

Recebido em 30 de Julho de 1996

Influência do volume de solo explorado pelas raízes no crescimento e produção potencial da cultura do trigo. Exercício de simulação com três solos localizados em Beja e Évora

por

JOSÉ PAULO MOURÃO DE MELO E ABREU

Professor Auxiliar do Depart. de Ciências do Ambiente, Instituto Superior de Agronomia

e

PEDRO AGUIAR PINTO

Professor Associado do Depart. de Produção Agrícola e Animal, Instituto Superior de Agronomia

RESUMO

A espessura efectiva dos solos em que se faz a cultura do trigo é, em geral, baixa, o que está na origem das baixas produções unitárias que se verificam. Uma quantificação experimental do efeito da espessura efectiva dos solos na produção, é no mínimo complicada. Este estudo pode ser realizado recorrendo a um modelo de simulação calibrado nas nossas condições. As simulações incidiram sobre um período de 30 anos, duas localizações (Beja e Évora), e três solos (*Bpc*, *Pm*, *Pmg*) seleccionados por serem apropriados para a cultura do trigo e frequentes nessas localizações.

Considerou-se uma cultivar semi-precoce, semeada a 1 de Dezembro, sem limitações nutricionais e sem rega. A espessura efectiva dos solos foi sucessiva-

mente incrementada de 10 cm, desde um mínimo de 25 cm até um máximo de 125 cm.

A matéria seca total e do grão aumentou muito, assim como o índice de colheita, até cerca de 90 cm de espessura efectiva. A evaporação superficial do solo diminuiu ligeiramente, enquanto que a transpiração duplicou.

Neste artigo são apresentados quadros que permitem quantificar este efeito da espessura efectiva desses solos nas produções de matéria seca, índices de colheita, evaporações superficiais do solo e transpiração.

RÉSUMÉ

L'épaisseur effective des sols où se cultive le blé au Portugal est, en général, basse, ce qui est à l'origine des productions faibles que se vérifie. Une quantification expérimentale de l'effet de l'épaisseur effective des sols dans la production, est au moins difficile. Cet étude peut être réalisé en recourant à un modèle de simulation qui a été calibré dans les conditions du Portugal Continental. Les simulations comprises un période de 30 années, deux endroits (Beja et Évora), et trois sols qui ont été choisis à cause de leur aptitude pour la culture du blé et de sa fréquence (*Bpc*, *Pm*, et *Pmg* de la classification portugaise des sols).

Le cultivar choisi est semi-précoce, semis à 1 de Décembre, sans limitations nutritionnelles e sans irrigation. L'épaisseur effective des sols a été incrémentée de 10 cm, depuis un minimum de 25 cm jusqu'à un maximum de 125 cm.

La matière sèche total et dans les grains ont augmentées beaucoup, aussi pour l'indice de récolte, jusqu'à 90 cm d'épaisseur effective. L'évaporation superficielle du sol a diminué légèrement, au même temps que la transpiration a doublé.

Dans cet article sont présentées des tables qui permettent quantifier l'effet de l'épaisseur effective des sols dans les productions de matière sèche, indices de récolte, évaporation superficielle du sol et la transpiration.

SYNOPSIS

Effective soil depth of the soils where wheat crop is grown in Portugal is, as a rule, low. This causes grain production to be reduced. Experimental quantification of the effect of soil depth on production, is rather difficult. This study can be done using a simulation model calibrated under Portuguese conditions. Simulations comprised a thirty year period, two locations (Beja and Évora), and three soils (*Bpc*, *Pm*, and *Pmg* of the Portuguese Soil Classification System). Soils were chosen for their appropriateness for wheat crop and frequency of occurrence in the two locations.

One semi-early cultivar was sown on the 1st of December of each year.

Plants were assumed to be rainfed, sound, and grown without nutritional limitations. Effective soil depth in the simulations was incremented in 10 cm steps from 25 cm to 125 cm.

Total dry matter and grain dry matter increased very much, and so did harvest index, until effective root depth reached 90 cm. Superficial soil evaporation decreased a little, while crop transpiration doubled.

In this paper, simulation results are presented in various tables, allowing the quantification of the effect of soil depth on production, harvest index, soil evaporation and transpiration.

1. INTRODUÇÃO

A maioria dos solos agrícolas de Portugal Continental têm uma espessura efectiva baixa. As condições pedogenéticas assim o determinaram, principalmente, devido ao factor hidrodinâmico ser pouco intenso na estação quente. Frequentemente, a erosão acelerada pela agricultura intensiva das últimas décadas teve como consequência a remoção de materiais dos horizontes superficiais do solo, mormente nas elevações do terreno e nas encostas mais declivosas. De igual modo, a existência de surraipa, ou de outros impermees, ou de 'calos de lavoura' confinam o volume explorado pelas raízes, mesmo quando a profundidade do solo permitiria a utilização de um volume maior.

O clima mediterrânico é caracterizado por um infeliz desencontro entre as temperaturas primaveris e estivais que propiciam o crescimento vegetal e as necessárias quedas pluviométricas. Nestas condições, o armazenamento de água no solo possibilita a utilização de água pelas plantas entre precipitações. Dado ser a capacidade de água utilizável directamente proporcional à profundidade efectiva das raízes, em solo homogéneo, é de prever que esta tenha uma influência determinante no crescimento e produção vegetais.

Trabalhando com trigo, Passioura (1972, 1977) demonstrou experimentalmente que a quantidade total de água é menos importante para a produção de grão do que a distribuição da utilização da água. Plantas que utilizam uma percentagem maior da mesma quantidade total de água antes da antese tendem a produzir muita matéria seca (*MS*) na fase vegetativa, mas a produção de grão é,

em geral, menor do que quando a fase reprodutiva é proporcionalmente privilegiada. Nas condições dessas experiências o índice de colheita apresenta uma relação linear com a água utilizada depois da antese. Campbell & Davidson (1979) e Talukder (1983) mostraram, também, a dependência do índice de colheita e de outras componentes da produção, do nível de *stress* hídrico e da sua distribuição.

Neste artigo, discute-se a relação entre a produção da cultura do trigo e das suas componentes, para solos frequentes nos dois locais estudados (Beja e Évora), como resposta a diferentes profundidades efectivas máximas das raízes. Um modelo de crescimento e produção para a cultura do trigo (Abreu, 1994), validado nas nossas condições, foi utilizado para produzir os resultados de simulação que serviram de base para fundamentar a análise empreendida.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. ASPECTOS MAIS IMPORTANTES DO MODELO

Programado em Pascal, utilizando técnicas de programação orientadas para o objecto, é constituído essencialmente pelo programa principal (chamado **SWBWheat**) que coordena 3 objectos: o**Weather**, o**FDSoil** e o**Crop**. Acessoriamente utilizam-se pequenas unidades da linguagem Pascal, de gráficos, de comunicação com o monitor e de funções matemáticas (ver Abreu, 1994).

A entrada de dados para o programa é feita por um ficheiro de parâmetros e um ficheiro de dados meteorológicos.

O ficheiro de parâmetros contém a latitude e os parâmetros da planta e do solo. O ficheiro de dados meteorológicos contém o dia do ano, temperatura máxima e mínima, radiação solar global, quando existe, ou insolação relativa, velocidade do vento, e défice de saturação máximo.

o**Weather** é um pequeno objecto para a simulação das variáveis climáticas, a partir dos dados do ficheiro de dados climáticos.

o**Crop** é o objecto onde se faz a simulação de processos de

desenvolvimento e de crescimento. Contempla, por exemplo, o desenvolvimento fásico com ajustamento ao *stress* hídrico, formação da matéria seca e da área de todos os compartimentos (folhas verdes e secas, caules, e espigas), absorção da radiação e fotossíntese, respiração, floração e fecundação, formação potencial e verificada dos grãos, e senescência.

Dada a sua importância para a discussão dos resultados de simulação convém detalhar a forma como se processa o crescimento. No modelo, os assimilados disponíveis podem resultar da assimilação uma vez descontadas as respirações, ou serem calculados através da abordagem proposta por Tanner & Sinclair (1983):

$$\int MS = K \int \frac{T}{D} , \quad (1)$$

onde a MS formada é directamente proporcional à água transpirada, T , e inversamente proporcional ao défice de saturação, D . A constante de proporcionalidade é K . Para determinar o crescimento, utiliza-se o mínimo entre os valores calculados pelos dois métodos anteriores. Os assimilados disponíveis são então repartidos pelas diferentes partes vegetais. Após a antese, assimilados correspondentes a 20% da MS da parte aérea das plantas aquando da antese podem ser translocados para o grão.

oFDSoil tem como grande objectivo representar o balanço hídrico do solo, estimar a água disponível para utilização pelas plantas, e a transpiração. Simula a infiltração, drenagem, escorrimento superficial, ascensão capilar, evaporação e transpiração. Utiliza a equação de Richards, resolvida numericamente utilizando técnicas de diferenças finitas, para simular o movimento da água no solo e sua distribuição. A abordagem genérica seguida inspira-se em Ross & Bristow (1990). O crescimento e distribuição espacial da densidade de raízes, extracção da água pelas raízes e transpiração baseiam-se em Campbell (1991).

2.2. CLIMAS E SOLOS

Seleccionámos duas localizações, dada a sua evidente importância na produção de trigo em Portugal: Beja e Évora. A caracterização climática foi feita a partir de 30 anos de dados, entre

1959 e 1988, publicados pelo I. N. M. G. nos Anuários Climatológicos de Portugal. Valores diários da temperatura máxima e mínima, precipitação, velocidade do vento, e défice de saturação máximo foram gerados a partir dos valores médios mensais. A radiação solar global foi derivada da insolação relativa (Abreu, 1994). Um resumo dos climas é apresentado no Quadro 1. Pretende-se ilustrar as diferenças climáticas que, apesar da proximidade geográfica, são notórias. Note-se que em Évora, relativamente ao que se verificou em Beja, choveu mais, as amplitudes térmicas foram menores, houve menos radiação global, e o défice de saturação durante o período diurno foi substancialmente menor.

QUADRO 1

Valores médios mensais (período 1959 - 1988) da precipitação, temperatura máxima e mínima, radiação global, e défice de saturação em Beja e Évora

Meses	Precipitação (mm)		Temperatura máxima (°C)		Temperatura mínima (°C)		Radiação global (MJ m ⁻² d ⁻¹)		Défice de saturação (Pa)*	
	Beja	Évora	Beja	Évora	Beja	Évora	Beja	Évora	Beja	Évora
Dezembro	73,0	93,1	14,0	13,1	5,7	6,6	7,5	6,9	473,5	400,3
Janeiro	80,9	90,5	13,8	12,8	5,5	6,2	8,0	7,7	453,8	394,4
Fevereiro	80,2	89,2	14,6	13,5	5,8	6,6	10,9	10,3	501,7	446,2
Março	61,8	62,8	17,0	15,7	6,4	7,7	14,7	14,3	678,1	589,8
Abril	56,4	54,5	19,5	18,0	7,9	9,0	19,5	18,2	841,5	714,4
Maiο	39,2	39,8	23,1	21,4	10,0	11,0	24,4	22,5	1156,2	974,7
Junho	23,5	30,0	28,3	26,2	13,2	14,0	26,7	24,6	1718,4	1400,0
Julho	2,0	7,5	32,3	29,8	14,9	15,8	28,8	26,6	2301,1	1878,0
Dez - Jul	416,9	467,5	20,3	18,8	8,7	9,6	17,6	16,4	1015,5	849,7

* Valor médio durante o período de luz: $0,7 \times$ défice de saturação máximo diário.

Após consulta das cartas de solos de Portugal (SROA, 1970), na escala de 1:50 000, seleccionámos duas Famílias de solos para cada localização estudada. Considerou-se, além da frequência de ocorrência, a adequação para a cultura do trigo. A Família dos Solos Mediterrânicos Pardos de dioritos ou quartzodioritos ou rochas microfaneríticas ou cristalofílicas afins (*Pm*) foi considerada em ambas as localizações. Em Évora seleccionou-se,

também, a Família dos Solos Mediterrânicos Pardos de quartzodioritos (*Pmg*). Os famigerados Barros Pretos Calcários Muito Descarboxinados de dioritos ou gabros (*Bpc*) constituíram a outra opção para Beja. As características físicas destes solos (densidade aparente, água a pF 2,0 e pF 4,2, a percentagem de elementos grosseiros, e proporções dos lotes na terra fina) e os limites de variação das espessuras dos diversos horizontes foram retirados de Cardoso (1965). No Quadro 2 apresentam-se os valores que serviram de base para as simulações.

QUADRO 2

Características físicas dos três solos escolhidos para as simulações. Os valores apresentados resultam essencialmente da análise dos resultados de determinações obtidas por Cardoso (1965)

Barro Preto Calcário Muito Descarboxinado de dioritos ou gabros (<i>Bpc</i>)				
Horizonte	Espessura admitida (cm)	Densidade aparente	Teor de água volúmica a pF 2,0 (%)	Teor de água volúmica a pF 4,2 (%)
Ap	20-40	1,1	41	21
B	10-60	1,1	45	24
B Cca	10-25	1,1	47	24
Solo Mediterrâneo Pardo de dioritos ou quartzodioritos ou rochas microfaneríticas ou cristalofílicas afins (<i>Pm</i>)				
Horizonte	Espessura admitida (cm)	Densidade aparente	Teor de água volúmica a pF 2,0 (%)	Teor de água volúmica a pF 4,2 (%)
Ap	15-30	1,3	31	8
B	20-95	1,1	45	20
Solo Mediterrâneo Pardo de quartzodioritos (<i>Pm</i>)				
Horizonte	Espessura admitida (cm)	Densidade aparente	Teor de água volúmica a pF 2,0 (%)	Teor de água volúmica a pF 4,2 (%)
Ap	15-35	1,5	19	4
B	20-60	1,3	29	17

2.3. MATERIAL VEGETAL E TÉCNICAS CULTURAIS

Considerou-se uma variedade de trigo semi-precoce (1250 °C d, com uma temperatura base de 0 °C) semeada a 1 de Dezembro. O tempo térmico para a emergência foi fixado em 150 °C d; e para a fase antese-maturação fisiológica 350 °C d acima de 10 °C. As técnicas culturais foram consideradas as correntes na agricultura mecanizada alentejana. Pressupõe-se que o desenvolvimento da cultura decorre na ausência de pragas, doenças e infestantes e de limitações de ordem nutricional. A profundidade máxima atingida pelas raízes, num solo infinito com as mesmas características físicas e químicas e condições excepcionais de vegetação, foi estimada em 1,5 m (Stockle, 1985; Borg & Grimes, 1986; Abreu, 1994).

3. RESULTADOS

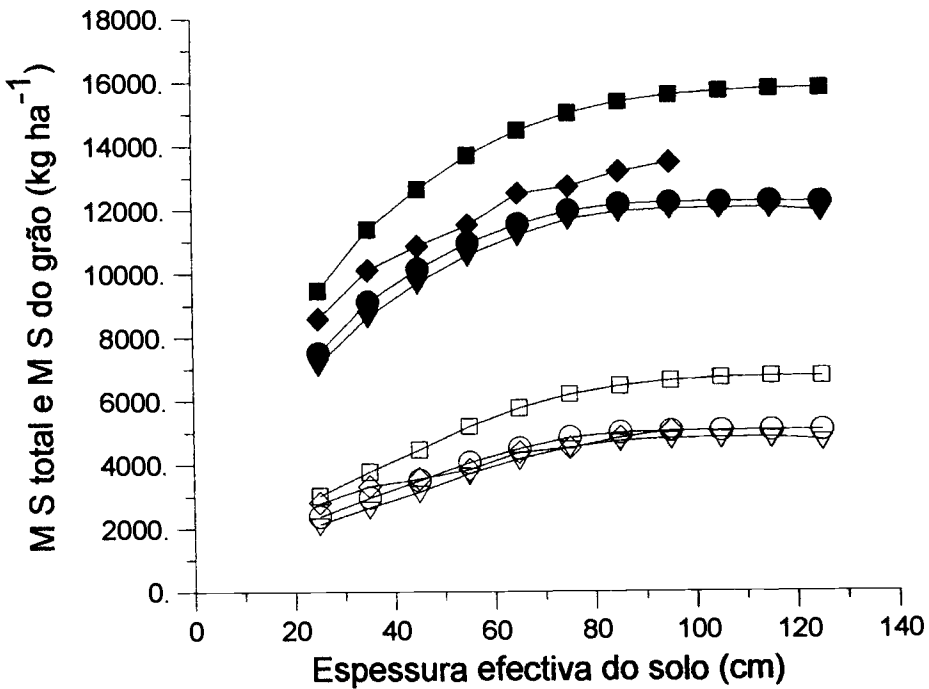
A Figura 1 mostra as variações da *MS* total e do grão com a espessura efectiva do solo. Note-se que são mais importantes as posições relativas dos conjuntos solos \times climas e a evolução das características analisadas, em resposta à variação simulada da espessura do solo, do que os valores absolutos das produções de *MS*, que reflectem condições óptimas raramente encontradas na realidade, no que respeita a nutrição mineral, estado sanitário, densidade populacional e competição com infestantes. Ambas as produções aumentam com o aumento da espessura efectiva. Contudo, para valores desta grandeza superiores a cerca de 90 cm os acréscimos de produção correspondentes são modestos. Para igual espessura efectiva, o solo *Pm* origina produções significativamente maiores em Évora do que em Beja.

O índice de colheita sofreu uma evolução semelhante. Aumenta com o aumento da espessura efectiva até que se atinge um patamar para valores mais elevados desta grandeza (Quadros 3 a 6). Nestes quadros pode-se verificar que a evaporação superficial do solo decresce ligeiramente, quando a espessura efectiva aumenta. Em todas as situações estudadas, este decréscimo é inferior a 15% do valor inicial. Por outro lado, a transpiração

cultural duplica quando a espessura passa de 25 cm para 125 cm. Consequentemente, o peso relativo da evaporação do solo diminui rapidamente com o aumento da espessura efectiva. A eficiência do uso da água é, consequentemente, maior para espessuras efectivas maiores.

FIGURA 1

Variações da MS total (símbolos fechados) e do grão (símbolos abertos) em resposta a variações da espessura efectiva do solo. Triângulo invertido: Bpc situado em Beja; círculo: Pm situado em Beja; quadrado: Pm situado em Évora; losango: Pmg situado em Évora



QUADRO 3

Variações do peso do grão, índice de colheita, evaporação do solo e transpiração em resposta a espessuras efectivas do solo escalonadas entre 25 cm e 125 cm. Bpc localizado em Beja

Espessura efectiva do solo (cm)	Peso seco do grão (kg ha ⁻¹)		Índice de colheita (%)		Evaporação do solo (mm)		Transpiração (mm)	
	Média	Desvio padrão	Média	Desvio padrão	Média	Desvio padrão	Média	Desvio padrão
25	2143,0	880,8	35,0	8,5	140,1	27,4	111,1	37,7
35	2661,7	1174,0	35,2	8,8	133,1	24,1	144,5	40,7
45	3154,7	1398,7	36,6	9,1	129,4	22,6	171,5	40,7
55	3717,3	1459,4	39,5	8,3	127,9	21,7	194,7	40,0
65	4181,0	1446,0	41,7	7,8	127,3	21,8	214,1	38,2
75	4540,3	1397,3	43,6	6,9	126,7	21,7	228,5	36,8
85	4744,3	1410,7	44,5	6,3	126,4	21,6	236,2	37,5
95	4815,0	1454,2	44,7	6,1	126,3	21,6	238,9	39,1
105	4836,3	1479,8	44,8	6,2	126,3	21,6	239,9	40,7
115	4855,7	1485,6	44,9	6,0	126,2	21,6	240,7	41,4
125	4765,0	1572,6	44,4	6,6	145,6	19,0	237,5	45,9

QUADRO 4

Variações do peso do grão, índice de colheita, evaporação do solo e transpiração em resposta a espessuras efectivas do solo escalonadas entre 25 cm e 125 cm. Pm localizado em Beja

Espessura efectiva do solo (cm)	Peso seco do grão (kg ha ⁻¹)		Índice de colheita (%)		Evaporação do solo (mm)		Transpiração (mm)	
	Média	Desvio padrão	Média	Desvio padrão	Média	Desvio padrão	Média	Desvio padrão
25	2381,0	876,7	37,1	8,2	132,2	25,2	117,9	36,6
35	2972,0	1185,4	37,1	8,0	126,2	22,5	154,3	39,3
45	3508,7	1364,1	39,0	8,2	123,9	21,9	183,4	38,6
55	4064,7	1376,7	41,7	7,4	123,2	21,7	207,7	37,0
65	4505,3	1293,3	43,9	6,4	122,8	21,8	226,1	33,9
75	4839,0	1253,5	45,6	5,5	122,5	21,7	238,7	32,6
85	4998,3	1278,8	46,3	4,9	122,3	21,6	245,4	35,5
95	5050,7	1316,0	46,4	4,7	122,2	21,6	247,7	37,4
105	5062,7	1335,3	46,4	4,8	122,2	21,6	248,6	39,3
115	5077,7	1312,0	46,6	4,7	122,2	21,6	249,4	39,5
125	5072,7	1324,3	46,5	4,8	122,2	21,6	249,7	40,8

QUADRO 5

Variações do peso do grão, índice de colheita, evaporação do solo e transpiração em resposta a espessuras efectivas do solo escalonadas entre 25 cm e 125 cm. Pm localizado em Évora

Espessura efectiva do solo (cm)	Peso seco do grão (kg ha ⁻¹)		Índice de colheita (%)		Evaporação do solo (mm)		Transpiração (mm)	
	Média	Desvio padrão	Média	Desvio padrão	Média	Desvio padrão	Média	Desvio padrão
25	3031,3	1089,6	37,4	8,4	121,9	23,4	128,5	36,0
35	3771,7	1487,9	37,8	8,3	113,8	20,2	167,3	40,2
45	4463,7	1752,5	39,8	8,5	110,2	19,0	198,8	41,3
55	5196,3	1763,0	42,7	8,0	107,7	18,2	225,7	37,8
65	5780,7	1584,4	44,9	6,8	107,0	18,0	247,0	31,7
75	6209,0	1399,1	46,5	5,7	106,0	17,5	262,1	26,5
85	6477,7	1259,1	47,5	4,9	105,5	17,3	272,1	25,0
95	6642,3	1215,9	47,9	4,6	105,1	17,2	278,2	26,1
105	6729,7	1233,0	48,2	4,5	104,8	17,1	281,6	28,4
115	6782,3	1266,5	48,2	4,5	104,6	17,2	283,8	31,1
125	6788,0	1273,2	48,2	4,5	104,6	17,2	284,3	31,8

QUADRO 6

Variações do peso do grão, índice de colheita, evaporação do solo e transpiração em resposta a espessuras efectivas do solo escalonadas entre 25 cm e 95 cm. Pmg localizado em Évora

Espessura efectiva do solo (cm)	Peso seco do grão (kg ha ⁻¹)		Índice de colheita (%)		Evaporação do solo (mm)		Transpiração (mm)	
	Média	Desvio padrão	Média	Desvio padrão	Média	Desvio padrão	Média	Desvio padrão
25	2803,3	1037,5	38,4	10,2	105,6	17,3	111,9	32,9
35	3315,7	1273,8	38,2	10,0	101,0	16,2	140,6	36,6
45	3558,3	1434,8	37,6	9,7	99,0	15,3	158,7	39,4
55	3839,7	1565,9	38,1	9,2	97,8	14,8	174,1	40,2
65	4388,0	1729,9	39,8	9,0	96,4	14,4	195,5	40,6
75	4513,7	1763,7	40,0	8,4	96,0	14,4	201,6	41,2
85	4838,7	1802,5	41,4	8,1	95,6	14,6	213,2	41,1
95	5051,7	1796,8	42,2	7,5	95,4	14,5	220,6	41,2

4. DISCUSSÃO

Como seria de esperar nas nossas condições, um aumento da espessura efectiva do solo origina maiores produções de *MS* total e de *MS* do grão. Há um efeito directo, a quantidade de água disponível aumenta com o aumento do volume de solo explorado pelas raízes, o que se traduz num aumento da *MS* formada (ver Fig. 1). Outros factores têm efeitos sinérgicos. A maior taxa de expansão da área foliar, que se verifica em situações de maior disponibilidade de água, origina uma maior intercepção da radiação, menor taxa de senescência, menor evaporação superficial do solo, maior transpiração, e minimiza as perdas por escoamento profundo, visto que as raízes distribuem-se por um volume maior.

É, também, de realçar o aumento significativo do índice de colheita que está relacionado com menor *stress* hídrico na fase reprodutiva, o que está em conformidade com os resultados experimentais de outros investigadores.

É de salientar o facto das produções simuladas para Beja serem menores do que as produções verificadas em Évora, quando o solo é o mesmo (*Pm*). Este resultado, aparentemente sem correspondência com a realidade, pode ser justificado pelos seguintes factos observados:

- i) A precipitação é ligeiramente superior em Évora, sendo esta diferença mais notória no início da cultura. O efeito directo da entrada de mais água no sistema solo-planta-atmosfera pode explicar, *per se*, apenas uma pequena parte do aumento das produções obtidas para Évora.
- ii) Embora as médias das temperaturas médias diárias sejam muito semelhantes nas duas localizações, note-se que as amplitudes térmicas diárias são consideravelmente maiores em Beja. A maior temperatura durante o período fotossintético, pode limitar a assimilação do dióxido de carbono, aumenta a respiração de manutenção, encurta a fase vegetativa e prejudica a acumulação de *MS* nos grãos, na fase reprodutiva (ver Abreu, 1994). Com efeito, acima de cerca de 25 °C, a assimilação líquida diminui. O efeito deletério das altas tem-

peraturas é, também, de esperar na formação do grão pois, mesmo que a taxa de acumulação de *MS* se mantenha, existe uma forte redução da duração da fase de enchimento do grão.

- iii) A radiação solar global é superior em Beja, o que está inversamente relacionado com a nebulosidade. Este efeito seria tendencialmente desfavorável, devido à proporcionalidade admitida entre a *MS* acumulada e a radiação interceptada, quando a água não é limitante (Monteith, 1977).
- iv) Contudo, o factor que mais contribui para estas diferenças é o facto do défice de saturação durante o período diurno ser substancialmente mais elevado em Beja, em grande parte devido à temperatura ser mais elevada durante o período diurno. Com efeito, a quantidade de *MS* formada é directamente proporcional à transpiração e inversamente proporcional ao défice de saturação. Por outro lado, este efeito ao verificar-se nas plantas jovens repercute-se nas fases subsequentes na captura de recursos (radiação, água, nutrientes, etc.).

A enorme, e justificada, reputação dos 'Barros de Beja' poderia fazer pensar que o clima de Beja é mais favorável para a cultura do trigo do que o de Évora. Na realidade, mesmo no cômputo geral, as produções unitárias são inferiores em Beja do que em Évora (Sampaio, 1990). A vantagem que aquela localização tem em percentagem de solos da classe A e B na área agrícola (52% verso 33%) não chega para compensar os efeitos adversos do clima.

5. CONCLUSÕES

Nas condições mediterrânicas a que se referem estas simulações, são de esperar grandes ganhos de produção de *MS* total e de grão de trigo quando a profundidade efectiva atingida pelas raízes aumenta até valores de cerca de 90 cm para os solos seleccionados.

Sob o ponto de vista climático, Beja tem um clima menos favorável do que Évora para a cultura do trigo.

BIBLIOGRAFIA

- ABREU, J.P. DE M. E (1994) — *Modelo de Crescimento e Produção da Cultura do Trigo em Condições Mediterrânicas*. Tese de Doutoramento. Universidade Técnica de Lisboa, Instituto Superior de Agronomia, Lisboa.
- BORG, H.; GRIMES, D.W. (1986) — Depth development of roots with time: An empirical description. *Trans. ASAE*, 29: 194-197.
- CAMPBELL, C.A.; DAVIDSON, H.R. (1979) — Effect of temperature, nitrogen fertilization and moisture stress on growth, assimilate distribution and moisture use by Manitou spring wheat. *Can. J. Plant Sci.*, 59: 603-626.
- CAMPBELL, G.S. (1991) — Simulation of water uptake by plant roots. In: *'Modeling Plant and Soil Systems'*. Agronomy Monograph no. 31, ASA-CSSA-SSSA, Madison, pp. 273-285.
- CARDOSO, J.V.J. DE C. (1965) — *Os Solos de Portugal. Sua Classificação, Caracterização e Génese. 1-A sul do Rio Tejo*. Secretaria de Estado da Agricultura, Direcção-Geral dos Serviços Agrícolas, Lisboa.
- MONTEITH, J.L. (1977) — Climate and the efficiency of crop production in Britain. *Philos. Trans. R. Soc. London. B.*, 281: 277-294.
- PASSIOURA, J.B. (1972) — The effect of root geometry on the yield of wheat growing on stored water. *Aust. J. Agric. Res.*, 23: 745.
- PASSIOURA, J.B. (1977) — Grain yield, harvest index, and water use of wheat. *J. Aust. Inst. Agric. Sc.*, Set./Dec.: 117-120.
- ROSS, P.J.; BRISTOW, K.L. (1990) — Simulating water movement in layered and gradational soils using the kirchhoff transform. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 54: 1519-1524.
- SROA (1970) — *Carta de Solos de Portugal*. Ministério da Economia, Secretaria de Estado da Agricultura, Lisboa.
- SAMPAIO, J.A. (1990) — *A Cultura do Trigo*. Ministério da Agricultura, Pescas e Alimentação. D. G. P. A., Lisboa.
- STOCKLE, C.O. (1985) — *Simulation of the Effect of Water and Nitrogen Stress on the Growth and Yield of Spring Wheat*. Ph. D. thesis. Washington State University, Pullman.

- TALUKDER, M.S. (1983) — *Growth, Yield and Water Relations of Wheat Subjected to Soil Moisture Stress*. Dissertation. Hydrotechnical Laboratory. The Royal Veterinary and Agricultural University, Copenhagen.
- TANNER, C.B.; SINCLAIR, T.R. (1983) — Efficient water use in crop production: research or re-search? In H.M. Taylor, W.R. Jordan & T.R. Sinclair (eds.), *Limitations to Efficient Water Use*. Am. Soc. Agron., Madison, Wisconsin, pp. 1-27.