



Avaliação ex-post da condução da rega de milho com dois métodos de rega.

Simão José Ribeiro Dias Feliciano de Carvalho

Dissertação para a obtenção do Grau de Mestre em
Engenharia Agronómica

Orientador: Doutor Ricardo Nuno da Fonseca Garcia Pereira Braga

Júri:

Presidente: Doutor José Luis Monteiro Teixeira, Professor Associado do Instituto Superior de Agronomia da Universidade de Lisboa

Vogais: Doutor Ricardo Nuno da Fonseca Garcia Pereira Braga, Professor Auxiliar do Instituto Superior de Agronomia da Universidade de Lisboa

Doutor Gonçalo Pereira Fernandes Caleia Rodrigues, Professor Auxiliar Convidado do Instituto Superior de Agronomia da Universidade de Lisboa

Agradecimentos

Agradeço a todos os que me ajudaram a concluir este trabalho e a finalizar uma etapa importante da minha vida.

Agradeço à minha família pelo seu apoio.

Agradeço ao Professor Ricardo Braga, pela oportunidade que me foi dada.

Agradeço ao Professor António Teixeira, pela ajuda e aconselhamento.

Agradeço ao Manuel Penteado, ao Gonçalo Victorino e ao Tiago Esteves, pela ajuda e amizade.

À Sra. D. Maria de Lurdes Marques, pela ajuda prestada no laboratório e pela sua simpatia.

À ANPROMIS, em especial ao Eng. Tiago Silva Pinto e ao Sr. Manuel Matias que me ajudaram e apoiaram durante o trabalho.

A todos, o meu muito obrigado.

Resumo

A presente dissertação tem como objetivo realizar uma avaliação ex-post da condução de rega pelo balanço hídrico e sonda capacitiva em dois sistemas de rega: rampa rotativa e rega subterrânea localizada.

Para realizar o respetivo estudo foram definidos dois campos de observação na Estação Experimental António Teixeira, em Coruche: uma zona regada por rampa rotativa com 10,4 ha e uma zona de rega subterrânea localizada com 3,5 ha.

De forma a avaliar a condução da rega estudou-se a evolução do teor de água no solo através da instalação de uma sonda capacitiva em cada zona de rega, pela empresa TERRAPRO e realizou-se um balanço hídrico no programa ISAREG.

Foi escolhida a variedade P1574 para recolher amostras da cultura para análise do crescimento e produtividade nos dois métodos de rega durante a campanha.

Na rampa rotativa concluiu-se que a rega foi eficaz, no sentido em que a cultura não experimentou stress hídrico, no entanto, não foi eficiente. De acordo com o ISAREG verificou-se uma perda de 198,6 mm de água originada por regas excessivas. A produtividade média tomou um valor igual à do híbrido P1574, com 19,2 t/ha. Verificou-se uma aplicação de 854,3 mm de água de rega e a ET_c tomou praticamente o mesmo valor da ET_m , com 549 mm. A eficiência da utilização de água foi de $2,2 \text{ kg}_{\text{grão}}/\text{m}^3$ de água aplicada.

Na rega subterrânea a condução da rega não foi eficiente ou eficaz, a fase de emergência foi caracterizada por um excesso de água no solo, e no decorrer da campanha a % de água no solo esteve abaixo do LRFU durante grande parte do ciclo, resultando num quociente de 0,785 entre a ET_c e a ET_m e numa produtividade média de 11,6 t/ha e 10,4 t/ha no híbrido P1574. A quebra de produção devido ao esquema de rega atingiu os 25,8%, de acordo com o modelo de Stewart. Foram aplicados 308,2 mm de água de rega e o programa ISAREG indicou um consumo de 85,7 mm por ascensão capilar. A eficiência da utilização de água foi superior com um valor médio de $3,8 \text{ kg}_{\text{grão}}/\text{m}^3$ de água aplicada.

Palavras-chave: Condução da Rega, Avaliação Ex-post, Balanço Hídrico, Sonda Capacitiva, ISAREG

Abstract

The aim of this dissertation is to make an ex-post evaluation of the irrigation management of two irrigation systems used in maize, the center-pivot system and the subsurface drip irrigation (SDI).

The evaluation of the irrigation management was outlined in Coruche, in two observation zones: a zone watered by a center-pivot system, covering 10,4 ha and a zone watered by an SDI system covering 3,51 ha.

To study the quality of the irrigation management, the soil water content was tracked by installing a water probe in both irrigation zones and a soil water balance was made with ISAREG software.

During the crop cycle, the maize variety (P1574) was chosen and field data was collected to verify the evolution of the crop in the two irrigation systems throughout the crop cycle.

In the center pivot system, the irrigation was effective, with no water stress for the crop, however it was not efficient. According to ISAREG there was an excessive application of water of about 198,6 mm. The average yield was 19,2 t/ha with 854,3 mm of water applied and a total crop evapotranspiration of 549 mm. The water use efficiency reached 2,2 kg of grain per cubic meter of water applied.

In the SDI system the irrigation management was not effective or efficient. During the first days there was an excess of water in the soil that later gave rise to periods of water stress, resulting in an average yield of 11,6 t/ha and 10,4 t/ha in the P1574 variety. 308,2 mm of water were applied during the crop cycle plus 85,7 mm extracted from the underground water table. The ISAREG program indicated a reduction of 25,8% in the total yield. The water use efficiency reached 3,8 kg of grain per cubic meter of water applied.

Keywords: Irrigation Management, Ex-post Evaluation, Soil Water Balance, Capacitance Water Probe, ISAREG

Índice

Agradecimentos	i
Resumo	ii
Abstract	iii
Índice de Figuras	vii
Índice de Quadros	ix
Lista de acrónimos e símbolos	xi
1. Introdução	1
1.1. Objectivos	2
2. Revisão Bibliográfica	3
2.1. A cultura do milho	3
2.1.1. Área e produção em Portugal	3
2.1.2. Produção e consumo mundial	4
2.1.3. Exportações e importações mundiais de milho	5
2.1.4. Botânica	6
2.1.5. Fases de desenvolvimento da cultura do milho	7
2.1.5.1. Identificação das fases de desenvolvimento	7
2.1.5.2. Acumulação de matéria seca	9
2.2. O sistema de gota-a-gota subterrânea	10
2.2.1. Caracterização do sistema	10
2.2.2. Constituição do sistema	11
2.2.2.1. Tubagens	12
2.2.2.2. Especificações das rampas	12
2.2.2.3. Montagem	12
2.2.2.4. Emissores	13
2.2.2.5. Filtragem	13
2.2.3. Avaliação da performance do sistema através da pressão e do caudal	14
2.2.4. Manutenção do sistema	15
2.3. O sistema de rampa rotativa	15
2.3.1. Base do pivot	16
2.3.2. Condução de água, suporte e propulsão da rampa rotativa	16
2.3.3. Componentes do sistema eléctrico	17
2.3.3.1. Quadro de comando	17
2.3.3.2. Motores eléctricos e velocidade de deslocação	17

2.3.3.3. Sensores de alinhamento.....	18
2.3.4. Sistema de aspersão.....	19
2.4. Água do solo	19
2.4.1 Métodos de exprimir o teor em água do solo	19
2.4.2. Potencial de água no solo	20
2.4.3. Curvas características da água no solo	21
2.4.4. Funções de pedo-transferência.....	21
2.4.5. Parâmetros hídricos do solo.....	22
2.4.5.1. Capacidade de campo e coeficiente de emurchecimento.....	22
2.4.5.2. Reserva utilizável e fração facilmente utilizável	22
2.5. Necessidade de água em regadio.....	23
2.5.1. Estimativa da E_{To}	23
2.5.2. Estimativa dos K_c e E_{Tc}	25
2.6. Condução da rega no milho	26
2.6.1. Balanço hídrico.....	27
2.6.1.1. Zona de conforto hídrico.....	28
2.6.1.2. Zona de stress hídrico	28
2.6.2. Condução da rega via controlo da humidade do solo	29
2.6.2.1. Sonda capacitiva	30
2.6.3. Condução da rega via controlo do estado hídrico da planta	31
3. Material e Métodos.....	32
3.1. Descrição dos campos de observação	32
3.2. Caracterização climática	33
3.2.1. Campanha 2015.....	33
3.3. Caracterização edáfica.....	37
3.4. Itinerário técnico	38
3.5. Condução da rega e monitorização da água no solo.....	39
3.5.1. Instalação das sondas.....	39
3.5.2. Uniformidade de distribuição	40
3.5.3. Monitorização do nível freático.....	41
3.6. Avaliação da condução da rega	41
3.6.1. Balanço hídrico.....	41
3.6.2. Dados das sondas.....	43
3.7. Índices e indicadores.....	44

3.7.1. Percentagem de germinação	44
3.7.2. Biomassa.....	44
3.7.3. Produtividade esperada	44
3.7.4. Produtividade Obtida.....	45
4. Resultados e Discussão.....	46
4.1. Percentagem de germinação	46
4.2. Biomassa.....	46
4.3. Produtividade esperada	47
4.4. Produtividade obtida.....	48
4.5. Dotações de rega e eficiência de utilização de água	49
4.6. Coeficiente de uniformidade de rega	50
4.7. Avaliação da condução de rega	51
4.7.1. Gráficos da condução de rega fornecidos pela Terrapro.....	51
4.7.2. Avaliação da condução da rega com base nos dados das sondas	53
4.7.2.1. Rampa rotativa	53
4.7.2.2. Rega subterrânea.....	54
4.7.3. Balanço hídrico.....	56
4.7.3.1. Rampa rotativa	56
4.7.3.2. Rega subterrânea.....	57
5. Conclusões.....	60
5.1. Considerações finais e propostas de estudo	61
6. Referências bibliográficas	62
7. Anexos	67
7.1. Características dos sistemas de rega a funcionar na E.E.A.T.	67
7.2. Regas efetuadas durante a campanha na rampa rotativa.....	69
7.3. Regas efetuadas durante a campanha na rega subterrânea localizada.....	71
7.4. Precipitação e evapotranspiração	72
7.5. Relatórios de observação e sugestão de rega fornecidos pela Terrapro.....	74

Índice de Figuras

Figura 1. Evolução da área, produtividade e produção nacional de milho entre 1961 e 2013.	4
Figura 2. Fases de desenvolvimento da cultura do milho desde a emergência até à maturidade fisiológica.	7
Figura 3. Acumulação de matéria seca nas diferentes partes da planta ao longo do ciclo.	10
Figura 4. Esquema simplificado de um sistema de rega gota-a-gota subterrânea.	11
Figura 5. Instalação das rampas a 35 cm de profundidade e separados a 75 cm, E.E.A.T.	13
Figura 6. Exemplo hipotético de como os registos da pressão e caudal podem ser usados para identificar e corrigir problemas operacionais. As letras A, B, C e D podem estar associadas respetivamente a ruptura, acumulação bacteriana, filtros sujos e entupimento gradual dos emissores.	14
Figura 7. Representação de um sistema de rampa rotativa.	16
Figura 8. Curva de distribuição do coeficiente cultural ao longo do ciclo cultural.	26
Figura 9. Esquema genérico do modelo simplificado de balanço hídrico do solo.	27
Figura 10. Aspeto das sondas capacitivas instaladas na E.E.A.T.	30
Figura 11. Áreas dos campos de observação e local de instalação das sondas. Imagem de satélite da E.E.A.T.	32
Figura 12. Diagrama Ombrotérmico de Gaussen para Coruche, período de 2006 a 2013.	33
Figura 13. Desvio da temperatura média e precipitação (período 1931-2015).	34
Figura 14. Diagrama Ombrotérmico de Gaussen para Coruche, 2015.	35
Figura 15. Diferencial entre a temperatura média do ano de 2015 e a temperatura média de 2006-2013, em °C, para Coruche.	36
Figura 16. Diferencial entre precipitação mensal do ano de 2015 e precipitação mensal média de 2006-2013, em mm, para Coruche.	36
Figura 17. Variação do teor de humidade com a profundidade no software uSENS.	40
Figura 18. Abertura de perfil de sondagem no talhão 15 para verificar a altura do nível freático, 19 de Junho de 2015.	41
Figura 19. Influência da toalha freática no desenvolvimento das raízes do milho, 27 de Julho de 2015.	50
Figura 20. Volume de água recolhido pelos copos volumétricos, em mm, durante uma rega de 6mm.	51

Figura 21. Curva de água no solo na rampa rotativa, fornecida pela Terrapro. As linhas vermelha e verde correspondem à CC e LRFU respetivamente.	52
Figura 22. Curva de água no solo no talhão 15, fornecida pela Terrapro. As linhas vermelha e verde correspondem à capacidade de campo e LRFU respetivamente.	52
Figura 23. Variação da percentagem de humidade com a profundidade, sonda da rampa rotativa.	53
Figura 24. Variação da % de humidade no solo ao longo da campanha, sonda da rampa rotativa.	54
Figura 25. Variação da percentagem de humidade com a profundidade, sonda do talhão 15.	55
Figura 26. Variação da % de humidade no solo ao longo da campanha, sonda da rega subterrânea.	55
Figura 27. Variação da reserva útil de água no solo na rampa rotativa, ISAREG.	56
Figura 28. Variação da percentagem de humidade do solo (linha azul) vs. registos da sonda (pontos vermelhos), na rampa rotativa, ISAREG.	57
Figura 29. Variação da reserva útil de água no solo no talhão 15 da rega subterrânea, ISAREG.	58
Figura 30. Variação da percentagem de humidade do solo (linha azul) vs. dados obtidos pela sonda (pontos vermelhos), no talhão 15, ISAREG.	59

Índice de Quadros

Quadro 1. Evolução da área de produção de milho em Portugal entre 2004 e 2015, em ha.	3
Quadro 2. Produção e consumo dos três cereais mais produzidos a nível global entre 2013 e 2015.	5
Quadro 3. Exportações mundiais de milho entre 2011 e 2015.	5
Quadro 4. Importações mundiais de milho entre 2011 e 2015.	6
Quadro 5. Descrição do perfil tipo de solo Vt – solo litólico não húmico de outros arenitos.	37
Quadro 6. Descrição do perfil tipo de solo Ca – solo hidromórfico sem horizonte eluvial.	37
Quadro 7. Itinerário técnico das operações desenvolvidas na folha da rampa rotativa.	38
Quadro 8. Itinerário técnico das operações desenvolvidas na folha da rega subterrânea.	39
Quadro 9. Dados introduzidos no ficheiro característico da cultura da rampa rotativa.	42
Quadro 10. Dados introduzidos no ficheiro característico da cultura da rega subterrânea.	42
Quadro 11. Variação da CC e CE com a profundidade no solo da rampa rotativa.	43
Quadro 12. Variação da CC e CE no solo da rega subterrânea.	43
Quadro 13. Percentagem de germinação nas folhas de rega.	46
Quadro 14. Biomassa para a variedade P1574 na rampa rotativa.	46
Quadro 15. Biomassa para a variedade P1574 na rega subterrânea localizada.	47
Quadro 16. Produtividade esperada na rampa rotativa.	47
Quadro 17. Peso das amostras, a peso constante, e índice de colheita na rampa rotativa.	47
Quadro 18. Produtividade esperada na zona da rega subterrânea localizada.	48
Quadro 19. Peso das amostras, a peso constante, e índice de colheita na zona de rega subterrânea localizada.	48
Quadro 20. Produtividade obtida na rega subterrânea localizada.	48
Quadro 21. Produtividade obtida na rampa rotativa.	49
Quadro 22. Eficiência de utilização de água nos dois métodos de rega.	49
Quadro 23. Características da rampa rotativa a funcionar na E.E.A.T.	67
Quadro 24. Perdas de carga totais no sistema de rampa pivotante.	67
Quadro 25. Velocidade, em percentagem, relativa ao tempo de funcionamento do motor da última torre.	68
Quadro 26. Características do sistema de rega subterrânea a funcionar na E.E.A.T.	68
Quadro 27. Precipitação, em mm, em Coruche, 2015.	72

Quadro 28. Evapotranspiração cultural de referência (mm/dia) em Coruche, 2015	73
Quadro 29. Relatórios de observação e sugestão de rega fornecidos pela Terrapro, na rampa rotativa.	74
Quadro 30. Relatórios de observação e sugestão de rega fornecidos pela Terrapro, na rega subterrânea.	75

Lista de acrónimos e símbolos

ANPROMIS - Associação Nacional dos Produtores de Milho e Sorgo;

CC - Capacidade de campo;

CE - Coeficiente de emurchecimento;

E.E.A.T - Estação Experimental António Teixeira;

FAO - Food and Agriculture Organization;

FDR - Frequency domain reflectometry;

INE - Instituto Nacional de Estatística;

INIAV - Instituto Nacional de investigação Agrária e Veterinária;

IPMA – Instituto Português do Mar e da Atmosfera;

LRFU - Limite da reserva facilmente utilizável;

RFU - Reserva facilmente utilizável;

RU - Reserva utilizável;

SDI - Subsurface Drip Irrigation;

TDR - Time domain reflectometry;

USDA - United States Department of Agriculture;

A_c - Ascensão capilar;

D - Dotação de rega;

D_{med} - Volume médio de água aplicado;

$D_{q\ min}$ - Média do volume de água aplicado sobre 25% da área que recebeu menos água;

D_r - Percolação profunda;

e_a - Pressão de vapor atual;

e_s - Pressão de vapor de saturação do ar;

E_s - Escoamento superficial;

ET_0 - Evapotranspiração de referência;

ET_c - Evapotranspiração cultural;

ET_m - Evapotranspiração máxima;

G - Densidade de fluxo de calor do solo;

K_c - Coeficiente cultural;

K_{R_s} - Coeficiente de ajustamento da radiação;

K_y - Coeficiente de sensibilidade hídrica;

p - Fracção facilmente utilizável ou parâmetro de gestão de rega;

P_e - Precipitação efetiva;
 Q - Caudal a debitar pelo sistema;
 Q_Y - Quebra de produção;
 R - Reserva de água;
 ΔR - Variação da reserva de água no solo;
 R_a - Radiação extraterrestre, em unidades de evaporação de água;
 R_n - Radiação na superfície da cultura;
 R_e - Raio do círculo descrito pela última torre;
 R_g - Rega;
 R_m - Raio molhado;
 t - Tempo de rega;
 T_r - Tempo de uma revolução completa;
 T_{med} - Temperatura média diária;
 T_{min} - Temperatura mínima diária;
 T_{max} - Temperatura máxima diária;
 u_2 - Velocidade do vento a 2 metros de altura;
 v - Velocidade de deslocação da rampa rotativa;
 Z - Profundidade radicular;
 θ_h - Altura equivalente de água;
 θ_p - Teor de humidade em peso;
 θ_v - Teor volumétrico de água;
 ψ_T - Potencial total;
 ψ_G - Potencial gravitacional;
 ψ_P - Potencial de pressão ou matricial;
 ψ_O - Potencial osmótico;
 λ - Calor latente de vaporização;
 γ - Constante psicrométrica.

1.Introdução

A população mundial está a crescer e prevê-se um aumento do número de habitantes de 7 bilhões em 2015 para 9 bilhões em 2050 (FAO, 2009). O aumento da população exige um aumento da produção de alimentos face às produções atuais, em cerca de 70% (FAO, 2009). O aumento da produção agrícola pode ser atingindo essencialmente por duas vias: através do aumento da área cultivada e a partir do aumento das produções unitárias dos terrenos cultivados (Raposo,1996). Uma vez que o planeta não acompanha o crescimento populacional em termos de espaço e recursos, torna-se indispensável aumentar as produções unitárias, em que o desenvolvimento da fisiologia e biotecnologia vegetal têm desempenhado um papel fulcral (Pereira *et al.*, 1996).

Para além destes fatores, a presença de água em quantidade e qualidade adequadas, é o fator que mais restringe a produção vegetal numa escala global (Pereira *et al.*, 1996). A sua escassez e consequente stress hídrico provocam diminuições consideráveis na produção vegetal. As quebras de produtividade causadas pelo stress hídrico excedem as perdas causadas por todos os outros fatores bióticos e ambientais combinados (Pereira *et al.*, 1996).

Ao longo dos últimos 25 anos aproximadamente 50% do aumento da produção agrícola teve origem em zonas de regadio, contribuindo em média de um sexto da área total cultivada para um terço da produção mundial de alimento (Pereira *et al.*, 1996). Apesar da importância da água no aumento dos rendimentos unitários, esta representa um recurso limitado e está sujeito a uma pressão de consumo cada vez maior, com 70% do seu consumo associado à produção agrícola (Faurès *et al.*, 2010).

Neste enquadramento, dada a importância do consumo de água na agricultura, torna-se imperativo gerir cada vez melhor a utilização deste recurso, criando ações que levem a um uso mais racional de água. Em países como Portugal, em que se aplicam regas periódicas que fornecem importantes quantidades de água torna-se relevante a avaliação da condução da rega (Gonçalves, 1994).

A avaliação da condução da rega implica o uso de tecnologias que permitam um conhecimento cada vez mais real sobre a forma como a água é aplicada e extraída do solo. Nomeadamente a medição contínua da percentagem de água no solo que serve de apoio à decisão de quando

regar, qual a quantidade de água a aplicar em cada rega, qual a profundidade atingida pela água, qual o padrão de extração de água do solo pelas raízes e qual a evolução do gasto de água de rega ao longo da campanha.

1.1. Objectivos

A presente dissertação tem como objetivo principal fazer uma avaliação ex-post da condução da rega na cultura do milho em dois métodos de rega (gota-a-gota enterrada e rampa rotativa) através de dados de sondas capacitivas e do balanço hídrico.

2. Revisão Bibliográfica

2.1. A cultura do milho

2.1.1. Área e produção em Portugal

O milho é atualmente a cultura arvense mais produzida em Portugal associada tanto à produção de silagem como de grão (INE, 2015). Em 2015 semearam-se em Portugal 126,4 mil hectares destinados à produção de milho (Quadro 1), com 78.650 ha de produção de grão.

A seguir ao milho para grão, os cereais com as áreas mais representativas, em 2015, foram a aveia (49.700 ha), o trigo mole (32.500 ha) e o arroz (29.000 ha) (INE, 2015).

Quadro 1. Evolução da área de produção de milho em Portugal entre 2004 e 2015, em ha.

Ano	Milho Grão	Milho Silagem	Total Milho
2004	154.108	59.037	213.145
2005	114.72	55.639	170.359
2006	100.783	54.121	154.904
2007	99.108	52.837	151.945
2008	102.374	52.705	155.079
2009	84.678	51.73	136.408
2010	81.568	50.919	132.489
2011	87.735	49.677	137.412
2012	94.784	48.125	142.909
2013	101.717	44.973	146.69
2014	92.515	44.144	136.659
2015*	78.65	47.761	126.411
Dif. 2014/15	-13,9	3,6	-10,2
%	-18	8	-8

Fonte: INE (* dados provisórios), 2015.

Apesar da quebra verificada entre 1998 e 2005, a produção e a produtividade da cultura têm vindo a aumentar, ao contrário da área cultivada (Figura 1). Na campanha de 2013 e 2014 produziram-se em média 900 mil toneladas de grão com uma produtividade média de aproximadamente 9 t/ha (INE, 2015).

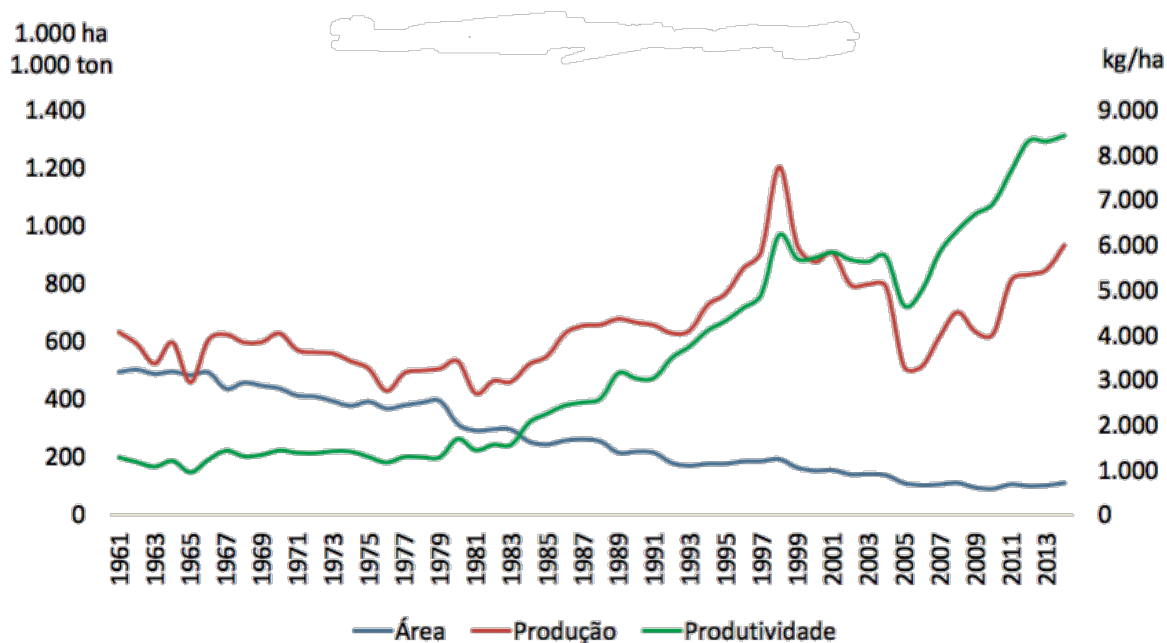


Figura 1. Evolução da área, produtividade e produção nacional de milho entre 1961 e 2013.

Fonte: INE, 2015.

Em relação ao grau de auto-provisionamento do milho, este subiu de 27% em 2010/11 para cerca de 36% em 2014/15, valor superior ao grau de auto-provisionamento da totalidade dos cereais, com 27% em 2014/15 (INE, 2015).

2.1.2. Produção e consumo mundial

A produção de milho no ano de 2015 sofreu um decréscimo sobretudo devido à seca na África do Sul e à menor produção nos Estados Unidos (USDA, 2016). Mesmo assim em termos mundiais o milho é o cereal com maior expressão, com uma produção de 967.9 milhões de toneladas, seguido pelo trigo e arroz com produções de 735.4 e 470.1 milhões de toneladas respetivamente. Apesar do aumento da produção do milho ao longo dos últimos anos, tem-se revelado insuficiente para satisfazer a crescente procura, conduzindo a uma preocupante redução dos stocks mundiais (Anpromis, 2015).

Quadro 2. Produção e consumo dos três cereais mais produzidos a nível global entre 2013 e 2015.

Produção (M ton)	Trigo			Arroz			Milho		
	2013/14	2014/15	2015/16	2013/14	2014/15	2015/16	2013/14	2014/15	2015/16
U.S.A	58.1	55.1	55.8	6.1	7.1	6.1	351.3	361.1	345.5
Outros	657.3	670.8	679.6	472.4	471.2	464	640.1	647.4	622.4
Total Mundial	715.4	725.9	735.4	478.5	478.3	470.1	991.4	1008.5	967.9
Consumo (M ton)	2013/14	2014/15	2015/16	2013/14	2014/15	2015/16	2013/14	2014/15	2015/16
U.S.A	34.3	31.6	32.2	4	4.2	3.9	293	301.9	301.5
Outros	656.5	670	682	474.2	475	478.1	649.3	659.1	672.6
Total Mundial	690.8	701.6	714.2	478.2	479.2	482	942.3	961	974.1

Fonte: USDA, <http://www.fas.usda.gov/data/grain-world-markets-and-trade>.

2.1.3. Exportações e importações mundiais de milho

Os maiores exportadores de milho no ano de 2015 foram os Estados Unidos da América, Brasil, Argentina e Ucrânia, enquanto que os países que importaram maiores quantidades deste cereal incluem a União Europeia, Japão, México, Coreia do Sul e Egito respetivamente (Quadros 3 e 4).

Quadro 3. Exportações mundiais de milho entre 2011 e 2015.

Exportação (milhões de toneladas)	2011/12	2012/13	2013/14	2014/15	2015/16 (Dez)	2015/16 (Jan)
Total Mundial	103682	100527	130154	127816	127735	128275
U.S.A	38342	18262	50684	46773	44500	43500
Brasil	12674	26044	22041	21909	34000	35000
Argentina	16501	22789	12846	18447	17000	17500
Ucrânia	15157	12726	20004	19661	15000	15500
Outros	9787	10252	10414	5778	5835	5075
Rússia	2027	1917	4192	3213	4000	3800
Paraguai	2188	2858	2714	3012	2300	2300
Sérvia	2331	601	1736	2964	1700	1700
Canada	494	1813	1917	395	1000	1000
União Europeia	3287	2193	2405	4030	1000	1000
México	694	522	501	784	500	1000
Burma	200	550	700	850	900	900

Fonte: USDA, <http://www.fas.usda.gov/data/grain-world-markets-and-trade>.

Quadro 4. Importações mundiais de milho entre 2011 e 2015.

Importação (milhões de toneladas)	2011/12	2012/13	2013/14	2014/15	2015/16 (Dez)	2015/16 (Jan)
Total Mundial	103682	100527	130154	127816	127735	128275
União Europeia	6113	11362	15952	8756	16000	16000
Japão	14892	14412	15121	14656	14700	14700
México	11172	5676	10954	11269	10500	11000
Coreia do Sul	7636	8174	10406	10179	10000	10000
Egito	7154	5059	8726	7826	8000	8000
Colômbia	3209	3266	4436	4496	4500	4500

Fonte: USDA, <http://www.fas.usda.gov/data/grain-world-markets-and-trade>.

2.1.4. Botânica

O milho (*Zea mays* L.) é uma planta herbácea pertencente à família Poaceae. O centro de origem mais provável localiza-se na região da América Central e Meridional, possivelmente nas zonas montanhosas como a região dos Andes e da Bolívia. Achados arqueológicos e análise filogenética sugerem que a domesticação ocorreu há pelo menos 6000 anos (Piperno e Flannery 2001; Matsuoka *et al.*, 2002) e espalhou-se pelo mundo após a descoberta das Américas pelos Europeus no século XV, principalmente nas zonas temperadas (Farnham *et al.*, 2003).

O milho tem inúmeras utilizações, seja em silagem, alimento composto para animais, indústria alimentar (amidos, griz e farinhas) como também produção de energias renováveis (bioetanol e biogás) e materiais biodegradáveis (bioplásticos e fibras). A cultura é cultivada desde os povos possuidores de alta tecnologia até aos países com níveis de autosubsistência, sendo classificada como uma das culturas mais produtivas com um rendimento global médio de quatro toneladas por hectare (Farnham *et al.*, 2003).

A capacidade da cultura desenvolver-se numa vasta gama de ambientes reflete-se na sua enorme variabilidade morfológica e fisiológica, que em conjunto com o seu carácter anual e o melhoramento, permitem que hoje a cultura seja produzida desde o nível do mar até aos 3600 m e desde o equador até ao limite da zona temperada, com ciclos de crescimento desde os 42 até aos 400 dias (Farnham *et al.*, 2003).

O facto de ser uma planta de fecundação maioritariamente cruzada, apresenta uma elevada heterozigocidade e elevada capacidade de adaptação ambiental, permitindo uma evolução mais rápida que os cereais autogâmicos, como são exemplo o trigo e o arroz (Farnham *et al.*, 2003).

O fruto é uma cariopse indeiscente e pode ser dividida em três partes: o endosperma, o pericarpo e o embrião (Abendroth *et al.*, 2011).

O sistema radicular é fasciculado com raízes que podem atingir os 120 cm, para além das raízes adventícias que conferem resistência à acama e aumentam o volume de absorção da planta (Magalhães *et al.*, 2006).

A inflorescência masculina é uma panícula e tem a designação comum de bandeira. Após a emergência e expansão total das folhas e bandeira cessa o crescimento dos entrenós. Nesta fase os estiletes da inflorescência feminina (espiga de espiguetas unifloras) encontram-se em crescimento até à ocorrência da fecundação (Ritchie e Hanway, 1971).

2.1.5. Fases de desenvolvimento da cultura do milho

Compreender as principais fases de desenvolvimento e crescimento da planta do milho, assim como a duração do seu ciclo e as características da variedade são fatores fundamentais para uma boa gestão da cultura.

2.1.5.1. Identificação das fases de desenvolvimento

Segundo Ritchie e Hanway (1971) o ciclo da cultura pode ser dividido em duas fases (Figura 2):

- Fase Vegetativa, V_n ;
- Fase Reprodutiva, R_n .

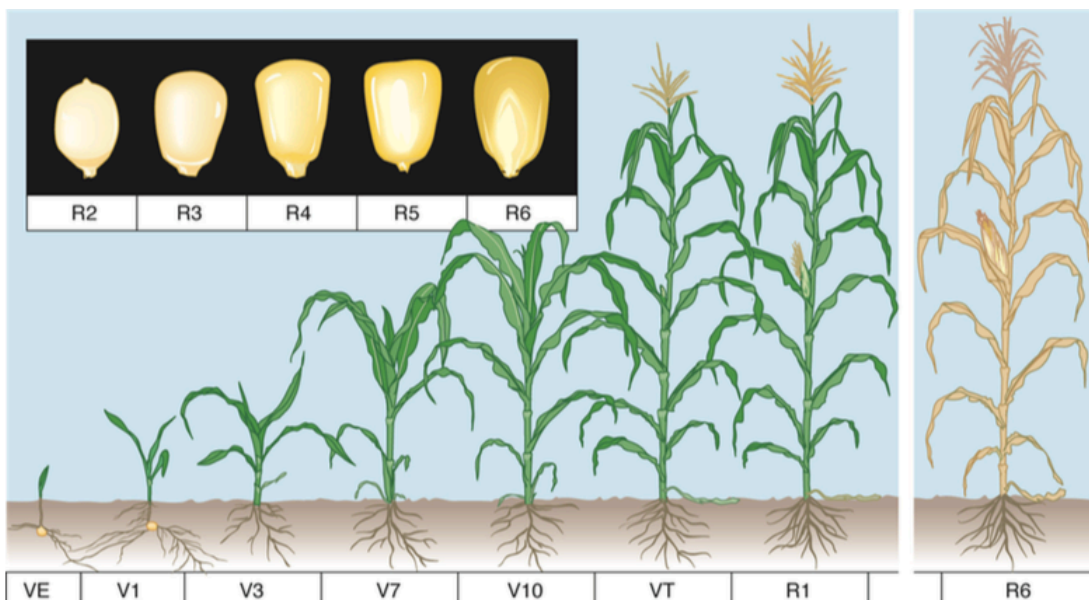


Figura 2. Fases de desenvolvimento da cultura do milho desde a emergência até à maturidade fisiológica.

Fonte: Adaptado de Nafziger, 2009.

V_e correspondente à emergência da cultura e V_n representa a fase vegetativa onde "n" indica o número de folhas com a bainha visível. A fase vegetativa termina em V_t que representa o embandeiramento. Dependendo das variedades a planta pode produzir cerca de 20 folhas, mas na altura da polinização apenas se verificam entre 13 e 16 folhas, as folhas mais velhas acabam por ser destruídas pelo engrossamento do caule e falta de luz na parte basal da planta (Abendroth *et al.*, 2011).

R_n representa a fase reprodutiva onde "n" varia desde 1 que coincide com a polinização/fecundação até 6 que corresponde à maturidade fisiológica acompanhada pela formação do ponto negro.

A maioria das plantas de milho segue o mesmo padrão de desenvolvimento, porém, o intervalo de tempo específico entre os estádios e o número total de folhas desenvolvidas pode variar entre híbridos, ano agrícola, data de sementeira e localização (Abendroth *et al.*, 2011).

V_e - Esta fase representa a emergência da cultura e caracteriza-se pela emergência dos coleóptilos. Nesta fase termina o crescimento do sistema radicular seminal e o ponto de crescimento encontra-se a abaixo da superfície do solo logo acima do mesocótilo onde se começa a formar o sistema radicular definitivo (Abendroth *et al.*, 2011).

V_6 - Nesta fase o ponto de crescimento está ligeiramente acima do nível do solo e verifica-se uma aceleração no alongamento dos entrenós. As raízes nodais (fasciculadas) estão em pleno crescimento e funcionamento e formam agora o sistema radicular principal. Nesta fase começa a verificar-se o afilamento da planta cuja quantidade depende da variedade, densidade de sementeira e nível de fertilização (Ritchie e Hanway, 1971).

V_{12} - Nesta fase é definido o número final de linhas de grão por espiga (Abendroth *et al.*, 2011). O número de óvulos e o tamanho da espiga são definidos em grande parte nesta fase, sendo de evitar a escassez de água e nutrientes, já que podem provocar uma redução acentuada do número potencial de grãos assim como o tamanho das espigas a serem colhidas (Magalhães *et al.*, 2006).

V_{18} - Nesta fase as espigas continuam a desenvolver-se. As raízes aéreas continuam a crescer e têm um papel importante da absorção de água e nutrientes. O stress hídrico pode causar problemas na polinização, uma vez que qualquer atraso no desenvolvimento da espiga traduz-

se em problemas de sincronia entre a emissão de pólen pela bandeira e recepção da espiga. Após a plena abertura da bandeira o período de fertilização das espigas ocorre durante cerca de uma a duas semanas. Tanto o excesso como a falta de humidade nesta fase são críticas para a viabilidade dos grãos de pólen (Abendroth *et al.*, 2011).

R₁ - Esta fase é iniciada quando os estilo-estigmas são visíveis fora das espigas. O grão de pólen leva cerca de vinte e quatro horas a percorrer o tubo polínico e a fertilizar o óvulo e os estilo-estigmas crescem a um ritmo de 2,5 a 4 cm por dia até serem polinizados (Ritchie e Hanway, 1971).

A formação e diferenciação do embrião é finalizada na fase **R₄**. Na fase **R₅** os grãos encontram-se numa fase de transição do estado pastoso para farináceo, a divisão entre as duas consistências é feita através da linha do leite que avança em direção à base do grão à medida que o grão se aproxima da maturidade fisiológica (Ritchie e Hanway, 1971).

R₆ - A maturidade fisiológica é acompanhada pela formação da camada de abscisão, identificável pelo aparecimento de um ponto negro na base do grão, indicador de que o grão deixou de ser alimentado pela planta, estando o seu peso final definido. Da fase **R₁** até à **R₆** a presença de água é importante, devido ao aumento da translocação de fotoassimilados para a espiga e grãos em formação e enchimento, estando a eficiência dessa translocação intimamente dependente da disponibilidade hídrica (Ritchie e Hanway, 1971).

2.1.5.2. Acumulação de matéria seca

A taxa de crescimento e a quantidade de matéria seca acumulada durante a campanha é diferente nos vários componentes da planta, porém quando esses componentes são somados normalmente obtém-se uma curva de resposta em forma de "S" (Abendroth *et al.*, 2011) (Figura 3).

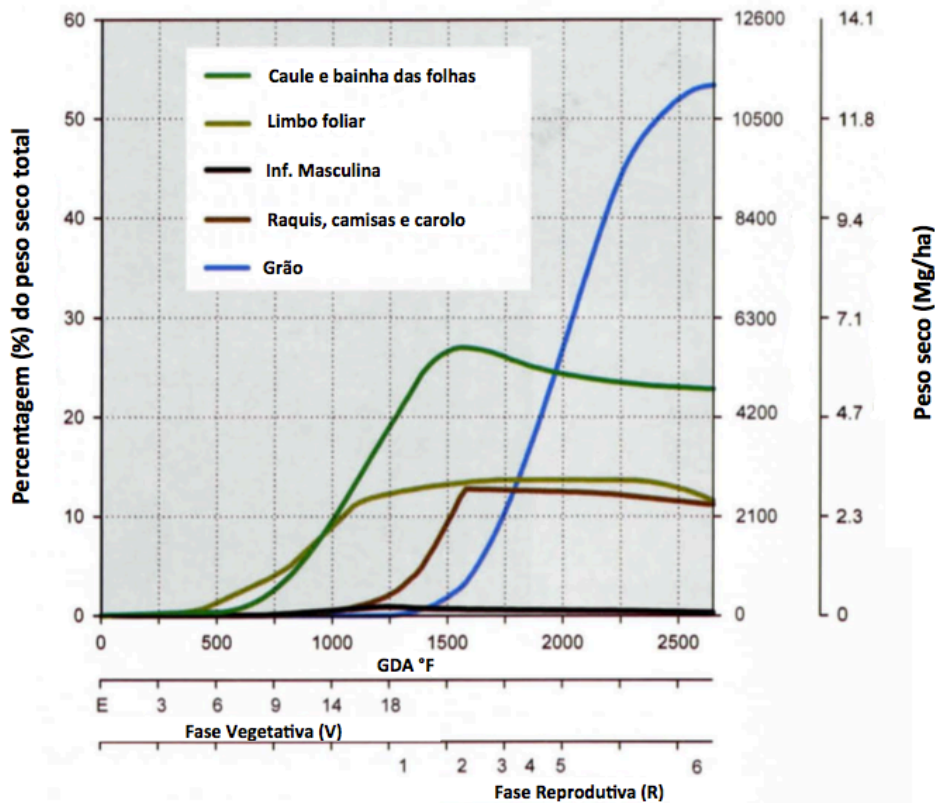


Figura 3. Acumulação de matéria seca nas diferentes partes da planta ao longo do ciclo.

Fonte: Adaptado de Abendroth *et al.*, 2011.

Na componente vegetativa as folhas e o caule representam a maior quantidade de matéria seca acumulada com um valor máximo atingido na fase R_2 , a partir desta fase verifica-se uma redução da matéria seca devido a uma translocação de nutrientes do caule para o grão e a uma forte capacidade "sink" das espigas e do desenvolvimento e enchimento dos grãos (Ritchie e Hanway, 1971).

O índice de colheita é calculado a partir da divisão entre matéria seca do grão pela matéria seca total. Os híbridos modernos apresentam valores médios de índice de colheita de 0,5 (Abendroth *et al.*, 2011).

2.2. O sistema de gota-a-gota subterrânea

2.2.1. Caracterização do sistema

O sistema de rega gota-a-gota subterrânea é um sistema de rega gota-a-gota em que as rampas, em vez de estarem colocados à superfície, estão enterradas a pequena profundidade

(Lamm e Camp, 2009). Este tipo de rega associado a solos orgânicos, ou com elevada condutividade hidráulica horizontal, a rega é efetuada por controlo da altura da toalha freática (Oliveira, 2011).

2.2.2. Constituição do sistema

O delineamento do projeto para um sistema de rega subterrânea localizada é hidraulicamente semelhante ao da rega gota-a-gota superficial (Raposo, 1994). Contudo, o sistema de filtragem deve ser de alta qualidade, com posição e número adequado de ventosas e válvulas reguladoras de pressão, controlo rigoroso de caudal e um sistema de limpeza eficiente (Lamm e Camp, 2009).

Para manutenção do sistema é também utilizada uma bomba para injeção de químicos, sejam soluções ácidas para limpeza ou fertilizantes aplicados juntamente com a água de rega (Lamm e Camp, 2009) (Figura 4).

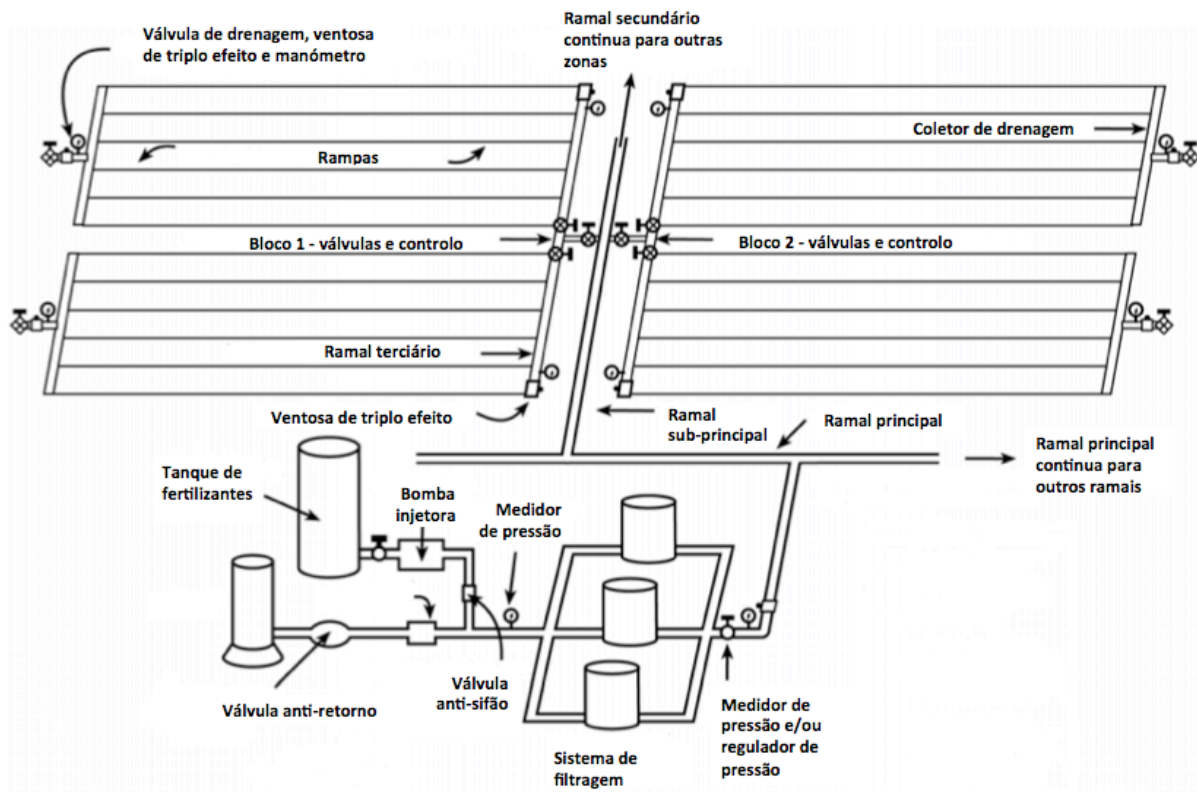


Figura 4. Esquema simplificado de um sistema de rega gota-a-gota subterrânea.

Fonte: Adaptado de Lamm e Camp, 2009.

Uma descrição mais detalhada de alguns componentes deste sistema de rega é apresentada em seguida:

2.2.2.1. Tubagens

As rampas de distribuição são a componente principal do sistema e constituem uma rede de distribuição de água que é frequentemente constituída pelos seguintes ramais, que variam de projeto para projeto: ramal principal ou (tubagem principal) que parte do cabeçal principal, ramais secundários (ou sub-principais) que ligam o anterior aos cabeçais secundários de cada sector. Dependendo do projeto as rampas onde se encontram os emissores podem ser colocadas nos ramais terciários ou quaternários (Raposo, 1994).

2.2.2.2. Especificações das rampas

Os tubos que constituem as rampas requerem uma espessura de paredes ligeiramente superior aos da rega gota-a-gota superficial, para poderem suportar o peso do solo e alguma compactação sobre eles sem provocar a sua ovalização (Oliveira, 2011).

Os terminais das rampas devem estar ligados a um coletor de limpeza ou a válvulas individuais de limpeza que permitem proceder à sua lavagem (Lamm e Camp, 2009).

O comprimento das rampas deverá ser tal que a variação do caudal não ultrapasse os 10% - 15% para garantir uma elevada uniformidade de distribuição (Oliveira, 2011).

2.2.2.3. Montagem

A profundidade de instalação das rampas é variável, dependendo do perfil (profundidade e características dos horizontes) e das características do solo, do tipo de cultura e das operações culturais mais importantes a realizar (Oliveira, 2011).

A instalação deve ser feita com auxílio de GPS, se possível com sistema RTK, mantendo, sempre que possível, os emissores virados para cima, de modo a permitir que a eventual acumulação de sedimentos ao longo da rampa se faça na parte baixa, o mais afastada possível do emissor (Figura 5).



**Figura 5. Instalação das rampas a 35 cm de profundidade e separados a 75 cm, E.E.A.T.
Fonte: Autor.**

2.2.2.4. Emissores

Os emissores mais utilizados neste sistema são os autorreguláveis, também designados por autocompensantes (Alam *et al.*, 2002). Estes emissores têm a capacidade de fornecer um caudal sensivelmente constante independentemente da pressão e são indicados para terrenos com variações consideráveis de cota, de forma a garantir uma distribuição uniforme de água (Raposo, 1994). O caudal nominal e o espaçamento entre emissores obedece aos mesmos princípios da rega gota-a-gota, embora aqui seja necessário ter maior atenção às propriedades do solo e às características do perfil do solo (Oliveira, 2011). Normalmente, o espaçamento entre emissores varia entre 10 e 60 cm (Raposo, 1994).

2.2.2.5. Filtragem

A filtragem da água é fundamental em todos os sistemas de rega localizada onde os orifícios de saída dos emissores são de dimensões reduzidas (Raposo, 1994). No caso da rega gota-a-gota subterrânea a filtragem torna-se ainda mais importante uma vez que os emissores estão debaixo do solo, o que torna mais difícil e dispendioso a detecção e resolução deste tipo de problemas (Alam *et al.*, 2002).

Os filtros instalam-se geralmente no cabeçal principal ou nos cabeçais secundários correspondentes a cada sector. As perdas de carga originadas pelos filtros são elevadas, por isso é necessário utilizar um número de filtros adequado ao caudal total que por eles passa, já

que o débito correspondente a cada filtro é limitado (Raposo, 1994). Em certas ocasiões é necessária uma pré-filtragem da água antes de entrar na bomba.

2.2.3. Avaliação da performance do sistema através da pressão e do caudal

Após a limpeza e iniciação do sistema é importante verificar a uniformidade da distribuição de água. A uniformidade pode ser medida através da medição do caudal e da pressão em pontos específicos, comparando com a pressão projetada (Figura 6). Este controlo deve ser feito não só no início, mas também como prática usual de verificação e manutenção do sistema (Lamm e Rogers, 2009).

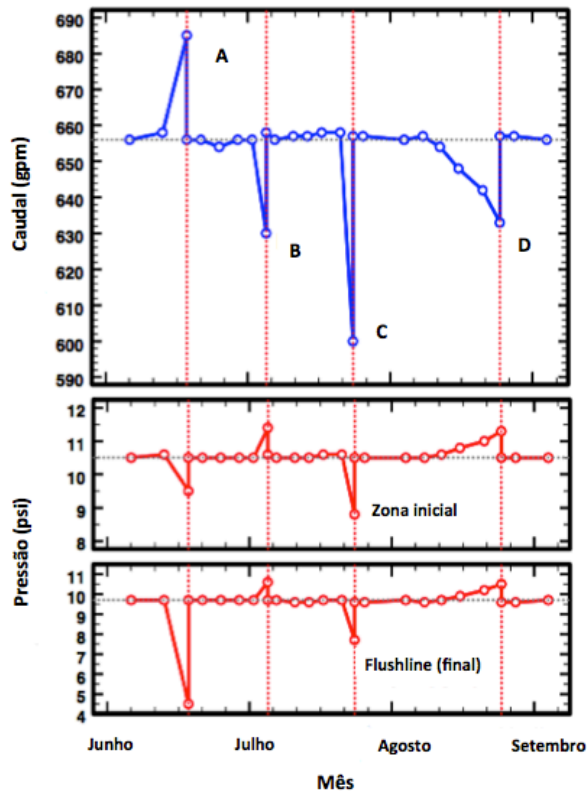


Figura 6. Exemplo hipotético de como os registos da pressão e caudal podem ser usados para identificar e corrigir problemas operacionais. As letras A, B, C e D podem estar associadas respetivamente a ruptura, acumulação bacteriana, filtros sujos e entupimento gradual dos emissores.

Fonte: Adaptado de Lamm e Rogers, 2009.

2.2.4. Manutenção do sistema

A manutenção deste tipo de sistema tem como objetivo garantir a sua longevidade e centra-se na identificação dos fatores que podem levar a uma redução do seu desempenho (Alam *et al.*, 2002). Esses fatores englobam na maioria dos casos:

- Precipitação química;
- Eutrofização biológica;
- Intrusão de raízes;
- Entupimento por aspiração de solo;
- Entupimento dos filtros;
- Ruturas.

Grande parte dos problemas associados ao entupimento dos emissores depende da qualidade da água utilizada na rega, à qual se devem realizar análises periódicas no sentido de antever eventuais problemas (Lamm e Rogers, 2003).

2.3. O sistema de rampa rotativa

O sistema de rega denominado por rampa rotativa é constituído por uma conduta (ou rampa) animada de movimento contínuo de rotação, em torno de uma das suas extremidades continuamente fixa, designada por pivot (Figura 7). A rampa rega uma área circular durante o seu movimento (Rolland, 1982).

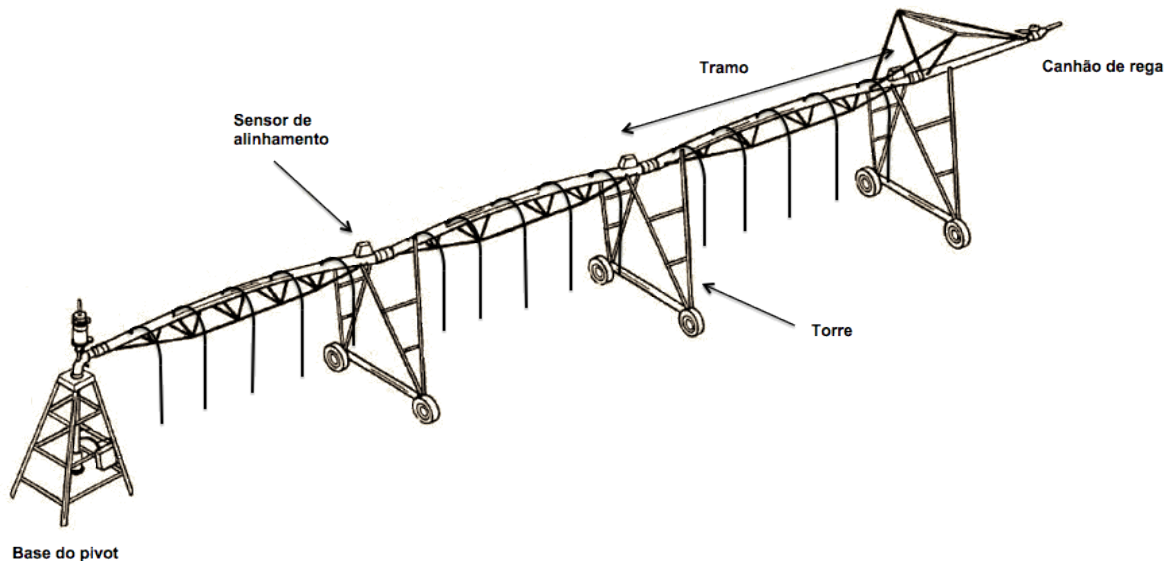


Figura 7. Representação de um sistema de rampa rotativa.

Fonte: Adaptado de Traxco Irrigation, 2006.

2.3.1. Base do pivot

A base é fixa numa plataforma maciça, geralmente feita de betão armado, já que esta é sujeita a grandes esforços sempre que a rampa se movimentar. No centro da base encontra-se um tubo vertical ligado diretamente à estação de bombagem (ou conduta de alimentação) que fornece o caudal necessário ao funcionamento dos aspersores, localizados ao longo da tubagem (Oliveira, 2011).

2.3.2. Conduta de água, suporte e propulsão da rampa rotativa

A conduta é formada por vários tramos, suportados por órgãos metálicos com rodas, designados por torres. A ligação dos tubos em cada tramo é fixa. Exceção para o tubo que está à direita de cada torre, em que as juntas são articuladas, de forma a que dois tramos compreendidos entre três torres vizinhas possam formar um certo ângulo em que o vértice se encontre no meio.

Cada torre tem um motor (geralmente elétrico) que aciona o movimento das rodas, cujos eixos são paralelos à rampa, o que significa que a torre avança em direção perpendicular à rampa, originando o movimento circular. O movimento das rodas é controlado por um interruptor que abre o circuito elétrico na respetiva torre quando atingido o referido ângulo (Rolland, 1982).

A conduta que transporta água termina na extremidade oposta ao pivot, por um tramo pendurado em que pode ser colocado um canhão de rega (Rolland, 1982).

2.3.3. Componentes do sistema elétrico

Se a rampa for movida a energia elétrica, o sistema pode ser dividido em três partes:

- Quadro geral de comando;
- Motores elétricos;
- Sensores de alinhamento.

2.3.3.1. Quadro de comando

O comando geral do pivot encontra-se fixo à base, onde é controlada toda a rampa rotativa, incluindo a cadência das paragens e dos arranques do motor da última roda que controla o movimento do sistema, ficando os restantes motores responsáveis pelo realinhamento dos seus tramos.

2.3.3.2. Motores elétricos e velocidade de deslocação

Os motores elétricos são normalmente trifásicos com potências de 1.25 - 1.5 cv (Rolland, 1982), blindados de forma a resistir aos fatores ambientais. Cada torre tem um motor independente para possibilitar uma velocidade diferente entre torres. Quanto mais afastada do centro do pivot, maior terá de ser a velocidade da torre, já que tem de percorrer uma maior distância. A velocidade de rotação é verificada na última torre, sendo definida pela seguinte expressão (Pereira, 1991):

$$v = \frac{2\pi \cdot R_e}{T_r} \quad (2.1)$$

Onde:

v - velocidade de deslocação da rampa rotativa ($m \cdot h^{-1}$);

R_e - raio do círculo descrito pela última torre (m);

T_r - tempo de uma revolução completa (h).

O caudal a debitar pelo sistema está relacionado com a dotação que se pretende aplicar, com a área a regar e com o tempo de rega, de acordo com a equação (Pereira, 1991):

$$Q = \frac{10D \times (\pi R_m^2)}{t} \quad (2.2)$$

Sendo:

Q - caudal a debitar pelo sistema (m^3h^{-1});

D - dotação de rega (mm);

t - tempo de rega (h);

R_m - raio molhado (m).

Uma vez que a área e o caudal são parâmetros constantes no sistema, fazendo variar o tempo de aplicação (t), é possível fornecer diferentes dotações em cada rega.

2.3.3.3. Sensores de alinhamento

Com exceção da última torre, todas elas têm um sensor de alinhamento, pequeno quadro auxiliar responsável por comandar o motor dessa torre. Estes incluem um detetor de ângulo, que define quando é que o motor deve arrancar ou parar, associado também a um sistema de segurança. Existe um interruptor responsável por ligar ou desligar o motor consoante a informação do detetor de ângulo e um disjuntor magnético-térmico para proteção do motor. O interruptor de comando da última torre recebe informação do temporizador do quadro de comando (Rolland, 1982). O avanço das torres é feito de modo a que as torres nunca ultrapassem um determinado ângulo entre as mesmas, avançando de forma equilibrada, com a velocidade de avanço mais rápida na última roda, e mais lento da roda junto ao pivot. Anomalias de funcionamento podem sobrecarregar as peças do sistema provocando prejuízos no equipamento, daí ser necessário um sistema de segurança responsável por evitar este tipo de situação. Um primeiro dispositivo localizado na última torre aciona o dispositivo de segurança logo que esta torre fique desalinhada, ficando o seu movimento bloqueado até que esta fique novamente alinhada. Se o tempo do processo de alinhamento for superior a um pré-estabelecido, ou verificar-se queda de pressão durante a rega, o circuito de alimentação é cortado e cessa a bombagem de água (Rolland, 1982).

2.3.4. Sistema de aspersão

Os principais tipos de emissores que equipam normalmente os pivots são:

- Aspersor de martelo ou de impacto;
- Aspersor estático;
- Aspersor com aplicador móvel.

Os aspersores estáticos têm sido atualmente os mais difundidos (Oliveira, 2011), com a vantagem de não terem partes móveis, e assim uma vida útil maior, e de requerem baixa pressão de funcionamento, a partir de 0,4 bar.

No sentido de aumentar a área do círculo regado, os pivots podem estar equipados com um canhão terminal, localizado na extremidade do tramo pendurado (Oliveira, 2011).

Como a rampa se movimenta a velocidade crescente do pivot para a extremidade, os emissores junto ao centro regam uma área menor. A uniformidade da distribuição de água é conseguida pelo aumento gradual, ao longo da rampa da pluviometria aplicada, conseguido através do espaçamento entre os difusores ou variação da sua dotação.

2.4. Água do solo

2.4.1 Métodos de exprimir o teor em água do solo

A humidade ou teor de água no solo é definida como a quantidade de água retida no solo, sendo normalmente expressa de três formas (Costa, 1979):

1. Teor de humidade em peso, θ_p

Representa o quociente entre a massa de água e a massa de partículas de solo seco à temperatura de 105 °C.

$$\theta_p = \frac{M_a}{M_s} \quad (2.3)$$

2. Teor de humidade em volume, θ_v

Representa a relação entre a massa de água e o volume aparente do solo, correspondente à soma dos volumes das fases sólida, líquida e gasosa.

$$\theta_v = \frac{V_a}{V_t} \quad (2.4)$$

3. Altura equivalente de água, θ_h

A altura de água é calculada pelo produto do teor de humidade em volume com a profundidade do perfil do solo, Z. Este método permite calcular os mm de água num dado volume de solo com uma área e profundidade conhecidas.

$$\theta_h = \theta_v \times Z \quad (2.5)$$

2.4.2. Potencial de água no solo

As forças responsáveis pelo movimento da água no solo são devidas à atração da matriz sólida, à presença de soluções, e ação do gás exterior e da gravidade (Gonçalves, 1994). Como resultado, a água do solo fica sujeita a um nível de energia diferente do seu estado padrão, ou seja, a água pura, com pressão osmótica nula, no estado livre e sujeita a condições normais de pressão e temperatura.

No sistema solo-água a energia cinética pode ser desprezada, devido ao movimento lento com que a água se desloca no solo, contudo a energia potencial é de grande importância na determinação do estado e do movimento da água no solo (Costa, 1979).

O potencial de água avalia-se através da determinação de várias variáveis relacionadas com ele, e considera-se como a soma da contribuição de vários fatores:

$$\psi_T = \psi_G + \psi_P + \psi_O \quad (2.6)$$

Onde:

ψ_T - potencial total;

ψ_G - potencial gravitacional;

ψ_P - potencial de pressão ou matricial;

ψ_O - potencial osmótico.

2.4.3. Curvas características da água no solo

A curva característica de humidade do solo relaciona o potencial mátrico, ou pressão efetiva de água no solo, com a humidade ou teor de água volúmico (θ) da fase líquida do solo (Costa, 1979).

A representação gráfica é normalmente expressa como o logaritmo decimal da altura da coluna de água que exerce pressão equivalente à força de retenção do solo para a água (pF), sendo o teor de água do solo expresso em percentagem (Gonçalves, 1994).

Num solo saturado em equilíbrio, a tensão ou potencial matricial é praticamente nulo.

Se for aplicada uma tensão, a pressão torna-se inferior à pressão atmosférica, tornando-se negativa. Se a mesma tensão continuar, o teor de água começa a diminuir, começando por esvaziar primeiro os poros de maiores dimensões, nos quais a água passa a ser substituída por ar (Costa, 1979).

A inclinação da curva está relacionada com a taxa de saída de água com o aumento da tensão, sendo esta mais gradual nos solos argilosos. Nos solos arenosos os poros de grandes dimensões são em maior número, e conseqüentemente, a taxa de saída de água é muito rápida, mesmo para pequenas tensões (Costa, 1979).

2.4.4. Funções de pedo-transferência

As funções de pedo-transferência têm como objetivo calcular as características hidrodinâmicas a partir das propriedades do solo mais fáceis de medir, como sejam a textura, densidade aparente, teor em matéria orgânica e o tipo de minerais argilosos (Gonçalves, 1994). A vantagem destas funções é que os valores das propriedades básicas, contrariamente ao que acontece com as características hidrodinâmicas, são fáceis de determinar e corresponde-lhes abundante informação.

Estas relações são conhecidas como funções de pedo-transferência para a curva de tensão de humidade do solo (Gonçalves, 1994).

A construção destas funções é feita com base em bases de dados de solos, e serão tanto mais realistas quanto maior for o lote de amostras e a diversidade de amostras que constituem essa base de dados.

2.4.5. Parâmetros hídricos do solo

2.4.5.1. Capacidade de campo e coeficiente de emurchecimento

A capacidade de campo, CC, pode definir-se como o teor de água retido pelo solo, depois de ter cessado o movimento da água gravitacional e o movimento da água capilar ter decrescido substancialmente (Veihmeyer e Hendrickson, 1931).

Neste estágio a água move-se apenas por capilaridade, cujo movimento está intimamente ligado ao raio do tubo capilar, ou seja, quanto mais fina a textura do solo, maior será o movimento ascensional da água (Costa, 1979).

Na prática a CC representa o limite superior associado à rega. Toda a água acima deste limite, que varia de solo para solo, será perdida por evaporação e processos de escoamento superficial e percolação profunda.

Se não for adicionada água ao solo, atingir-se-á um ponto, a partir do qual a água retida pelo solo está sujeita a uma tensão tal, que a planta não consegue extraí-la a uma taxa suficiente para evitar o seu emurchecimento permanente. Este estágio é conhecido como coeficiente de emurchecimento e pode ser definido como o teor mínimo de água de um solo para o qual a planta não conseguirá viver (Oliveira, 2011).

2.4.5.2. Reserva utilizável e fração facilmente utilizável

A reserva utilizável do solo, RU, corresponde ao volume de água que é possível armazenar e que está disponível para as plantas (Teixeira, 1994):

$$RU = (CC - CE) \times 10 \times Z \quad (2.7)$$

Sendo:

RU - reserva utilizável, em mm, para uma profundidade Z;

Z - profundidade radicular, em m;

CC e CE - expressos pela sua % em volume.

A reserva facilmente utilizável do solo, RFU, representa a fração da RU que é facilmente extraída pelo sistema radicular. A RFU é calculada multiplicando a RU pela fração facilmente utilizável ou coeficiente de gestão de rega, p, (Eq. 2.8). No caso do milho, é normalmente citado

um valor médio da ordem dos 50% da água utilizável, de acordo com Doorenbos e Pruitt (1977).

$$RFU = RU \times p \quad (2.8)$$

Quando a reserva de água no solo é inferior à RFU, a planta entra em stress hídrico, definindo-se um limite para esta reserva, designado limite da reserva facilmente utilizável, LRFU, calculado por:

$$LRFU = RU - RFU = RU (1 - p) \quad (2.9)$$

Abaixo deste valor, o qual varia com a cultura, solo e clima, a planta entrará em deficiência hídrica e a produção final será afetada (Teixeira, 1994).

A estimativa da quebra de produção é diretamente determinada segundo o modelo de Stewart, generalizado pela equação:

$$Q_Y = K_Y \left(1 - \frac{ET_c}{ET_m} \right) \times 100 \quad (2.10)$$

Sendo:

Q_Y - quebra de produção, expresso em percentagem da produção máxima;

K_Y - coeficiente de sensibilidade hídrica;

ET_m - evapotranspiração máxima (mm d^{-1});

ET_c - evapotranspiração cultural (mm d^{-1}).

2.5. Necessidade de água em regadio

2.5.1. Estimativa da ET_0

A evapotranspiração cultural de referência, ET_0 , representa a taxa pela qual a água, quando disponível, pode ser removida do solo e da planta (Oliveira, 2011). A ET_0 é calculada através de dados meteorológicos com base em fórmulas matemáticas como a da FAO Penman-Monteith (Allen *et al.*, 1998):

$$ET_0 = \frac{0.408\Delta(R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0.34 u_2)} \quad (2.11)$$

Onde:

ET_0 - evapotranspiração da cultura de referência, em mm d^{-1} ;

R_n - representa a radiação na superfície da cultura ($\text{MJ m}^{-2} \text{d}^{-1}$);

G - densidade de fluxo de calor do solo ($\text{MJ m}^{-2} \text{d}^{-1}$);

T - temperatura a 2 metros de altura ($^{\circ}\text{C}$);

u_2 - velocidade do vento a 2 metros de altura (m s^{-1});

e_s - pressão de vapor de saturação do ar (KPa);

e_a - pressão de vapor atual (KPa);

γ - constante psicrométrica ($\text{KPa } ^{\circ}\text{C}^{-1}$).

O método de Hargreaves permite calcular a ET_0 baseando-se na temperatura média do ar e na radiação extraterrestre que atinge o topo da atmosfera. Devido ao baixo número de variáveis climáticas utilizadas, é um método usado em alternativa a outros mais complexos, quando não se disponha de dados climáticos, como sejam o caso da radiação, do vento e da humidade relativa (Oliveira, 2011).

A equação de Hargreaves (Hargreaves e Samani, 1985) é a seguinte:

$$ET_0 = 0,0135K_{RS} \frac{R_a}{\lambda} \sqrt{(T_{\max} - T_{\min})(T_{\text{med}} + 17,8)} \quad (2.12)$$

Onde:

ET_0 - evapotranspiração da cultura de referência, em mm d^{-1} ;

T_{med} - temperatura média diária, em $^{\circ}\text{C}$;

T_{\max} e T_{\min} - temperaturas máxima e mínima diária, em $^{\circ}\text{C}$;

R_a - radiação extraterrestre, em unidades de evaporação de água, mm d^{-1} ;

λ - calor latente de vaporização (MJ Kg^{-1}) para a T_{med} , em $^{\circ}\text{C}$;

K_{RS} - coeficiente de ajustamento da radiação.

2.5.2. Estimativa dos K_c e ET_c

Uma vez calculada a ET_0 é necessário calcular a evapotranspiração cultural, ET_c , multiplicando a ET_0 por um coeficiente cultural, K_c :

$$ET_c = ET_0 \times K_c \quad (2.13)$$

O coeficiente cultural é específico para cada cultura, num dado momento do seu estágio vegetativo e para um determinado teor de humidade do solo, representado a relação entre a ET_c e a ET_0 (Oliveira, 2011).

O K_c pode ser aproximado de duas formas:

- K_{cb} - de base;
- K_c - médios.

De acordo com Jensen *et al.* (1990) a forma dos K_c de base é a seguinte:

$$K_c = K_{cb} \times K_s + K_e \quad (2.14)$$

Onde:

K_{cb} - coeficiente cultural basal;

K_s - coeficiente relativo à disponibilidade de água no solo;

K_e - coeficiente relativo ao grau de humidade na superfície do solo.

Doorenbos e Pruitt (1977) apresentam um processo para a determinação dos coeficientes culturais médios, que de acordo com o autor, o ciclo será dividido em quatro fases (Figura 8):

- Fase inicial;
- Fase de desenvolvimento;
- Fase intermédia;
- Fase final.

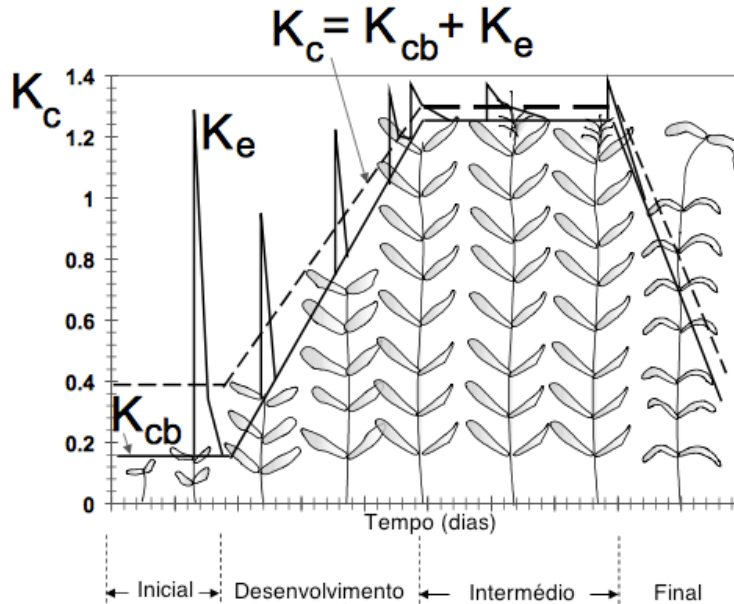


Figura 8. Curva de distribuição do coeficiente cultural ao longo do ciclo cultural.

Fonte: Adaptado de Allen *et al.*, 1998.

De acordo com Doorenbos e Kassam (1986) os valores do K_c e a duração das fases de desenvolvimento na cultura de milho para grão são em média:

- Fase inicial: 0,3 - 0,5 (15 a 30 dias);
- Fase de desenvolvimento: 0,7 - 0,85 (30 a 45 dias);
- Fase intermédia: 1,05 - 1,2 (30 a 45 dias);
- Fase final: 0,8 - 0,9 (10 a 30 dias).

2.6. Condução da rega no milho

O objetivo da condução da rega assenta essencialmente na determinação do volume de água a ser fornecido em cada aplicação e no intervalo entre aplicações. A condução da rega deve ter em conta o défice de gestão permissível, em função da cultura, do seu estágio de desenvolvimento e da estratégia de gestão específica (Oliveira, 2011).

A gestão da água de rega baseia-se essencialmente em três técnicas: balanço hídrico, controlo da humidade do solo e controlo do estado hídrico das plantas.

2.6.1. Balanço hídrico

Conhecendo o teor inicial de água no solo, o consumo de água pelas plantas, e os limites de exploração da água do solo, é possível, ao órgão responsável pela gestão de rega, conhecer, a cada passo, a situação da água no solo, a data previsível e a dose útil a utilizar em cada rega (Oliveira, 2011).

A água é adicionada ao solo sob três formas: precipitação efetiva (P_e), rega (R_g), e contribuição da toalha freática (A_c). A mesma água é removida do solo através da evapotranspiração cultural (ET_c), percolação profunda (D_r) ou por escoamento superficial (E_s) (Figura 9) (Teixeira, 1994).

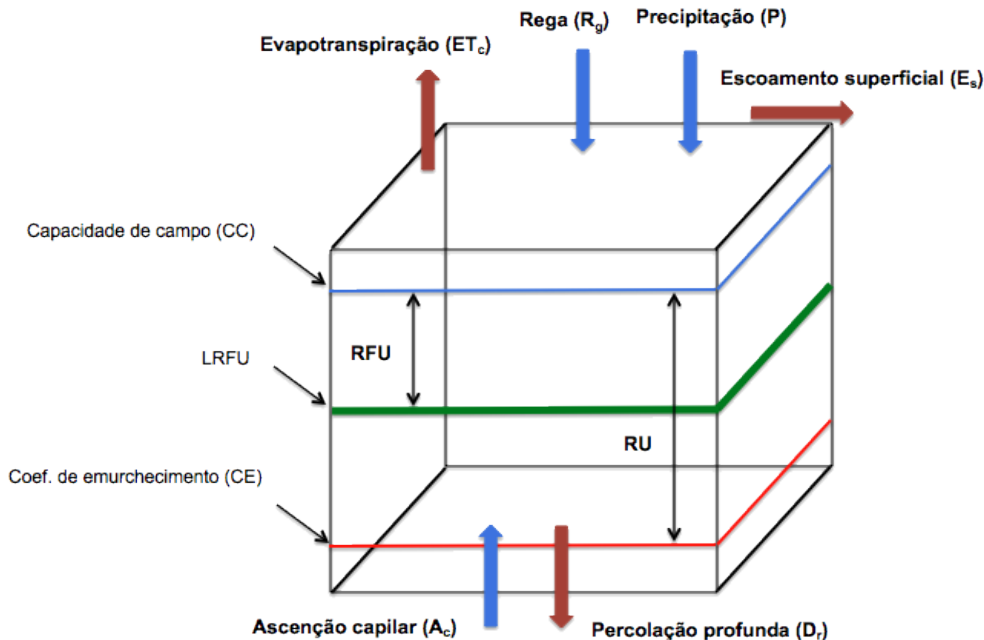


Figura 9. Esquema genérico do modelo simplificado de balanço hídrico do solo.

Fonte: Adaptado de Teixeira (1994).

De acordo com Teixeira (1994) a equação do balanço hídrico pode ser calculada de acordo com a equação:

$$\Delta R = (P_e + R_g + A_c) - (ET_c + D_r + E_s) \quad (2.15)$$

Onde:

ΔR - variação da reserva de água no solo;

P_e , ET_c , R_g , A_c , D_r - em (mm d^{-1}).

Segundo Teixeira (1994) a variação da reserva de água no solo pode ser escrita, para um intervalo de tempo, Δt , da seguinte forma:

$$\Delta R = (P_e - ET_c + R_g - E_s + A_c - D_r) \times \Delta t \quad (2.16)$$

com P_e , ET_c , R_g , A_c , D_r em (mm d^{-1}).

De um modo geral, na condução de rega, utiliza-se o intervalo de tempo de um dia e a precipitação efetiva. A rega, R_g , é a variável de controlo do sistema e deve ter um valor calculado de forma que ΔR se mantenha entre a linha correspondente à capacidade de campo e limite inferior de rega (Oliveira, 2011).

2.6.1.1. Zona de conforto hídrico

A zona de conforto hídrico corresponde à reserva de água facilmente utilizável pelas plantas, em que a ET_c iguala à evapotranspiração máxima, ET_m (Teixeira, 1994).

Assume-se que a ascensão capilar e a percolação profunda são nulas e a equação simplifica-se:

$$\Delta R = (P_e + R_g - ET_m) \times \Delta t \quad (2.17)$$

2.6.1.2. Zona de stress hídrico

Na situação de stress hídrico os teores de humidade do solo encontram-se abaixo do LRFU e a transpiração da planta diminui à medida que o solo vai perdendo água. Neste caso a ET_c é inferior à ET_m variando linearmente com o teor de água no solo (Teixeira, 1994).

Na ausência de uma toalha freática junto à superfície ($A_c = 0$):

$$R_i = R_{i-1} + P_{e_i} + R_{g_i} - (ET_c) \quad (2.18)$$

Na presença de uma toalha freática, a ascensão capilar é calculada em função de R , por:

$$A_c = G - \frac{G}{LRFU} \times R \quad (2.19)$$

$$R_i = R_{i-1} - K_s \times ET_{C_i} + P_{e_i} + G_i - (K_s \times G_i) \quad (2.20)$$

Onde:

K_s - é o coeficiente de stress, função da variável R e considerado constante a cada dia (i), com

$$K_s = \frac{R_{i-1}}{LRFU};$$

G - é o potencial de ascensão capilar e atinge o seu valor máximo quando (R =0).

2.6.2. Condução da rega via controlo da humidade do solo

Esta metodologia baseia-se no controlo da humidade do solo e, na maioria dos casos, a informação obtida é apenas referente ao teor de humidade/tensão de humidade presente no solo, na altura e no local da medição.

Atendendo a pequena representatividade do local de leitura e a possibilidade de existência de grande variabilidade espacial das características do solo na folha de rega, o aparelho de medição deve ser instalado num local representativo das características médias da folha a gerir (Oliveira, 2011).

São vários os métodos que permitem estimar o teor de humidade do solo. Os mais conhecidos incluem o método tensiométrico e os métodos dielétricos (Muñoz-Carpena, 2005).

O método tensiométrico baseia-se na determinação do potencial de água no solo. Através das curvas de tensão de água no solo é possível relacionar o teor de humidade e o potencial de água no solo (Oliveira 2011).

Os métodos baseados na constante dielétrica do solo incluem o método “TDR – time domain reflectometry” e “FDR – frequency domain reflectometry”. Ambos estimam o teor de água no solo através de uma relação direta com a constante dielétrica do solo, variável que influencia a velocidade com que um impulso eletromagnético se propaga e se dispersa no solo (Muñoz-Carpena, 2005).

Dentro do método FDR, encontram-se as sondas capacitivas, utilizadas no presente estudo e descritas em seguida.

2.6.2.1. Sonda capacitiva

Segundo Muñoz-Carpena (2005) as sondas capacitivas representam um sistema de monitorização contínua do teor de humidade do solo com base numa rede de tubos que suportam um conjunto de sensores colocados em locais e profundidades estratégicas (Figura 10).

Os sensores efetuam a monitorização contínua das variações da humidade do solo, acompanhando a dinâmica do uso da água pelas culturas, fornecendo informação para a gestão da rega (Oliveira, 2011).



Figura 10. Aspeto das sondas capacitivas instaladas na E.E.A.T.

Fonte: TERRAPRO, 2015.

A sonda tem capacidade de medir *in situ* a humidade do solo a partir dos valores da permissividade eléctrica, K_{a_b} , constante que determina a velocidade com que uma onda electromagnética se propaga através do solo (Muñoz-Carpena, 2005). A sonda deteta pequenas variações da quantidade de água, já que a constante dielétrica da água ($K_{a_w} = 81$) é superior à dos restantes constituintes do solo ($K_{a_s} = 2 - 5$) e define a permissividade eléctrica do meio.

A sonda é constituída por várias unidades de sensores, colocados às profundidades desejadas que monitorizam, de uma forma contínua, a quantidade de água no solo, fornecendo informações para a tomada de decisões na condução da rega.

O funcionamento do sistema é autónomo, constituído por um sistema de aquisição de dados (*datalogger*) e por um painel solar e bateria incorporados na unidade central. Os dados das leituras contínuas, são armazenados no sistema de aquisição de dados, podendo a leitura dos dados de humidade do solo ser fixada entre 1 minuto e 7 dias, dependendo da configuração (Oliveira, 2011).

Os dados armazenados no sistema de aquisição, para serem visualizados e/ou tratados, são transferidos para um computador, com base no qual, e recorrendo a um software específico será possível a visualização e em tempo real da humidade do solo, em tabelas ou gráficos. A transferência dos dados pode ser feita localmente, ligando um computador ao sistema de aquisição da unidade central, ou remotamente através de modem GSM (Oliveira, 2011).

A sonda é instalada num tubo de acesso vertical em PVC, para evitar o contacto direto dos sensores com o solo, em locais representativos.

Os tubos de acesso devem ser colocados na linha da cultura de modo a facilitar o tráfego de máquinas e de forma a estar o mais próximo possível da zona de influência das raízes (Oliveira, 2011). Um bom contacto entre o solo e o tubo de acesso é essencial para se garantir medições corretas. Para garantir uma instalação correta utiliza-se uma broca de diâmetro igual ao tubo e prepara-se uma “papa” para eliminar as bolsas de ar entre as paredes do “furo” e o tubo de acesso (Muñoz-Carpena, 2005).

Os dados dos sensores permitem verificar o padrão de extração de água do solo, tornando possível determinar a profundidade de influência radicular.

Depois de determinada a profundidade radicular calcula-se os limites de rega, definidos pelos parâmetros hídricos do solo, nomeadamente CC, CE e LRFU, demonstrados nas equações (2.7 e 2.16). A visualização dos dados integrando todo o perfil explorado pelas raízes permite então fazer a condução da rega em tempo real, consistindo em manter o teor de água do solo entre a CC e o LRFU.

2.6.3. Condução da rega via controlo do estado hídrico da planta

O potencial total de água pode ser utilizado como indicador do estado hídrico da planta, diretamente através da câmara de pressão, ou indiretamente através das variações do diâmetro do caule da planta, e a temperatura da folhagem (Oliveira, 2011).

A câmara de pressão de Scholander permite estimar o potencial de água de grandes pedaços de tecidos (Hsiao, 1973). Quando as medições do potencial de água na planta, são feitas pela manhã, antes do sol nascer, o potencial designa-se por potencial de base. O potencial de base reflete a condição hídrica do solo (Oliveira, 2011). Durante a noite, o estado hídrico das plantas, tende a regressar a um valor base que está normalmente em equilíbrio com o potencial de água no solo.

3. Material e Métodos

3.1. Descrição dos campos de observação

A avaliação da condução de rega decorreu na campanha de 2015 em Coruche, na Estação Experimental António Teixeira (E.E.A.T), do ex-Departamento de Regadio do I.N.I.A, agora pertencente ao I.N.I.A.V (Figura 11).

A zona de rega subterrânea encontra-se dividida em três talhões, denominados por talhão 15, talhão 16 e talhão 17 com uma área total de 3,5 ha. Os talhões localizam-se a uma latitude e longitude média de $(38^{\circ} 56' 38'' \text{N } 8^{\circ} 30' 47'' \text{W})$ e altitude compreendida entre os 13 e 16 m.

A zona da rampa rotativa apresenta uma área de 10,4 ha com coordenadas médias de $(38^{\circ} 56' 29'' \text{N } 8^{\circ} 30' 39'' \text{W})$ e altitude compreendida entre os 16 e os 21 m.



Figura 11. Áreas dos campos de observação e local de instalação das sondas. Imagem de satélite da E.E.A.T.
Fonte: Google Earth.

3.2. Caracterização climática

De acordo com a classificação de Thornthwaite (1948), Coruche apresenta um clima semi-árido, mesotérmico, com grande deficiência de água no Verão e Verão pouco marcado (D B´3 S2 a´). Pela classificação de Köppen, este clima classifica-se como (Csa), mediterrâneo com Verão longo e quente. Esta classificação é dada por apresentar temperatura média, do mês mais frio do ano, inferior a 18 °C e superior a -3 °C e por a temperatura média do mês mais quente ser superior a 22 °C (Figura 12).

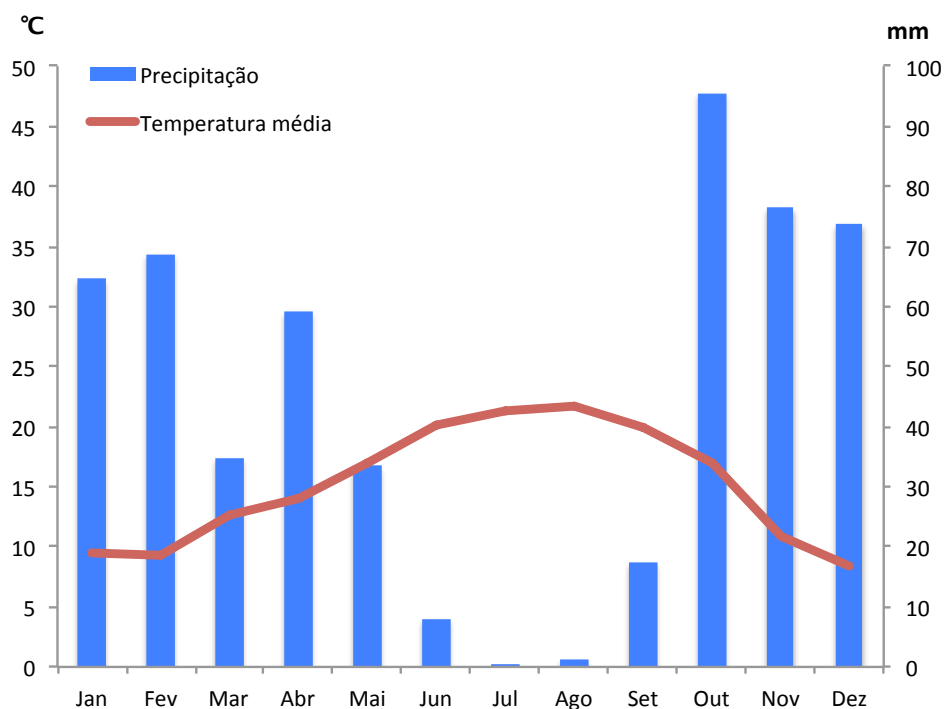


Figura 12. Diagrama Ombrotérmico de Gausen para Coruche, período de 2006 a 2013.

Fonte: IPMA, 2015.

3.2.1. Campanha 2015

O ano de 2015 em Portugal Continental foi considerado como muito seco e muito quente (IPMA, 2015). O valor médio anual da temperatura média do ar no ano de 2015 foi de 15,99 °C, superior ao valor normal (média de 1971 a 2000), sendo o 7º mais quente desde 1931 e o 2º desde 2000. Os valores mensais da temperatura média do ar foram sempre elevados, exceto nos meses de Janeiro, Fevereiro e Setembro. Destacam-se as anomalias dos meses de Maio

(+2,9°C), Junho (+2,4°C) e Dezembro (+1,8°C). Ocorreram ainda 7 ondas de calor: 3 na Primavera, 3 no Verão e 1 no Outono (IPMA, 2015).

No ano de 2015 o valor médio de precipitação total anual, 599,6mm foi muito inferior ao valor normal (anomalia de -282,5mm), 6º mais seco desde 1931 e o 4º mais seco desde 2000 (IPMA, 2015) (Figura 13).

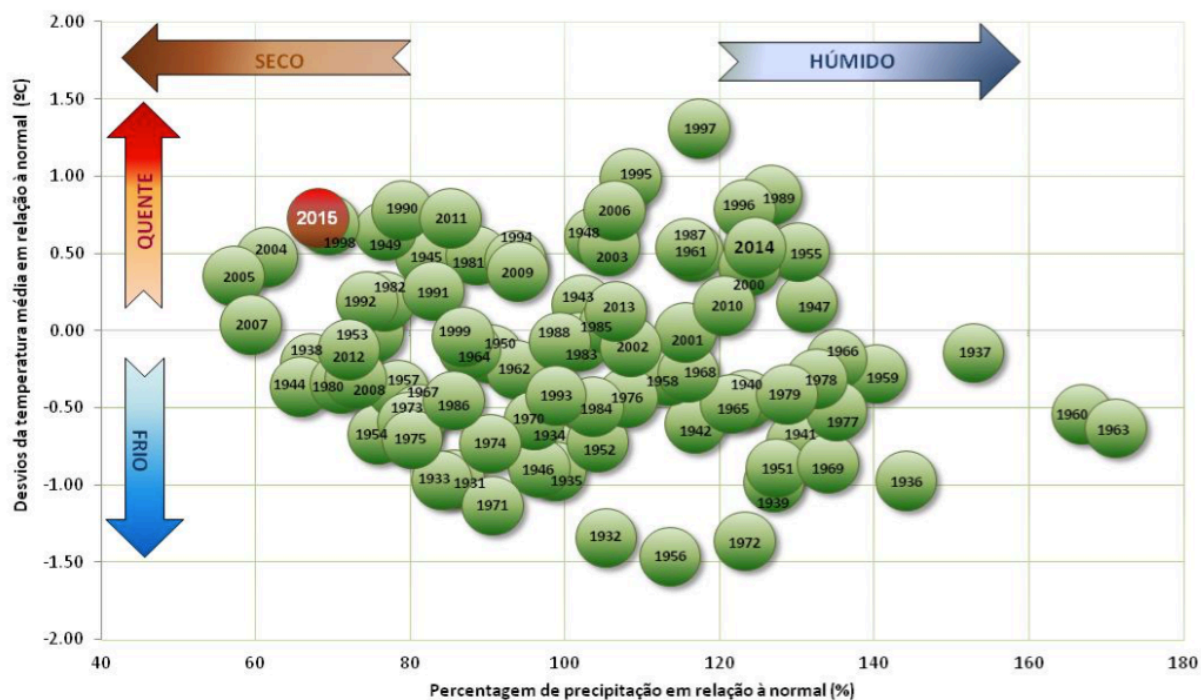


Figura 13. Desvio da temperatura média e precipitação (período 1931-2015).

Fonte: IPMA, 2015.

Quanto à estação de Coruche (IPMA, 2015) no ano de 2015 verificou-se a mesma tendência que Portugal Continental, tendo sido também caracterizado como um ano muito quente e seco (Figura 14).

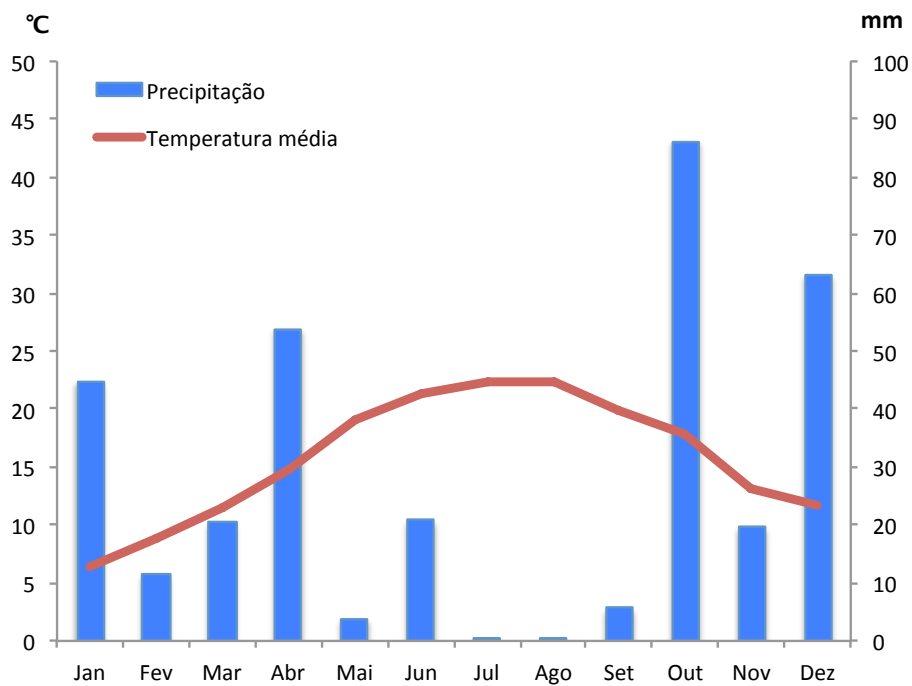


Figura 14. Diagrama Ombrotérmico de Gausse para Coruche, 2015.

Fonte: IPMA, 2015.

Os valores mensais da temperatura média do ar foram sempre superiores ao normal, exceto nos meses de Janeiro, Fevereiro, Março e Setembro (Figura 15).

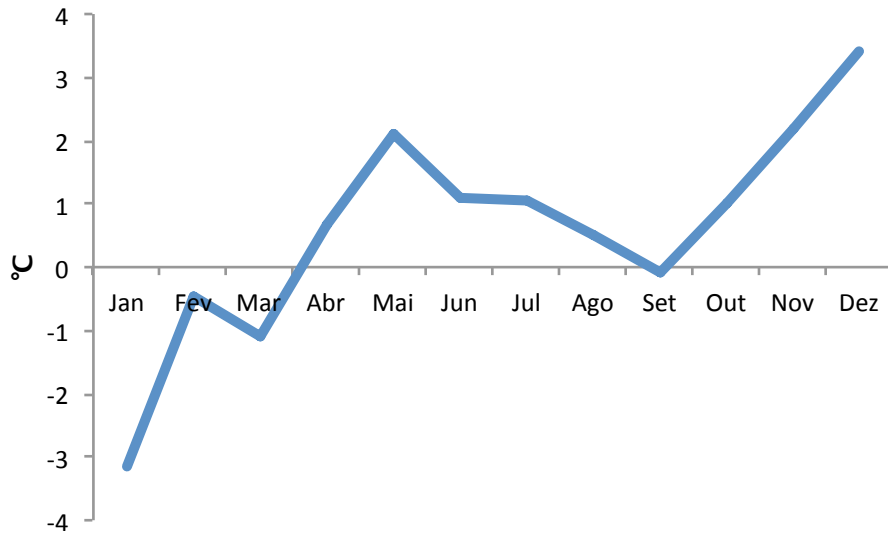


Figura 15. Diferencial entre a temperatura média do ano de 2015 e a temperatura média de 2006-2013, em °C, para Coruche.

Fonte: IPMA, 2015.

Quanto à precipitação mensal, tal como na temperatura, verificou-se a mesma tendência de Portugal Continental, tendo sido também caracterizado como um ano muito seco. Em Coruche apenas o mês de Junho apresentou valores de precipitação superiores à média, com 20,8mm de precipitação registados (Figura 16).

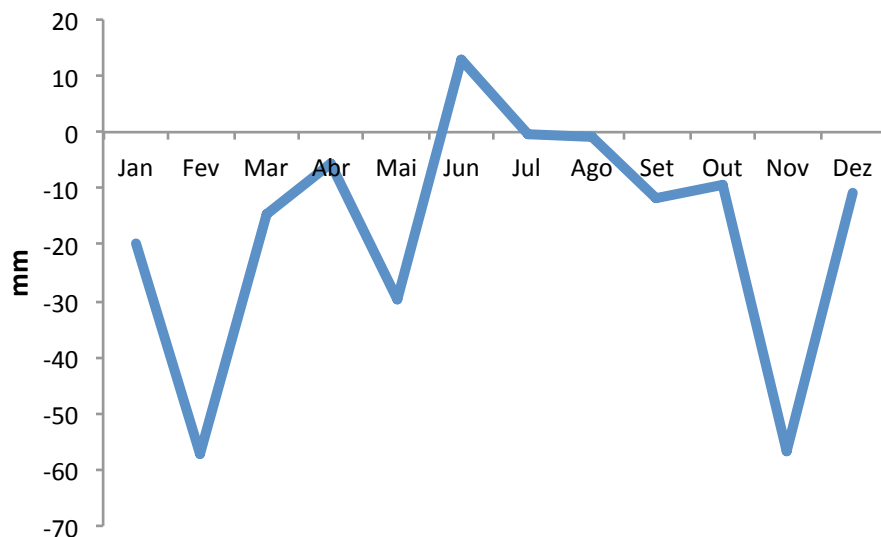


Figura 16. Diferencial entre precipitação mensal do ano de 2015 e precipitação mensal média de 2006-2013, em mm, para Coruche.

Fonte: IPMA, 2015.

3.3. Caracterização edáfica

Na Estação Experimental estão identificadas duas famílias de solos: Vt e Ca.

Na folha de solo onde opera a rampa rotativa encontra-se um solo Vt - solo litólico não húmico de outros arenitos. Este solo apresenta um perfil tipo com três horizontes, entre eles um horizonte Ap, um horizonte AC ou B e um horizonte C (Cardoso, 1965) (Quadro 5).

Na folha de solo onde foi instalado o sistema de rega subterrânea encontra-se um solo Ca - solo hidromórfico sem horizonte eluvial, para-aluviossolo de aluviões ou coluviões de textura mediana, com três horizontes: A1, Bg e Cg (Cardoso, 1965) (Quadro 6).

Quadro 5. Descrição do perfil tipo de solo Vt – solo litólico não húmico de outros arenitos.

Horizonte	Espessura (cm)	Características
Ap	15 a 25	Pardo, castanho ou pardo-amarelado-escuro; arenoso ou franco-arenoso; sem agregados; solto ou friável; pH 5,0 a 7,0.
Transição gradual para		
AC ou B	10 a 35	Idêntico ao anterior mas mais claro; pH 6,0 a 7,5.
Transição gradual para		
C	0 a 20	Material originário. De cor amarelada com laivos avermelhados ou acinzentados, associados a manganês.

Fonte: Adaptado de Cardoso, 1965.

Quadro 6. Descrição do perfil tipo de solo Ca – solo hidromórfico sem horizonte eluvial.

Horizonte	Espessura (cm)	Características
A1	20 a 30	Pardo acinzentado ou cinzento escuro; textura mediana; estrutura granulosa média e fina moderada; aderente ou pouco aderente; friável; pH 6,0 a 8,0.
Transição abrupta ou nítida para		
Bg	30 a 90	Cinzento muito escuro ou preto; franco-argiloso; estrutura prismática ou anisoforme angulosa média moderada; aderente, plástico, friável, rijo ou muito rijo; pH 5,5 a 6,5.
Transição gradual para		
Cg		Material originário de origem aluvionar de cor menos escura, de textura mais ligeira e de menor grau de estrutura do que o horizonte superior.

Fonte: Adaptado de Cardoso, 1965.

3.4. Itinerário técnico

As operações culturais desenvolvidas durante a campanha foram semelhantes entre as duas folhas (Quadros 7 e 8). De salientar o desfasamento temporal entre as operações, resultado das diferentes datas de sementeira.

A variedade híbrida P1574, FAO 600, foi semeada com uma densidade de 88.000 sem/ha nas duas folhas de rega (Figura 11).

O sistema de rampa rotativa foi instalado pela IRRICAMPO em 2014, constituído por três torres e uma área regada de aproximadamente 9,77 ha (Anexo 7.1).

A rega gota-a-gota subterrânea foi instalada em 2015, através de um consórcio entre a NAANDAN JAIN e IMPERREGAS. Os laterias foram instalados a uma profundidade de 35 cm, com uma distância entre laterias de 75 cm (Anexo 7.1 – Quadro 26).

Quadro 7. Itinerário técnico das operações desenvolvidas na folha da rampa rotativa.

Data	Operação	Taxa	Substância ativa/ Formulação do adubo	Produto comercial
25/abr	Adubação de fundo	200kg/ha	(10-12-6)	Rhizovit
4/mai	Sementeira	88.000sem/ha		
5/mai	Aplicação de herbicida	4l/ha	Mesotriona + s-metolacoro + terbutilazina	Lumax
15/mai	Aplicação de insecticida	100ml/ha	Deltametrina	Decis expert
18/mai	Aplicação de herbicida	1,7l/ha + 2l/ha	Tembotriona + flufenacete + terbutilazina	Laudis + Aspect
20/mai	Instalação da sonda			
31/mai	Aplicação de insecticida	150ml/ha	Clorantraniliprol	Coragen
3/jun	Adubação de cobertura	500kg/ha	6-8-18(2-15)	D-coder
3/jun	Escarificação			
3/jul	Aplicação de fungicida	2l/ha	Tebuconazol	Horizon
30/set	Colheita			

Quadro 8. Itinerário técnico das operações desenvolvidas na folha da rega subterrânea.

Data	Operação	Taxa	Substância ativa/ Formulação do adubo	Produto comercial
7/mai	Aplicação de herbicida	10l/ha	Glifosato	Roundup ultra max
17/mai	Adubação de fundo	200kg/ha	(10-12-6)	Rhizovit
18/mai	Sementeira	88.000sem/ha		
20/mai	Instalação da sonda			
31/mai	Aplicação de herbicida	4l/ha	Mesotriona + s-metolacoro + terbutilazina	Lumax
31/mai	Aplicação de insecticida	150ml/ha	Deltametrina	Decis expert
4/jun	Aplicação de herbicida	1,7l/ha + 2l/ha	Tembotriona + flufenacete + terbutilazina	Laudis + Aspect
25/jun	Escarificação			
25/jun	Aplicação de insecticida	150ml/ha	Clorantraniliprol	Coragen
30/out	Colheita			

3.5. Condução da rega e monitorização da água no solo

A ANPROMIS foi a responsável pela condução da rega em ambas as parcelas. Nessa tarefa foi assessorada pela Terrapro (empresa prestadora de serviços de instalação de sondas e aconselhamento de rega), através dos seus relatórios semanais baseados nos dados registados pelas sondas. Também foram consultados os boletins das necessidades de rega fornecidos pelo COTR.

3.5.1. Instalação das sondas

No dia 20 de Maio de 2015 foi instalada uma sonda capacitiva em cada folha de rega pela Terrapro (Figura 11). As sondas foram instaladas na linha da cultura, entre duas plantas, de modo obter o melhor perfil de extração de água. Na rega subterrânea, devido ao posicionamento do lateral na linha da cultura, a sonda foi instalada ligeiramente ao lado, de modo a não danificar o sistema de rega.

As sondas foram programadas para realizar registos horários do teor volumétrico de água de 10 em 10 cm até aos 60cm de profundidade. O acesso aos registos realizou-se no software uSENS através da cloud (Figura 17).



Figura 17. Variação do teor de umidade com a profundidade no software uSENS.

Fonte: Terrapro, 2015.

As sondas foram calibradas em laboratório às quais foi associada uma equação de calibração padrão. Os limites de rega associados aos parâmetros hídricos foram definidos pela Terrapro para cada folha de rega.

3.5.2. Uniformidade de distribuição

De forma a verificar a variabilidade do volume de água aplicado sobre a parcela, determinou-se o coeficiente de uniformidade, UD. Dada a impossibilidade técnica de medir a variação da aplicação de água na rega subterrânea, a uniformidade de distribuição apenas foi interpretada na rampa rotativa. Para o efeito, durante uma rega de 6 mm foram colocados 8 pluviômetros plásticos ao nível do solo com capacidade de medir até 20 mm.

O coeficiente de uniformidade foi calculado pela razão entre o volume de água aplicado sobre 25% das amostras que receberam menos água, quartil mínimo, e o volume médio de água aplicado em todos os pluviômetros (Eq. 3.1), de acordo com Oliveira (2011).

$$UD = \frac{D_{q \min}}{D_{med}} \times 100 \quad (3.1)$$

Onde:

$D_{q \min}$ - média do volume de água aplicado sobre 25% da área que recebeu menos água, em mm;

D_{med} - volume médio de água aplicado, em mm.

3.5.3. Monitorização do nível freático

De forma a verificar o nível freático, no dia 19 de Junho foi aberto um perfil de sondagem numa entrelinha do talhão 15, perto da sonda capacitiva (Figura 18).



Figura 18. Abertura de perfil de sondagem no talhão 15 para verificar a altura do nível freático, 19 de Junho de 2015.

Fonte: Autor.

3.6. Avaliação da condução da rega

Na avaliação da condução da rega foram utilizados dois métodos.

Realizou-se um balanço hídrico no software ISAREG e utilizou-se os dados registados pelas sondas ao longo da campanha.

3.6.1. Balanço hídrico

O programa ISAREG (Teixeira, 1989) foi desenvolvido pelo Professor José Luís Monteiro Teixeira do departamento de Ciências e Engenharia de Biosistemas do ISA, durante o desenvolvimento da sua dissertação de doutoramento. O programa efetua o balanço hídrico do solo, tendo por base a caracterização do meio (solo, cultura e clima) e as disponibilidades de água, de acordo com o objetivo do utilizador. O programa permite ainda carregar dados observados da % de humidade do solo e inclui-los no balanço hídrico.

O balanço foi calculado através da criação dos seguintes ficheiros: cultura, solo, ET_0 , precipitação, esquema de rega, teor de água na fase inicial e ascensão capilar.

Os dados referentes às variáveis meteorológicas, esquema de rega e % de humidade observada foram introduzidos numa folha excel e posteriormente guardados como texto separado por tabulações (.txt) para permitir a leitura dos dados por parte do programa. Os dados da cultura, solo, teor de água na fase inicial e ascensão capilar foram introduzidos diretamente no programa.

Para cada folha de rega foi criado um ficheiro característico da cultura, através da introdução das datas do início das fases do ciclo vegetativo, e os valores relativos à fração facilmente utilizável, profundidade radicular, coeficiente de sensibilidade hídrica e coeficientes culturais. (Quadros 9 e 10). Os valores dos K_c foram baseados em valores propostos por Doorenbos e Kassam (1986) e por Teixeira (1989).

Quadro 9. Dados introduzidos no ficheiro característico da cultura da rampa rotativa.

Fases:	A	B	C	D	E	F
Início das fases do ciclo vegetativo	4/mai	29/mai	4/jul	14/ago	30/ago	12/set
Fração facilmente utilizável, p (%)	50	50	50	50	50	50
Profundidade das raízes (m)	0,1	0,2	0,4	0,4	0,4	0,4

Coeficiente de sensibilidade hídrica = 1,20

Coeficientes culturais:

Fase de estabelecimento	4/5 a 29/5	0,3
Fase de desenvolvimento vegetativo	29/5 a 4/7	0,3 a 1,10
Fase intermédia	4/7 a 14/8	1,10
Fase final da cultura	14/8 a 12/9	1,10 a 0,30

Quadro 10. Dados introduzidos no ficheiro característico da cultura da rega subterrânea.

Fases:	A	B	C	D	E	F
Início das fases do ciclo vegetativo	19/mai	13/jun	19/jul	29/ago	14/set	27/set
Fração facilmente utilizável, p (%)	50	50	50	50	50	50
Profundidade das raízes (m)	0,1	0,2	0,4	0,4	0,4	0,4

Coeficiente de sensibilidade hídrica = 1,20

Coeficientes culturais:

Fase de estabelecimento	19/5 a 13/6	0,3
Fase de desenvolvimento vegetativo	13/6 a 19/7	0,3 a 1,10
Fase intermédia	19/7 a 29/8	1,10
Fase final da cultura	29/8 a 27/9	1,10 a 0,3

O ficheiro característico de cada solo foi criado com os valores da CC e CE, cuja determinação foi efetuada no ano de 1986, na E.E.A.T, em Coruche, no âmbito do trabalho experimental desenvolvido por R.M. Fernando do Departamento de Engenharia Rural do ISA. Experiência

descrita sumariamente por Fernando e Pereira (1988) e Fernando *et al.* (1988) (Quadros 11 e 12).

Quadro 11. Variação da CC e CE com a profundidade no solo da rampa rotativa.

	Profundidade inicial (m)	Profundidade final (m)	CC (% volúmica)	CE (% volúmica)
1ª camada	0	0,3	15	2,7
2ª camada	0,3	0,45	10,5	2,7
3ª camada	0,45	1,3	6,5	2,5

Quadro 12. Variação da CC e CE no solo da rega subterrânea.

	Profundidade inicial (m)	Profundidade final (m)	CC (% volúmica)	CE (% volúmica)
1ª camada	0	1,5	33	12

A estimativa da ET_0 foi calculada no programa, através do método de Hargreaves, com um coeficiente de ajustamento de radiação de 0,16. A utilização deste método, resultou da falta de manutenção da estação meteorológica de Coruche, que forneceu valores incorretos da radiação global, impossibilitando a utilização da equação de Penman-Monteith.

Para as datas e dotações de rega foi criado um ficheiro de texto separado por tabulações, (Anexos 7.2 e 7.3).

A ascensão capilar apenas foi tida em conta na folha de rega subterrânea devido à proximidade do lençol freático. Foi utilizado um valor médio de 4 mm/dia, valor previamente armazenado no programa, calculado por estudos realizados no mesmo local por Fernando e Pereira (1988) e Teixeira (1989).

3.6.2. Dados das sondas

Os dados das sondas foram extraídos de uma base de dados. Utilizou-se a média da % de humidade em cada dia e em cada profundidade, até aos 60 cm.

Com esses dados realizou-se um gráfico com a variação da % de humidade durante a campanha, de forma a verificar a zona de influência radicular e determinar a profundidade média das raízes.

3.7. Índices e indicadores

De forma a estudar a eficácia da condução da rega, ao longo da campanha foi efectuada a análise de crescimento e desenvolvimento da cultura nas duas folhas de rega.

3.7.1. Percentagem de germinação

A percentagem de germinação foi estimada na fase do milho joelheiro. Foram feitas 15 contagens aleatórias por variedade com o auxílio de uma régua com 2,66 metros de comprimento correspondentes a 2 metros quadrados de cultura. A distância entre plantas (x_1) foi calculada através da seguinte expressão:

$$\text{N}^\circ \text{ sem./ha} = \frac{10000}{0,75 \times x_1} \quad (3.2)$$

Dessa forma, para uma percentagem de germinação máxima seriam de esperar (x_2) plantas em cada 2,66 metros lineares:

$$x_2 = \frac{2,66}{x_1} \quad (3.3)$$

3.7.2. Biomassa

A biomassa foi medida no início da floração através do registo do número de folhas e do peso associado aos vários órgãos da planta. As amostras foram colhidas em duas datas diferentes, respetivamente 5 e 18 de Julho devido ao desfasamento temporal no desenvolvimento da cultura entre as duas folhas de rega.

Foram escolhidos quatro pontos aleatórios dentro do campo de amostragem e, em cada ponto, foram registadas as distâncias entre quatro plantas consecutivas e retiradas as duas plantas centrais para amostragem/pesagem. As amostras foram divididas em partes e secas na estufa a uma temperatura de (85°C) até atingir peso constante.

3.7.3. Produtividade esperada

Para estimar a produtividade esperada recolheram-se amostras após a formação do ponto negro em quatro pontos aleatórios dentro do campo de amostragem, através do mesmo método

utilizado para a medição da biomassa. O peso seco do grão foi utilizado para calcular a produtividade de acordo com a seguinte fórmula:

$$\text{Produtividade} = \left(\frac{\text{n}^\circ \text{ plant.}}{\text{ha}} \times \frac{\text{n}^\circ \text{ espigas}}{\text{planta}} \times \frac{\text{n}^\circ \text{ grãos}}{\text{espiga}} \times \frac{\text{peso 1000 grãos}}{1000} \right) / 1000 \quad (3.4)$$

Onde:

Produtividade - em kg/ha;

Peso de 1000 grãos - em g.

A conversão da humidade para 14.5% foi feita através da expressão:

$$P_f = \frac{P_i \times (1 - H_i)}{1 - 0,145} \quad (3.5)$$

Onde P_f e P_i referem-se ao peso final e inicial e H_i representa a humidade inicial.

3.7.4. Produtividade Obtida

A produtividade foi estimada utilizando dois métodos diferentes.

Na folha da rampa rotativa utilizou-se uma ceifeira equipada com monitor de produtividade GreenStar 2 Display 2600, no dia 30 de Setembro. O prestador de serviços encarregou-se da calibração do aparelho com um intervalo entre registos de 1s. Os ficheiros com os dados da produtividade foram posteriormente enviados em formato (.xls) e tratados estatisticamente num software próprio.

Na folha da rega subterrânea a colheita foi feita no dia 30 de Outubro e por motivos logísticos sem utilização de monitor de produtividade. A produtividade foi estimada com auxílio de GPS e 5 balanças colocadas nos pontos de apoio do tegão. Foram definidas áreas de amostragem e calculou-se o peso de grão nessas áreas com posterior extrapolação para a totalidade das áreas dos três talhões.

4. Resultados e Discussão

4.1. Percentagem de germinação

A zona da rampa rotativa apresentou uma percentagem de germinação média de 95%.

Na rega subterrânea a percentagem de germinação média foi de 96, 89 e 73% nos talhões 16, 15 e 17 respetivamente (Quadro 13).

Verificou-se que as diferenças na percentagem de germinação nos talhões de rega subterrânea estavam relacionadas com o grau de encharcamento do solo após a sementeira, estando a percentagem de germinação mais baixa associada ao talhão onde se verificou maior encharcamento na fase inicial.

Quadro 13. Percentagem de germinação nas folhas de rega.

Folha de rega	Média	P1574
Rampa rotativa	95%	95%
Talhão 17	73%	73%
Talhão 16	96%	
Talhão 15	89%	

4.2. Biomassa

A medição da biomassa permitiu, no início da floração, verificar diferenças no peso seco da cultura nos dois métodos de rega (Quadros 14 e 15).

Na rampa rotativa as plantas apresentaram um porte mais elevado e o peso médio por planta foi superior.

As espigas em formação apresentaram um peso médio superior na rega subterrânea, com um valor médio de 18,9 g por planta.

Quadro 14. Biomassa para a variedade P1574 na rampa rotativa.

Ponto	Nº de folhas	Folhas (g)	Caule (g)	Afilhamento (g)	Espiga (g)	Bandeira (g)	Dist. Média (m)	Area/planta (m ²)	Plantas/ha	Total (kg/ha)
1	15,0	49,5	106,4	4,3	5,7	3,2	0,2	0,1	86021,5	14533,3
	14,0									
2	14,0	48,3	97,1	6,7	4,5	4,1	0,2	0,1	80000,0	12848,0
	14,0									
3	14,0	47,3	102,4	5,7	10,1	3,7	0,2	0,1	83333,3	14087,5
	13,0									
4	14,0	48,2	100,4	6,8	9,5	4,1	0,1	0,1	103896,1	17548,1
	13,0									
Média	14,0	48,2	101,4	6,2	7,6	3,9	0,2	0,1	84677,4	14310,4
Desvio Padrão	0,6	0,9	3,9	1,2	2,8	0,4	0,0	0,0	10676,9	1994,4
Coef. Variação	0,0	0,0	0,0	0,2	0,4	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1

Quadro 15. Biomassa para a variedade P1574 na rega subterrânea localizada.

Ponto	Nº de folhas	Folhas (g)	Caule (g)	Espiga (g)	Bandeira (g)	Dist. Média (m)	Área/planta (m ²)	Plantas/ha	Total (kg/ha)
1	13,0	39,3	90,9	18,8	2,7	0,2	0,1	86021,5	13049,5
	13,0								
2	13,0	40,6	67,6	26,2	2,5	0,1	0,1	95238,1	13028,6
	13,0								
3	12,0	38,2	85,6	19,0	4,6	0,1	0,1	91954,0	13549,4
	13,0								
4	13,0	29,7	56,3	10,9	3,1	0,2	0,1	78431,4	7835,3
	13,0								
Média	13,0	38,7	76,6	18,9	2,9	0,2	0,1	88987,8	13039,0
Desvio Padrão	0,4	5,0	16,0	6,3	0,9	0,0	0,0	7381,6	2697,7
Coef.Varição	0,0	0,1	0,2	0,3	0,3	0,1	0,1	0,1	0,2

4.3. Produtividade esperada

Verificaram-se diferenças entre a produtividade esperada nos dois métodos de rega. Na rampa rotativa a variedade P1574 apresentou uma produtividade média esperada de 19,8 t/ha e na rega subterrânea localizada 16,6 t/ha (Quadros 16 e 18).

A produção média de grão por planta foi de 449,5 g na rampa rotativa e 437,4 g na rega subterrânea, com índice de colheita médio de 0,50 e 0,61 respetivamente (Quadros 17 e 19).

Quadro 16. Produtividade esperada na rampa rotativa.

	Maçaroca	Nº Linhas	Grão/Linha	Nº Grão	Peso 1000 Grãos (g)	Dist. Média (m)	Área/planta (m ²)	Plantas/ha	Produtividade (t/ha)	Conversão 14,5%
Ponto 1	1,0	18,0	37,0	1208,0	364,9	0,1	0,1	90888,4	20,0	21,6
	2,0	16,0	32,0							
Ponto 2	1,0	18,0	33,0	1185,0	383,5	0,2	0,1	76937,9	17,5	18,8
	2,0	18,0	32,0							
Ponto 3	1,0	16,0	35,0	1309,0	339,7	0,2	0,1	76937,9	17,1	18,4
	2,0	18,0	41,0							
Ponto 4	1,0	16,0	36,0	1221,0	373,2	0,2	0,1	85088,3	19,4	20,9
	2,0	18,0	35,0							
Média		18,0	35,0	1214,5	369,1	0,2	0,1	81013,1	18,4	19,8
Desvio Padrão		1,0	3,0	54,2	18,7	0,0	0,0	6805,2	1,4	1,5
Coef.Varição		0,1	0,1	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1

Quadro 17. Peso das amostras, a peso constante, e índice de colheita na rampa rotativa.

Peso Seco (g)	Caule	Folhas	Camisas	Carolo	Grão	Total	Índice de colheita
Ponto 1	270,2	117,9	31,9	50,5	440,8	911,3	0,48
Ponto 2	298,5	107,9	32,1	58,4	454,4	951,3	0,48
Ponto 3	223,3	111,6	31,3	51,2	444,7	862,1	0,52
Ponto 4	240	105,5	26,2	56,7	455,7	884,1	0,52
Média	255,1	109,75	31,6	53,95	449,55	897,7	0,50
Desvio Padrão	33,25	5,40	2,80	3,94	7,30	38,42	0,02
Coef.Varição	0,13	0,05	0,09	0,07	0,02	0,04	0,04

Quadro 18. Produtividade esperada na zona da rega subterrânea localizada.

	Maçaroca	Nº Linhas	Grão/Linha	Nº Grão	Peso 1000 Grãos (g)	Dist. Média (m)	Area/planta (m ²)	Plantas/ha	Produtividade (t/ha)	Conversão 14,5%
Ponto 1	1	18,0	33,0	1424,0	293,0	0,2	0,2	60606,1	12,6	14,3
	2	20,0	34,0							
Ponto 2	1	14,0	40,0	1126,0	298,4	0,2	0,1	83333,3	14,0	15,8
	2	20,0	24,0							
Ponto 3	1	18,0	44,0	1537,0	340,3	0,2	0,1	70175,4	18,4	20,8
	2	18,0	39,0							
Ponto 4	1	16,0	37,0	1400,0	326,9	0,2	0,2	66666,7	15,3	17,3
	2	16,0	39,0							
Média		18,0	38,0	1412,0	312,6	0,2	0,1	68421,1	14,6	16,6
Desvio Padrão		2,1	6,0	174,4	22,7	0,0	0,0	9609,3	2,4	2,8
Coef.Varição		0,1	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2

Quadro 19. Peso das amostras, a peso constante, e índice de colheita na zona de rega subterrânea localizada.

Peso Seco (g)	Caule	Folhas	Camisas	Carolo	Grão	Total	Índice de colheita
Ponto 1	58,4	117,7	28	46,5	417,2	667,8	0,62
Ponto 2	90,76	71,2	24,6	43,1	336	565,66	0,59
Ponto 3	188,6	128,3	29,2	57,9	523	927	0,56
Ponto 4	101,1	70,5	26,4	46,2	457,6	701,8	0,65
Média	95,93	94,45	27,2	46,35	437,4	684,8	0,61
Desvio Padrão	55,65	30,42	2,00	6,50	78,24	152,37	0,04
Coef.Varição	0,58	0,32	0,07	0,14	0,18	0,22	0,06

4.4. Produtividade obtida

Na rega subterrânea verificou-se uma produtividade média de 11,6 t/ha, com 10,4 t/ha na variedade P1574. Na rampa rotativa a produtividade média foi igual ao híbrido P1574 e atingiu as 19,2 t/ha (Quadros 20 e 21).

Quadro 20. Produtividade obtida na rega subterrânea localizada.

Variedade	Humidade (%)	Área (m ²)	Peso (Kg)	Produtividade (Kg/ha)	Produtividade (14,5%) t/ha
P1535	23	1620	1930	11913,6	10,7
P1574	21,9	1620	1850	11419,8	10,4
SINCERO	21,6	1755	2250	12820,5	11,8
RADIOSO	27,3	1656	2310	13949,3	11,9
RADIOSO	26,9	1431	1600	11181,0	9,6
SY RESERVE	29,7	1611	2925	18156,4	14,9
RH12300	18,1	1611	2570	15952,8	15,3
LG30681	23,7	1611	2780	17256,4	15,4
MAS56A	20,3	1620	2020	12469,1	11,6
DK6532	23,1	1692	2160	12766,0	11,5
DK6630	22,8	1728	2180	12615,7	11,4
Média	23,0	1620,0	2180,0	12766,0	11,6
Desvio Padrão	3,3	84,1	398,8	2381,5	2,0
Coef. Varição	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2

Quadro 21. Produtividade obtida na rampa rotativa.

Variedade	N	Média (t/ha)	Desv. Padrão	CV (%)
RADIOSSO	666	21,761	2,06	9
DK6630	580	21,489	2,04	9
P1570	592	21,279	2,13	10
MIAMI	749	21,084	2,02	10
SINCERO	590	20,966	2,93	14
DK6532	620	20,795	2,4	12
DK6795	721	20,255	2,35	12
P0933(1)	724	19,627	1,6	8
DK6340	615	19,475	2,34	12
P1535	639	19,25	1,97	10
P1574	533	19,181	1,88	10
LG30681	807	18,994	2,27	12
HYDRO	571	18,733	2,31	12
RH12300	526	18,135	2,12	12
LG30597	784	17,934	2,02	11
SY JULIEN	566	17,435	2,17	12
SY RESERV	837	17,288	2,15	12
FARAONIX	490	16,67	1,89	11
MAS66C	532	16,305	1,69	10
MAS560	546	14,95	1,79	12
P0933(2)	578	12,896	2,53	20

4.5. Dotações de rega e eficiência de utilização de água

Na rampa rotativa verificou-se um total de 108 regas desde o dia 4 de Maio até o dia 10 de Setembro com um consumo total de 854,3 mm de água. As dotações iniciais foram de 5-7 mm e passaram para 9-10 mm diários na fase da floração e enchimento do grão.

Na rega subterrânea verificou-se um total de 58 regas desde 19 de Maio até 14 de Setembro com um consumo total de 308,2 mm de água.

A eficiência de utilização de água foi calculada de forma a exprimir o peso de grão produzido, em kg, por metro cúbico de água aplicada (Quadro 22).

Quadro 22. Eficiência de utilização de água nos dois métodos de rega.

	Produtividade média (kg/ha)	Dotação de rega (m³/ha)	Eficiência de utilização de água kg_{grão}/m³_{água}
Rampa rotativa	19181	8543	2,2
Gota-a-Gota enterrada	11600	3082	3,8

Verificou-se que o desenvolvimento radicular nos talhões de rega subterrânea ficou severamente restringido devido à subida do nível freático (Figura 19), provocado por uma

dotação de aproximadamente 50 mm de água nos três primeiros dias após a sementeira (Anexo 7.3).

A presença da toalha freática entre os 45 e os 50 cm de profundidade limitou o crescimento radicular na rega subterrânea, influenciando o desenvolvimento das plantas e o consumo total de água, com um valor final de 308,2 mm de água aplicados, originando uma eficiência de utilização de água média de 3,8 kg de grão por m³ de água aplicada.

Na rampa rotativa, verificou-se uma eficiência de 2,2 kg de grão por m³ de água aplicada, valor mais baixo que na rega subterrânea devido a uma dotação total de 854,3 mm.

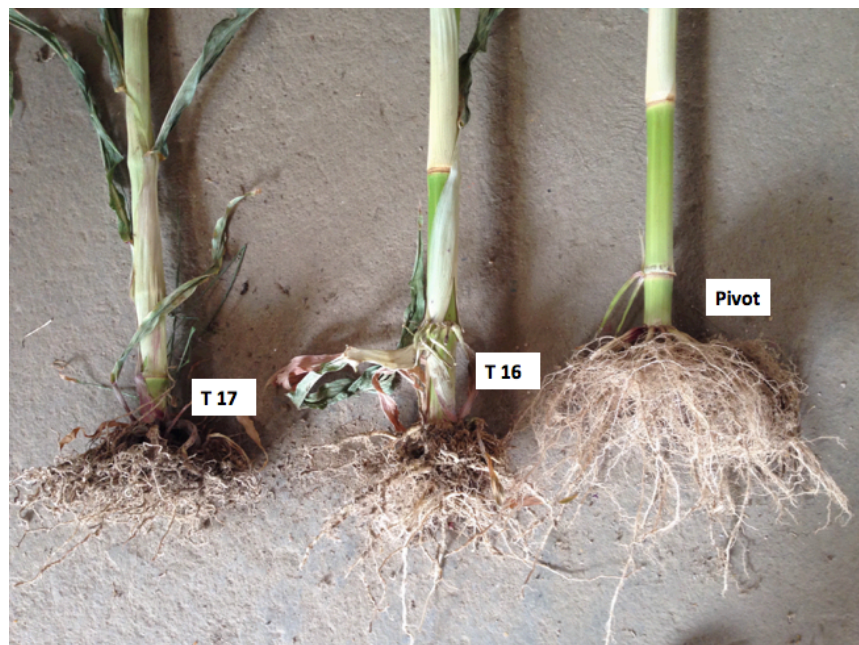


Figura 19. Influência da toalha freática no desenvolvimento das raízes do milho, 27 de Julho de 2015.

Fonte: Autor.

4.6. Coeficiente de uniformidade de rega

Através dos volumes recolhidos nos copos volumétricos (Figura 20), verificou-se, para uma velocidade de 75%, um coeficiente de uniformidade de distribuição de 90% na rampa rotativa. Valor superior a 80%, considerado como limite mínimo para que o sistema opere com boa uniformidade de distribuição.

Verificou-se que apesar do sistema operar com boa uniformidade de distribuição, o volume de água coletado mostrou-se mais variável na porção final da rampa, atingindo os 7 mm nos dois últimos copos volumétricos.

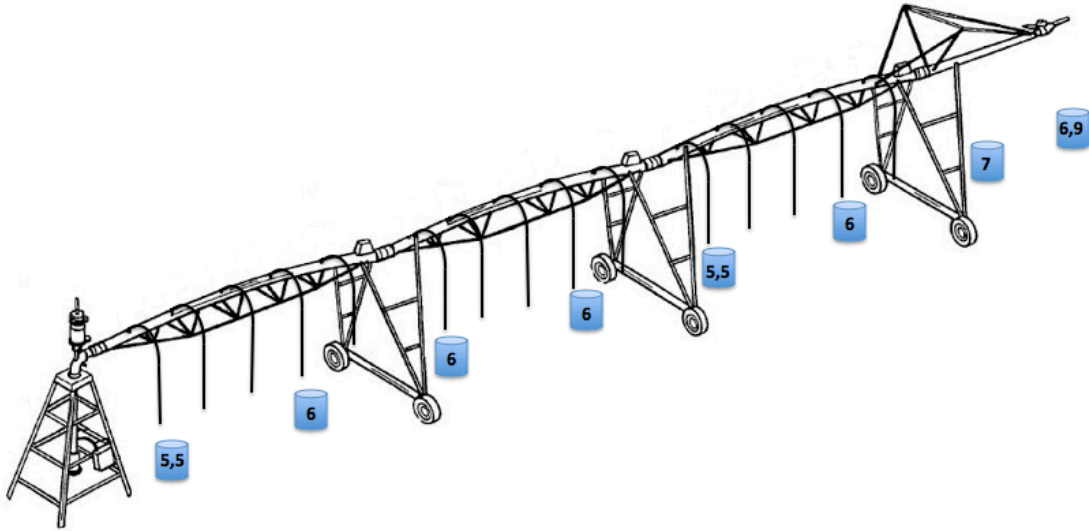


Figura 20. Volume de água recolhido pelos copos volumétricos, em mm, durante uma rega de 6mm.

4.7. Avaliação da condução de rega

4.7.1. Gráficos da condução de rega fornecidos pela Terrapro.

Segundo os critérios e o relatório final da Terrapro, na rampa rotativa (Figura 21), o teor de humidade esteve de uma forma geral, dentro dos limites de rega, com uma subida desnecessária na fase final.

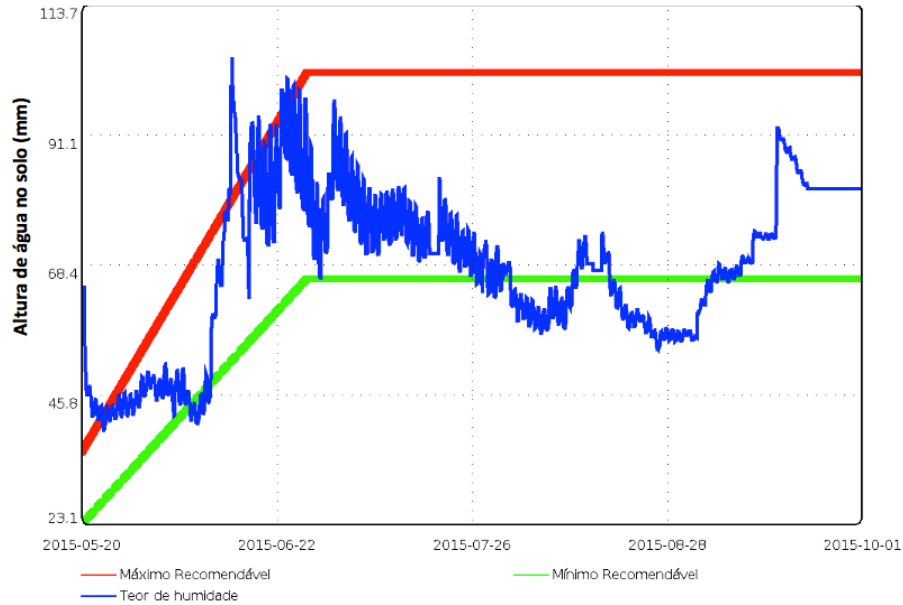


Figura 21. Curva de água no solo na rampa rotativa, fornecida pela Terrapro. As linhas vermelha e verde correspondem à CC e LRFU respetivamente.

Na sonda da rega subterrânea (Figura 22), a empresa afirmou que a fase inicial foi caracterizada por um excesso de água no solo e que no final de Julho o teor de água era muito baixo. A empresa referiu ainda a possibilidade da sonda ter sido instalada numa zona de calo, provocado durante a instalação do sistema de rega.

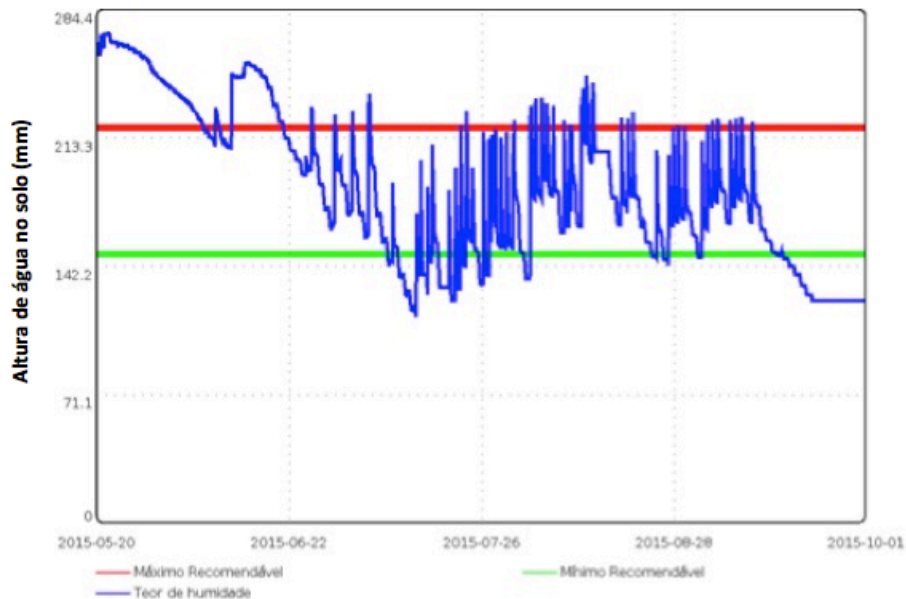


Figura 22. Curva de água no solo no talhão 15, fornecida pela Terrapro. As linhas vermelha e verde correspondem à capacidade de campo e LRFU respetivamente.

4.7.2. Avaliação da condução da rega com base nos dados das sondas

4.7.2.1. Rampa rotativa

Através dos dados da sonda verificou-se que a zona de influência radicular atingia os 40 cm de profundidade (Figura 23). Não se verificou variação significativa da % de humidade aos 50 e 60 cm, possivelmente devido ao esquema de rega diário em que a zona radicular foi diariamente reabastecida com água, não necessitando as raízes de explorar grandes profundidades.

O gráfico da variação da % de humidade no solo (Figura 24), demonstrou que a água do solo esteve, no geral, dentro dos limites de rega. Com exceção de uma chuvada de 13,8 mm em Junho que provocou uma subida da curva acima da CC e de uma ligeira descida abaixo do limite inferior de rega em Agosto.

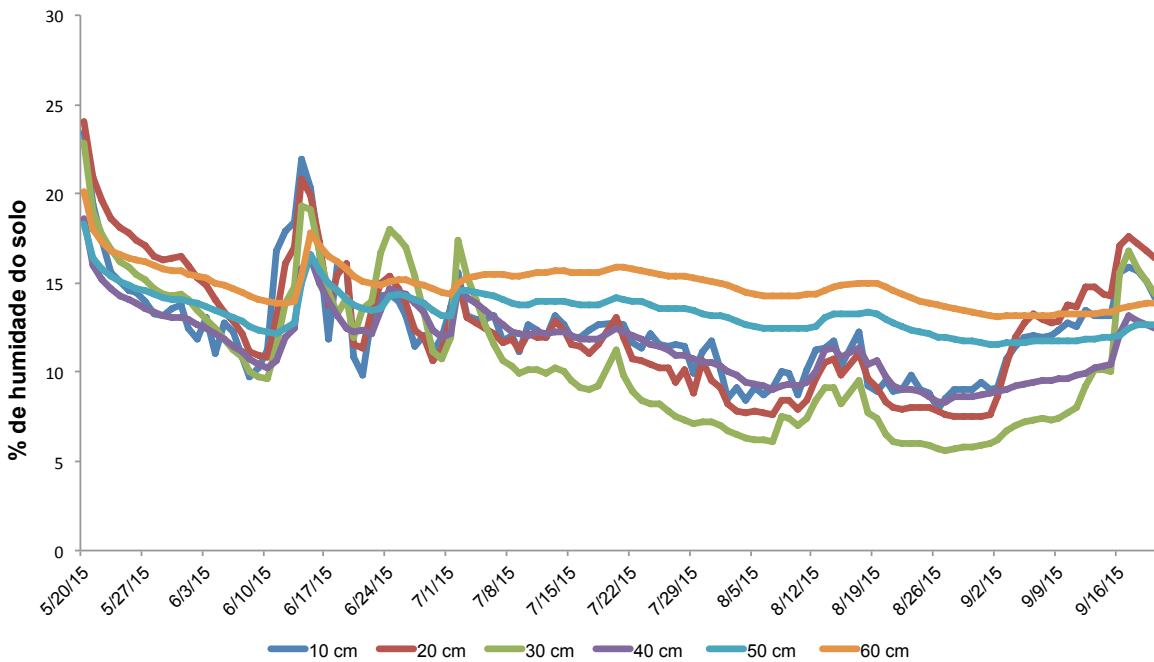


Figura 23. Variação da percentagem de humidade com a profundidade, sonda da rampa rotativa.

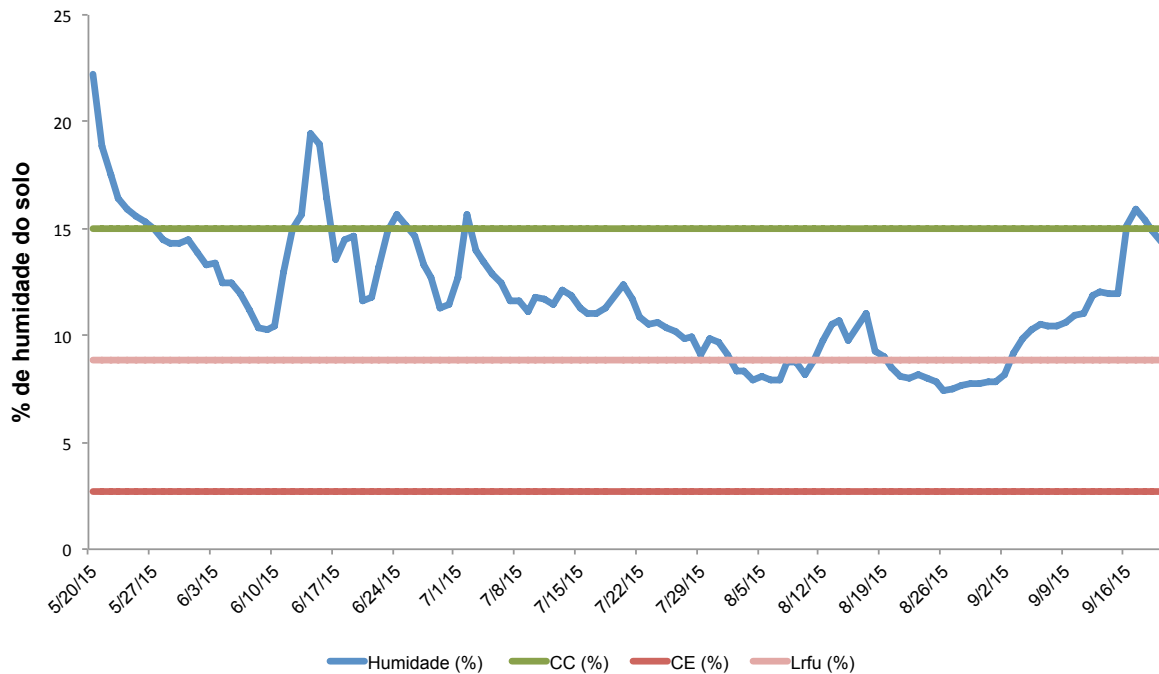


Figura 24. Variação da % de humidade no solo ao longo da campanha, sonda da rampa rotativa.

4.7.2.2. Rega subterrânea

No gráfico da variação da % de humidade com a profundidade (Figura 25), verificou-se valores superiores de humidade nas camadas inferiores pelo facto da rega ser feita a 35 cm de profundidade.

Neste gráfico observou-se que a toalha freática esteve muito perto da superfície até ao final de Junho. A partir do final de Junho verificou-se uma diminuição da % de humidade aos 40 e 50 cm de profundidade.

O gráfico da variação da % de humidade no solo (Figura 26), demonstrou que a condução da rega não foi eficiente. Segundo os dados das sondas, o início da campanha foi caracterizado por um excesso de água no solo, que acabou por atingir o coeficiente de emurchecimento no dia 14 de Julho, estando praticamente o mês de Julho abaixo do limite inferior de rega.

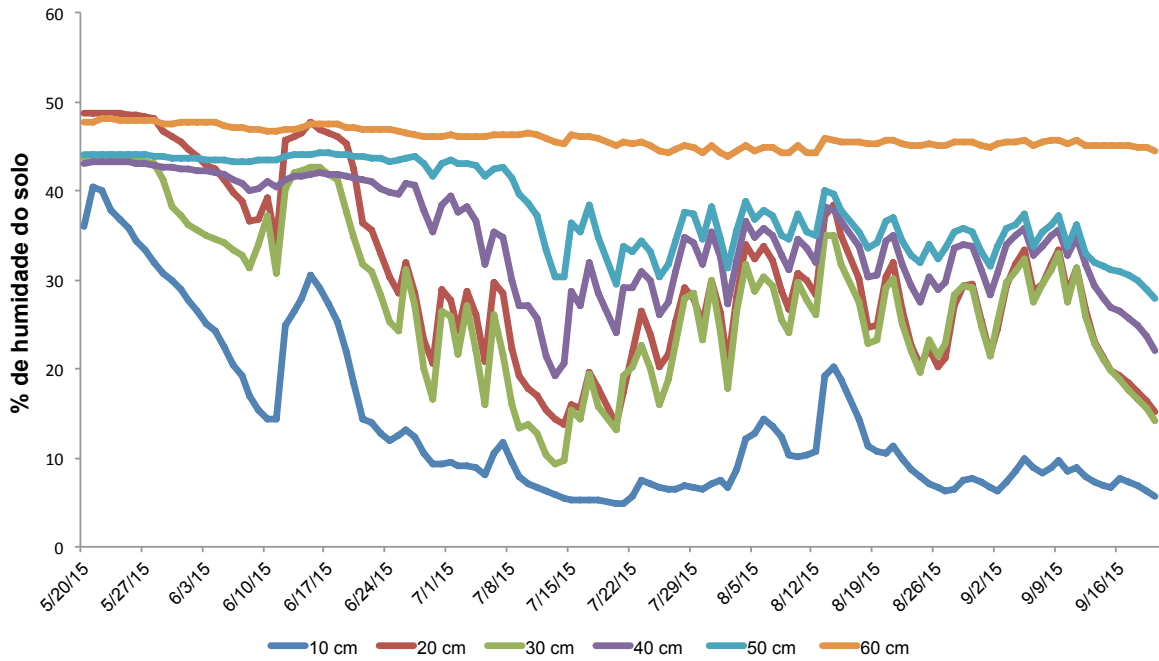


Figura 25. Variação da percentagem de humidade com a profundidade, sonda do talhão 15.

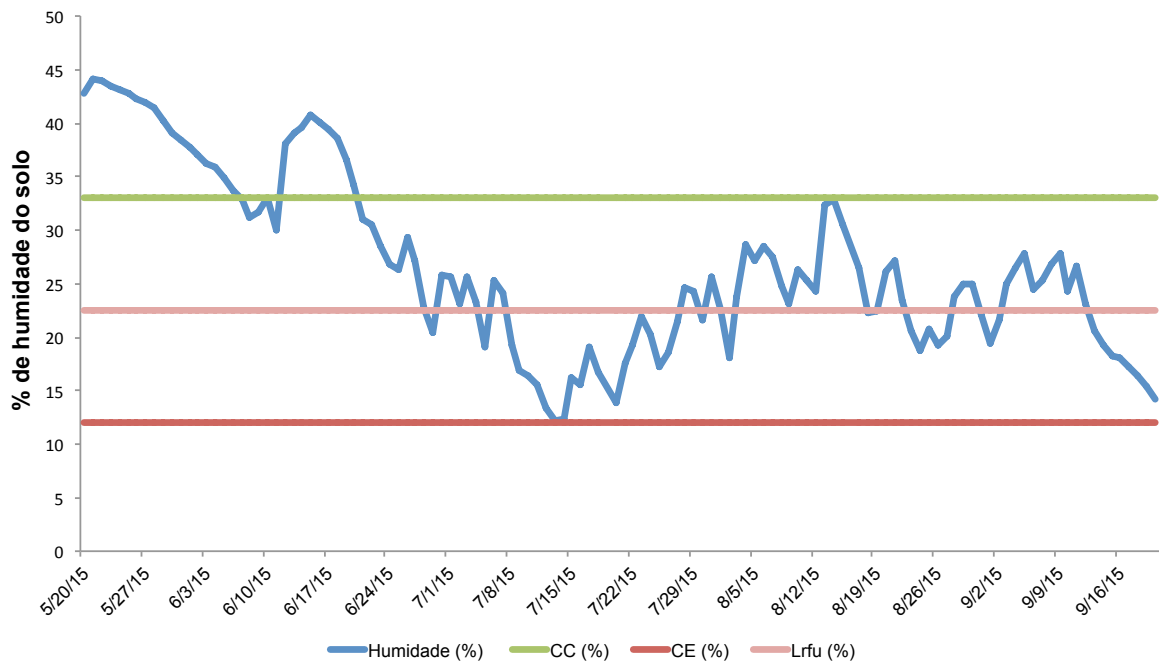


Figura 26. Variação da % de humidade no solo ao longo da campanha, sonda da rega subterrânea.

4.7.3. Balanço hídrico

4.7.3.1. Rampa rotativa

Através da variação do teor de água no solo prevista pelo modelo (Figura 27), verificou-se que a cultura não esteve sujeita a situações de stress hídrico. O teor de humidade do solo esteve praticamente durante toda a campanha próximo da CC, ultrapassando esse valor em várias regas. De acordo com o programa, verificou-se uma perda de 198,6 mm de água provocada por uma rega excessiva.

A ET_c total apresentou um valor de 549 mm, valor praticamente igual ao da ET_m , 549,3 mm.

Verificou-se que a dotação de rega aplicada, 854,3 mm, foi superior ao valor da ET_c , mesmo para uma eficiência de rega de 85%, com 726 mm de água disponíveis para a cultura.

A quebra de produção, calculada pelo modelo de Stewart (Eq. 2.10), foi praticamente nula devido à ausência de períodos de stress hídrico.

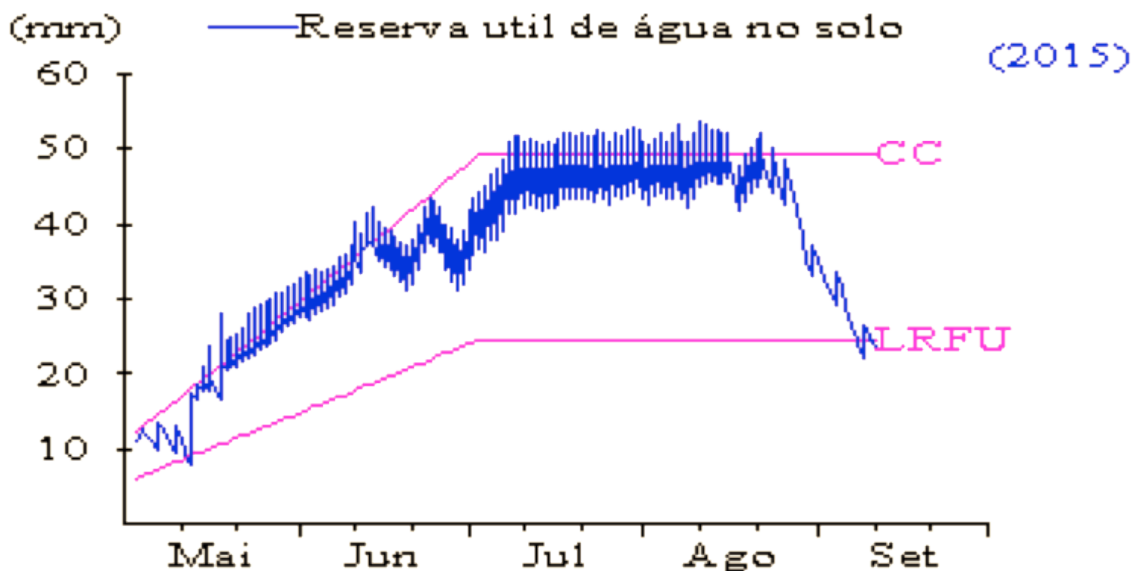


Figura 27. Variação da reserva útil de água no solo na rampa rotativa, ISAREG.

O contraste entre os dados da % de água no solo registados pela sonda e previstos pelo modelo (Figura 28), originou duas curvas diferentes, salva exceção para a precipitação que ocorreu no dia 13 de Junho, que originou valores semelhantes entre os dois métodos até ao final de Junho.

Apesar do volume de água aplicado ter sido superior à ET_c , a sonda registou valores reduzidos da % de humidade do solo desde Julho até ao final de Agosto e não se verificou uma variação da % de humidade aos 50 e 60 cm de profundidade (Figura 23), mesmo com o excesso de água aplicado.

No final da campanha a sonda registou uma subida da % de humidade, chegando mesmo à CC. O facto da sonda registar valores crescentes da % de humidade do solo numa fase de diminuição da rega e ausência de precipitação, levaram a presumir que a sonda apresentou erros de leitura.

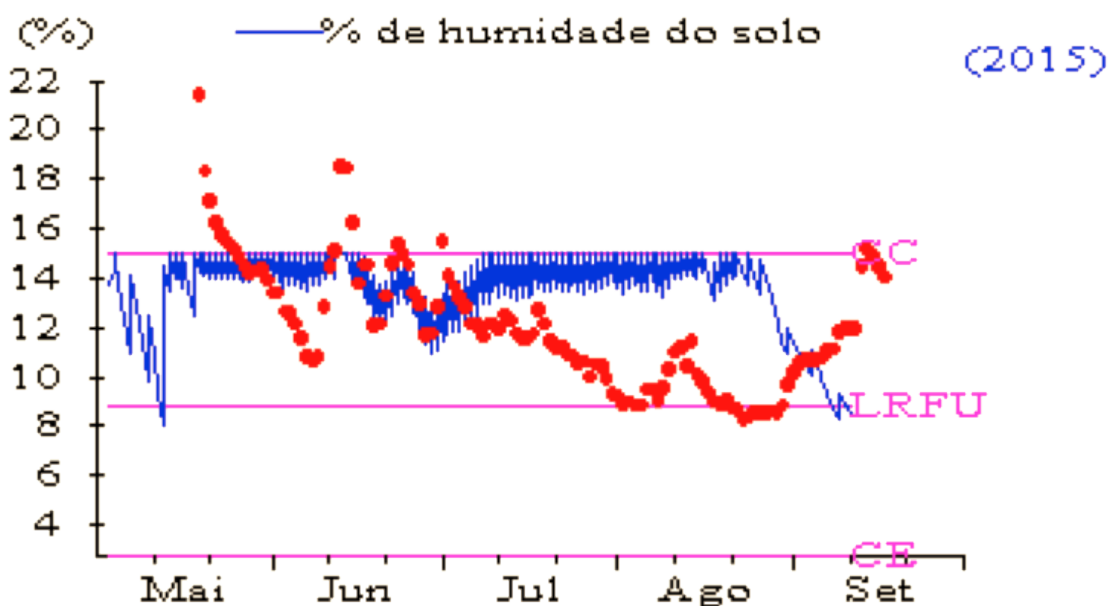


Figura 28. Variação da percentagem de humidade do solo (linha azul) vs. registos da sonda (pontos vermelhos), na rampa rotativa, ISAREG.

4.7.3.2. Rega subterrânea

A variação do teor de água no solo prevista pelo modelo (Figura 29), originou um gráfico com uma fase inicial caracterizada por um excesso de água, que acabou por dar origem a uma campanha em que o teor de água esteve abaixo do LRFU.

O excesso de água na fase inicial foi provocado pela toalha freática e pelas elevadas dotações aplicadas nas primeiras regas. De acordo com o programa verificou-se uma perda de 49 mm devido ao excesso de água aplicado na fase inicial.

Verificou-se um valor de 419,5 mm na ET_c , valor mais baixo que a ET_m , com um quociente de 0,785.

De acordo com o modelo a ascensão capilar tomou um valor de 85,7 mm, com um consumo máximo de 4 mm por dia.

Devido ao stress hídrico verificado no decorrer da campanha, de acordo com o modelo de Stewart (Eq. 2.10) verificou-se uma quebra de produção de 25,8%.

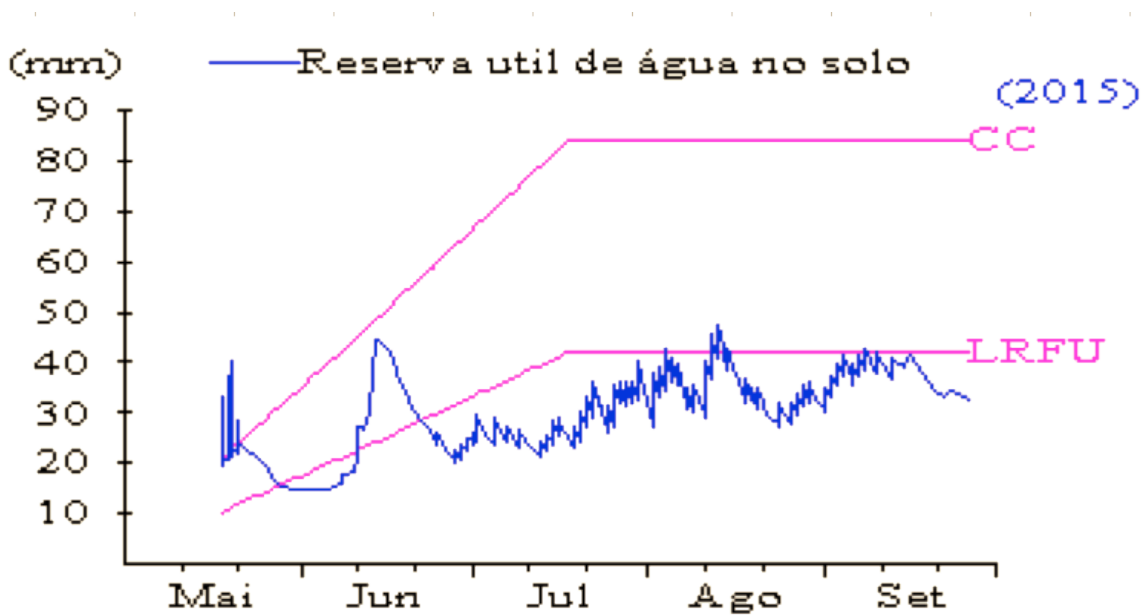


Figura 29. Variação da reserva útil de água no solo no talhão 15 da rega subterrânea, ISAREG.

O contraste entre os dados da % de água no solo registados pela sonda e previstos pelo modelo (Figura 30), originou duas curvas com uma tendência semelhante mas com desfasamento entre elas. Verificou-se que os resultados divergiram, em certa forma por um desfasamento do modelo, que só considera os valores da % de humidade do solo até à CC. Além da limitação do modelo, a calibração da sonda também influenciou o posicionamento da curva devido aos valores relativos dos registos da sonda.

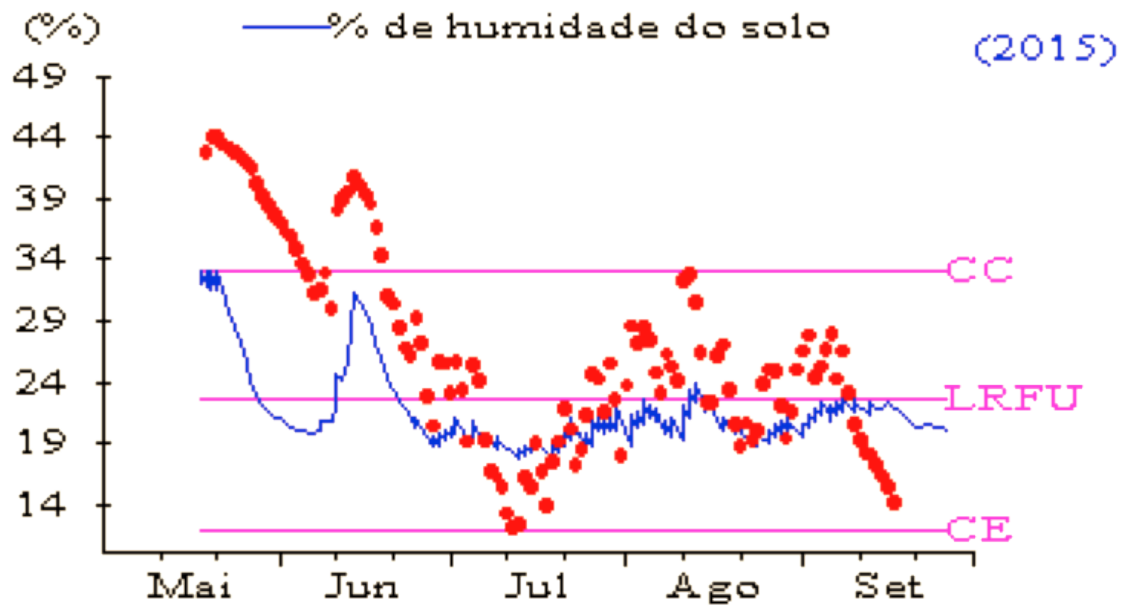


Figura 30. Variação da percentagem de humidade do solo (linha azul) vs. dados obtidos pela sonda (pontos vermelhos), no talhão 15, ISAREG.

5. Conclusões

O objetivo da dissertação foi realizar uma avaliação ex-post da condução da rega através de sondas capacitivas e do balanço hídrico, numa rampa rotativa e num sistema de rega subterrânea, na cultura do milho, em Coruche. Após a análise das curvas da variação de água no solo, verificou-se que os resultados divergiram entre os dois métodos utilizados na avaliação da condução da rega.

Identificaram-se os seguintes casos nas duas folhas de rega:

Rampa rotativa: Verificou-se uma harmonia entre a % de humidade registada pela sonda e prevista pelo modelo desde o dia 13 de Junho até ao final desse mês. No resto da campanha, apesar dos valores estarem, no geral, dentro dos limites de rega, a sonda registou valores de humidade mais baixos e com uma tendência diferente, principalmente na fase final da campanha. Nessa fase a sonda começou a registar valores mais elevados da % de água no solo.

Concluiu-se que a condução da rega foi eficaz, no sentido em que a planta não experimentou stress hídrico, no entanto não foi eficiente. Segundo o ISAREG, verificou-se uma aplicação excessiva de água, no qual se perderam 198,6 mm de água.

Rega subterrânea: Verificou-se uma tendência semelhante entre a curva da % de humidade registada pela sonda e prevista pelo modelo. Apesar da tendência, verificou-se um desfasamento entre os dois métodos. Concluiu-se que o desfasamento foi provocado essencialmente por duas fontes: uma limitação do modelo, que apenas apresenta valores até à CC, e aos valores relativos registados pela sonda, devido à calibração feita em laboratório. É importante referir que as sondas instaladas comercialmente são calibradas através de uma regressão baseada em vários tipos de solos, utilizada para demonstrar uma variação relativa da % de água no solo.

Concluiu-se que a condução da rega não foi eficaz nem eficiente. A fase de emergência foi caracterizada por um excesso de água no solo, provocado por uma subida do nível freático resultante da aplicação de regas excessivas após a sementeira. No decorrer da campanha a % de água no solo esteve abaixo do LRFU durante grande parte do tempo, demonstrando que a cultura esteve exposta a um stress hídrico prolongado.

Em relação ao consumo de água e à produtividade obtida, verificaram-se os seguintes casos nas duas folhas de rega:

Rampa rotativa: Verificou-se uma produtividade média de 19,18 t/ha, valor igual à produtividade do híbrido P1574. No total foram aplicados 854,3 mm de água, com uma eficiência de utilização de água de $2,2 \text{ kg}_{\text{grão}}/\text{m}^3$ de água aplicada. Verificou-se que o valor da dotação aplicada foi superior aos 549 mm da ET_c , resultando em perdas de água por rega excessiva.

Concluiu-se que a produtividade na folha de rega da rampa rotativa foi elevada, sem quebras de produção provocadas por carência hídrica. No entanto o excesso de água aplicado fez baixar a eficiência da utilização de água.

Rega subterrânea: Verificou-se uma produtividade média de 11,6 t/ha, com 10,4 t/ha no híbrido P1574. No total foram aplicados 308,2 mm de água, valor inferior aos 419,5 mm da ET_c . De acordo com o ISAREG, verificou-se um consumo adicional de 85,7 mm por ascensão capilar. A eficiência de utilização de água foi de $3,8 \text{ kg}_{\text{grão}}/\text{m}^3$ de água aplicada.

Conclui-se que a produtividade na rega subterrânea ficou comprometida pela existência de uma toalha freática próxima da superfície. As quebras germinativas originadas pelo excesso de água, a posterior limitação do sistema radicular e a gestão deficiente da condução da rega originaram quebras na produção final de grão, com uma quebra de 25,8 % segundo o modelo de Stewart.

5.1. Considerações finais e propostas de estudo

Verificou-se uma importante divergência entre os resultados dos métodos utilizados na avaliação da condução da rega.

As diferenças verificadas foram em grande parte devido ao elevado grau de heterogeneidade das características texturais e estruturais entre as duas folhas de rega e ao facto de apenas se ter utilizado uma sonda, não calibrada, em cada folha de rega.

A presença de apenas um ponto de controlo da evolução da % de humidade no solo, em cada folha de rega, obrigou, em alguns casos, o recurso ao senso comum de forma a obter conclusões plausíveis à cerca das divergências observadas.

Dessa forma, seria interessante realizar um novo estudo, com igualdade de circunstâncias entre métodos de rega, com um maior número de sondas instaladas e em diferentes zonas para perceber as diferenças nos resultados e chegar a conclusões mais assertivas e próximas da realidade.

6. Referências bibliográficas

Abendroth, L. J.; Elmore, R. W.; Boyer, M. J.; Marlay, S.K. (2011). *Corn Growth and Development*. Iowa State University, University Extension, 49pp.

Alam, M.; Trooien, T. P.; Lamm, F. R.; Rogers, D. H. (2002). *Filtration and Maintenance Considerations for Subsurface Drip Irrigation (SDI) Systems*. Irrigation Management Series, Kansas State University, 4pp.

Allen, R. G.; Pereira, L. S.; Raes, D.; Smith, M. (1998). *Crop Evapotranspiration: Guidelines for computing crop requirements*. FAO, Irrigation and Drainage Paper n. 56, FAO, Rome, Italy, 300pp.

Associação Nacional dos Produtores de Milho e Sorgo (ANPROMIS) (2015). *Dados estatísticos*. Disponível em: <http://www.anpromis.pt/dados-estatisticos/> [acedido a 15 de Fevereiro de 2016].

Associação de Regantes e Beneficiários do Vale do Sorraia (ARBVS) (2015). *Informação Agroclimática*. Disponível em: <http://www.arbvs.pt/dadosclima -.VsG-Qsf5Kh8> [acedido a 15 de Fev. de 16].

Berne, D. (2015). *Agriculture Irrigation Initiative: Overview of Center Pivot Irrigation Systems*. Northwest Energy Efficiency Alliance. Report #E15-003, 15pp.

Camp, C. R.; Lamm, F. R.; Evans, R. G.; Phene, C. J. (2000). *Subsurface Drip irrigation - Past, Present and Future*. In Proc. Fourth Decennial Nat'l Irrigation Symp, 10pp.

Cardoso, J. C. (1965). *Os Solos de Portugal, Sua Classificação, Caracterização e Génese, A Sul do Rio Tejo*. Direção-Geral dos Serviços Agrícolas. Lisboa, 310pp.

Costa, J. (1979). *Caracterização e Constituição do Solo*. 2ª ed. Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa, 527pp.

Doorenbos, J.; Pruitt, W. O. (1977). *Crop Water Requirements*. FAO Irrigation and Drainage Paper n. 24, FAO, Rome, 154pp.

Doorenbos, J.; Kassam, A. H. (1986). *Yield Responde to Water*. FAO Irrigation and Drainage Paper n. 33, FAO, Rome, 170pp.

FAO (2009). *How to Feed the World in 2050*. Disponível em: <http://www.fao.org/wsfs/forum2050/wsfs-forum/en/> [acedido a 21 de Maio de 2016].

Farnham, D. E.; Benson, G. O.; Pearce, R. B. (2003). *Corn perspective and culture*. American Association of Cerial Chemicals, Minesota, USA, 33pp.

Faurès, J. M.; Hoogeveen, J.; Bruinsma, J. (2010). *The FAO Irrigated Area Forecast for 2030*. Land and Water Development Division, FAO, Rome, 14pp.

Fernando, R. M. (1993). *Quantificação do balanço hídrico de um solo regado na presença de uma toalha freática. Simulação com o modelo SWATRER*. Dissertação apresentada no Instituto Superior de Agronomia para efeito de prestação de provas de Doutoramento. ISA/UTL, Lisboa, 293pp.

Gonçalves, M. C. (1994). *Características hidrodinâmicas dos solos: sua determinação e funções de pedo-transferência*. Dissertação apresentada no Instituto Superior de Agronomia para efeito de prestação de provas de Doutoramento. ISA/UTL, Lisboa, 243pp.

Hargreaves, G. H.; Samani, Z. A. (1985). *Reference Crop Evapotranspiration From Temperature*. Applied Engineering in Agriculture, 12pp.

Instituto Nacional de Estatística (INE) (2015). *Estatísticas Agrícolas 2014*. Disponível em: https://www.ine.pt/xportal/xmain?xpid=INE&xpgid=ine_publicacoes&PUBLICACOESpub_boui=24773630&PUBLICACOESmodo=2 [acedido a 15 de Fev. de 16].

IPMA (2015). *Boletim Climatológico Anual*. Disponível em: https://www.ipma.pt/resources.www/docs/im_publicacoes/edicoes.online/20160118/EHqOkNyqVxeHzzqfavaa/cli_20150101_20151230_pcl_aa_co_pt.pdf [acedido a 21 de Maio de 2016].

Irmak, S.; Rathje, W. R. (2014). *Plant Growth and Yield as Affected by Wet Soil Conditions Due to Flooding or Over-Irrigation*. University of Nebraska - Lincoln Extension, Institute of Agriculture and Natural Resources, 4pp.

Jensen, M. E.; Wright, J. L.; Pratt, B. J. (1971). *Estimating Soil Moisture Depletion from Climate Crop and Soil Data*, USDA, 6pp.

Jensen, M. E.; Burman, R. D.; Allen, R. G. (1990). *Evapotranspiration and Irrigation Water Requirement*. ASCE Manuals and Reports on Engineering Practice nº 70, New York, 332 pp.

Kranz, W. L.; Martin, D. L.; Irmak, S.; Donk, S. J. (2008). *Irrigation Management for Corn*. NebGuide G1850, Nebraska Extension. Disponível em: <http://extensionpublications.unl.edu> [acedido a 15 de Fevereiro de 2016].

Lamm, F. R.; Rogers, D.H.; Alam, M. (2003). *SDI Water Quality Assessment Guidelines*. Kansas State University, Northwest Research Extension, 10pp.

Lamm, F. R.; Rogers, D. H. (2009). *Keys to Successful Adoption of SDI – Minimizing Problems and Ensuring Longevity*. Kansas State University, Northwest Research Extension Center, 12pp.

Magalhães, P.; Durães, F. (2006). *Fisiologia da produção de milho*. Circular Técnica n. 76, Embrapa, Sete Lagoas, 10pp.

Muñoz-Carpena, R. (2005). *Field Devices For Monitoring Soil Water Content*. University of Florida, IFAS Extension, 15pp.

Nafziger, E. (2009). *Illinois Agronomy Handbook – Corn*. Department of Crop Sciences, 14pp.

NETAFIM (2015). *Corn Production Manual*. Disponível em: <http://www.netafimusa.com/files/literature/agriculture/other-literature/crop-applications/Corn-Manual.pdf> [acedido a 23 de Fevereiro de 2016].

Oliveira, I. (2011). *Técnicas de Regadio – Teoria e Prática*. 2ª ed. Edição do Autor, 1765pp.

Paes, V. M. T. B. (2011). *Análise da Variabilidade Espaço-Temporal da Produtividade do Milho numa Parcela da Região da Golegã*. Dissertação para Obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Agronómica. ISA/UTL, Lisboa, 96pp.

Pereira, L. S. (1991). *Sprinkler Irrigation Systems: Equipments, Design and Evaluation* (Lecture Notes). Instituto Agronómico Mediterrâneo, Bari, 104pp.

Pereira, L. S.; Feddes, R. A.; Gilley, J. R.; Lesaffre, B. (1996). *Sustainability of Irrigated Agriculture*. Kluwer Academic Publishers, The Netherlands, 358pp.

Piperno, D. R.; Flannery, K.V. (2002). *The Earliest Archaeological Maize (Zea mays L.) From Highland Mexico: New accelerator mass spectrometry dates and their implications*. Proceedings of the National Academy of Sciences 98: 2101 – 2103.

Raposo, J. R. (1994). *A rega localizada (gota-a-gota e miniaspersão)*. Edições Correio Agrícola. Hubel, Lisboa, 166pp.

Raposo, J. R. (1996). *A Rega – Dos primitivos regadios às modernas técnicas de regadio*. Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa, 488pp.

Ritchie, S.; Hanway, J. J. (1971). *How a corn plant develops*. Special Report n. 48. Iowa State University - Cooperative Extension Service, 17pp.

Rodrigues, P. A. N. (1997). *Condução da Rega com Rampas Rotativas – Herdade da Torre das Figueiras em Monforte. Relatório do Trabalho de Fim de Curso de Engenharia Agronómica*. ISA/UTL, Lisboa, 99pp.

Rolland, L. (1982). *Mechanized Sprinkler Irrigation*. FAO Irrigation and Drainage Paper n. 35, FAO, Rome, 409pp.

Shahidian, S. (2012). *Gestão da Água no Regadio*. ICAAM - ECT Universidade de Évora, 19pp.

Sousa, P. M. L. R. (1990). *Modelação e gestão em rega por canteiros de nível*. Dissertação para efeito de prestação de provas de doutoramento. ISA/UTL, Lisboa, 281pp.

Teixeira, J. L. (1989). *Modelos de programação e condução de rega*. Dissertação apresentada no Instituto Superior de Agronomia para efeito de prestação de provas de Doutoramento. ISA/UTL, Lisboa, 303pp.

Teixeira, J. L. (1994). Guia do Utilizador do Programa ISAREG. DER/ISA, Lisboa, 70 pp.

TERRAPRO (2016). *Equipamentos*. Disponível em: <http://www.terraprotechnologies.com> [acedido a 15 de Fevereiro de 2016].

Topp, G. C. (1980). *Electromagnetic determination of soil water content: measurements in coaxial transmission lines*. Water Resources Research 16, 574-582.

TRAXCO (2006). *Componentes para sistemas de riego Pivot*. Disponível em https://picasaweb.google.com/lh/photo/UHa098WuOf9_UOYuJx3hg. [acedido a 15 de Fev. de 2016].

United States Department of Agriculture - Foreign Agricultural Services (2016). *Grain – World Markets and Trade*. Disponível em: <http://www.fas.usda.gov/data/grain-world-markets-and-trade> [acedido a 15 de Fev. de 2016].

Veihmeyer, F. J.; Stevens, K. R. (1931). *The Moisture-Equivalent as a Measure of the Field-Capacity of soils*. Soil Sci. 68:181-193.

7. Anexos

7.1. Características dos sistemas de rega a funcionar na E.E.A.T.

Quadro 23. Características da rampa rotativa a funcionar na E.E.A.T.

Rampa rotativa	
Tipo de rampa	sectorial (272°)
Marca e modelo	Valley 5120 de 5"
Raio	192,85 m
Lance suspenso	22,50 m
Alcance aspersor final	10 m
Velocidade máx. última torre	1,95 m/min.
Área regada (ha)	9,77
Tempo de rotação	06h:31min
Dotação mínima de rega	4,34 mm
Pressão aspersor final	2 Kg/cm ²
Pressão ao manómetro do pivot	2,7 Kg/cm ²
Pressão mínima manóm. Bombagem	3,2 Kg/cm ²
Caudal de projeto	65,05 m ³ /h
Altura manométrica total	4,85 kg/cm ²

Quadro 24. Perdas de carga totais no sistema de rampa pivotante.

Perdas de carga	kg/cm²
Tubagem do pivot	0,2
Altura do pivot	0,2
Centro do pivot ao ponto mais alto	0,3
Tubagem de alimentação (total)	0,45
Aspiração/elevação	1,5
Outras perdas na bombagem	0,2
Total	2,85

Quadro 25. Velocidade, em porcentagem, relativa ao tempo de funcionamento do motor da última torre.

Equivalência velocidade rotação/Tempo de rotação/Dotação de rega
100% - 06h31min - 4,34 mm
90% - 07h14min - 4,82 mm
80% - 08h08min - 5,42 mm
70 % - 09h18min - 6,20 mm
60% - 10h51min - 7,23 mm
50% - 13h01min - 8,67 mm
40% - 16h17min - 10,84 mm

Quadro 26. Características do sistema de rega subterrânea a funcionar na E.E.A.T.

Sistema gota-a-gota subterrânea	
Electrobomba	Pentax CM50-200 20cv
Altura manométrica total	4 Kg/cm ²
Caudal de projeto	60 m ³ /h
Tubagens (diâmetro/pressão)	110 mm / 6 bar 125 mm / 6 bar
Bomba doseadora	226 l/h
Gotejadores	TopDrip A.S 22
Pressão funcionamento	2,5 kg/cm ²
Débito	1,6 l/h
Taxa de aplicação	4,2 mm/h
Descarga máxima	69 m ³ /h
Pressão requerida	4 Kg/cm ²
Intervalo entre gotejadores	0,5 m
Entrelinha	0,75 m

7.2. Regas efetuadas durante a campanha na rampa rotativa.

Rega	Data	Volume (mm)	Excesso (mm)	Reserva (mm)	Etc/Etm	% da RU	Humidade (% vol.)
1	5/mai	3,7	0,0	12,2	1,0	94,9	14,4
2	8/mai	3,7	0,0	9,9	1,0	67,6	11,0
3	11/mai	3,7	0,0	9,5	1,0	57,7	9,8
4	14/mai	9,6	0,0	7,9	0,9	43,0	8,0
5	15/mai	5,9	0,0	16,6	1,0	88,2	13,5
6	16/mai	5,9	1,5	17,8	1,0	91,8	14,0
7	17/mai	5,9	3,7	17,7	1,0	88,8	13,6
8	19/mai	11,3	7,0	16,8	1,0	79,6	12,5
9	20/mai	4,2	2,9	20,4	1,0	93,9	14,3
10	21/mai	4,2	2,8	20,8	1,0	93,3	14,2
11	22/mai	4,2	2,5	21,2	1,0	92,3	14,1
12	23/mai	4,2	2,4	21,7	1,0	92,1	14,0
13	24/mai	5,9	3,9	22,1	1,0	91,7	14,0
14	25/mai	5,9	4,0	22,7	1,0	92,0	14,0
15	26/mai	5,9	3,9	23,2	1,0	91,9	14,0
16	27/mai	5,9	3,8	23,7	1,0	91,5	14,0
17	28/mai	5,9	3,4	23,9	1,0	90,5	13,8
18	29/mai	5,9	3,6	24,7	1,0	91,2	13,9
19	30/mai	5,1	3,3	25,9	1,0	93,5	14,2
20	31/mai	5,1	3,2	26,4	1,0	93,3	14,2
21	1/jun	5,1	3,1	26,9	1,0	93,2	14,2
22	2/jun	5,1	3,1	27,5	1,0	93,2	14,2
23	3/jun	5,9	3,3	27,5	1,0	91,1	13,9
24	4/jun	5,9	2,5	27,3	1,0	88,9	13,6
25	5/jun	5,9	2,7	28,1	1,0	89,5	13,7
26	6/jun	5,1	1,7	28,6	1,0	89,5	13,7
27	7/jun	5,1	1,3	28,8	1,0	88,3	13,6
28	8/jun	5,1	1,0	29,2	1,0	87,8	13,5
29	9/jun	5,1	1,7	30,4	1,0	89,9	13,8
30	10/jun	5,1	1,6	30,9	1,0	89,7	13,7
31	11/jun	5,1	2,2	32,1	1,0	91,6	14,0
32	12/jun	5,1	4,5	35,7	1,0	100,0	15,0
33	13/jun	5,1	2,2	33,4	1,0	92,1	14,0
34	14/jun	5,1	4,5	36,9	1,0	100,0	15,0
35	15/jun	5,1	4,5	37,5	1,0	100,0	15,0
36	16/jun	5,1	1,9	34,9	1,0	91,6	14,0
37	17/jun	5,1	0,8	34,5	1,0	89,0	13,6
38	18/jun	5,1	0,0	33,8	1,0	85,9	13,3
39	19/jun	5,1	0,0	33,3	1,0	83,2	12,9
40	20/jun	5,1	0,0	32,5	1,0	80,0	12,5
41	21/jun	5,9	0,0	31,0	1,0	75,2	12,0
42	22/jun	5,9	0,0	32,0	1,0	76,4	12,1
43	23/jun	5,9	0,0	33,8	1,0	79,6	12,5
44	24/jun	5,9	0,0	36,2	1,0	84,0	13,0
45	25/jun	5,9	0,0	37,4	1,0	85,8	13,2
46	26/jun	5,9	0,0	37,1	1,0	83,7	13,0
47	27/jun	5,9	0,0	36,4	1,0	81,0	12,7
48	28/jun	5,9	0,0	34,1	1,0	74,8	11,9
49	29/jun	6,8	0,0	32,5	1,0	70,5	11,4
50	30/jun	6,8	0,0	31,2	1,0	66,8	10,9
51	1/jul	6,8	0,0	32,2	1,0	67,9	11,1
52	2/jul	7,7	0,0	34,0	1,0	70,9	11,4
53	3/jul	7,7	0,0	35,7	1,0	73,5	11,7
54	4/jul	7,7	0,0	36,6	1,0	74,5	11,9
55	5/jul	8,5	0,0	36,4	1,0	73,9	11,8

Rega	Data	Volume (mm)	Excesso (mm)	Reserva (mm)	Etc/Etm	% da RU	Humidade (% vol.)
56	6/jul	8,5	0,0	37,9	1,0	77,0	12,2
57	7/jul	9,4	0,0	38,0	1,0	77,2	12,2
58	8/jul	9,4	0,0	39,1	1,0	79,4	12,5
59	9/jul	9,4	1,5	41,3	1,0	84,0	13,0
60	10/jul	10,2	2,2	41,2	1,0	83,8	13,0
61	11/jul	8,5	2,6	43,3	1,0	87,9	13,5
62	12/jul	8,5	1,5	42,2	1,0	85,7	13,2
63	13/jul	8,5	2,0	42,7	1,0	86,7	13,4
64	14/jul	8,5	1,4	42,1	1,0	85,6	13,2
65	15/jul	8,5	1,1	41,8	1,0	84,9	13,1
66	16/jul	8,5	1,7	42,4	1,0	86,1	13,3
67	17/jul	8,5	1,3	42,0	1,0	85,4	13,2
68	18/jul	8,5	2,0	42,7	1,0	86,7	13,4
69	19/jul	8,5	2,8	43,5	1,0	88,4	13,6
70	20/jul	8,5	2,7	43,4	1,0	88,2	13,5
71	21/jul	8,5	2,6	43,3	1,0	87,9	13,5
72	22/jul	8,5	2,8	43,5	1,0	88,4	13,6
73	23/jul	8,5	2,6	43,3	1,0	88,0	13,5
74	24/jul	8,5	2,4	43,1	1,0	87,5	13,5
75	25/jul	8,5	3,3	44,0	1,0	89,3	13,7
76	26/jul	8,5	2,6	43,3	1,0	88,0	13,5
77	27/jul	8,5	1,8	42,5	1,0	86,3	13,3
78	28/jul	8,5	2,9	43,6	1,0	88,6	13,6
79	29/jul	8,5	2,5	43,2	1,0	87,9	13,5
80	30/jul	8,5	3,1	43,8	1,0	89,0	13,7
81	31/jul	8,5	3,5	44,2	1,0	89,9	13,8
82	1/ago	7,6	3,2	44,8	1,0	91,2	13,9
83	2/ago	7,6	1,8	43,4	1,0	88,2	13,6
84	3/ago	7,7	1,2	42,7	1,0	86,9	13,4
85	4/ago	7,7	2,1	43,6	1,0	88,7	13,6
86	5/ago	7,7	2,6	44,2	1,0	89,8	13,7
87	6/ago	7,7	1,7	43,2	1,0	87,8	13,5
88	7/ago	8,5	2,7	43,4	1,0	88,1	13,5
89	8/ago	8,5	4,0	44,7	1,0	90,8	13,9
90	9/ago	7,7	1,7	43,3	1,0	88,0	13,5
91	10/ago	8,5	1,6	42,3	1,0	86,0	13,3
92	11/ago	8,5	2,7	43,4	1,0	88,3	13,6
93	12/ago	8,5	4,3	45,0	1,0	91,6	14,0
94	13/ago	7,7	3,8	45,3	1,0	92,1	14,0
95	14/ago	6,8	3,2	45,6	1,0	92,6	14,1
96	15/ago	6,8	3,1	45,5	1,0	92,5	14,1
97	16/ago	6,8	3,0	45,4	1,0	92,2	14,0
98	17/ago	5,9	2,7	46,0	1,0	93,4	14,2
99	19/ago	5,9	0,0	41,8	1,0	85,0	13,2
100	20/ago	5,9	0,0	43,1	1,0	87,7	13,5
101	21/ago	5,9	0,7	44,0	1,0	89,3	13,7
102	22/ago	5,9	1,8	45,1	1,0	91,7	14,0
103	23/ago	5,9	2,6	45,9	1,0	93,3	14,2
104	25/ago	5,9	0,7	43,9	1,0	89,3	13,7
105	27/ago	5,9	0,0	42,4	1,0	86,2	13,3
106	1/set	4,2	0,0	33,0	1,0	67,1	10,9
107	5/set	4,2	0,0	29,3	1,0	59,6	10,0
108	10/set	4,2	0,0	22,2	0,9	45,2	8,3
Total		725,2	198,6				

7.3. Regas efetuadas durante a campanha na rega subterrânea localizada.

Rega	Data	Volume (mm)	Excesso (mm)	Reserva (mm)	Etc/Etm	% da RU	Humidade (% vol.)
1	19/mai	16,5	12,3	19,9	1,0	95,0	31,9
2	20/mai	16,6	15,2	20,6	1,0	93,8	31,7
3	21/mai	18,5	17,0	21,5	1,0	93,5	31,6
4	22/mai	6,4	4,6	22,3	1,0	92,6	31,5
5	9/jun	1,9	0,0	16,0	0,9	37,9	20,0
6	12/jun	5,8	0,0	21,3	0,9	47,1	21,9
7	26/jun	2,6	0,0	23,5	0,9	39,3	20,3
8	29/jun	1,8	0,0	20,5	0,7	32,5	18,8
9	30/jun	2,8	0,0	20,9	0,7	32,6	18,9
10	1/jul	2,0	0,0	22,8	0,8	35,0	19,4
11	2/jul	2,0	0,0	24,0	0,8	36,3	19,6
12	3/jul	4,8	0,0	24,6	0,9	36,6	19,7
13	6/jul	5,8	0,0	23,6	0,8	33,5	19,0
14	8/jul	3,0	0,0	24,1	0,8	33,3	19,0
15	10/jul	3,1	0,0	23,3	0,7	31,3	18,6
16	14/jul	2,8	0,0	21,6	0,6	27,4	17,8
17	15/jul	3,0	0,0	22,8	0,7	28,5	18,0
18	16/jul	4,3	0,0	24,0	0,7	29,7	18,2
19	17/jul	3,4	0,0	25,8	0,7	31,4	18,6
20	20/jul	4,3	0,0	23,1	0,7	27,5	17,8
21	21/jul	5,7	0,0	24,7	0,7	29,4	18,2
22	22/jul	6,0	0,0	27,1	0,8	32,2	18,8
23	23/jul	7,3	0,0	29,1	0,9	34,6	19,3
24	24/jul	1,9	0,0	31,5	0,8	37,5	19,9
25	26/jul	4,8	0,0	26,4	0,7	31,5	18,6
26	27/jul	8,8	0,0	27,1	0,9	32,3	18,8
27	28/jul	4,2	0,0	31,8	0,9	37,9	20,0
28	29/jul	4,3	0,0	31,7	0,9	37,7	19,9
29	30/jul	4,2	0,0	32,1	0,9	38,2	20,0
30	31/jul	7,4	0,0	32,7	1,0	38,9	20,2
31	3/ago	10,5	0,0	27,3	0,9	32,6	18,8
32	4/ago	5,4	0,0	33,4	0,9	39,8	20,4
33	5/ago	8,1	0,0	34,5	0,8	41,1	20,6
34	6/ago	4,3	0,0	36,3	1,0	43,2	21,1
35	7/ago	4,2	0,0	35,5	1,0	42,2	20,9
36	9/ago	4,1	0,0	30,8	0,8	36,6	19,7
37	10/ago	5,8	0,0	30,1	0,9	35,8	19,5
38	12/ago	11,1	0,0	29,2	1,0	34,8	19,3
39	13/ago	8,6	0,0	36,8	0,9	43,8	21,2
40	14/ago	6,2	0,0	41,0	1,0	48,8	22,3
41	16/ago	4,2	0,0	38,4	0,9	45,7	21,6
42	19/ago	4,4	0,0	32,2	0,9	38,3	20,0
43	20/ago	2,2	0,0	32,8	0,8	39,1	20,2
44	21/ago	4,2	0,0	30,9	0,8	36,7	19,7
45	25/ago	4,4	0,0	27,5	0,8	32,7	18,9
46	27/ago	4,1	0,0	27,8	0,8	33,1	18,9
47	28/ago	4,2	0,0	29,8	0,8	35,5	19,5
48	29/ago	4,2	0,0	31,2	0,8	37,1	19,8
49	30/ago	4,2	0,0	32,0	0,9	38,1	20,0
50	2/set	4,2	0,0	30,5	0,8	36,3	19,6
51	3/set	4,2	0,0	33,1	0,9	39,4	20,3
52	4/set	4,3	0,0	35,5	1,0	42,2	20,9
53	5/set	4,2	0,0	37,5	1,0	44,7	21,4
54	7/set	4,3	0,0	35,7	1,0	42,5	20,9
55	8/set	4,3	0,0	37,1	1,0	44,1	21,3
56	9/set	4,2	0,0	38,6	0,9	46,0	21,7
57	11/set	4,3	0,0	37,9	0,9	45,1	21,5
58	14/set	4,1	0,0	36,9	1,0	43,9	21,2
Total		308,5	49,1				

7.4. Precipitação e evapotranspiração

Quadro 27. Precipitação, em mm, em Coruche, 2015.

Dia	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT
1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
3	0,0	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
4	0,0	1,8	0,0	0,0	0,0	0,0	5,4
5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	17,0
6	5,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2
7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
8	7,4	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0
9	5,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
10	6,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,4
11	0,0	0,0	2,6	0,0	0,0	0,0	2,8
12	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7,0
13	0,0	0,0	4,0	0,0	0,0	0,2	0,2
14	0,0	0,0	13,8	0,0	0,0	0,2	0,0
15	9,6	0,0	0,2	0,0	0,0	0,6	0,0
16	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,8	0,0
17	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	14,6
18	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,8
19	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6
20	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
21	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
22	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
23	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	1,8	0,0
24	0,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,0
25	4,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,2
26	11,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	26,4
27	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0
28	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4
29	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
30	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
31		0,0		0,0	0,0		1,8

Quadro 28. Evapotranspiração cultural de referência (mm/dia) em Coruche, 2015

Dia	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT
1	6,1	5,0	5,5	5,4	7,0	5,0	5,2
2	5,6	4,9	6,9	6,2	7,9	4,7	4,9
3	5,1	2,6	8,3	6,8	6,9	4,3	3,7
4	5,9	3,5	7,6	7,2	6,3	4,4	2,9
5	5,2	4,1	7,4	6,4	7,6	5,3	2,3
6	3,6	5,1	8,0	7,8	7,5	6,7	2,6
7	3,4	5,2	8,1	7,7	5,9	6,9	3,0
8	2,3	4,6	6,9	6,7	7,8	6,1	3,8
9	2,3	6,2	6,5	7,6	9,2	5,6	3,9
10	2,9	7,4	5,2	5,7	7,8	4,7	1,8
11	4,2	7,3	3,8	6,8	5,7	5,2	2,0
12	4,4	7,9	4,7	6,4	5,4	4,3	1,9
13	4,7	7,1	4,4	7,0	5,1	3,9	2,7
14	4,4	4,8	3,5	7,4	5,3	4,1	3,6
15	3,3	4,9	5,0	6,9	5,6	3,5	3,9
16	3,6	7,3	6,1	7,3	4,8	3,6	3,0
17	3,6	7,6	7,7	6,7	5,0	4,3	2,3
18	3,7	6,8	8,4	5,9	6,3	5,1	2,3
19	4,0	4,4	8,5	6,1	7,4	6,3	2,4
20	4,8	5,0	9,1	6,3	8,3	6,6	2,9
21	4,8	5,9	6,9	6,1	6,8	5,3	3,4
22	4,1	6,2	5,7	6,4	5,6	4,0	3,8
23	5,1	6,7	4,9	6,7	4,9	5,3	2,9
24	3,3	6,6	6,0	5,8	4,7	5,9	1,2
25	2,9	6,8	7,7	6,6	6,8	5,2	2,0
26	3,0	7,3	7,9	7,6	5,7	5,2	2,3
27	3,7	8,4	9,4	6,4	5,9	5,8	2,0
28	4,1	7,9	8,4	6,9	6,7	5,3	2,2
29	4,3	6,0	8,8	6,3	7,7	4,5	2,1
30	5,0	5,9	6,4	5,9	6,0	4,7	2,1
31		5,7		5,2	4,8		1,8

7.5. Relatórios de observação e sugestão de rega fornecidos pela Terrapro

Quadro 29. Relatórios de observação e sugestão de rega fornecidos pela Terrapro, na rampa rotativa.

Relatório Número	Data	Observação de Rega	Sugestão de Rega
1	02/06/15	Teor de humidade do solo dentro do intervalo recomendável. Aumentar a dotação a partir de quarta feira (aumento da temperatura).	30 mm
2	09/06/15	Teor de humidade do solo muito próximo do valor mínimo. As dotações efetuadas têm sido inferiores às necessidades hídricas. É recomendável reforçar a dotação principalmente ate quinta-feira.	30 a 35 mm
3	16/06/15	Como consequência das dotações e da precipitação ocorrida registou-se um aumento desejável do teor de humidade do solo. Nesta fase o teor de humidade encontra-se ligeiramente acima do valor recomendável. retomar as regas apenas a partir de quarta-feira	35 mm
4	24/06/15	Teor de humidade do solo dentro do intervalo recomendável. Como se prevê subida da temperatura é recomendável reforçar a dotação entre sexta e segunda-feira Tendo em conta as características dos solos, não devem ser aplicadas regas com o pivot a menos de 50	60 mm
5	25/06/15	Teor de humidade do solo dentro do intervalo recomendável. Como se prevê subida da temperatura é recomendável reforçar a dotação a partir de amanhã	
6	30/06/15	Existe uma tendência de diminuição do teor de humidade do solo. Apesar da diminuição de temperatura prevista para quarta e quinta é recomendável manter a dotação	70 mm
7	06/07/15	Teor de humidade do solo dentro do intervalo recomendável.	65 mm
8	13/07/15	Teor de humidade do solo dentro do intervalo recomendável. Manter a dotação dos últimos 7 dias	70 mm
9	21/07/15	Teor de humidade do solo dentro do intervalo recomendável. Apesar da diminuição da temperatura é recomendável manter a dotação semanal	70 mm
10	28/07/15	Teor de humidade do solo dentro do intervalo recomendável. Apesar da descida de temperatura é recomendável manter a dotação reduzindo apenas nas regas de quinta e sexta-feira (aplicar cerca de 8mm) - caso a previsão de descida de temperatura não se verifique é recomendável manter a dotação	65 mm
11	03/08/15	Registou-se uma diminuição do teor de humidade do solo, resultante das dotações feitas a partir de dia 31. A diminuição da dotação semanal ainda é precoce	65 mm
12	10/08/15	As regas aplicadas entre dia 8 e 10 permitiram uma ligeira subida do teor de humidade do solo. Apesar da descida de temperatura é recomendável não diminuir acentuadamente a dotação semanal. Manter a estratégia entre hoje e amanhã e depois reduzir ligeiramente	55 mm
13	18/08/15	Problemas com o servidor durante o dia de domingo. Estamos a recuperar os dados. Os dados desta manhã já são actualizados. Teor de humidade do solo dentro do intervalo recomendável. Reduzir a dotação a partir de sábado	50 mm

14	24/08/15	Registou-se uma descida do teor de humidade do solo, tendo em conta a fase em que a cultura se encontra e as previsões meteorológicas é recomendável manter a dotação dos últimos 7 dias	45 mm
15	31/08/15	Teor de humidade do solo ligeiramente abaixo do limite mínimo, no entanto, na fase em que a cultura se encontra não se justifica o reforço do teor de humidade do solo.	35 mm
16	07/09/15	Registou-se um aumento do teor de humidade. Tendo em conta a fase em que a cultura se encontra e as previsões, é recomendável reduzir ligeiramente a dotação semanal, principalmente a partir de sábado	30 mm
17	14/09/15	A rega de dia 12 originou uma subida do teor de humidade do solo, o que significa que o consumo das plantas já é inferior. Tendo em conta a fase em que a cultura se encontra é recomendável reduzir a dotação de forma a ir esgotando progressivamente a reserva de água do solo. Regar apenas a partir de quinta e se a previsão de subida de temperatura se mantiver	10 a 15 mm
18	21/09/15	Como resultado da precipitação registou-se uma subida do teor de humidade do solo. Tendo em conta a fase em que a cultura se encontra e dependendo da humidade do grão, é recomendável suspender a rega	0 mm

Quadro 30. Relatórios de observação e sugestão de rega fornecidos pela Terrapro, na rega subterrânea.

Relatório Número	Data	Observação de Rega	Sugestão de Rega
1	02/06/15	Teor de humidade do solo dentro do intervalo recomendável. Apesar do aumento de temperatura recomendável manter a dotação dos últimos 7 dias	20 mm
2	09/06/15	Teor de humidade do solo dentro do intervalo. Tendo em conta a tendência e diminuição é recomendável retomar as regas.	15 mm
3	16/06/15	Como consequência da precipitação ocorrida registou-se um aumento do teor de humidade do solo. Nesta fase o teor de humidade encontra-se ligeiramente acima do valor recomendável. Retomar as regas apenas a partir de quinta-feira	20 mm
4	24/06/15	Os valores da Capacidade de campo foram corrigidos e devido às características do sistema de rega consideramos a maior concentração de raízes aos 20 e 30cm de profundidade. Nesta parcela os consumos são superiores e o teor de humidade apresenta descidas mais significativas, veja-se a linha azul (dos 30cm) que já apresenta uma descida (em relação ao máximo) de 15mm. De qualquer forma é recomendável não regar durante o dia de hoje. Amanhã será feita nova recomendação	
5	25/06/15	Nesta parcela os consumos são superiores e aos 30 cm já se regista uma descida acentuada do teor de humidade (em relação ao máximo tem menos 20mm). Como se prevê uma subida acentuada da temperatura é recomendável a aplicação de uma rega durante o fim de semana.	15 mm

6	30/06/15	Apesar da dotação aplicada o teor de humidade do solo encontra-se abaixo do valor mínimo recomendável. As plantas já apresentam consumos significativos e é recomendável reforçar ligeiramente as regas, diminuindo o intervalo entre regas.	30 a 35 mm
7	06/07/15	Teor de humidade do solo dentro do intervalo recomendável. Manter a dotação dos últimos 7 dias	35 mm
8	13/07/15	Como resultado de ter sido aplicada apenas 1 rega (dia 10) o teor de humidade do solo encontra-se abaixo do valor mínimo.	25 mm
9	21/07/15	Registou-se um aumento desejável do teor de humidade do solo. De forma a repor os valores do teor de humidade é recomendável seguir a estratégia de dia 14 a 16.	35 mm
10	28/07/15	A estratégia de aplicar 1 rega por dia foi acertada permitindo uma subida desejável do teor de humidade. Aplicar uma rega por dia entre segunda e quarta, entre quinta e sábado aplicar apenas 1 rega e voltar às regas diárias a partir de domingo	25 mm
11	03/08/15	Como resultado de não ter sido aplicada qualquer rega desde dia 31 registou-se nova descida do teor de humidade. Aplicar uma rega por dia (saltando a sexta devido à nebulosidade prevista)	30 mm
12	10/08/15	De 4 a 7 de Agosto registou-se um aumento desejável do teor de humidade do solo. Reduzir ligeiramente a dotação a partir de quarta-feira (entre quarta e sábado regar dia sim dia não)	20 mm
13	18/08/15	De 12 a 14 o teor de humidade do solo esteve ligeiramente alto. É recomendável aplicar uma rega por dia entre terça e sexta e depois apenas dia sim dia não	30 mm
14	24/08/15	É recomendável distribuir mais as regas ao longo da semana. Regar dia sim dia não.	20 mm
15	31/08/15	Teor de humidade do solo dentro do intervalo recomendável. Manter a dotação semanal	20 a 25 mm
16	07/09/15	Teor de humidade do solo dentro do intervalo recomendável. Tendo em conta a fase em que a cultura se encontra e a previsão de ocorrência de precipitação, é recomendável aplicar apenas 2 regas entre hoje e sexta-feira.	10 mm
17	14/09/15	Teor de humidade do solo dentro do intervalo recomendável. Apesar da previsão de ocorrência de precipitação é recomendável aplicar uma rega durante o dia de hoje e depois retomar as regas apenas a partir de quinta-feira	15 mm
18	21/09/15	Teor de humidade do solo abaixo do valor mínimo. Dependendo do teor de humidade do grão é recomendável aplicar uma rega entre quarta e sexta-feira	5 mm