TXT, apresentado aqui como exemplo de aplicação desta opção.

Embora a entrada de dados seja diferente consoante a escolha feita no menu N1), o seu armazenamento processa-se da mesma maneira, pelo que a forma como os dados são apresentados nas figuras Figura 4.15 a Figura 4.17 é a mesma. Nestas figuras mostra-se ainda o espectro do visor depois da introdução dos dados referentes a cada um dos três exemplos referidos juntamente com o resultado da simulação, realizada com a cultura MILHOGRI em solo MEDIO.

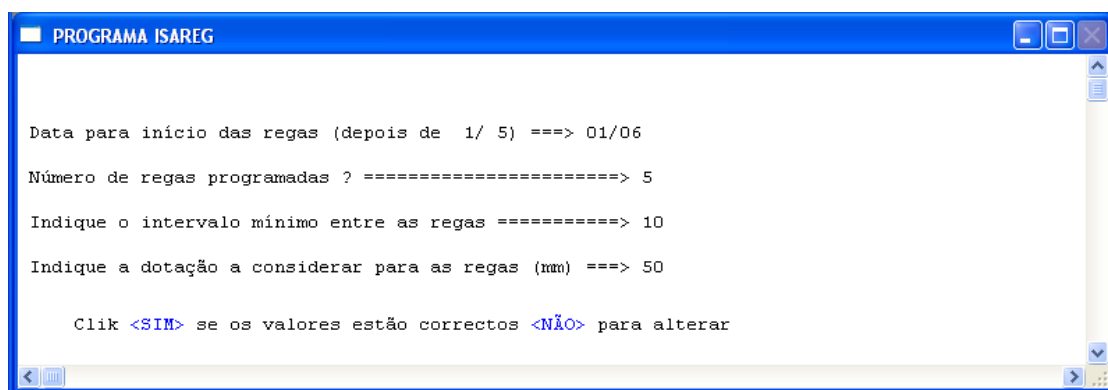
4.1.5 Otimização do calendário de rega com volumes de rega fixados (esquema de rega tipo 4)

Quando o volume de água para a rega é limitado, pode acontecer que restrições em determinados períodos impeçam que a oportunidade e/ou a quantidade de rega sejam respeitadas. Nestas condições obter-se-á uma calendarização da rega que, para o volume total de água disponível, se afasta da que otimiza a produção (a tendência será para concentrar a rega nas fases iniciais).

Para a definição deste esquema de rega, o utilizador deve indicar o número de regas que pretende considerar e o volume de cada uma delas. O programa vai modificando, de cada vez, o dia de rega e vai calculando a quebra de produção correspondente até obter a calendarização correspondente à máxima produção para o volume de água disponível. A definição de um intervalo mínimo entre regas e do número de dias, antes do final do período, em que deve terminar a rega é importante, porque diminui substancialmente o número de combinações possíveis. A introdução destes dados processa-se do seguinte modo:



Na primeira opção indica-se a data para o início da rega, o número de regas programadas e o intervalo mínimo entre regas e a dotação fixa a considerar, tendo sido construído o ficheiro OPTIMIZA_DOTCONST_ESQ.TXT (Figura 4.18)



VALORES ARMAZENADOS NO FICHEIRO: OPTIMIZA_DOTCONST_ESQ.TXT

CALENDARIO OPTIMO DE REGAS COM VOLUME FIXADO (Esq. Tipo 4)

% da RU preenchida na zona inicial -----> 100.0
% da RU nas restantes camadas de solo -----> 70.0
nº de dias, antes da colheita, para terminar a rega -> 10

Intervalo mínimo entre regas -----> 10 dias

1ª rega --> 50.0 mm
2ª rega --> 50.0 mm
3ª rega --> 50.0 mm
4ª rega --> 50.0 mm
5ª rega --> 50.0 mm

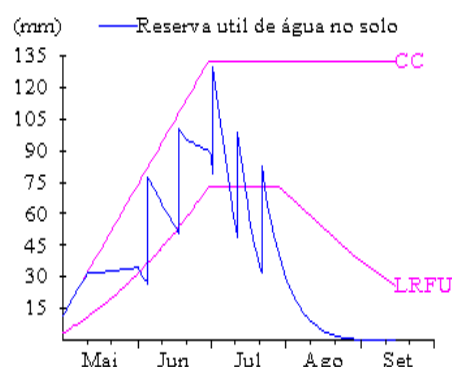


Figura 4.18 - Exemplo de um ficheiro com o esquema de rega tipo 4, indicação de uma dotação constante para todas as regas e do intervalo mínimo entre regas. Simulação em solo MEDIO.

Na segunda opção é necessário indicar o volume de cada rega, como se pode observar na introdução dos dados do ficheiro `OPTIMIZA_DOTVAR_ESQ.TXT`, em que se pretende otimizar o calendário de rega referido na secção anterior (`DATVAR`), utilizado como exemplo de *avaliação da rega*:

PROGRAMA ISAREG

Data para inicio das regas (depois de 1/ 5) ==> 01/06

Número de regas programadas ? ==> 4

Indique o intervalo mínimo entre as regas ==> 10

Volume (mm) para a 1ª rega ==> 60

Volume (mm) para a 2ª rega ==> 90

Volume (mm) para a 3ª rega ==> 90

Volume (mm) para a 4ª rega ==> 90

Clik <SIM> se os valores estão correctos <NÃO> para alterar

Na Figura 4.19 mostra-se a forma como é lido o ficheiro `OPTIMIZA_DOTVAR_ESQ.TXT` quando se termina a introdução dos dados. Na mesma figura apresenta-se o resultado da simulação realizada para a cultura `MILHOGR1` em solo `MEDIO`.

É interessante comparar esta figura com a Figura 4.17, visto que o calendário de rega da Figura 4.19 é o calendário resultante da otimização do que foi apresentado na Figura 4.17. Ver-se-á no capítulo 6 (vd. 6.1.3) que este novo calendário corresponde a um ganho de cerca de 5% em termos de produção da cultura, conseguido à custa de um posicionamento das regas mais perto da sua fase crítica (floração).

Deve acrescentar-se que este esquema de rega conduz a uma situação extremamente onerosa em tempo de cálculo, já que o número de combinações a analisar é muito elevado.

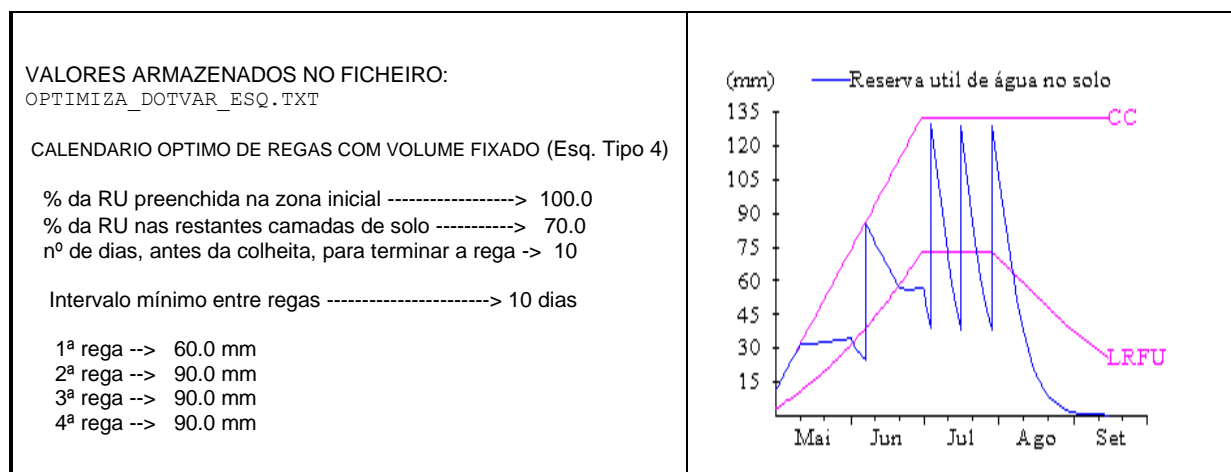
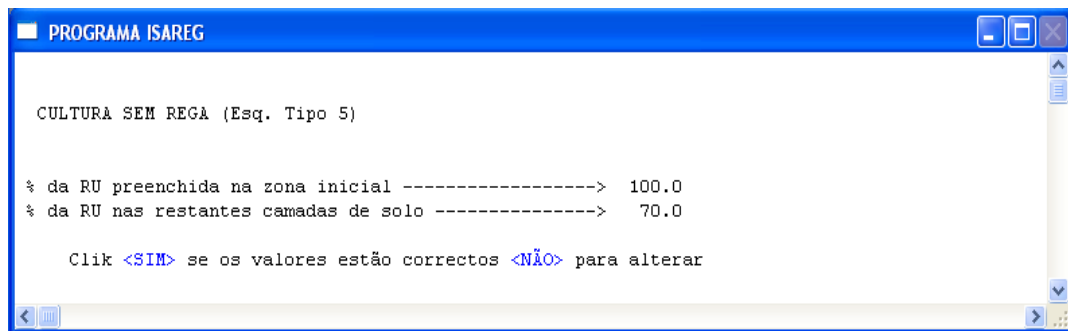


Figura 4.19 - Exemplo de um ficheiro com o esquema de rega tipo 4, indicação do volume (mm) de cada rega e do intervalo mínimo entre regas. Resultado da simulação em solo MEDIO.

4.1.6 Cultura sem rega (esquema de rega tipo 5)

Esta opção deverá ser utilizada na avaliação do comportamento de uma cultura em sequeiro nas seguintes condições: a) quando o seu abastecimento de água se faz a partir da toalha freática; b) quando integrada numa sucessão de culturas interessa considerar um período sem rega.

Depois da escolha deste esquema de rega, não há mais nada a acrescentar para além da definição das condições iniciais de água no solo, sendo o procedimento quase idêntico ao apresentado para o esquema de rega tipo 1, exceção feita à introdução do número de dias antes do final do período para parar a rega que, neste caso, não é evidentemente pedida. O procedimento é portanto o seguinte:



Na Figura 4.20 apresenta-se o ficheiro SEMREGA_ESQ.TXT e o resultado da simulação efetuada com este esquema de rega em solo médio.

VALORES ARMAZENADOS NO FICHEIRO:
SEMREGA_ESQ.TXT

CULTURA SEM REGA (Esq. Tipo 5)

% da RU preenchida na zona inicial -----> 100.0
% da RU nas restantes camadas de solo -----> 70.0

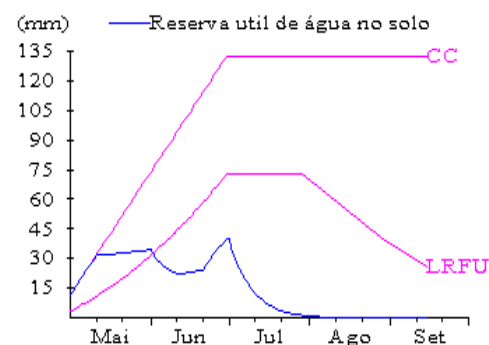


Figura 4.20 - Exemplo de um ficheiro com o esquema de rega tipo 5, cultura sem rega.

Nesta figura apresenta-se um gráfico com a variação da água no solo, expressa em % de humidade e não em volume, como nos casos anteriores⁽⁷⁾, e um outro com o valor das variáveis do balanço hídrico onde se pode observar a variação da precipitação (*Pre*), da relação *Etc/Etm*, da *ETc* e da ascensão capilar (*Acap*), neste caso nula, ao longo do período de rega.

⁽⁷⁾ O programa ISAREG tem várias saídas gráficas que serão comentadas em pormenor no capítulo 6. Ao contrário das figuras anteriores, nesta é possível analisar a evolução da evapotranspiração actual, ascensão capilar e relação *ETc/ETm*.

4.1.7 Cálculo das necessidades globais de rega (esquema de rega tipo 6)

As necessidades globais de rega (*NGR*) referem-se às necessidades teóricas de rega de uma cultura, independentemente da forma como a água lhe é fornecida. Assim, as *NGR* visam satisfazer unicamente as necessidades de transpiração da cultura, para que esta não apresente quebras de produção.

A utilização do esquema de rega visando o rendimento máximo (esq. tipo 1) para avaliar estas necessidades apresenta dois inconvenientes:

- poderá cometer-se um erro por excesso já que, no final da rega, o teor de humidade do solo fica, de um modo geral, acima do Limite da Reserva Facilmente Utilizável.
- a distribuição no tempo das necessidades de rega não é correta já que estas ficam concentradas nos dias em que a rega é processada.

Para obviar os dois inconvenientes referidos foi considerado este novo esquema de rega em que a oportunidade de rega é definida automaticamente pelo *Lrfu*, tal como no esquema tipo 1, mas em que se considera uma oportunidade de rega de 1 mm. Assim, o teor de humidade do solo é mantido sempre perto do *Lrfu*, as *NGR* poderão ser avaliadas com um excesso, no máximo, de 1 mm e as necessidades de rega são distribuídas no tempo, de acordo com o consumo das culturas.

Para construir o ficheiro o programa solicita apenas informação sobre as condições iniciais.

Na Figura 4.21 pode observar-se o resultado de uma simulação para o cálculo da *NGR*, feitas a partir do ficheiro *NECGLO*, em que se escolheu este esquema de rega, com as condições iniciais anteriormente definidas. Também neste caso não é pedido o número de dias até ao final da rega.

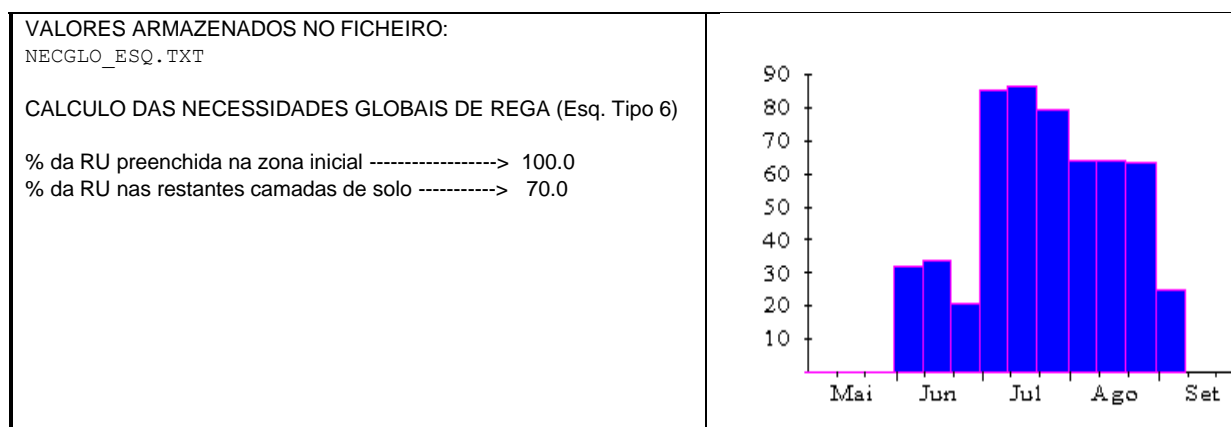


Figura 4.21 - Exemplo de um ficheiro com o esquema de rega tipo 6, cálculo das necessidades globais de rega. Resultados da simulação em solo MEDIO.

4.2 Restrições de água para a rega

A consideração de restrições visa a aproximação às condições reais em que a rega é executada. O programa permite a introdução de dois tipos de restrição:

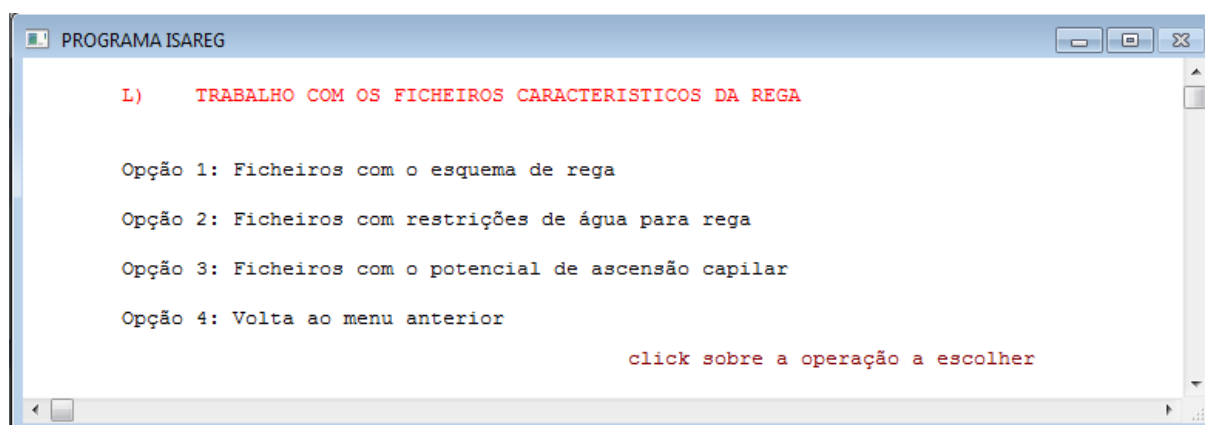
a) Restrição baseada na definição de um intervalo mínimo entre regas. Neste caso admite-se que a próxima rega só pode ser fornecida depois de passar o período de tempo indicado. Esta aproximação deve ser considerada, por exemplo, em regadios coletivos onde, principalmente nos períodos de ponta, existe um calendário de rega, que limita a utilização de água pelos agricultores. No caso dos regadios individuais ela poderá também ser necessária por imposição do sistema de rega implantado.

b) Restrição baseada na definição de um ou mais períodos e tempo em que a água disponível para rega ou não existe ou é limitada. A consideração desta restrição visa essencialmente dois tipos de aplicação:

- Situações em que o reservatório que abastece a rede de rega não está cheio no início do período, sendo portanto necessário limitar a água fornecida aos agricultores. Neste caso deve ser considerado um período com limitações englobando todo o ciclo vegetativo, sendo indicado o volume limite para todo aquele período. Nesta situação considera-se a possibilidade de regar enquanto houver água disponível, o que provoca uma concentração das regas nas primeiras fases. Uma solução otimizada pode ser encontrada se as regas determinadas nesta opção forem introduzidas, na simulação seguinte, no esquema de rega tipo 4 anteriormente referido, obtendo-se assim a calendarização ótima para as quantidades de rega aqui calculadas.
- Situações em que se pretende utilizar modelos para otimizar a distribuição de água num regadio com várias parcelas (Anderson e Maass, 1985) e em que é necessário calcular a influência do *stress* hídrico em cada período que o modelo considera. Neste caso é possível simular todas as situações de *stress* possíveis, atribuindo a cada uma delas uma quebra de produção calculada pelo programa ISAREG.

Em ambas as opções considera-se que pode haver intervalos de tempo, dentro do período de rega, em que a restrição está ativa e outros em que ela não deve ser considerada.

A escolha da restrição a utilizar faz-se no seguinte menu:



Quando se utiliza a segunda opção o programa considera a regra de fornecer sempre a água enquanto ela existe no período em análise, o que nem sempre é uma boa solução porque a tendência será concentrar as regas todas no início do período.

4.2.1 Imposição de um intervalo mínimo entre regas

O intervalo mínimo entre regas (opção "1") deve ser considerado, por exemplo, em regadios coletivos onde, principalmente nos períodos de ponta, existe um calendário de rega que limita a utilização de água pelos agricultores. Este é o caso do exemplo que se apresenta seguidamente em que se considera que no período de ponta (1 de Julho a 15 de Agosto) apenas é possível regar de 12 em 12 dias. Os dados, a armazenar no ficheiro `RESTRICAO_INTERVALO_ENTRE_REGAS_RES.TXT`, são introduzidos respondendo às seguintes questões:

PROGRAMA ISAREG

INDIQUE O SEGUINTE CODIGO PARA CRIAR O FICHEIRO DE RESTRIÇÕES:

Restrições à rega ==> restricao_intervalo_entre_regas

Clik <SIM> se o código está correcto <NÃO> para alterar

PROGRAMA ISAREG

Qual o intervalo entre regas préfixado ? (dias) =====> 12

Dia e mês do início do período (ex 05/07) =====> 01/07

Dia e mês do final do período (ex 09/09) =====> 15/08

Clik <SIM> se os valores estão correctos <NÃO> para alterar

Na Figura 4.22 apresenta-se, juntamente com a forma como aquele ficheiro pode ser lido, o resultado da simulação impondo esta restrição ao esquema de rega de código `REND_MAXIMO` (Figura 4.6). Note-se que, para manter o intervalo imposto, há um atraso nas 4ª, 5ª, e 6ª regas, o que provoca *stress* hídrico na cultura.

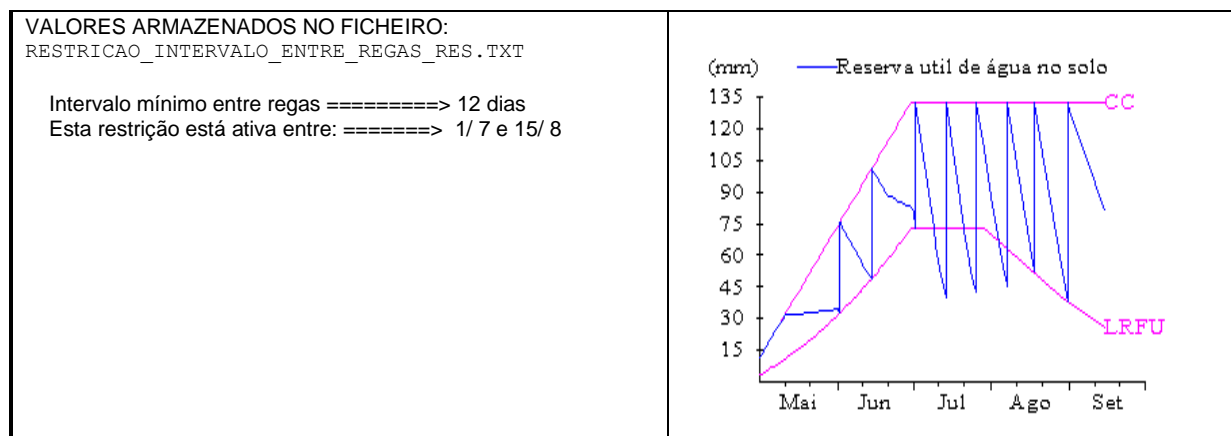
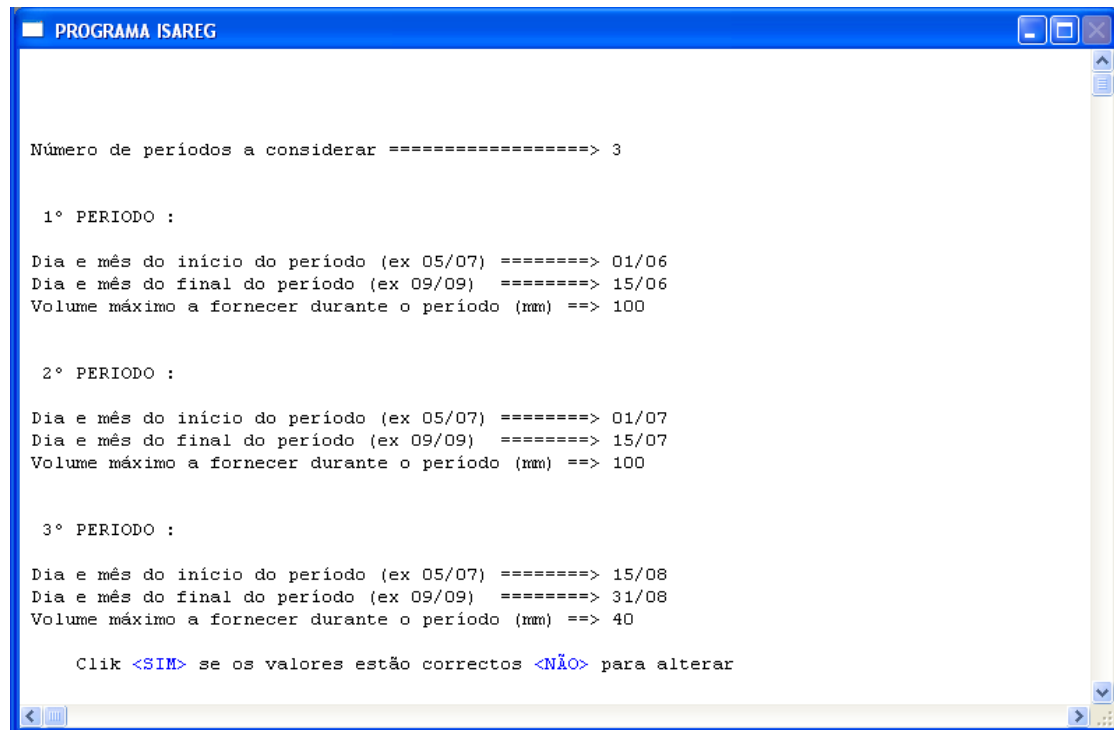


Figura 4.22 - Exemplo de um ficheiro com restrições de água para rega, em que é imposto um intervalo mínimo entre regas. Resultados da simulação considerando o esquema de rega tipo 1 (`REND_MAXIMO`) em solo (`MEDIO`).

4.2.2 Imposição de um volume de água limitado em períodos definidos

Apresenta-se, seguidamente, um exemplo que conduz o programa à construção do ficheiro `RESTRICAO_EM_PERIODOS_DE_TEMPO_RES.TXT`:



Na Figura 4.23 mostra-se a forma como este ficheiro é lido pelo programa e o resultado da simulação impondo esta restrição ao esquema de rega visando o rendimento máximo, de código `REND_MAXIMO`. A análise desta figura elucida o tratamento que o programa faz a esta restrição. Assim, a restrição imposta para o primeiro período não produz qualquer alteração visto que a água disponível ultrapassa as necessidades. No 2º período o volume indicado não é suficiente. O programa respeita o esquema de rega até a água se ter esgotado, o que aconteceu na 4ª rega, e volta a considerar uma rega logo que o período com restrições terminou (dia 01/08), provocando assim uma situação de forte *stress* hídrico. O volume da 7ª rega não é suficiente para se atingir a capacidade de campo, porque esta rega é considerada num período em que o volume disponível era apenas de 40 mm. A restrição deixa de estar ativa em 01/09 pelo que, nesse dia, se considera uma nova rega.

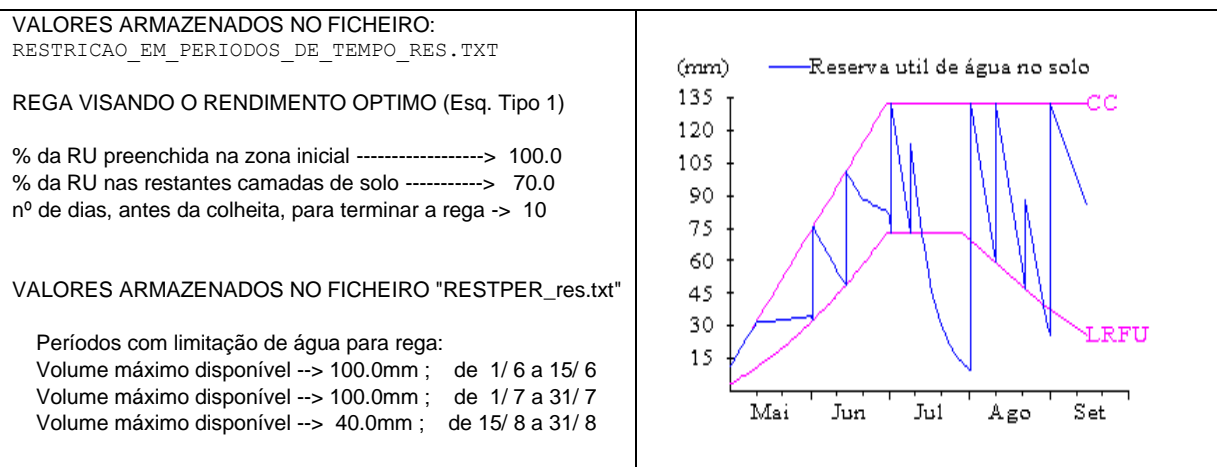


Figura 4.23 - Exemplo de um ficheiro com restrições de água para rega, em que são impostos três períodos com volume de água limitado. Resultados da simulação considerando o esquema de rega tipo 1, em solo médio, sujeito a esta restrição

4.3 Potencial de ascensão capilar

A ascensão capilar da água para camadas superiores do solo, na presença de uma toalha freática suficientemente próxima da superfície, depende das características estruturais e texturais do solo, e, de um modo geral, varia na razão inversa do volume de água nele retida (R). O seu valor máximo para um determinado solo será, teoricamente, a ascensão capilar que se verifica quando o teor de humidade do solo iguala o coeficiente de emurchecimento permanente (CE), pelo que será designado *potencial de ascensão capilar*, G . Acima do limite da reserva facilmente utilizável ($Lrfu$) considera-se que a planta não tem necessidade de extrair água da toalha freática, porque se encontra em situação de conforto hídrico. Nestas condições, designando R_{min} o ponto genérico da $Lrfu$, a equação que traduz a variação da ascensão capilar (Ac) com o tempo será:

$$Ac = G \left(1 - \frac{R}{R_{min}}\right) \quad [4.3]$$

Para cada tipo de solo, conforme se pode observar na Figura 4.24, G depende da distância a que a toalha freática se encontra da zona radicular.

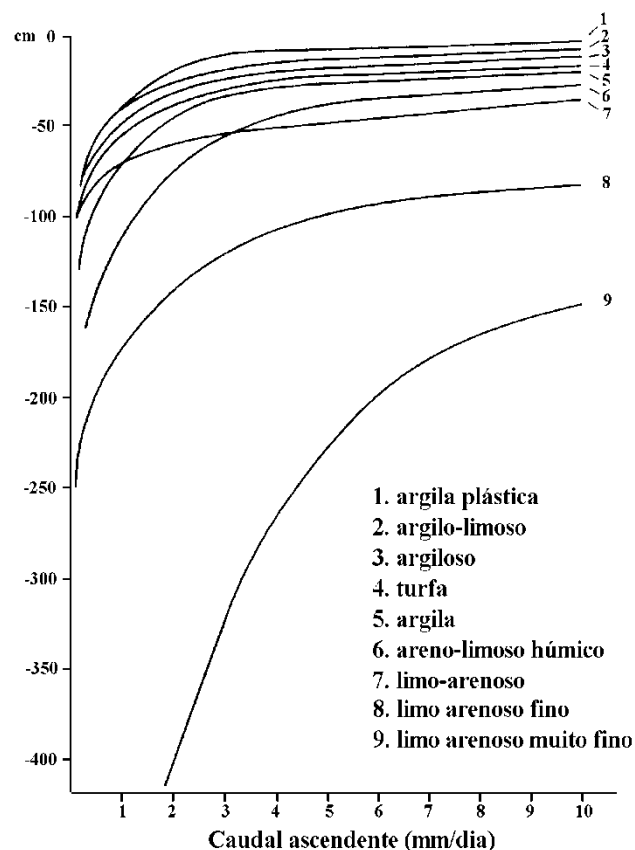
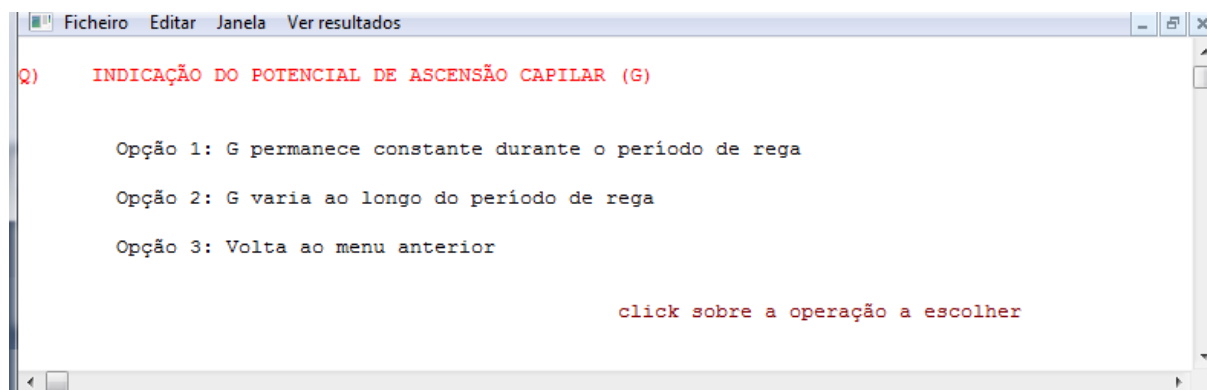


Figura 4.24 - Potencial de ascensão capilar em função do tipo de solo e da profundidade da toalha freática (Extraído de Doorenbos e Pruitt, 1977).

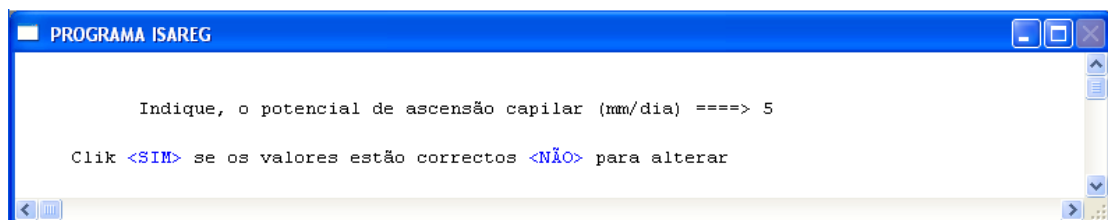
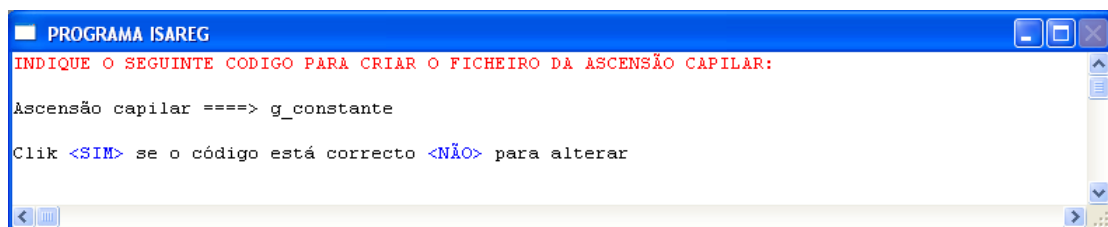
Na ausência de dados de campo, recomenda-se a utilização desta figura, como base para o cálculo do potencial de ascensão capilar, G (Doorenbos e Pruitt, 1977; CEMAGREF, 1982).

4.3.1 Potencial de ascensão capilar constante durante o período de rega

A escolha do tipo de introdução do valor do potencial de ascensão capilar faz-se através do menu Q):

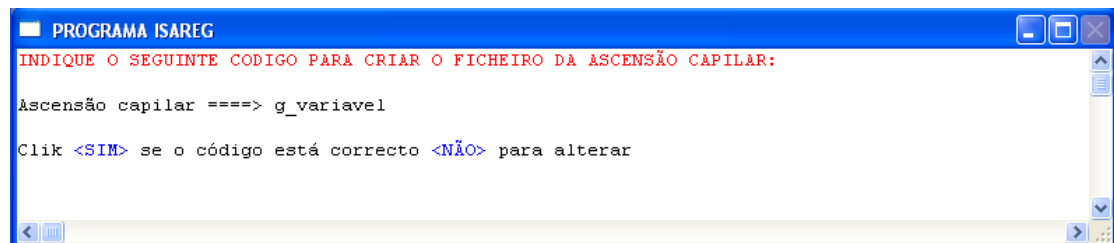


Na primeira opção do *menu Q)* indica-se apenas o valor de G (mm), que será considerado constante durante todo o período de rega, como se exemplifica na construção do ficheiro `G_CONSTANTE_ASC.TXT`):



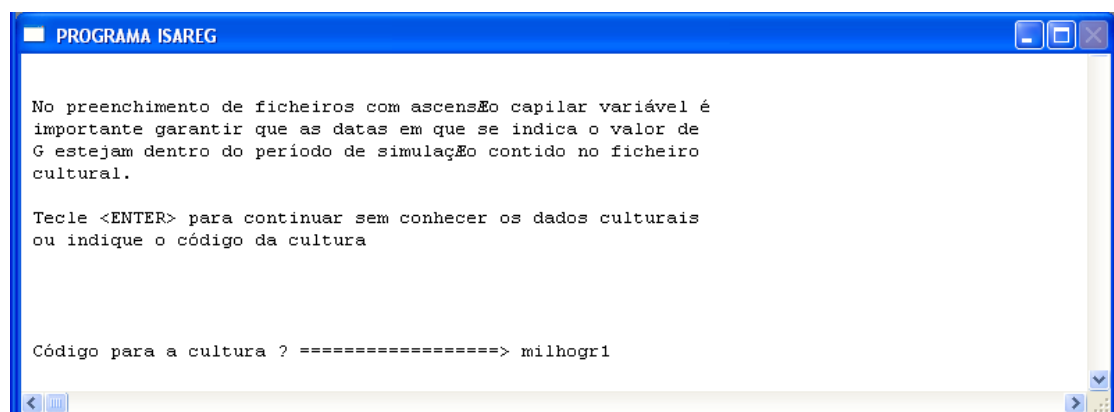
4.3.2 Potencial de ascensão capilar variável durante o período de rega

Na opção "2" o utilizador indica vários dias em que G é conhecido. O programa calculará depois, para os intervalos de tempo correspondentes ao passo de tempo P_t , o correspondente valor médio da ascensão capilar, considerando-a nula no primeiro e no último dia do período de rega, se, para estes dias, o valor de G não foi indicado, como acontece no exemplo que se apresenta.

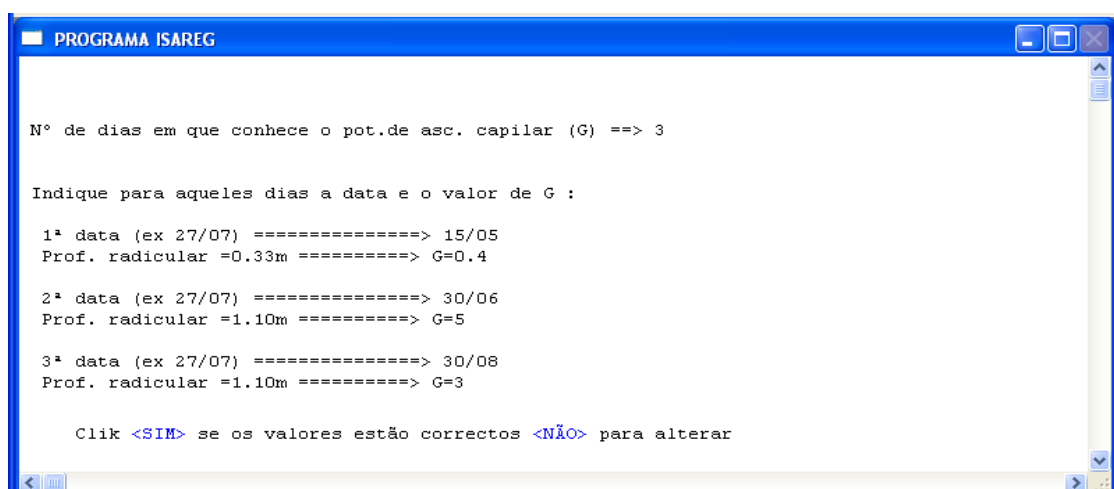


Na construção do ficheiro convém conhecer os dados culturais para serem indicadas datas coerentes com o ciclo vegetativo da cultura, pelo que é conveniente referir nesta fase o código da cultura com a qual será feita a simulação.

Quando o ficheiro é construído na fase de simulação da rega (em que obviamente o ficheiro da cultura já é conhecido) esta indicação não é solicitada..



No visor, depois da introdução da data, o programa indica qual a profundidade calculada nesse dia para o sistema radicular, a fim de auxiliar o utilizador na atribuição do valor de G , como se exemplifica no procedimento utilizado para construir o ficheiro G_VARIAVEL_ASC.TXT:



Na primeira data o valor é muito baixo devido à pequena profundidade do sistema radicular. Indica-se um máximo no dia 30/06 e depois um decréscimo devido ao rebaixamento da toalha freática. Note-se

que, não tendo sido indicados os valores no início e final do período de rega, eles são considerados nulos para efeitos de interpolação.

Na Figura 4.25 apresenta-se a informação fornecida pelo programa, quando se lê cada um dos ficheiros que serviram de exemplo para a introdução de dados da ascensão capilar, e o resultado de uma simulação em que, ao esquema de rega tipo 5, de código SEMREGA (Figura 4.20), que tornava perfeitamente inviável a cultura do milho, se considerou a existência de uma toalha freática que possibilita um potencial de ascensão capilar constante de 5 mm/dia.

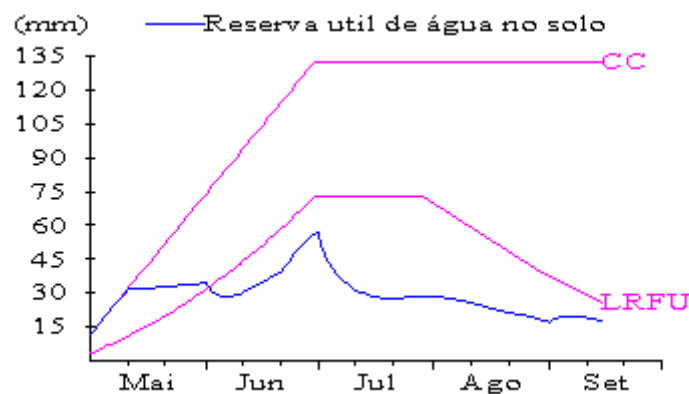
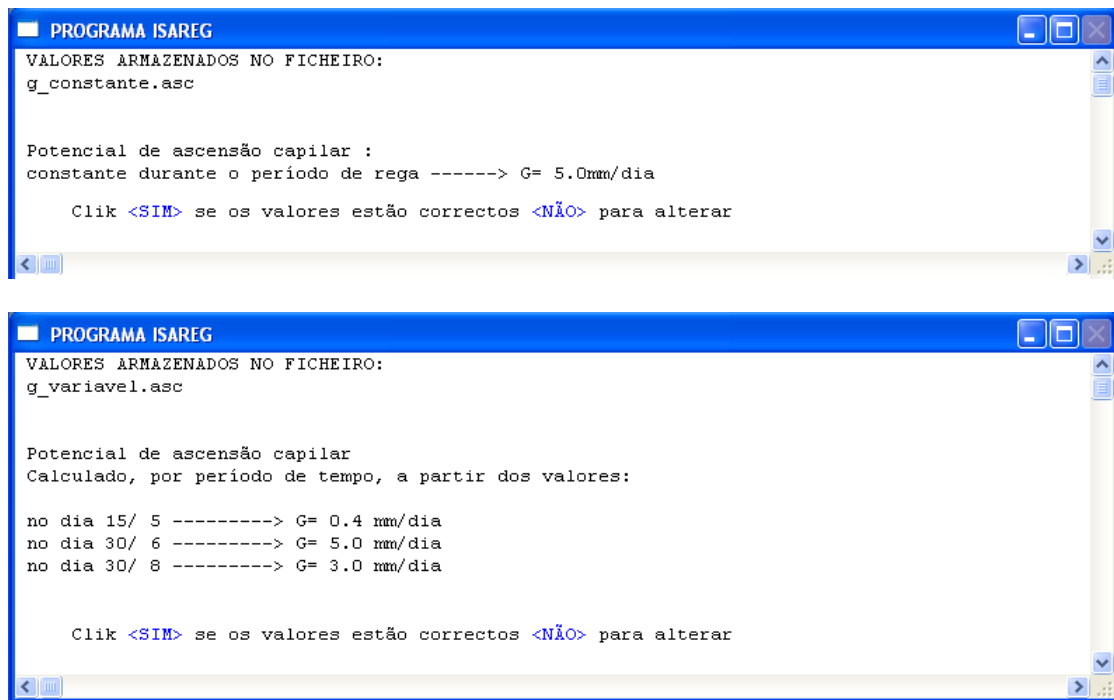
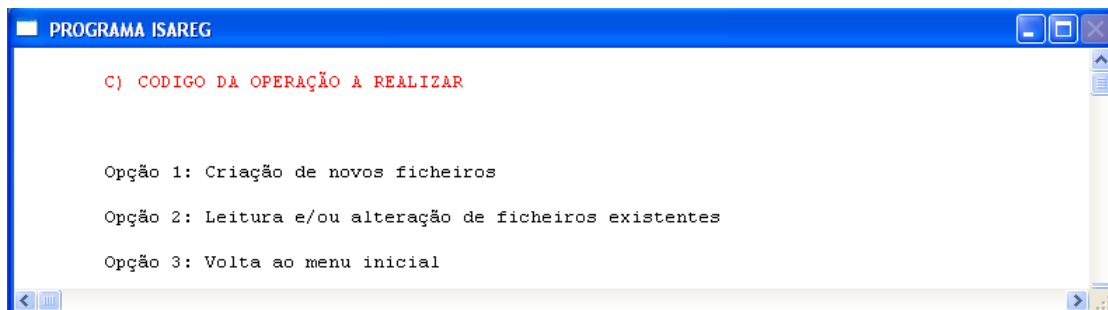


Figura 4.25- Exemplo da leitura dos dois tipos de ficheiro com valores do potencial de ascensão capilar. Resultados da simulação de uma cultura de milho, com um esquema de rega tipo 5, considerando a ascensão capilar referida no ficheiro G_CONSTANTE_ASC.TXT.

4.4 Leitura ou alteração dos ficheiros característicos da rega

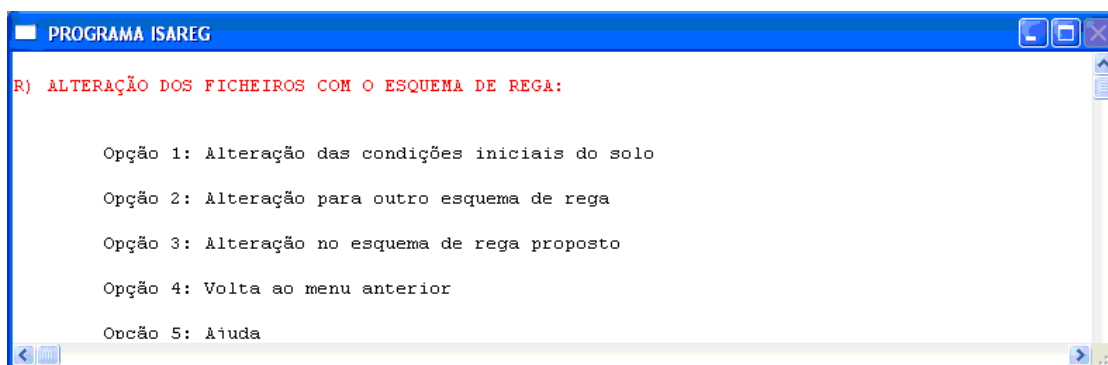
Depois de construídos os ficheiros, estes podem ser lidos e alterados escolhendo a opção 2 no menu C) que define o tipo de operação a realizar:



seguinte-se a escolha da Opção 3 no menu B) representado na Figura 4.1.

4.4.1 Leitura e alteração de ficheiros com o esquema de rega

Para ler, por exemplo, o ficheiro com o esquema de rega de código `TEORHUM_TEORHUM`, indica-se o seu nome, obtendo-se como resposta a listagem do ficheiro tal como se apresentou no lado direito da Figura 4.12. Quando se pretende alterar o ficheiro, responde-se que *os valores não estão corretos* acedendo-se, deste modo, ao *menu* de alteração R):



A primeira opção permite alterar apenas as condições iniciais. Na segunda introduzem-se de novo todos os dados do ficheiro, seguindo os procedimentos indicados para a criação de ficheiros. Na última opção mantêm-se as condições iniciais e o esquema de rega, alterando apenas os valores nele contido.

Nas figuras Figura 4.9 a Figura 4.21 pode observar-se o resultado da leitura de todos os ficheiros que serviram de exemplo neste capítulo.

4.4.2 Leitura e alteração de ficheiros com restrições de água

Escolhe-se a opção "2" no *menu* L). Indica-se o código do ficheiro e o computador apresenta os dados nele armazenados como se apresentou na Figura 4.22 e na Figura 4.23. A alteração dos ficheiros faz-se dizendo que *os valores não estão corretos* o que permite o acesso ao *menu* P), a partir do qual se segue o procedimento anteriormente apresentado para a criação dos ficheiros.

4.4.3 Leitura e alteração de ficheiros com o potencial de ascensão capilar

Escolhe-se a opção "3" no *menu* L). Indica-se o código do ficheiro e o computador apresenta os dados nele armazenados como se apresenta na parte superior da Figura 4.24.

A alteração dos ficheiros faz-se dizendo que *os valores não estão corretos* o que permite o acesso ao *menu* Q), a partir do qual se segue o procedimento anteriormente apresentado para a criação dos ficheiros