

Estimativa das necessidades de rega de espaços verdes da cidade de Mirandela

Gualter João Sousa Ferreira

*Dissertação apresentada à Escola Superior Agrária do Instituto Politécnico
de Bragança para obtenção do Grau de Mestre em Agroecologia*

Bragança
Novembro, 2011

Estimativa das necessidades de rega de espaços verdes da cidade de Mirandela

Gualter João Sousa Ferreira

Dissertação apresentada à Escola Superior Agrária do Instituto Politécnico de Bragança para obtenção do Grau de Mestre em Agroecologia

ORIENTADOR: Professor Doutor António Castro Ribeiro

Bragança
Novembro, 2011

À Teresa e ao Nuno

Agradecimentos

A elaboração deste trabalho teve o contributo e o apoio de várias pessoas a quem deixamos expresso o nosso sincero reconhecimento pelas valiosas contribuições prestadas.

À Câmara Municipal de Mirandela, na pessoa do seu Presidente, José Maria Lopes Silvano, pela disponibilidade de meios materiais e espaço físico que nos proporcionaram a realização deste trabalho.

Ao Professor António Castro Ribeiro, na qualidade de orientador é devido um agradecimento especial não só pela sua pronta disponibilidade para a orientação e correcção deste trabalho, bem como pelo incentivo e valiosos ensinamentos transmitidos.

À Professora Margarida Arrobas e seus colaboradores, pelo contributo prestado na análise de amostras de solos, na determinação das propriedades hidráulicas e físicas do solo da zona em estudo, assim como no esclarecimento de dúvidas.

À Maria Gouveia, pela sua humildade, apoio e disponibilidade na elaboração e tratamento de dados em SIG.

Aos trabalhadores do Município, na área de espaços verdes, Francisco, Manuel, Isidro, Eduardo e tantos outros, pela disponibilidade, colaboração prestadas na realização dos ensaios de uniformidade.

À minha família, que mais uma vez me apoiou nesta etapa pela compreensão que sempre prestaram na realização deste trabalho, e a todos os outros amigos que com amizade estiveram presentes.

A todos aqueles que de algum modo contribuíram para a elaboração deste trabalho.

Resumo

O desenvolvimento tecnológico tem conduzido ao fabrico de equipamentos modernos para automatização da rega, com especial relevância para os sistemas de rega dos espaços verdes. Assim, torna-se bastante oportuno o desenvolvimento de metodologias para a determinação das necessidades de rega que permitam uma utilização mais eficiente desses equipamentos e uma melhor gestão da rega.

Neste trabalho faz-se uma estimativa das necessidades hídricas e de rega para oito hidrozonas dos espaços verdes da cidade de Mirandela. Com o objectivo de avaliar o desempenho dos sistemas de rega por aspersão, com o objectivo futuro de implementar sistemas de gestão da rega mais eficientes, foram realizados ainda ensaios de uniformidade de rega.

As necessidades hídricas dos espaços verdes foram estimadas a partir da evapotranspiração de referência (ET_o) e do coeficiente de espaços verdes, parametrizado com base nas características dos espaços verdes seguindo as metodologias propostas por vários autores em estudos recentes. As necessidades de rega foram calculadas com base no balanço hídrico do solo, simulado utilizando o programa CropWat (v.8).

Os resultados mostram que o desempenho dos sistemas de rega é fraco, na maioria das hidrozonas estudadas. O valor médio da uniformidade de distribuição no quartil mínimo foi de 25,9 % e do coeficiente de uniformidade 43,9 %. Analisa-se o fraco desempenho dos sistemas de rega e sugerem-se medidas para a melhoria do seu desempenho intervindo ao nível da substituição de equipamentos e controlo de variáveis com influência no débito dos emissores.

As necessidades líquidas de rega entre as várias hidrozonas estudadas variam consideravelmente e reflectem as diferenças no tipo de vegetação, das características dos espaços e da sua envolvente.

Abstract

The technological development is leading to the emergence of modern equipment for the automation of irrigation systems, with special relevance for landscape irrigation systems. Thus, the development of methodologies for irrigation requirements of landscape, that allowed an improvement of the utilization of those technologies and equipment and consequently to an improvement in irrigation management, is very timely and opportune.

In this study, water requirements for landscape irrigation in Mirandela city landscape were estimated. In order to evaluate the sprinkler irrigation systems performance, with the purpose applying an efficient irrigation management program, uniformity experiments were also conducted

The landscape water requirements were estimated with the combination of reference evapotranspiration (ETo) with the landscape coefficient (K_L), parameterized from landscape characteristics following recent methodologies proposed by several authors in recent studies. The landscape Irrigation requirements were calculated based in soil water balance simulations using Cropwat (v.8) program.

The results show a poor performance of irrigation systems in the majority of landscape hydrozones. The average value of low quarter uniformity distribution was just 25.9 % and uniformity coefficient 43.9 %. The poor performance is analyzed and measures to improve the irrigation performance are suggested such as equipment replacement and an efficient control of variables which influence the sprinkler flow.

The total irrigation requirements variability of landscape hydrozones reflects the different type existing vegetation and the characteristics of the places and its environment.

Índice

1 Introdução	1
2 Caracterização do clima da área de estudo	3
2.1 Temperatura do ar	3
2.2 Precipitação	5
2.3 Humidade	7
2.4 Vento	7
2.5 Insolação	8
2.6 Nevoeiro	9
2.7 Geada	10
3 Estimativa das necessidades hídricas dos espaços verdes	11
3.1 Evapotranspiração de referência (ET _o)	11
3.2 Evapotranspiração dos espaços verdes (ET _L)	12
3.2.1 Coeficiente de espaços verdes (K _L)	15
3.2.1.1 Coeficiente de vegetação (K _v)	16
3.2.1.1.1 Plantações de múltiplas espécies	18
3.2.1.1.2 Coeficiente de densidade (K _d)	20
3.2.1.1.3 Coeficiente Microclimático (K _{mc})	22
3.2.1.1.4 Coeficiente de stresse intencional (K _{sm})	24
4. Balanço hídrico do solo e necessidades de rega	25
4.1 Modelos de simulação do balanço hídrico para a determinação das necessidades de rega	28
5 Material e métodos	30
5.1 Localização e caracterização das parcelas/hidrozonas	30
5.2 Avaliação da uniformidade de rega	31
5.2.1 Metodologia de avaliação de campo	31
5.2.1.1 Equipamentos e materiais utilizados	32
5.2.1.2 Procedimentos de campo	32
5.2.1.3 Cálculo dos indicadores de desempenho	34
5.3 Análise física dos solos	36
5.3.1 Equipamentos e materiais utilizados	36
5.3.2 Determinação dos pontos da curva característica de humidade do solo	37
5.3.3 Determinação de propriedades físicas do solo	37
5.4 Coeficientes dos espaços verdes	38

6 Resultados e discussão	39
6.1 Avaliação de desempenho dos sistemas de rega	39
6.2 Necessidades hídricas dos espaços verdes.....	48
6.2.1 Evapotranspiração de referência	48
6.2.2 Caracterização das hidrozonas. Coeficiente dos espaços verdes... 48	
6.2.2.1 Hidrozona Auditório/Biblioteca (AB)	48
6.2.2.2 Hidrozona Talude Paliçada (TP)	51
6.2.2.3 Hidrozona Aromáticas (AR)	52
6.2.2.4 Hidrozona Prado Natural (PN)	54
6.2.2.5 Hidrozona Campo de Voleibol/Nora (CV/NO)	56
6.2.2.6 Hidrozona Jardim da Praça do Mercado (JPM)	58
6.2.2.7 Hidrozona Parque José Gama (PJG)	59
6.2.2.8 Hidrozona Piscina Municipal (PM)	61
6.3 Evapotranspiração de espaços verdes	64
6.4 Necessidades de rega.....	65
6.4.1 Capacidade utilizável do solo	65
6.4.2 Balanço hídrico e necessidades de rega	65
7 Conclusões	68
Referências bibliográficas	69
ANEXOS	72

Índice Figuras

Figura 1 Temperatura média (♦), máxima (▪) e mínima (▲) mensal registada em Mirandela no período 1971-2000. Fonte: IM (2009).....	4
Figura 2 Número médio de dias com temperatura mínima do ar igual ou inferior a 0°C, temperatura mínima igual ou superior a 20°C e temperatura máxima igual ou superior a 25°C, em Mirandela, no período. Fonte: IM (2009).....	4
Figura 3 Precipitação total mensal em Mirandela (1971-2000). As colunas representam a precipitação em mm e as linhas representam o número de dias com precipitação igual ou superior a 0,1 mm (♦), com precipitação igual ou superior a 1,0 mm (▪) e com precipitação igual ou superior a 10 mm (▲). Fonte: IM (2009).	6
Figura 4 Gráfico ombrotérmico. As colunas representam a precipitação mensal e a banda representa a amplitude entre os valores médios mensais da temperatura máxima e mínima (1971-2000). Fonte: IM (2009).....	6
Figura 5 Humidade relativa do ar registada às 9 horas, em Mirandela, no período (1971-2000). Fonte: IM (2009).....	7
Figura 6 Insolação, expressa em horas, em Mirandela, no período (1971-2000). (Apenas 16 anos de Insolação (horas), 1972-1992, mas com falhas nos anos 1979, 1982, 1987, 1981. Fonte: IM (2009)	8
Figura 7 Número médio de dias com insolação igual a 0%, insolação menor ou igual a 20% e insolação maior ou igual a 80%, em Mirandela, no período (1971-2000). Fonte: IM (2009).	9
Figura 8 Número médio de dias com nevoeiro, em Mirandela, no período (1971-2000). Fonte: IM (2009).	9
Figura 9 Número médio de dias com geada, em Mirandela, no período (1971-2000). Fonte: IM (2009).	10
Figura 10 Exemplo da diversidade de vegetação num espaço verde.	14
Figura 11 Exemplo de espaço verde misto de alta densidade, constituído por árvores, arbustos e plantas de cobertura do solo. Adaptado de (Ávila, 2004).....	21
Figura 12 Exemplo de espaço verde misto de baixa densidade, constituído por árvores, arbustos e “mulching”. Adaptado de Ávila (2004).	22
Figura 13 Efeito dos edifícios e outras construções, típicas dos ambientes urbanos, na energia disponível para a evapotranspiração. Adaptado de Sanjiao (2010).	23
Figura 14 Localização das parcelas/hidrozonas, onde decorreu o trabalho experimental.....	30
Figura 15 (A) Medição da pluviometria aplicada para avaliação da uniformidade distribuição da rega na parcela/hidrozona CV/NO. (B) Aspensor associado a esta hidrozona (modelo 5000 plus, “Rain Bird”).....	33
Figura 16 Malha de pluviómetros para avaliação da uniformidade distribuição da rega na parcela/hidrozona CV/NO.	33
Figura 17 Procedimentos efectuados em cada parcela/hidrozona, relacionados com a medição da pressão, medição directa do caudal e velocidade do vento, antes e no final da realização dos ensaios de avaliação de desempenho.	34
Figura 18 Colheita de amostras de solo perturbadas e não perturbadas, recolhidas à profundidade de 0,0-0,15 m e 0,15-0,30 m, em cada uma das hidrozonas.	37

Figura 19 (A) Localização da parcela/hidrozona (AB) e, distribuição espacial das alturas de água recolhidas (mm). (B) Posicionamento dos colectores numa malha de 2,50 x 2,50m, durante a realização do ensaio.....	41
Figura 20 (A) Localização da parcela/hidrozona (TP) e, distribuição espacial das alturas de água recolhidas (mm). (B) Posicionamento dos colectores numa malha de 4,00 x 4,00m, durante a realização do ensaio.....	42
Figura 21 Localização da parcela/hidrozona (AR) e, distribuição espacial das alturas de água recolhidas (mm). Posicionamento dos colectores numa malha de 1,38 x 1,38m.....	43
Figura 22 Localização da parcela/hidrozona (PN) e, distribuição espacial das alturas de água recolhidas (mm). Posicionamento dos colectores numa malha de 4 x 4 m.....	43
Figura 23 Localização da parcela/hidrozona (CV/NO) e, distribuição espacial das alturas de água recolhidas (mm). Posicionamento dos colectores numa malha de 4 x 4 m.....	44
Figura 24 (A) Localização da parcela/hidrozona (JPM) e, distribuição espacial das alturas de água recolhidas (mm). (B) Posicionamento dos colectores numa malha de 4,00 x 4,00m.....	45
Figura 25 Localização da parcela/hidrozona (PJG) e, distribuição espacial das alturas de água recolhidas (mm). Posicionamento dos colectores (m) numa malha de 4 x 4 m.....	46
Figura 26 Localização da parcela/hidrozona (AB) e, distribuição espacial das alturas de água recolhidas em (mm). Posicionamento dos colectores (m) numa malha de 4 x 4 m.....	47
Figura 27 Hidrozona (AB), visualizando-se sebe livre em bordadura, <i>Olea europaea</i> L. ao longo da sebe.....	49
Figura 28 (A) Localização da hidrozona (TP). (B) Disposição de <i>Fraxinus angustifolia</i> L. num compasso de 5,00 x 5,00m e coberto vegetal (relva EF).....	52
Figura 29 (A) Vista geral da hidrozona (AR), (B) Pormenor das plantações das plantas aromáticas.....	53
Figura 30 Hidrozona (PN), observando-se vegetação arbóreo-arbustiva na orla da linha de água.....	55
Figura 31 (A) Vista geral da Hidrozona (CV/NO), (B) Vista das quadrículas delimitadas por granito.....	57
Figura 32 Hidrozona (JPM), disposição de <i>Phoenix canariensis</i>	59
Figura 33 (A) Vista geral da hidrozona (PJG). (B) Vista geral da cobertura do solo.....	61
Figura 34 (A) Vista da hidrozona (PM) com as plantações de plátano e choupo, (B) Vista pormenorizada da hidrozona.....	62

Índice Quadros

Quadro 1 Velocidade média do vento (U) em Mirandela (1971-2000) IM (2009)..	8
Quadro 2 Coeficientes culturais de várias culturas e relvados. Tipicamente os valores de K_c para as culturas agrícolas mudam durante as estações o ano: - valores baixos para início de temporada (Março/Abril) ou mais tarde na época (Setembro/Outubro) e valores elevados para a estação média (Maio/Junho/Julho), (adaptado de Costello <i>et al.</i> , 2000).....	13
Quadro 3 Coeficiente de espécie (K_v) para correcção da evapotranspiração de referência (ET_0), a utilizar na rega de diferentes tipos de vegetação de um espaço verde, de modo a que as plantas se mantenham em boas condições hídricas (Allen <i>et al.</i> , 2007).	17
Quadro 4 Coeficiente de vegetação (K_v) categorias e intervalo de variação. Adaptado de (Costello <i>et al.</i> , 2000).	17
Quadro 5 Valores de (K_v) para diferentes tipos de plantas (adaptado de McCabe, 2005a).....	18
Quadro 6 Coeficiente de densidade (K_d), categorias e intervalo de valores. (adaptado de Costello <i>et al.</i> , 2000).....	20
Quadro 7 Valores de K_d para diferentes tipos de vegetação. Adaptado de McCabe (2005a).....	22
Quadro 8 Coeficiente microclimático (K_{mc}) categorias e intervalo de variação (adaptado de Costello <i>et al.</i> , 2000).....	23
Quadro 9 Valores de (K_{sm}) para diferentes tipos de plantas e fracção p (sem stresse) (Allen <i>et al.</i> , 2007)	24
Quadro 10 Caracterização das hidrozonas (H), nomenclatura, localização geográfica e área dos ensaios (m-2).....	31
Quadro 11 Velocidade do vento no início e fim do ensaio, caudal e pressão de funcionamento dos aspersores nas várias hidrozonas e desvio padrão.....	39
Quadro 12 Indicadores de desempenho para as várias hidrozonas.	40
Quadro 13 Classificação da Uniformidade de Distribuição no menor quartil (DULQ) para aspersores (IA, 2005a).....	40
Quadro 14 Taxa de aplicação média de água (I_a), taxa de aplicação no quartil mínimo (TMAQmin) e ER para as várias hidrozonas.....	47
Quadro 15 Variáveis climáticas e evapotranspiração de referência para Mirandela no período 1971 – 2000.....	48
Quadro 16 Lista de avaliação das espécies em necessidades de água em função da zonas climáticas* (Costello <i>et al.</i> , 2000)	50
Quadro 17 Coeficiente de espaços verdes (K_L) para a hidrozona AB.	51
Quadro 18 Cálculo do Coeficiente de espaços verdes (K_L) para a hidrozona TP.....	52
Quadro 19 Lista de avaliação das espécies em necessidades de água em função da zonas climáticas (Costello <i>et al.</i> , 2000).....	53
Quadro 20 Cálculo do Coeficiente de espaços verdes (K_L) para a hidrozona AR.....	54
Quadro 21 Lista de avaliação das espécies em necessidades de água em função da zonas climáticas (Costello <i>et al.</i> , 2000).....	55

Quadro 22 Cálculo do Coeficiente de espaços verdes (K_L) para a hidrozona PN.....	56
Quadro 23 Lista de avaliação das espécies em necessidades de água em função da zonas climáticas (Costelo <i>et al.</i> , 2000).....	57
Quadro 24 Coeficiente de espaços verdes (K_L) para a hidrozona CV/NO.	58
Quadro 25 Lista de avaliação das espécies em necessidades de água em função da zonas climáticas (Costelo <i>et al.</i> , 2000).....	58
Quadro 26 Cálculo do Coeficiente de espaços verdes (K_L) para a hidrozona JPM.....	59
Quadro 26 Lista de avaliação das espécies em necessidades de água em função da zonas climáticas (Costelo <i>et al.</i> , 2000).....	60
Quadro 27 Cálculo do Coeficiente de espaços verdes (K_L) para a hidrozona PJG.....	61
Quadro 28 Lista de avaliação das espécies em necessidades de água em função da zonas climáticas (Costelo <i>et al.</i> , 2000).....	61
Quadro 29 Cálculo do Coeficiente de espaços verdes (K_L) para a hidrozona PM.	62
Quadro 30 - Resultados do cálculo do coeficiente de espaços verdes (K_L) em cada hidrozona e, valores atribuídos ao coeficientes de vegetação (K_v), densidade (K_d) e microclimático (K_{mc}).	63
Quadro 31 Evapotranspiração mensal dos espaços verdes (ET_L mm d ⁻¹) para cada hidrozona.	64
Quadro 32 Capacidade utilizável (CU), reserva utilizável (RU) e reserva facilmente utilizável (RFU) dos solos das diferentes hidrozonas.....	65
Quadro 33 Necessidade líquida de rega mensal e total anual (mm) para um ano médio, em cada hidrozona, no período Abril-Outubro.....	66
Quadro 34 Necessidades líquidas de rega anuais (m ³) para cada hidrozona. ...	66

Lista de símbolos e abreviaturas

Símbolo	Definição	Unidades
<i>Aasp</i>	Área molhada por cada aspersor;	
AB	Auditório/Biblioteca;	
AM	Média;	[mm]
<i>AMQ_{min}</i>	Altura média de água recolhida no quarto dos colectores que receberam as menores alturas de água;	[mm]
<i>AMQ_{min}</i>	Representa a altura média de água;	[mm]
AR	Aromáticas;	
CU	Coeficiente de uniformidade;	[mm]
CU	Capacidade utilizável;	[mm/m]
CV/NO	Campo Voleibol/Nora;	
dap	Densidade aparente;	[adim]
<i>DP</i>	Fluxo acumulado de percolação;	
DU	Uniformidade de distribuição;	[%]
DULQ	Uniformidade de distribuição no menor quartil;	[%]
<i>e_a</i>	Tensão real de vapor;	[kPa]
<i>EC</i>	Condutividade eléctrica do extracto saturado do solo;	
<i>EC_{iw}</i>	Condutividade eléctrica da água de rega;	
Ef	Eficiência global de rega;	
EF	Relvado estação fria;	
<i>EP_{sist}</i>	Eficiência potencial do sistema;	[%]
<i>EQ</i>	Relvado estação quente	
<i>EQP_{min}</i>	Eficiência potencial do quartil mínimo;	[%]
<i>ER</i>	Redução de eficiência no sistema devido à variação da pressão;	
es	Tensão de saturação de vapor;	[kPa]
ET	Evapotranspiração;	
ETc	Evapotranspiração cultural;	
ETL	Evapotranspiração de espaços verdes;	
ETo	Evapotranspiração de referência;	
EV	Electroválvula;	
FAO	Food and Agriculture Organization of the United Nations;	
G	Densidade do fluxo de calor no solo;	[MJ m ⁻² d ⁻¹]
<i>GIWR</i>	Necessidades brutas ou globais de água de rega;	
<i>GW</i>	Fluxo acumulado de ascensão capilar;	[mm]
H	Hidrozona	
HI	Hidrante;	
<i>I_a</i>	Taxa de aplicação de água média;	[mm/h]
IM	Instituto de Meteorologia,	
<i>I_n</i>	dotação de rega;	
IWR	necessidades líquidas de água para rega;	
JPM	Jardim Praça Mercado;	
Kc	Coeficiente cultural;	[adim.]

Kd	Coeficiente de densidade;	[adim.]
KL	Coeficiente de espaços verdes;	[adim.]
Kmc	Coeficiente microclimático;	[adim.]
Ksm	Coeficiente de stresse admitido;	[adim.]
K_{sm}	Coeficiente de stresse;	
Kv	Coeficiente de vegetação;	[adim.]
LR	Fracção de lavagem;	
MDRC	Margem direita da ribeira de Carvalhais;	
n	nº de colectores utilizados;	
p	Fracção da reserva utilizável que pode ser extraída da zona radicular sem que ocorra stresse hídrico;	
P	Precipitação;	
P_e	Precipitação efectiva;	
PJG	Parque José Gama;	
PM	Piscina Municipal;	
P_{max}	Pressão máxima;	[kPa]
P_{med}	Pressão média do sistema;	[kPa]
P_{min}	Menor pressão observada no sistema;	[kPa]
PN	Prado Natural;	
q_a	Caudal médio dos aspersores medido no teste;	
Q_r	Escoamento superficial;	
RFU	Reserva facilmente utilizável;	[mm]
Rn	Radiação líquida á superfície da cultura;	[MJ m ⁻² d ⁻¹]
Rs	Densidade de fluxo de radiação solar global;	[J kg ⁻¹]
RU	Reserva utilizável;	[mm]
S1	Espaçamento entre rampas;	
S2	Espaçamento entre aspersores na rampa;	
T	Média da temperatura do ar a 2 metros de altura;	[°C]
T	Tempo de duração do teste;	[h]
$TMAQ_{min}$	Taxa média de aplicação de água no quartil mínimo;	[mm/h]
TP	Talude Paliçada;	
U	Velocidade do vento;	[km h ⁻¹]
U2	Velocidade do vento a 2 m de altura;	[m s ⁻¹]
UD	Uniformidade da distribuição;	[%]
UD_{sist}	Uniformidade de distribuição do sistema;	[kPa]
X	Representa o desvio absoluto das alturas de água recolhidas em relação à média;	
γ	Constante psicrométrica;	[kPa °C ⁻¹]
Δ	Declive da curva de pressão de vapor;	[kPa °C ⁻¹]
ΔS	Varição do armazenamento de água no solo;	
λ	Calor latente de vaporização da água;	[W m ⁻²]
σ	Desvio padrão;	

1 Introdução

O consumo de água em regadio representa cerca de 87% do total mundial e o seu consumo vai aumentando (FAO, 2003). O esgotamento dos recursos hídricos, os altos custos da água e da energia, a diminuição dos preços dos produtos agrícolas e a globalização dos mercados, exigem melhorias na eficiência da rega. As disponibilidades de água para rega são cada vez mais limitadas, pelo que, para a maioria dos casos, a estratégia a seguir será na direcção da rega deficitária, a qual, exige, da parte do gestor da rega um elevado conhecimento da tecnologia da cultura para conseguir a máxima rentabilidade da água aplicada. Assim, a garantia das melhores condições de utilização e aproveitamento hídrico pela planta, são os objectivos fundamentais que todo o sistema de rega tem que assumir. Neste sentido, a rega correcta é aquela que é capaz de aplicar a água às culturas, em quantidade necessária, de acordo com as condições de clima e solo do lugar em questão, no momento oportuno, garantindo, para todas as plantas da parcela regada, um teor de humidade no solo suficiente, aplicado com uma distribuição homogénea, ou seja, com elevada uniformidade de rega e de acordo com a estratégia escolhida.

Ao invés das culturas agrícolas e dos relvados, as plantas dos espaços verdes associam-se tipicamente em composições de várias espécies. Colecções de espécies são vulgarmente regadas por uma única zona de rega, no entanto cada espécie tem necessidades em água diferenciadas.

A densidade de vegetação varia consideravelmente nos espaços verdes. Algumas plantas têm muito mais área foliar do que outras. Por exemplo um espaço verde com árvores, arbustos e plantas de cobertura de solo agrupados numa pequena área têm muito mais área foliar do que outro com arbustos amplamente espaçados na mesma área. Mais área foliar significa maior evapotranspiração (perda de água) pelas plantas. Como resultado, será de esperar que uma plantação densa conduza a uma maior perda de água do que uma plantação espaçada.

Muitos espaços verdes incluem uma variedade de microclimas, desde áreas frias, sombreadas, protegidas do sol, quentes, zonas ventosas. Estas variações climáticas influenciam significativamente a perda de água

pelas plantas. Experiências em Seattle, Washington, constataram que uma plantação numa área pavimentada pode ter mais de 50% de perda de água do que uma plantação das mesmas espécies num ambiente de parque. Outros estudos na Califórnia concluíram que as plantas em áreas sombreadas perderam menos de 50% de água que as plantas da mesma espécie numa condição de campo aberto (Costello et al., 2000). Estes factores fazem com que as plantas dos espaços verdes se diferenciem das culturas agrícolas e relvados, sendo factores a ter em conta na estimativa da perda de água pelos espaços verdes. A determinação com precisão das quantidades de água correspondentes às necessidades hídrica das plantas e qual o tempo exacto da sua aplicação, pode reduzir significativamente os consumos de água e de energia. Deste modo, a condução da rega será efectuada de uma forma mais rigorosa, fornecendo-se apenas as quantidades de água necessárias para satisfazer as necessidades das plantas e na altura mais oportuna.

Neste trabalho pretende-se, com base em metodologias recentes para estimativa das necessidades hídricas dos espaços verdes, determinar as necessidades de rega dos espaços verdes do Município de Mirandela promovendo deste modo a utilização mais eficiente da água, contribuindo para a conservação deste recurso natural (limitado), a diminuição dos custos de manutenção dos espaços verdes, mantendo a qualidade paisagística dos mesmos. Avalia-se o desempenho dos sistemas de rega, na parcela, faz-se a sua caracterização e determinam-se os principais indicadores de desempenho como a uniformidade de distribuição e a eficiência de aplicação, entre outros.

2 Caracterização do clima da área de estudo

A caracterização do clima na área de influência do estudo foi realizada com base nos registos das variáveis climáticas da Estação Meteorológica de Mirandela (latitude: 41°31' N; longitude: 07°12' W; altitude: 250 m) do Instituto de Meteorologia (IM), correspondentes ao período 1971-2000 (Anexo I). A região de Mirandela inclui-se no tipo de clima Csa, segundo a classificação climática de Köppen, que corresponde a um clima temperado com Invernos suaves (temperatura do mês mais frio entre -3 e 18 °C (Classe C); Verão seco (mês de Verão mais seco com precipitação inferior a 40 mm e a 1/3 da precipitação do mês de Inverno mais húmido) (Subclasse Cs); Verão quente e longo (temperatura média do mês mais quente acima de 22°C; existem pelo menos quatro meses com temperatura média acima de 10 °C) (Sub-subclasse Ca) (Azevedo *et al.*, 1995).

Tradicionalmente, Trás-os-Montes é dividido em dois grandes territórios homogéneos do ponto de vista agrícola, geomorfológico e macroclimático: a Terra Quente e a Terra Fria. Entre a Terra Quente e a Terra Fria é reconhecida uma Terra de transição denominada Terra Temperada (Gonçalves, 1991).

O clima de Trás-os-Montes e Alto Douro é dominado pelas designações de Terra Quente – Terra Fria, que, na realidade, tem grande significado agro-ecológico (Gonçalves, 1991). Esta designação de Terra Quente Transmontana acontece, atendendo fundamentalmente às enormes disponibilidades energéticas e ao grande défice hídrico na estação quente. Isto é, regionalmente a Terra Quente é uma área de Verões muito quentes, longos e secos, o que para isso concorre a fisiografia da região, com o cordão montanhoso litoral, a subtraí-la às influências atlânticas, fundamentalmente através do efeito de Föhn.

2.1 Temperatura do ar

A variação da temperatura do ar à superfície, numa dada região, é principalmente determinada pelos factores fisiográficos, nomeadamente o relevo (altitude e exposição), a natureza do solo e do seu revestimento vegetal.

A Fig. 1, representa o padrão da evolução, a longo do ano, dos valores médios da temperatura média, máxima e mínima, para Mirandela, no período 1971-2000. A temperatura média mensal varia entre os 5,5°C no mês mais frio (Janeiro) e os 23,7°C no mês mais quente (Julho). A temperatura média anual é de 14,3°C.

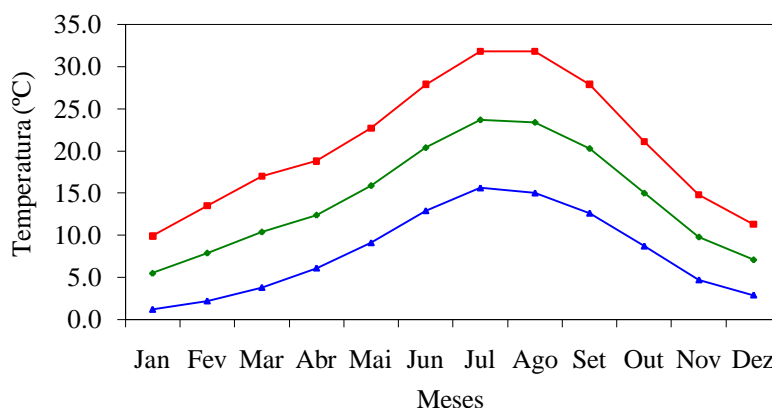


Figura 1 Temperatura média (♦), máxima (*) e mínima (▲) mensal registada em Mirandela no período 1971-2000. Fonte: IM (2009).

Os valores das máximas variam entre os 31,8 °C no mês de Julho e os 9,9 °C no mês de Janeiro. As mínimas têm os valores mais baixos nos meses de Janeiro (1,2 °C) e Fevereiro (2,2 °C) e os mais elevados nos meses de Julho (15,6 °C) e Agosto (15,0°C). As médias anuais das temperaturas, máxima e mínima são 20,7°C e 7,9°C, respectivamente.

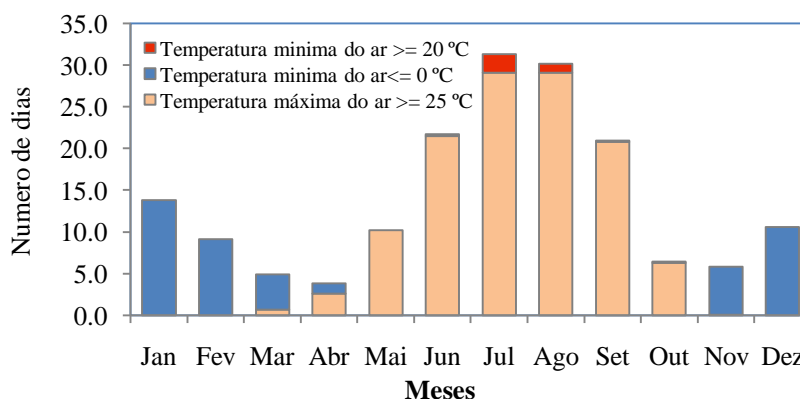


Figura 2 Número médio de dias com temperatura mínima do ar igual ou inferior a 0°C, temperatura mínima igual ou superior a 20°C e temperatura máxima igual ou superior a 25°C, em Mirandela, no período. Fonte: IM (2009).

No que se refere à temperatura do ar apresenta-se, ainda, na figura Fig. 2, o número médio de dias por mês em que a temperatura mínima é igual ou inferior 0°C e em que a temperatura máxima é igual ou superior a 25°C.

Esta informação é complementar da descrição da evolução anual da amplitude térmica e dá conta das condições extremas do ponto de vista térmico que caracterizam a área em estudo. A temperatura mínima é inferior a 0°C em cerca de 44,7 dias por ano. Esses dias encontram-se distribuídos entre Outubro e Abril com maior frequência nos meses de Dezembro a Fevereiro.

A temperatura máxima atinge valores acima de 25°C em cerca de 120,4 dias ano. Entre Junho e Setembro a temperatura máxima registada é, na maior parte dos casos, superior a esse valor.

2.2 Precipitação

A distribuição anual da precipitação é típica do clima mediterrânico com uma elevada concentração da precipitação na estação fria e uma quase ausência de precipitação nos meses mais quentes (Fig. 3). Em Mirandela a precipitação no semestre húmido (Outubro a Março) representa cerca de 63.43% da precipitação anual. A grande variação intra-anual da precipitação tem como consequências o excesso de água no solo no período Invernal, que constitui um problema em solos localizados nos vales e com deficiente drenagem, e um défice de água no solo no período estival que é mais acentuado nos solos com menor capacidade utilizável de água.

O valor médio da precipitação anual registado na estação meteorológica de Mirandela é de 508,6 mm. Os meses de Dezembro e Janeiro são os que registam os maiores valores de precipitação (72,0 e 59,2 mm, respectivamente) e os meses mais secos são os de Julho (17,8 mm) e Agosto (13,4 mm). A Fig. 3 representa, ainda, os valores médios anuais do número de dias em que a precipitação acumulada é superior a 0,1 mm, 1 mm e 10 mm na estação de Mirandela. As situações de chuva intensa (precipitação igual ou superior a 10 mm) ocorrem em cerca de 15,3 dias

por ano, com maior frequência nos meses de Inverno, e correspondem, em geral, à passagem de superfícies frontais na região.

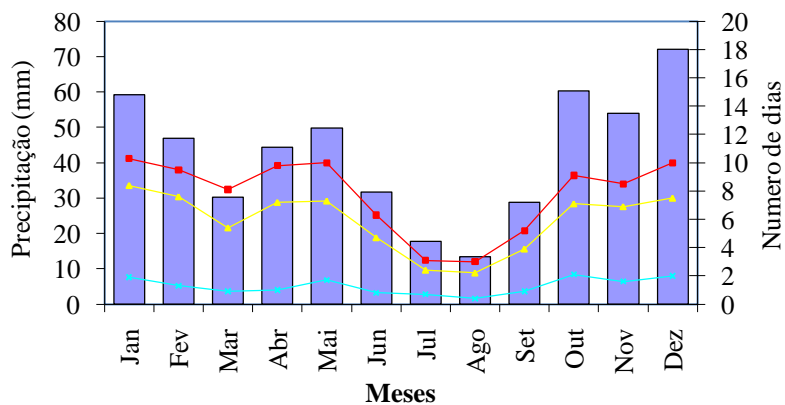


Figura 3 Precipitação total mensal em Mirandela (1971-2000). As colunas representam a precipitação em mm e as linhas representam o número de dias com precipitação igual ou superior a 0,1 mm (◆), com precipitação igual ou superior a 1,0 mm (▪) e com precipitação igual ou superior a 10 mm (▲). Fonte: IM (2009).

A Fig. 4 mostra o gráfico ombrotérmico ou termopluiométrico onde se pode observar uma assimetria bem marcada entre a temperatura e a precipitação, e que é característica dos climas mediterrânicos.

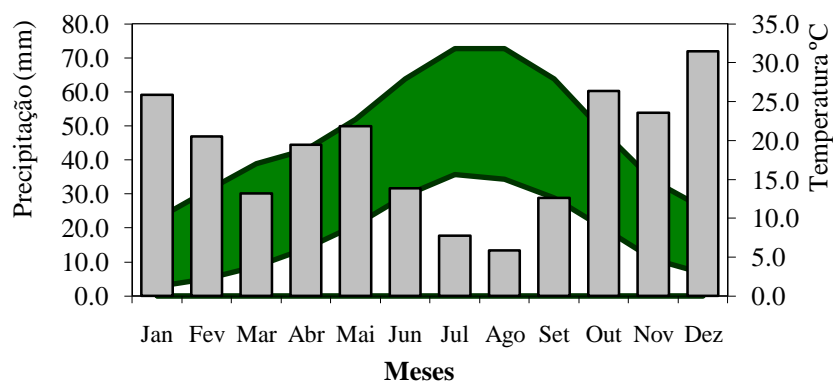


Figura 4 Gráfico ombrotérmico. As colunas representam a precipitação mensal e a banda representa a amplitude entre os valores médios mensais da temperatura máxima e mínima (1971-2000). Fonte: IM (2009).

Esta distribuição assimétrica entre a temperatura e a precipitação origina défices de água no solo muito acentuados e prolongados durante o período estival.

2.3 Humidade

A informação disponível sobre a humidade do ar resume-se aos valores médios dos registos diários efectuados às 9 horas. A Fig. 5 mostra o ciclo dos valores médios mensais, registados a essa hora, para os diferentes meses do ano. Os maiores valores observam-se nos meses de Inverno com valores a rondar os 90%, às nove horas. Nos meses de Verão os valores da humidade relativa são significativamente mais baixos atingindo valores na ordem dos 54-55% às nove horas (Julho e Agosto respectivamente).

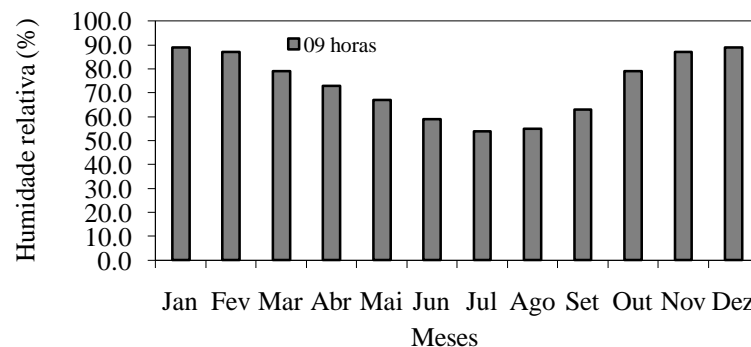


Figura 5 Humidade relativa do ar registada às 9 horas, em Mirandela, no período (1971-2000). Fonte: IM (2009).

Deve notar-se que a humidade relativa depende fortemente da temperatura (numa relação quase exponencial, se for constante a concentração de vapor de água). Assim, a humidade relativa durante a tarde e em dias quentes terá tendência a atingir valores mínimos.

2.4 Vento

Os valores médios da velocidade do vento registados em Mirandela estão representados no Quadro 1. O valor médio anual da velocidade do vento é de 7,5 km h⁻¹.

Quadro 1 Velocidade média do vento (U) em Mirandela (1971-2000) IM (2009).

Meses	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
U (km h ⁻¹)	5,8	6,5	7,6	8,6	8,6	8,9	9,5	8,8	7,4	6,3	5,5	5,9

Os valores mais baixos observados nos meses de Inverno resultam da existência de situações de estabilidade que são mais frequentes nesta época do ano do que, por exemplo, no período estival.

2.5 Insolação

Os valores médios mensais da insolação, expressa em horas, na estação de Mirandela estão indicados na Fig. 6.

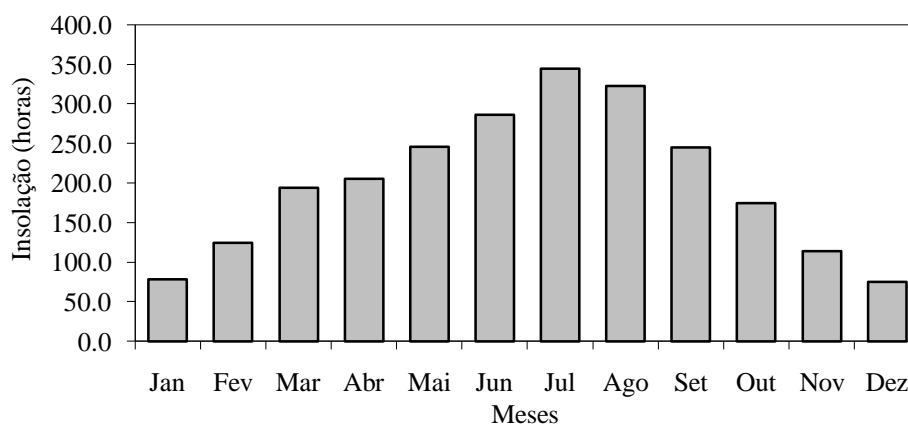


Figura 6 Insolação, expressa em horas, em Mirandela, no período (1971-2000). (Apenas 16 anos de Insolação (horas), 1972-1992, mas com falhas nos anos 1979, 1982, 1987, 1981. Fonte: IM (2009)

O número total anual de horas de sol é de 2407,6 horas. Os valores máximos registam-se nos meses de Julho (344,1 h) e Agosto (322,6 h) e os mínimos em Dezembro (75,0 h) e Janeiro (78,3 h).

No que se refere à insolação apresenta-se, ainda, na Fig. 7, o número médio de dias por mês em que a insolação é igual a 0%, menor ou igual a 20% e igual ou superior a 80%.

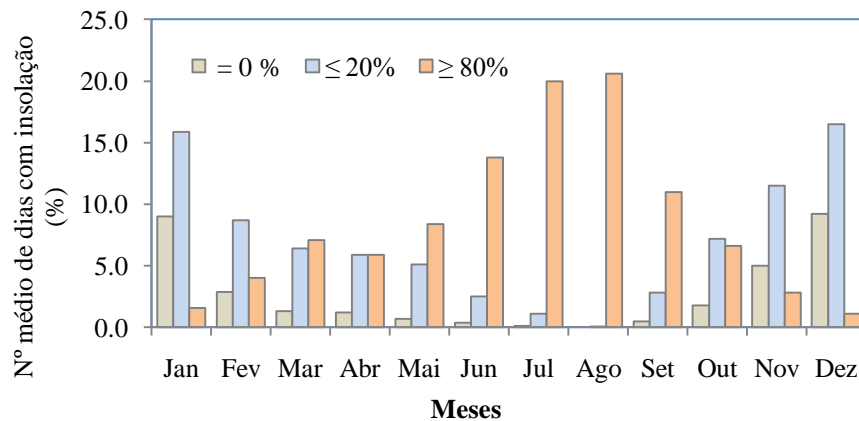


Figura 7 Número médio de dias com insolação igual a 0%, insolação menor ou igual a 20% e insolação maior ou igual a 80%, em Mirandela, no período (1971-2000). Fonte: IM (2009).

2.6 Nevoeiro

Os nevoeiros que ocorrem na região são predominantemente nevoeiros de radiação que se formam devido ao arrefecimento por radiação que se verifica em noites de céu limpo e vento fraco. A acumulação de ar frio nas zonas de cotas mais baixas e nos vales mais encaixados leva à ocorrência desse fenómeno meteorológico que é muito frequente durante os meses de Inverno e Primavera. A frequência média mensal de ocorrência de nevoeiro, em Mirandela, está representada na Fig. 8.

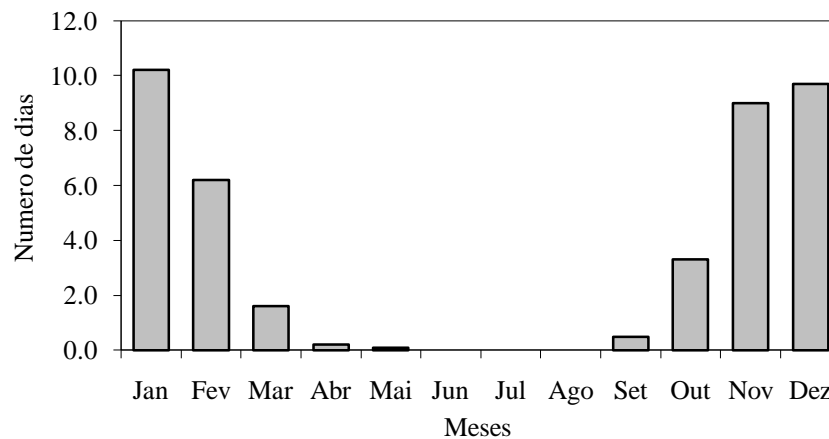


Figura 8 Número médio de dias com nevoeiro, em Mirandela, no período (1971-2000). Fonte: IM (2009).

Os meses que apresentam uma maior frequência de nevoeiro são Dezembro (9,7 dias) e Janeiro (10,2 dias). A frequência média anual é de 40,8 dias.

2.7 Geadas

A frequência média mensal de ocorrência de geada, em Mirandela, está representada na Fig. 9. Os meses que apresentam uma maior frequência de geada são Dezembro (11,9 dias) e Janeiro (14,3 dias). A frequência média anual é de 54,6 dias.

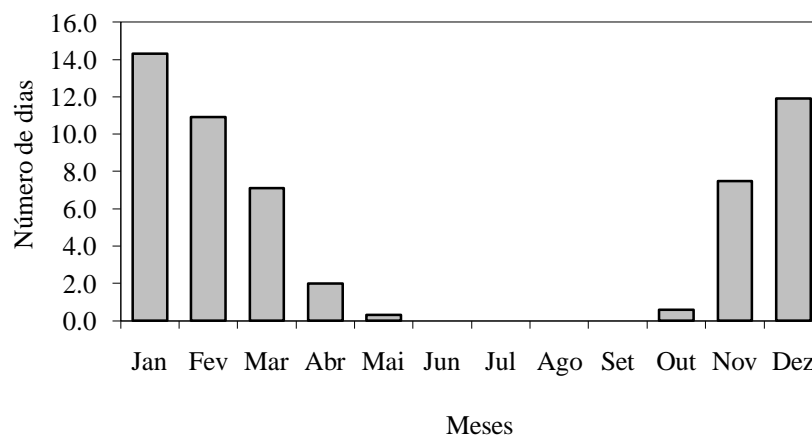


Figura 9 Número médio de dias com geada, em Mirandela, no período (1971-2000). Fonte: IM (2009).

O frio invernal e a possibilidade de ocorrerem geadas ainda em Abril, nomeadamente no fundo dos vales, é o aspecto que mais diferencia climaticamente esta zona homogénea da Terra Quente Transmontana, das outras zonas quentes do resto do País (Gonçalves 1991).

3 Estimativa das necessidades hídricas dos espaços verdes

3.1 Evapotranspiração de referência (ET₀)

O método de Penman-Monteith (Eq. 1) foi seleccionado pela FAO para o cálculo da ET₀ por ser capaz de fornecer resultados semelhantes aos observados na medição da evapotranspiração de cobertos de relva, por ter uma base física sólida e por incorporar claramente tantos parâmetros fisiológicos como aerodinâmicos. A evapotranspiração de referência define-se como a taxa de evapotranspiração de uma cultura de referencia hipotética, para a qual se assume uma altura de copado 0.12 m, uma resistência de superfície constante 70 s m⁻¹ e um albedo de 0.23, semelhante à evapotranspiração de um extenso coberto de relva verde de altura uniforme, em crescimento activo, cobrindo totalmente o solo e bem abastecido de água, (Pereira, 2004).

A equação de Penman-Monteith, simplificada, toma a forma seguinte, quando as medições meteorológicas são efectuadas a 2 m do solo (Allen *et al.*, 1998):

$$ET_0 = \frac{0.408 \Delta(R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} U_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0.34 U_2)} \quad (1)$$

em que:

- ET₀ - evaporação de referência [mm d⁻¹]
- R_n - radiação líquida à superfície da cultura [MJ m⁻² d⁻¹]
- G - densidade do fluxo de calor no solo [MJ m⁻² d⁻¹]
- T - média da temperatura do ar a 2 metros de altura [°C]
- U₂ - velocidade do vento a 2 metros de altura [m s⁻¹]
- e_a - tensão real de vapor [kPa]
- e_s - tensão de saturação de vapor [kPa]
- Δ - declive da curva de pressão de vapor [kPa °C⁻¹]
- γ - constante psicrométrica [kPa °C⁻¹]

Para assegurar a integridade dos cálculos, as medições climáticas devem ser feitas sobre uma extensa superfície relvada, que cubra totalmente o solo e sem falta de água (Pereira, 2004).

3.2 Evapotranspiração dos espaços verdes (ET_L)

Para as culturas agrícolas e para os relvados a estimativa da evapotranspiração é normalmente feita a partir da ET_0 afectando-a de um coeficiente (coeficiente cultural) que traduz a especificidade dessas culturas, incluindo o seu estado de desenvolvimento e a densidade de plantação e/ou sementeira. Contudo, a evapotranspiração de um espaço verde requer uma abordagem diferente da de uma cultura regada (Allen *et al.* 1998).

A evapotranspiração cultural, ET_c (mm d^{-1}), é calculada multiplicando a evapotranspiração de referência, ET_0 (mm d^{-1}), pelo coeficiente cultural, K_c (adimensional), (Eq. 2) como vulgarizado por Doorenbos e Pruitt (1977):

$$ET_c = K_c \times ET_0 \quad (2)$$

onde ET_0 é a evapotranspiração da cultura de referência e K_c é o coeficiente cultural, que permite relacionar a ET_0 com a evapotranspiração da cultura.

Uma vez que a ET_0 representa um índice climático da procura evaporativa, o K_c varia essencialmente de acordo com as características da cultura, traduzindo em menor escala a variação dos factores climáticos (Allen *et al.*, 1998). O coeficiente cultural, conforme bases teóricas analisadas por (Pereira *et al.* 1999), representa a integração dos efeitos de três características que distinguem a evapotranspiração da cultura da de referência:

– a altura da cultura (h), que afecta a rugosidade e a resistência aerodinâmica;

– a resistência de superfície relativa ao par cultura - solo, que é afectada pela área foliar (determinando o número de estomas), pela fracção de cobertura do solo pela vegetação, pela idade e condição das folhas, e pelo teor de humidade à superfície do solo;

– o albedo da superfície cultura-solo, que é influenciado pela fracção de cobertura do solo, pela vegetação e pelo teor de humidade à superfície do

solo e influencia a radiação líquida disponível à superfície, R_n , que é a principal fonte de energia para as trocas de calor e de massa no processo de evaporação.

O K_c introduz as variações no consumo de água de cada espécie, considerando factores como a espécie e o estado de desenvolvimento. Nas culturas agrícolas este coeficiente varia desde a sementeira até à colheita. Neste período diferenciam-se quatro fases da cultura para as quais existem valores tabelados (Allen *et al.*, 1998).

Em agricultura, as necessidades em água de irrigação estão bem estabelecidas para muitas culturas e relvados (Quadro 2). Nos espaços verdes urbanos, as necessidades de água de rega foram determinadas para relvados, mas não para a maioria das espécies dos espaços verdes (Costelo *et al.*, 2000).

Quadro 2 Coeficientes culturais de várias culturas e relvados. Tipicamente os valores de K_c para as culturas agrícolas mudam durante as estações o ano: - valores baixos para início de temporada (Março/Abril) ou mais tarde na época (Setembro/Outubro) e valores elevados para a estação média (Maio/Junho/Julho), (adaptado de Costello *et al.*, 2000).

Culturas	Coeficiente cultural	
	Baixo	Alto
Pomar (folha caduca) *	0,50	0,97
Pomar (folha caduca) com coberto vegetal **	0,98	1,27
Vinha	0,06	0,80
Oliveira	0,58	0,80
Pistachio	0,04	1,12
Citrinos	0,65	
Relvados com espécies de estação fria	0,80	
Relvados com espécies de estação quente	0,60	

*Pomar de caducifolias, maçãs, cerejas e nozes ** Quando uma cultura de cobertura activa está presente, o K_c pode aumentar de 25 a 80%.

Ao contrário das culturas agrícolas ou relvados, um espaço verde é composto de muitas espécies e uma mistura de tipos de vegetação (árvores, arbustos, plantas de cobertura de solo) (Fig. 10). Os espaços verdes variam ainda consideravelmente na densidade das plantações. Por outro lado, um espaço verde recém-plantado tem muito menos área foliar de superfície de evaporação do que uma plantação estabelecida.

Muitos espaços verdes incluem uma variedade de microclimas, desde zonas frescas, sombreadas, áreas protegidas e quentes, ensolaradas, zonas ventosas que influenciam significativamente a *ET* (Costelo *et al.*, 2000).

Sendo o espaço verde um elemento de paisagem heterogéneo, constituído por diferentes tipos e espécies de plantas, com necessidades hídricas diferenciadas, crescendo em ambientes diversos no que se refere a sombra e microclima, com diferentes densidades, e com a possibilidade de adoptar índices de stresse diferenciados, para cada espaço verde (hidrozonas) as necessidades de rega são específicas e diferenciadas (Ribeiro, 2009).



Figura 10 Exemplo da diversidade de vegetação num espaço verde.

Os espaços verdes são frequentemente regados e requerem, por isso, conhecimento adequado das necessidades de água. Para o efeito, desenvolveram-se vários procedimentos para a sua estimativa (Costello *et al.*, 2000, McCabe, 2005a, Snyder e Eching, 2004 e 2005; Allen *et al.*, 2007; Pereira, 2008).

$$ET_L = K_L \times ET_0 \quad (3)$$

onde:

ET_L é a *ET* de um espaço verde (mm d^{-1}),

ET_0 é a *ET* de referência (mm d^{-1})

K_L é o coeficiente de espaços verdes (adimensional)

3.2.1 Coeficiente de espaços verdes (K_L)

O consumo de água de um espaço verde dependerá do tipo de plantas (nem todas necessitam da mesma quantidade) e das condições climáticas da zona, especialmente a radiação solar, temperatura, humidade relativa e vento dominante. Nas necessidades de rega do espaço verde, também tem influência o tipo de solo, que determinará a maior ou menor quantidade de água armazenada e a dificuldade com que as plantas a extraem (Avila, 2004).

O coeficiente cultural (K_c), utilizado para o cálculo das necessidades de água das culturas, não representa bem as condições de uso da água dos espaços verdes pelo que foi criado o coeficiente de espaços verdes (K_L) que o modifica e adapta a estes cobertos vegetais. O K_L , assim como o coeficiente cultural (K_c), é um factor de correcção da ET_0 , de forma a possibilitar o cálculo das necessidades hídricas das plantas dos espaços verdes (McCabe, 2005b).

Na gestão dos espaços verdes, não é objectivo fornecer toda a água necessária para manter a taxa máxima de ET . O K_L tem a mesma função que o coeficiente cultural, mas não é determinado da mesma forma. Os valores são calculados a partir de três coeficientes: vegetação, densidade e microclima (Costello *et al.*, 2000 e IA, 2005a). O K_L é calculado pela equação seguinte:

$$K_L = K_v \times K_d \times K_{mc} \quad (4)$$

onde:

K_v representa o coeficiente de vegetação, que caracteriza a ET_L para um solo totalmente ou quase totalmente coberto por um dado tipo de vegetação, não sujeita a sombreamento nem stresse hídrico, e em condições de máxima ET para a sua espécie;

K_d representa o coeficiente de densidade de plantação e serve para adequar ET_L a diferentes densidades das plantas de um dado tipo de vegetação;

K_{mc} representa o coeficiente de microclimático, e representa o microclima onde as plantas se desenvolvem no que se refere às condições que favorecem ou limitam a ET da vegetação.

Tendo em conta que o objectivo da rega de espaços verdes é promover uma boa aparência das plantas e não a produção de biomassa, pode-se adoptar rega deficitária para promover uma economia de água. Esta traduz-se pela adopção de um factor de stresse intencional (K_{sm}) por parte do gestor de rega quando pretenda economizar água ou não existam disponibilidades de água suficientes para colmatar as necessidades hídricas das plantas (Allen *et al.*, 2007).

A magnitude do factor de stresse depende das necessidades fisiológicas e morfológicas das plantas; o objectivo é manter a estética e a aparência com irrigação mínima (Araújo-Alves, 2009). Por exemplo, estudos de conservação água em relvados têm demonstrado que a percentagem de economia de água de 30%, para relvados de estação fria e 40% para relvados de estação quente pode ser atingido sem perda significativa de qualidade (Pittenger e Shaw, 2001).

3.2.1.1 Coeficiente de vegetação (K_v)

O coeficiente de vegetação representa a relação entre a evapotranspiração de referência e quantidade de água evapotranspirada pela planta. O K_v , foi determinado, por Costelo *et al.* (2000), mediante ensaios de campo para mais de 1.800 espécies, crescendo de forma saudável e priorizando a qualidade visual em detrimento da produção de biomassa.

Snyder e Eching (2004) e Allen *et al.* (2007) calcularam o K_v de cada espécie sem limitações hídricas e introduziram um coeficiente de stresse K_{sm} no cálculo do K_L .

$$K_L = K_v \times K_d \times K_{mc} \times K_{sm} \quad (5)$$

O coeficiente de vegetação (K_v) é usado considerando diferenças nas necessidades de água entre espécies. Em espaços verdes estabelecidos,

determinadas espécies necessitam de elevadas quantidades em água para se manterem em óptimo estado hídrico, (ex., Cerejeira, Amieiro, Hidrângea), contrariamente outras necessitam de muito pouca água (ex., Oliveira, Loendro, Zimbro) (Costelo *et al.*, 2000). Para os relvados, o K_v apresenta um valor inferior à unidade (Quadro 3) porque se considera que a altura dos relvados usados nos espaços verdes é, tipicamente, inferior aos 12 cm da superfície de relva que serve de referência para o cálculo da ET_0 (Sanjiao, 2009).

Quadro 3 Coeficiente de espécie (K_v) para correcção da evapotranspiração de referência (ET_0), a utilizar na rega de diferentes tipos de vegetação de um espaço verde, de modo a que as plantas se mantenham em boas condições hídricas (Allen *et al.*, 2007).

Tipo de vegetação	K_v
Árvores	1,15
Arbustos de climas desérticos	0,7
Arbustos não xerofíticos	0,8
Plantas de cobertura de solo completa	1,0
Annual de flor (estação)	0,9
Consociação de árvores, arbustos e plantas de cobertura de solo ⁽¹⁾	1,2
Relvado de estação fria	0,9
Relvado de estação quente	0,9

⁽¹⁾ As categorias listadas para árvores, arbustos e plantas de cobertura de solo, aplicam-se a espaços verdes que são compostos somente ou predominantemente de um destes tipos de vegetação.

Plantações mistas são compostas de dois ou tres tipos de vegetação (i.e., quando um tipo de vegetação simples não predomina).

O coeficiente vegetação (K_v) pode variar entre 0,1 e 0,9 e divide-se em quatro categorias (Quadro 4).

Quadro 4 Coeficiente de vegetação (K_v) categorias e intervalo de variação. Adaptado de (Costello *et al.*, 2000).

Categoria	(K_v)
Alta	0,7 - 0,9
Moderada	0,4 - 0,6
Baixa	0,1 - 0,3
Muito baixa	< 0,1

Estes valores do coeficiente de vegetação aplicam-se observando o tipo de vegetação (árvore, arbusto, cobertura de solo, trepadeira, ou herbáceas) e são baseados em estudos de uso da água pelas espécies dos espaços verdes.

Quadro 5 Valores de (K_v) para diferentes tipos de plantas (adaptado de McCabe, 2005a).

Tipo de vegetação	Alta densidade	Média densidade	Baixa densidade
Árvores	0.9	0.5	0.2
Arbustos	0.7	0.5	0.2
Cobertura de solo	0.9	0.5	0.2
Mistura árvores, arbustos e cobertura de solo	0.9	0.5	0.2
Relvado de estação fria	--	0.8	--
Relvado de estação quente	--	0.6	--

O valor do coeficiente de vegetação pode ser encontrado observando-se a espécie em causa, e seleccionando um valor adequado para a categoria.

3.2.1.1.1 Plantações de múltiplas espécies

Em hidrozonas bem planeadas, onde as espécies tenham necessidades em água semelhantes, a selecção de um valor (K_v) é simples: - basta seleccionar a categoria para a qual todas as espécies estão assinaladas e escolher o valor adequado. Por exemplo, se todas as espécies estão na categoria “moderada”, então selecciona-se, um valor de 0,4 a 0,6.

Em casos em que espécies com diferentes necessidades de água são plantadas na mesma zona irrigada, a categoria da espécie com maior necessidade de água determina o valor de K_v . Esta definição é aplicada se todas as plantas estão a ser conduzidas sem stresse hídrico. Por exemplo, se espécies na categoria “baixo”, “moderado” e “alto” são plantadas na mesma zona de irrigação, para evitar stresse hídrico para as espécies na categoria “alto”, terá que seleccionar-se um valor de K_v de 0,7 a 0,9. Infelizmente, isto significa que espécies na categoria moderada e baixa receberão mais água do que o necessário.

Considerando que plantações com necessidades de água diferenciada não são eficazes na maioria dos casos e, a incidência de lesões na planta podem aumentar, algumas opções de gestão podem ser tomadas:

- Se apenas um pequeno número ou percentagem das plantas estão situadas na categoria alta, a substituição dessas plantas por espécies com

menor necessidade de água permitiria a selecção de um (K_v) de gama inferior.

- Se todas as plantas devem ser mantidas, e com um nível de aparência pouco inferior a óptima, é aceitável, então, que um valor de K_v de gama mais baixa possa ser seleccionado. Por exemplo, no caso de plantas nas categorias baixa, moderada e alta se encontram na mesma zona de irrigação, um valor a partir do K_v de gama moderada pode ser seleccionado com o entendimento de que alguns prejuízos para as espécies na categoria alta são susceptíveis de se verificarem.

- Nos casos em que todas as plantações devem ser mantidas e o stresse hídrico não é aceitável, então é de considerar a irrigação suplementar para as espécies situadas na categoria alta. Mais uma vez utilizando o caso de espécies situadas nas categorias baixa, moderada e alta plantadas na mesma zona irrigação, um valor a partir de K_v da gama moderada pode ser seleccionado para a plantação fornecendo adicionalmente água às plantas individuais com maiores necessidades. Esta abordagem requer um ajustamento do sistema de irrigação utilizando suplementarmente quer pulverizadores ou emissores para fornecer água para às espécies com maiores necessidades hídricas.

É importante lembrar que determinadas espécies se podem manter uma aparência aceitável sem irrigação depois de estabelecidas. Tais espécies estão agrupadas na categoria "muito baixo" e atribui-se um valor de K_v menor que 0,1. Essencialmente esta classificação significa que espécies deste grupo não necessitam ser irrigadas salvo se a precipitação invernal for anormalmente baixa. Assim, se não é fornecida irrigação, não há necessidade de calcular um coeficiente de espaços verdes e um valor K_v . Em anos de pluviosidade baixa em que pode ser necessário regar, atribuí-se um valor de K_v de 0,1 que é suficiente para manter viçosas e com boa aparência estas espécies, (Costelo et al., 2000).

Muitas das plantas utilizadas em espaços verdes têm um bom controlo estomático e conseguem suportar níveis relativamente baixos de evapotranspiração. Por exemplo, por observação do Quadro 9, um valor de stresse alto para herbáceas corresponde a um valor de K_{sm} de 0,2,

apropriado para plantas fortemente tolerantes à secura. Este mesmo valor, pode não ser apropriado para algumas espécies ornamentais que requerem maiores quantidades de água para manter a boa aparência e estética (Allen *et al.*, 2007).

3.2.1.2 Coeficiente de densidade (K_d)

O coeficiente de densidade (K_d) integra as diferentes densidades de vegetação entre as plantas dos espaços verdes. Diferentes densidades de vegetação, ou área foliar, implicam diferenças na perda de água (Costello *et al.*, 2000). O factor densidade varia entre 0,5 a 1,3. Este intervalo é dividido em três categorias (Quadro 6).

Quadro 6 Coeficiente de densidade (K_d), categorias e intervalo de valores. (adaptado de Costello *et al.*, 2000).

Nível de densidade de plantação	(K_d)
Elevado	1,1 a 1,3
Médio	1,0
Baixo	0,5 a 0,9

- **Situação de “Densidade Normal”** – quando a plantação é feita de acordo com o compasso de plantação aconselhado para a planta em questão, o valor de (K_d) a utilizar é 1,0, correspondente a:

Zona de plantação composta apenas por um tipo de vegetação: Pertencem a esta designação, as árvores (cobertura entre 70 a 100%), arbustos, herbáceas e coberturas de solo, com uma área coberta entre 90 a 100% (cobertura total) (Costello *et al.*, 2000).

Zona de plantação composta por vários tipos de vegetação: Situação em que a zona de plantação é compacta, predominantemente composta por um tipo de vegetação, e essa espécie tem uma cobertura que se insira na situação “densidade normal” (Costello *et al.*, 2000).

- **Situação de “Alta Densidade”** – corresponde a zonas de plantação mista (árvores, arbustos e herbáceas), que normalmente têm uma área total de cobertura maior que as zonas de plantação simples (Fig. 11), por

consequência requerem mais água, motivo pelo qual se inserem nesta categoria (Costello *et al.*, 2000).

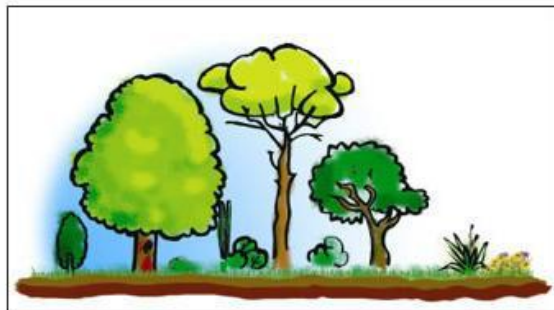


Figura 11 Exemplo de espaço verde misto de alta densidade, constituído por árvores, arbustos e plantas de cobertura do solo. Adaptado de (Ávila, 2004).

• **Situação de “Baixa Densidade”** – plantas jovens (recém plantadas), ou plantações com compasso mais alargado, que têm menor área coberta do que as plantas mais velhas, ou com compasso de plantação mais apertado, necessitam de menos água (Costello *et al.*, 2000), tais como:

Zona de plantação composta apenas por um tipo de vegetação: No caso de árvores com área coberta inferior a 70%, arbustos, herbáceas com uma área coberta a inferior a 90%.

Zona de plantação composta por vários tipos de vegetação: Cobertura do solo com herbáceas, com uma área coberta inferior a 50%, onde se encontram esporadicamente árvores, os valores de *Kd* a utilizar serão entre 0,7 e 0,9.

As plantações dos espaços verdes jovens e espaçadas têm tipicamente menor área foliar do que plantações já estabelecidas ou densamente plantadas, e, assim, perdem menos água. A estas plantações é atribuído um valor de *Kd* na categoria “baixo”. Plantações com misturas de tipos de vegetação (árvores, arbustos, e cobertura de solo) normalmente têm no conjunto maior área foliar do que plantações com um único tipo de vegetação, e assim perdem mais água. A estas plantações é atribuído um valor de *Kd* na categoria “alto”. Plantações que cobrem a área mas são predominantemente de um tipo de vegetação, é atribuído um valor de *Kd* na categoria “médio” (Costello *et al.*, 2000).

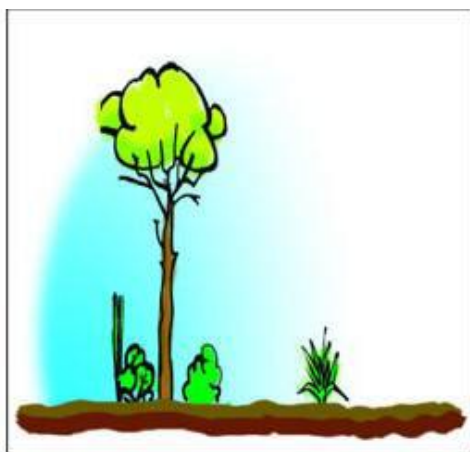


Figura 12 Exemplo de espaço verde misto de baixa densidade, constituído por árvores, arbustos e “mulching”. Adaptado de Ávila (2004).

O Quadro 7 indica os valores de K_d aconselhados para diferentes tipos de planta, admitindo que o solo não é regado. Caso o solo seja regado, o valor do K_d deverá ser 10 a 20% maior, uma vez que a evaporação da água à superfície do solo é maior, especialmente no caso de árvores e arbustos (McCabe, 2005b).

Quadro 7 Valores de K_d para diferentes tipos de vegetação. Adaptado de McCabe (2005a).

Vegetação	Alta densidade	Média densidade	Baixa densidade
Árvores	1.3	1.0	0.5
Arbustos	1.1	1.0	0.5
Cobertura de solo	1.1	1.0	0.5
Mistura árvores, arbustos e cobertura de solo	1.3	1.0	0.6
Relvados em geral	1.0	1.0	0.6

3.2.1.3 Coeficiente Microclimático (K_{mc})

Nos espaços verdes a diversidade de microclimas existentes impõe a necessidade de serem considerados nas estimativas da perda de água pelas plantas. As estruturas e equipamentos existentes nos espaços verdes urbanos (como as construções e pavimentação) influenciam a temperatura, velocidade do vento, intensidade luminosa e humidade (Fig.13). Estas características variam consideravelmente entre espaços

verdes, resultando em diferenças no microclima. O factor microclimático (K_{mc}) varia de 0,5 a 1,4 e é dividido em três categorias (Quadro 8) (Costelo *et al.*, 2000)

Quadro 8 Coeficiente microclimático (K_{mc}) categorias e intervalo de variação (adaptado de Costello *et al.*, 2000).

Nível de densidade de plantação	(K_{mc})
Elevado	1,1 a 1,4
Médio	1,0
Baixo	0,5 a 0,9

Uma "condição" microclimática de categoria média é equivalente às condições de evapotranspiração de referência, i.e., um espaço aberto sem ventos fortes ou calor atípico para o local. Uma situação microclimática média é aquela em que os edifícios, pavimentos, estrutura, pendentes e superfícies reflectoras não influem no microclima do lugar. O K_{mc} médio nesta situação será igual a 1,0. Às plantações cercadas por superfícies absorção de calor, superfícies reflectoras, ou expostos a condições particularmente ventosas serão atribuídos valores na categoria "elevado". Por exemplo, em plantações medianas de rua, parques de estacionamento, próximo de paredes viradas a sudoeste de um edifício, ou áreas "túnel de vento" são áreas que devem ser assinaladas com condições microclimáticas "elevado" (Costelo *et al.*, 2000).

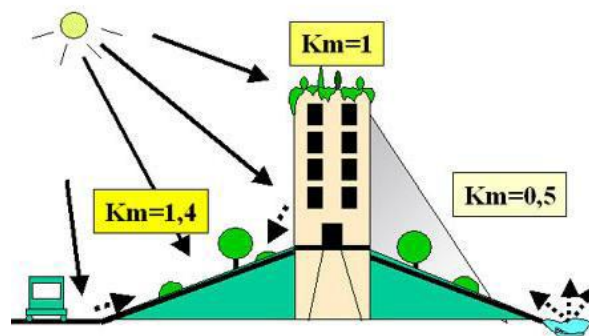


Figura 13 Efeito dos edifícios e outras construções, típicas dos ambientes urbanos, na energia disponível para a evapotranspiração. Adaptado de Sanjiao (2010).

Plantações que estão sombreados durante uma parte substancial do dia ou são protegidos de ventos típicos da região seriam atribuídas valores na

categoria “baixo”. Estes incluem edifícios a Norte, pátios, saliências de construção, e encostas voltadas a Norte. O valor específico atribuído dentro de uma categoria dependerá de uma avaliação do grau em que o microclima afectará a perda de água pela planta. Por exemplo, as árvores num estacionamento que estão expostas a ventos constantes (atípico para a área geral) será atribuído um valor mais alto na categoria “alto” do que se a localização não fosse ventosa. Inversamente, uma plantação de pátio na sombra da tarde e protegidos de ventos seria atribuído um valor de (K_{mc}) na categoria de baixo, mas menos do que para uma plantação sem sombreamento durante a tarde.

3.2.1.4 Coeficiente de stresse intencional (K_{sm})

No Quadro 9 apresentam-se os valores de (K_{sm}) para diferentes tipos de plantas em situações de stresse alto, médio e baixo, para valores da fracção de água do solo extraível sem afectar a produção (p), isto é, a fracção da reserva utilizável que pode ser extraída da zona radicular sem que ocorra stresse hídrico (Allen *et al.*, 2007).

Quadro 9 Valores de (K_{sm}) para diferentes tipos de plantas e fracção p (sem stresse) (Allen *et al.*, 2007)

Vegetação	Stresse Alto	Stresse Médio	Stresse Baixo	Fracção p (sem stresse)
Árvores	0.3	0.4	0.8	0.6
Arbustos de clima desértico	0.2	0.4	0.6	0.6
Restantes espécies de arbustos	0.3	0.5	0.8	0.6
Herbáceas com cobertura de solo completa	0.2	0.5	0.8	0.5
Anuais (flores)	0.4	0.7	0.8	0.4
Mistura das três anteriores	0.3	0.4	0.8	0.6
Relvado de estação fria (C3)	0.7	0.8	0.9	0.4
Relvado de estação quente (C4)	0.6	0.7	0.8	0.5

4. Balanço hídrico do solo e necessidades de rega

A determinação do balanço hídrico do solo na zona de enraizamento, com a respectiva quantificação dos termos que o constituem e a caracterização dos padrões de ocorrência dos processos de transferência hídrica (padrões de extracção radical e de escoamento de água no solo) é uma necessidade determinante para a gestão da rega e para o seu melhoramento e optimização (Pereira, 2008).

O conhecimento do balanço hídrico do solo na zona explorada pelas raízes é fundamental para uma boa gestão da água em regadio. Na condução da rega é necessário responder a três questões: quando, quanto e como regar. A resposta dependerá do grau de conhecimento dos processos ligados às transferências hídricas na zona de enraizamento da cultura regada, entre as plantas, o solo e a atmosfera (Pereira, 2010).

A equação geral do balanço hídrico na zona de enraizamento (Equação 6) para um intervalo de tempo Δt (dias) e para uma camada de solo de espessura Δz (m), correspondente à zona de enraizamento, é dada por:

$$(\Delta S) = (P + I_n + GW) - (Q_r + DP + ET) \quad (6)$$

onde:

ΔS – variação do armazenamento de água no solo;

P – precipitação;

I_n – dotação de rega;

GW – fluxo acumulado de ascensão capilar;

Q_r – escoamento superficial;

DP – fluxo acumulado de percolação;

ET_c – evapotranspiração;

A Equação 6 pode resolver-se em relação a qualquer uma das variáveis, permitindo pois calcular as necessidades de rega (I_n). O escoamento superficial, Q_r , geralmente despreza-se, P observa-se, a ET_c calcula-se, enquanto GW e DP podem estimar-se por vários métodos (Liu *et al.*, 2006). ΔS pode observar-se ou simular-se em conjunto com I_n , como

acontece nos modelos de balanço hídrico (Pereira *et al.*, 1995; Pereira, 2004).

Todas as variáveis a que se refere a equação supramencionada são expressas em volume por unidade de área (L^3L^{-2}), sendo usual exprimi-las em mm (acumulados para o intervalo de tempo) (Pereira, 2004).

A quantidade de água a aplicar depende não só do intervalo entre regas, ou da extracção da água pelas plantas e evaporação, mas também do teor de água armazenado no solo e da possibilidade de ocorrerem contribuições de água provenientes de camadas mais profundas do solo ou a partir da toalha freática por ascensão capilar. Caso as quantidades de água sejam excessivas, pode ocorrer drenagem profunda para além da zona radicular, levando ao arrastamento de fertilizantes. A quantidade de água a aplicar depende do método de rega utilizado (Pereira, 2004).

As manifestações fisiológicas das plantas devidas à carência hídrica deverão servir como indicadores padrão para determinar quando regar. Estes indicadores podem ter carácter empírico, como cor, viscosidade, turgidez, enrolamento das folhas, ou constituir métodos científicos, como os relativos ao potencial da água nas folhas, à temperatura do copado, ou a variação dos diâmetros de caules e ramos. Por outro lado, poderão servir de padrão para a calibração prática de métodos baseados na medição de processos que ocorrem no meio onde a cultura se desenvolve, - a atmosfera e o solo, caso da medição do fluxo de seiva para estimar a taxa de transpiração da cultura, a utilização de medições de variáveis meteorológicas para estimar a ET cultural (que se analisou acima), a observação da taxa de variação do teor de água no solo por métodos como o gravimétrico, o da sonda de neutrões ou o do TDR, ou do potencial da água no solo com tensiómetros. Em todos os casos, as variáveis observadas permitem otimizar a decisão relativa à oportunidade da rega desde que os métodos estejam calibrados ou validados para a cultura e o ambiente em que esta se desenvolve.

Contudo, estes ou outros métodos não se podem dissociar dos processos de transferência hídrica no solo, pois este constitui o meio onde se efectua o armazenamento e transporte de água até às raízes das plantas. No entanto, o papel do solo é menos importante no caso de rega com pequenas dotações e de alta frequência, já que a dotação tende a ser

igual ao consumo (devendo contudo prevenir-se os riscos de salinização da zona de enraizamento) (Pereira, 1999).

As necessidades líquidas de água para rega (IWR) para todo o ciclo cultural, depois de corrigido para as necessidades de lavagem de sais, pode ser expressa pela Equação (Pereira, 2004):

$$IWR = \frac{ET_c - Pe - GW + DP + \Delta S}{1 - LR} \quad (7)$$

onde LR é a fracção de lavagem, Pe a precipitação efectiva.

A fracção de lavagem é a fracção de água de rega que deve ser acrescentada às necessidades líquidas devidas ao consumo pela evapotranspiração de forma a percolar através da zona radicular os sais em excesso e assim manter a salinidade do solo em níveis compatíveis com as condições de crescimento das plantas e ambientais (Ayers e Westcot, 1985). A fracção de lavagem pode estimar-se pela relação

$$LR = \frac{EC_{iw}}{5EC_{iw} - EC_{iw}} \quad (8)$$

em que EC_{iw} é condutividade eléctrica da água de rega e ECe a condutividade eléctrica do extracto saturado do solo.

As *necessidades brutas ou globais de água de rega*, $GIWR$ (Eq. 8) dependem do processo de aplicação da água, i.e., do método e sistema de rega, e do sistema de transporte e distribuição da água a partir da sua origem. Para o efeito, considera-se a eficiência global Ef , inclusiva da eficiência de aplicação relativa ao sistema de rega utilizado e das eficiências de distribuição e de transporte relativas à rede de rega, ou seja,

$$GIWR = \frac{IWR}{Ef} \quad (9)$$

em que $GIWR$ são as necessidades brutas ou globais de água para rega; IWR as necessidades líquidas de água para rega e Ef a eficiência global de rega.

O conceito de eficiência foi introduzido por Israelsen (1932) para relacionar a quantidade de água consumida na produção de dada cultura com a quantidade de água mobilizada para a rega (Wolters, 1992).

A eficiência de aplicação depende, fundamentalmente, da uniformidade de aplicação que, por sua vez, depende de diversos factores, sendo os mais comuns a disposição e performance dos emissores; a compatibilidade da dotação de rega com a capacidade de infiltração do solo; a evaporação de água antes de entrar no solo; a influência do vento e a modelação do terreno.

4.1 Modelos de simulação do balanço hídrico para a determinação das necessidades de rega

Os modelos de simulação do balanço hídrico do solo constituem ferramentas preciosas para a determinação das necessidades de rega e para a condução da rega (Pereira *et al.*, 1995).

O modelo ISAREG (Teixeira e Pereira, 1992; Pereira *et al.*, 2003), disponível em Windows – modelo WINISAREG - é capaz de lidar com a ascensão capilar e a percolação através da zona radicular (Liu *et al.*, 2006). O modelo ISAREG é composto por um programa para o cálculo da evapotranspiração de referência com o método FAO-PM, EVAP56, que inclui a estimativa de parâmetros no caso de variáveis meteorológicas em falta, por um programa para parametrizar o cultivo, e por um módulo de simulação do balanço hídrico, calculando as necessidades de água e de rega das culturas com diversos passos de tempo e diversas opções de entrada de dados climáticos, de solos e da cultura (Pereira, 2004).

O modelo CROPWAT (Smith, 1992) para Windows é um programa que utiliza o método da FAO Penman-Monteith para determinar a evapotranspiração de referência (ET_o) com base em dados climáticos mensais. Posteriormente, baseado no balanço hídrico diário do solo, estima as necessidades em água das culturas e elabora calendários de rega (Clarke *et al.*, 1998). É deste modo uma ferramenta útil para planear, uma campanha de rega ou para auxiliar no desenvolvimento de um projecto de regadio. O modelo CROPWAT, no entanto, não é adequado para a condução da rega em tempo real, essencialmente, por não permitir a introdução diária de dados de evapotranspiração de referência (ET_o) pois, neste programa, os dados climáticos e a ET_o apenas podem ser introduzidos mensalmente e sendo posteriormente ajustados ao dia segundo determinados critérios. Este programa guarda os dados de clima,

de solo e da cultura em ficheiros distintos o que, por vezes, não facilita a sua actualização e a obtenção dos resultados em tempo real (Mendes, 2007).

5 Material e métodos

5.1 Localização e caracterização das parcelas/hidrozonas

O presente trabalho foi desenvolvido nos espaços verdes do Município de Mirandela que têm uma área útil de aproximadamente 12 hectares. A Fig. 14 mostra a localização das parcelas, onde decorreram os trabalhos experimentais, no contexto do perímetro urbano da cidade.

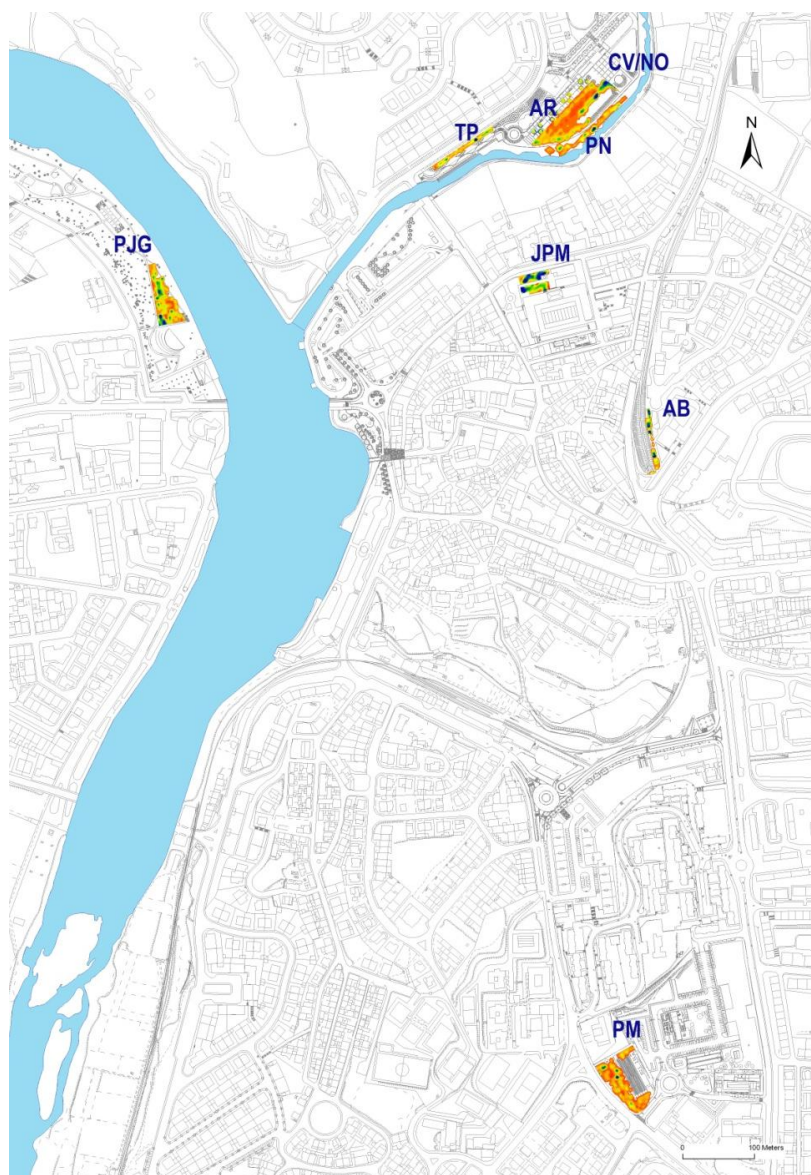


Figura 14 Localização das parcelas/hidrozonas, onde decorreu o trabalho experimental.

A selecção das zonas para a realização dos ensaios experimentais teve em consideração a selecção de parcelas/hidrozonas (H), (Quadro 10) representativas dos espaços verdes da cidade de Mirandela. As hidrozonas seleccionadas encontram-se em espaços verdes estabelecidos. O trabalho experimental decorreu durante o ano de 2010.

Quadro 10 Caracterização das hidrozonas (H), nomenclatura, localização geográfica e área dos ensaios (m-2).

Parcela/Hidrozona	Abreviatura	Coordenadas Geográficas		Área (m ²)
		Latitude	Longitude	
Auditório/Biblioteca	AB	41° 29'06" N	7° 10'44" W	459,34
Aromáticas	AR*	41° 29'22" N	7° 10'56" W	376,80
Campo Voleibol/Nora	CV/NO*	41° 29'22" N	7° 10'56" W	3436,60
Jardim Praça Mercado	JPM	41° 29'14" N	7° 10'50" W	874,78
Parque José Gama	PJG	41° 29'13" N	7° 11'13" W	2090,23
Piscina Municipal	PM	41° 28'38" N	7° 10'47" W	2219,49
Prado Natural	PN*	41° 29'22" N	7° 10'56" W	1495,70
Talude Paliçada	TP*	41° 29'22" N	7° 10'56" W	920,59

AB – (Auditório/Biblioteca), TP - (Talude Paliçada), AR – (Aromáticas), PN – (Prado Natural), CV/NO – (Campo de Voleibol/Nora), JPM – (Jardim da Praça do Mercado), PJG – (Parque José Gama), PM – (Piscina Municipal)

* hidrozonas localizadas no espaço verde da Margem Direita da Ribeira de Carvalhais.

As hidrozonas TP, AR, PN e CV/NO, fazem parte integrante do espaço verde designado Margem Esquerda da Ribeira de Carvalhais (MDRC).

As hidrozonas em estudo são abastecidas de água a partir de dois hidrantes localizados às cotas de 216,52 m (HI 1) e 215,50 m (HI 2). A água é originária de uma albufeira do perímetro de rega agrícola (barragem de Cedães), cuja cota máxima é 290,97m. O HI 1 abastece as quatro hidrozonas da MDRC, as hidrozonas JPM e PM. Um reservatório de 100 m³, situado na Mata dos Castanheiros à cota de 274,40 m abastece, por gravidade, a hidrozona AB. A hidrozona PJG é abastecida a partir de uma captação no rio Tua, à cota 213,00 m. A pressão de saída dos hidrantes é de 700 kPa. A pressão projectada de funcionamento dos aspersores é de 300 kPa, no bico do aspersor, e dos pulverizadores 200 kPa.

5.2 Avaliação da uniformidade de rega

5.2.1 Metodologia de avaliação de campo

Segundo Pereira (2005), o estudo de diagnóstico dos sistemas de rega por aspersão visa a avaliação do funcionamento dos sistemas de rega instalados e a sua análise baseia-se, fundamentalmente, na caracterização destes sistemas e na determinação de indicadores de desempenho, de forma a dar uma panorâmica da realidade da rega. Os dados recolhidos no campo servem, também, para identificar os problemas existentes consequentemente, contribuir com propostas para a sua solução.

5.2.1.1 Equipamentos e materiais utilizados

Para a realização da avaliação de desempenho dos sistemas de aspersão, em cada uma das parcelas/hidrozonas, utilizou-se o seguinte material de avaliação:

- manómetro de glicerina (0 – 11 bar), modelo RBG- L 160, ligado a um tubo “Pitot”;
- cronómetro;
- provetas graduadas em (ml);
- colectores com a mesma superfície, diâmetro de 185 mm;
- anemómetro digital portátil (Modelo Kestrel, 1000, Nielsen-Kellerman, USA);
- fita métrica;
- recipientes para medição de caudal;

5.2.1.2 Procedimentos de campo

A avaliação dos sistemas de rega por aspersão dos locais em estudo, consistiu na recolha de informação em cada parcela/hidrozona sobre a pressão e caudal, velocidade do vento, inicial e final, e a realização de ensaios de uniformidade de distribuição da água de rega. O tempo de funcionamento dos aspersores, durante os ensaios, foi de 10 minutos e dos pulverizadores 5 minutos.

Os testes foram realizados durante a manhã, quando a ET era menor, e os volumes dos colectores foram medidos imediatamente após o teste usando provetas graduadas de 500 e 1000 ml de capacidade (Fig. 15), dependendo do volume das alturas de água recolhidas. Estes procedimentos foram seguidos em todos os testes. Usaram-se colectores circulares com diâmetro de 180 mm, em malhas de 4,0 x 4,0 m (Fig. 16), na parcela TP, PN, CV/NO, JPM, PJG e PM, de 2,5 x 2,5 m, na parcela AB, e, de 1,38 x 1,38 m na parcela AR.



Figura 15 (A) Medição da pluviometria aplicada para avaliação da uniformidade distribuição da rega na parcela/hidrozona CV/NO. (B) Aspensor associado a esta hidrozona (modelo 5000 plus, “Rain Bird”).



Figura 16 Malha de pluviómetros para avaliação da uniformidade distribuição da rega na parcela/hidrozona CV/NO.

A pressão e caudal nos aspersores e ou pulverizadores, mediu-se no primeiro, ultimo e aspersores intermédios em cada sector de rega. A pressão foi medida à saída do bico com um manómetro de glicerina graduado (0 – 11 bar) ligado a um tubo “Pitot” (modelo RBG- L 160). O caudal foi medido de modo directo durante 4 ou 5 segundos, no primeiro, último e aspersores intermédios (Fig. 17).



Figura 17 Procedimentos efectuados em cada parcela/hidrozona, relacionados com a medição da pressão, medição directa do caudal e velocidade do vento, antes e no final da realização dos ensaios de avaliação de desempenho.

5.2.1.3 Cálculo dos indicadores de desempenho

A metodologia adoptada neste estudo baseou-se em Keller e Merriam (1978), Keller e Bliesner (1990) Pereira e Trout (1999) e Pereira (2004).

Entre os principais indicadores de desempenho úteis para definição e comparação de sistemas, e para os quais se conhecem interpretações minimamente válidas em termos de impacto sobre o uso da água e minimização de impactes ambientais, incluem-se (Pereira, 2005):

Uniformidade da distribuição, UD (%);

$$UD = 100 \frac{AMQ_{\min}}{AM} \quad (10)$$

em que AMQ_{\min} representa a altura média de água recolhida no quarto dos colectores que receberam as menores alturas de água (mm) e AM a altura média de água recolhida no conjunto de colectores (mm);

Coeficiente de uniformidade, CU (%);

$$CU = 100 \left(1 - \frac{\sum X}{n AM} \right) \quad (11)$$

em que X representa o desvio absoluto das alturas de água recolhidas em relação à média AM (mm) e n o nº de colectores utilizados;

Os indicadores referidos anteriormente são aplicados a qualquer sistema de rega, contudo existem outros que são específicos de cada sistema. Os

indicadores de desempenho específicos dos sistemas estacionários, ou seja aqueles em que os aspersores permanecem fixos durante a rega, calculam-se com base nas seguintes equações (Pereira, 2005):

Uniformidade de distribuição do sistema, UD_{sist} (%),

$$UD_{sist} = UD \frac{1 + 3 \left(\frac{P_{min}}{P_{med}} \right)^{0.5}}{4} \quad (12)$$

Coeficiente de uniformidade do sistema, CU_{sist} (%),

$$CU_{sist} = CU \frac{1 + \left(\frac{P_{min}}{P_{med}} \right)^{0.5}}{2} \quad (13)$$

em que P_{min} representa a menor pressão observada no sistema e P_{med} a pressão média do sistema (kPa) sendo UD a uniformidade de distribuição (Eq. 10) e CU o coeficiente de uniformidade (Eq. 11);

Eficiência potencial do quartil mínimo, EPQ_{min} (%)

$$EPQ_{min} = 100 \frac{TMAQ_{min}}{I_a} \quad (14)$$

em que $TMAQ_{min}$ representa a taxa média de aplicação de água no quartil mínimo (mm/h) e I_a a taxa de aplicação, (mm/h);

Taxa média aplicada no quartil mínimo, $TMAQ_{min}$ (mm/h),

$$TMAQ_{min} = AMQ_{min}/T \quad (15)$$

em que AMQ_{min} representa a altura média de água (mm) recolhida no quarto de colectores que receberam as menores alturas de água (Eq. 10) e T o tempo de duração do teste (h).

Taxa de aplicação média, I_a (mm/h)

$$I_a = \frac{qa}{A_{asp}} = \frac{qa}{S1S2} \quad (16)$$

sendo qa o caudal médio dos aspersores medido no teste e A_{asp} a área molhada por cada aspersor, correspondendo ao produto entre o espaçamento entre rampas, $S1$ e o espaçamento entre aspersores na rampa, $S2$.

A taxa de aplicação de água numa parcela em que os aspersores não têm uma disposição geométrica padronizada, ou seja, o espaçamento entre eles é variável, podendo igualmente ser variável o caudal debitado por cada aspersor, não pode ser utilizada a expressão apresentada anteriormente. Assim, procedeu-se à medição individual do tempo e, do caudal no primeiro, último e aspersores intermédios, calculando o caudal médio por aspersor. Somando os caudais de todos os aspersores e dividindo pela área regada obteve-se a taxa de aplicação:

$$Ia = \frac{\text{Caudal total} (l \text{ h}^{-1})}{\text{Área regada} (m^2)} (mm \text{ h}^{-1}) \quad (17)$$

Eficiência potencial do sistema, EP_{sist} (%),

$$EP_{sist} = (1 - ER) EPQ_{\min} \quad (18)$$

em que ER representa a redução de eficiência no sistema devido à variação da pressão:

$$ER = 0,2 \frac{P_{\max} - P_{\min}}{P_{\text{med}}} \quad (19)$$

sendo P_{\max} a pressão máxima, P_{\min} a pressão mínima, e P_{med} a pressão média observadas no sistema.

5.3 Análise física dos solos

5.3.1 Equipamentos e materiais utilizados

Com o objectivo de caracterizar fisicamente o solo foram colhidas amostras de solo em cada hidrozona, as quais foram caracterizados laboratorialmente. Foram recolhidas amostras não perturbadas, em cilindros de Kopecki de 100 cm^3 de volume, à profundidade de 0,15 m e 0,30 m, em cada uma das parcela/hidrozonas (Fig. 18).



Figura 18 Colheita de amostras de solo perturbadas e não perturbadas, recolhidas à profundidade de 0,0-0,15 m e 0,15-0,30 m, em cada uma das hidrozonas.

Utilizaram-se amostras não perturbadas, uma vez que para valores de sucção baixa (até pF 3.0) a capacidade de retenção de um solo para a água é fortemente influenciada pela estrutura e pela distribuição do tamanho de poros do solo. Assim, a medição feita com amostras perturbadas não representaria as condições de campo, uma vez que a perturbação das amostras implicaria secagem, crivagem, e outras alterações da estrutura inicial do solo.

5.3.2 Determinação dos pontos da curva característica de humidade do solo

Na determinação do teor de humidade do solo para valores de pF entre 2,2 e 4,2 utilizou-se o método das placas (ou panela) de pressão, constituído principalmente por uma placa de cerâmica porosa colocada no interior de uma panela de pressão onde, por meio de ar comprimido, se aplicam as pressões que possibilitam traçar toda a curva característica da humidade do solo. O equilíbrio é atingido quando a água deixa de sair pelo tubo de drenagem, correspondendo ao momento em que a curvatura efectiva dos meniscos criados nos poros do solo são iguais aos poros da placa de cerâmica.

5.3.3 Determinação de propriedades físicas do solo

Efectuou-se, em laboratório, a análise granulométrica ou mecânica. Para a separação dos lotes, após secagem ao ar das amostras de solo, passou-se a terra por uma bateria de crivos, a fim de separar os elementos grosseiros (fracções > 2 mm: saibro, cascalho e pedras) da terra fina.

Pela análise granulométrica da terra fina, procedeu-se à separação dos lotes de areia grossa pelo método de crivagem, de areia fina pelo método de sedimentação e decantação, e as fracções de limo e de argila pelo método de pipetagem. A classificação da textura de cada camada de solo foi definida com base nas proporções dos diferentes lotes granulométricos, de acordo com o diagrama da textura adaptado aos limites internacionais de fracções granulométricas.

A massa volúmica aparente foi determinada em amostras de solo no estado natural e recorrendo ao método do cilindro, o que permitiu determinar a densidade aparente das distintas camadas de solo.

5.4 Coeficientes dos espaços verdes

Devido à grande variedade de espécies que podem encontrar-se num jardim, é praticamente impossível estabelecer um valor do coeficiente cultural (K_c) para a totalidade, dado que cada uma delas apresenta um valor diferente. Por outro lado, num jardim, factores como a densidade de plantação e a possível existência de hidrozonas e de microclimas diferentes influenciam o valor da evapotranspiração (Avila, 2004).

Deste modo, caracterizou-se cada hidrozona estimando-se um coeficiente de espaços verdes (K_L) que se baseou na avaliação das espécies plantadas, na densidade de vegetação e no microclima ou microclimas existentes em cada hidrozona e que se utilizará para o cálculo da evapotranspiração de espaços verdes (ET_L) em vez do coeficiente cultural tradicional, seguindo a metodologia proposta por Costelo *et al.*, (2000).

Na determinação dos valores do coeficiente de espaços verdes (K_L), foram considerados os coeficientes da vegetação (K_v), que tem em conta a diferença entre espécies em ET para vegetação bem abastecida de água, os coeficientes de densidade (K_d) que ajusta a ET estimada dependendo da densidade da vegetação e o coeficiente microclimático (K_m) para estimar a ET num microclima “local”.

6 Resultados e discussão

6.1 Avaliação de desempenho dos sistemas de rega

Na rega por aspersão a uniformidade depende essencialmente das variáveis de projecto nomeadamente da pressão de funcionamento, variação da pressão dentro do sistema, espaçamento entre os aspersores, dimensão do bico, forma de distribuição da água pelo aspersor e da velocidade do vento (Pereira *et al.*, 2002).

Os ensaios foram realizados sem qualquer intervenção prévia ao nível da correcção ou ajustamento de deficiências funcionais dos sistemas de rega. No Quadro 11 estão representados os valores da pressão e caudal medidos em cada uma das hidrozonas onde decorreram os ensaios de uniformidade.

Quadro 11 Velocidade do vento no início e fim do ensaio, caudal e pressão de funcionamento dos aspersores nas várias hidrozonas e desvio padrão.

Hidrozona	Nº Emissores	U (ms ⁻¹)			Pressão (kPa)			Caudal (m ³ h ⁻¹)			Desvio padrão (σ)*
		Inicial	Final	Med	Max	Min	Med	Max	Min		
AB	41	0,60	1,80	246	290	200	0,37	0,44	0,26	0,06	
AR	48	0,50	0,70	481	495	450	0,40	0,62	0,20	0,10	
CV/NO	60	1,00	1,00	495	540	390	0,74	0,91	0,42	0,13	
JPM	19	0,30	0,90	302	500	195	0,75	0,91	0,53	0,14	
PJG	7	0,10	0,40	150	180	100	2,35	2,70	1,79	0,33	
PM	26	0,30	0,90	182	200	100	0,76	1,06	0,40	0,28	
PN	14	0,40	1,20	475	490	440	0,83	0,90	0,74	0,07	
TP	28	0,60	1,20	403	410	400	0,72	0,78	0,67	0,03	

* Valores referentes ao caudal.

Os resultados mostram, dentro de cada hidrozona, uma variação significativa da pressão originado, conseqüentemente, débitos muito distintos. Esta situação, como se verá adiante tem reflexos importantes na uniformidade de distribuição de água de rega.

Os valores dos vários indicadores de desempenho estão representados no Quadro 12. Relativamente à uniformidade de distribuição, UD, as hidrozonas AR e PM foram as que apresentaram o menor valor para esse indicador (15,55 e 15,79 % respectivamente) enquanto as hidrozonas TP e AB são as que apresentam o valor mais elevado (39,05 e 37,9 % respectivamente). O valor médio da UD para o conjunto das hidrozonas foi de 25,9%. Pitts *et al.*, (1996) num estudo efectuado na Califórnia em vários espaços verdes, residenciais e públicos, obtiveram um valor médio

de UD de 49% com 40% dos locais estudados a apresentarem valores de UD inferiores a 40%. Neste estudo, os menores valores de UD estão associados aos locais onde se verificou uma maior variação da pressão no sistema.

Quadro 12 Indicadores de desempenho para as várias hidrozonas.

Hidrozona	Nº Colectores	UD (%)	CU (%)	UD _{sist} (%)	CU _{sist} (%)	EPQ _{min} (%)	EP _{sist} (%)
AB	41	37,90	20,20	63,53	19,21	49,66	46,00
AR	48	15,55	33,94	26,83	33,39	16,36	16,00
CV/NO	60	28,14	46,31	46,87	43,71	54,00	51,00
JPM	19	19,41	40,63	31,11	36,65	25,67	20,00
PJG	7	20,75	63,82	33,46	57,97	34,71	31,00
PM	26	15,79	39,41	24,56	34,31	18,18	16,00
PN	14	30,33	49,74	52,23	48,81	78,59	77,00
TP	28	39,05	56,92	68,23	56,82	48,85	49,00

Estes desempenhos são considerados muito fracos segundo os critérios da Associação de Rega dos Estados Unidos (Quadro 13).

Quadro 13 Classificação da Uniformidade de Distribuição no menor quartil (DULQ) para aspersores (IA, 2005a).

Tipo	Excelente (%)	Muito Boa (%)	Boa (%)	Fraca (%)	Muito fraca (%)
Pulverizador	75	65	55	50	40
Rotor	80	70	65	60	50
Impacto	80	70	65	60	50

O coeficiente de uniformidade apresenta, em regra, valores superiores aos de UD pelo facto de a sua determinação se basear nos desvios inferiores e superiores relativamente à média. Neste estudo, os menores valores foram registados na hidrozona AB e AR com valores de 20,2 e 33,94 % respectivamente e os valores superiores nas hidrozonas PJG e TP com coeficientes de uniformidade de 63,82 e 56,92 % respectivamente. A média do coeficiente de uniformidade considerando o conjunto das hidrozonas foi de 43,87 %.

As hidrozonas regadas com aspersores rotativos registaram uma maior uniformidade de distribuição do que as regadas com pulverizadores fixos. Estes resultados confirmam os obtidos por outros autores em estudos idênticos (Pitts *et al.*, 1996; Baum, 2005).

Nas Figuras 19 a 26 ilustram-se, para as várias hidrozonas, a distribuição da altura de água aplicada durante o ensaio de uniformidade e a posição dos colectores durante os ensaios. A distribuição espacial das alturas de água em cada hidrozona foi efectuada por interpolação através método da distância inversa (Bartier & Keller, 1996).. Os mapas de distribuição assim obtidos permitem detectar e realizar as intervenções no sistema possibilitando a melhoria da uniformidade de distribuição nas várias hidrozonas.

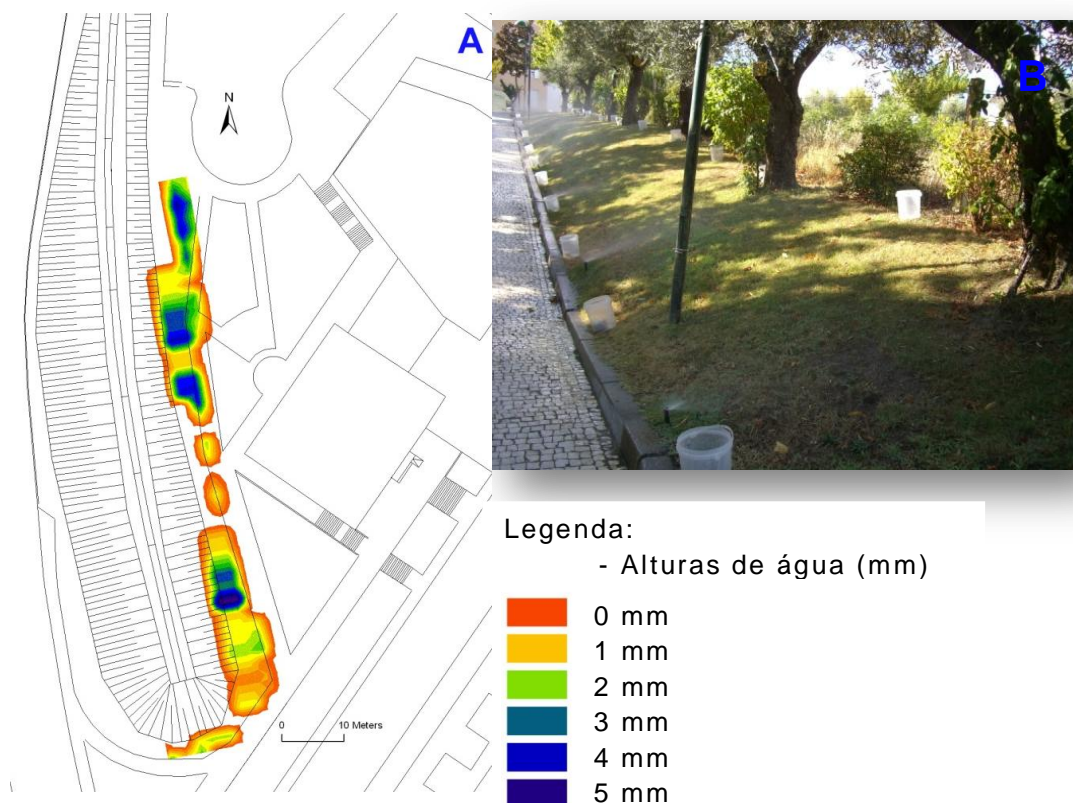


Figura 19 (A) Localização da parcela/hidrozona (AB) e, distribuição espacial das alturas de água recolhidas (mm). (B) Posicionamento dos colectores numa malha de 2,50 x 2,50m, durante a realização do ensaio.

A instalação de rega nesta hidrozona é constituída por uma única linha de pulverizadores, como se pode observar na Figura 19 (B), o que poderá ter contribuído para os baixos valores da UD, dado não se verificar sobreposição.

Outro factor que poderá ter influenciado os baixos valores de UD, foi o declive, se atendermos a que, esta hidrozona é abastecida de água por gravidade, a partir de um depósito, e os pulverizadores na zona de cota

mais baixa são os que apresentam as maiores pressões. Nesta hidrozona verificou-se o menor valor referente ao caudal médio ($0,37 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$).

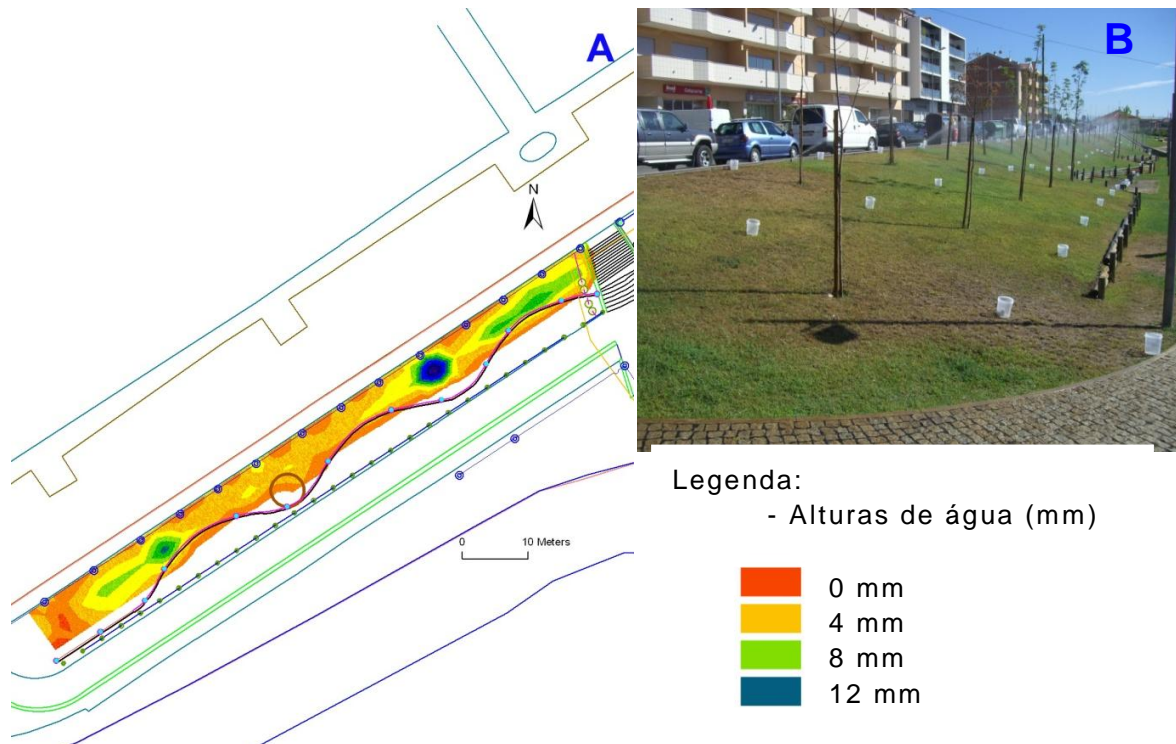
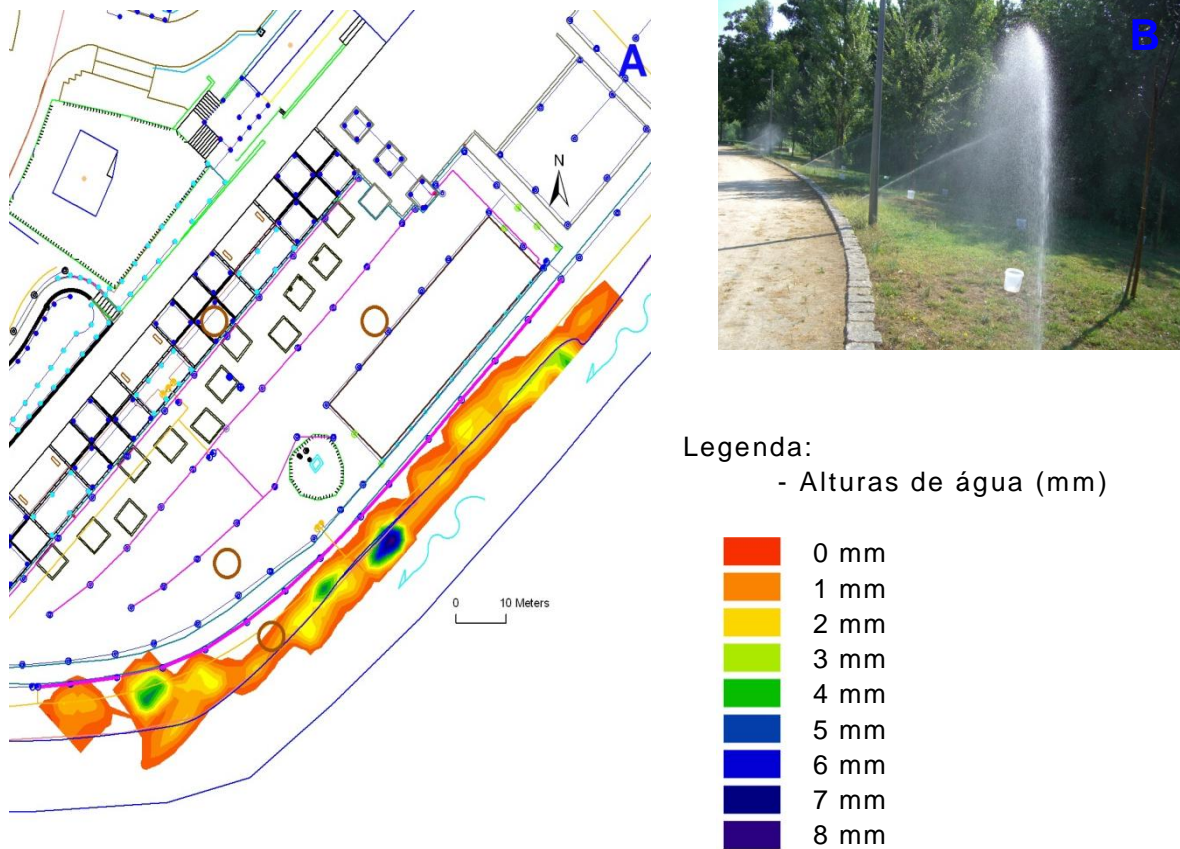
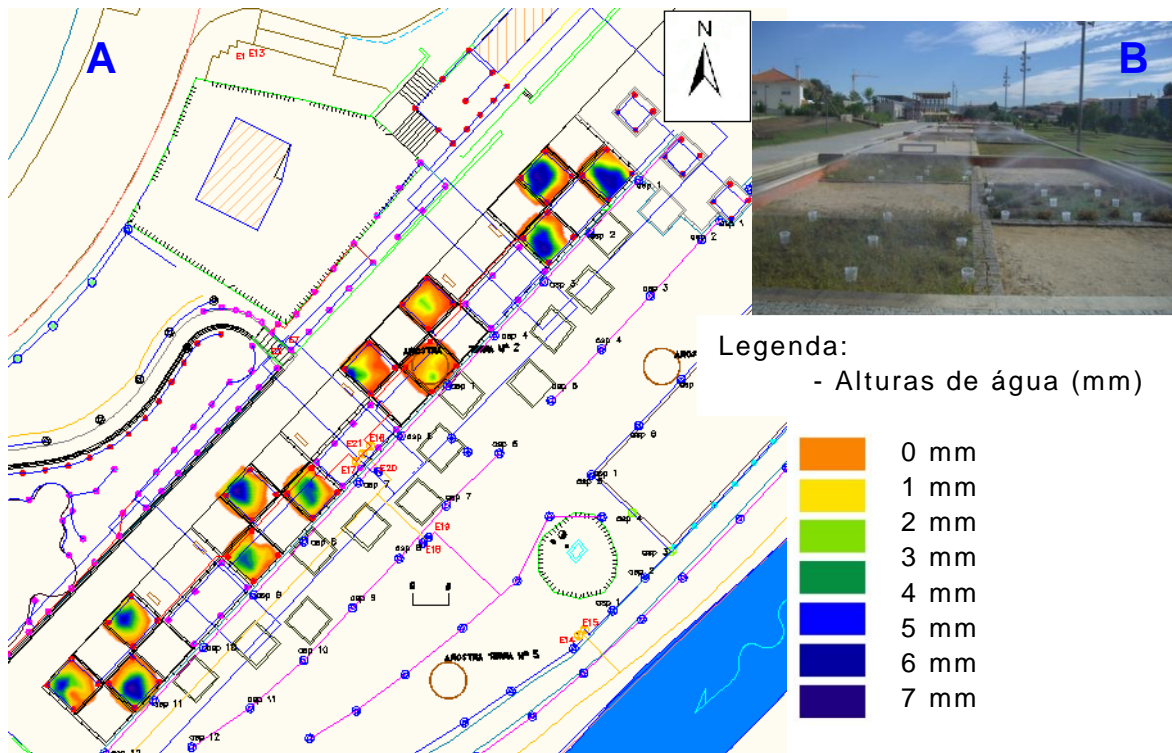


Figura 20 (A) Localização da parcela/hidrozona (TP) e, distribuição espacial das alturas de água recolhidas (mm). (B) Posicionamento dos colectores numa malha de 4,00 x 4,00m, durante a realização do ensaio.

Esta hidrozona foi a que apresentou a menor variação de pressão (10 KPa entre mínima e máxima), e o maior valor de uniformidade de distribuição do sistema $UD_{\text{sis}} 63,53 \%$.

A hidrozona AR foi a que apresentou o menor valor de uniformidade de distribuição (15,55%), e o maior valor de taxa de aplicação de água ($50,96 \text{ mm h}^{-1}$). A pressão média foi de 481 KPa. A deficiente cobertura na zona próxima do pulverizador, devido à elevada pressão de funcionamento, contribuiu para o baixo valor da uniformidade.



Foi na hidrozona PN que se verificou o menor valor da taxa de aplicação de água ($7,77 \text{ mm h}^{-1}$) e o valor mais elevado para o caudal médio ($0,83 \text{ m}^3/\text{h}$). Na figura 22 (B), pode observar-se a única linha de aspersores que regam este espaço verde.

Na hidrozona CV/NO verificou-se o valor mais elevado da pressão média (495 kPa) e máxima (540 kPa). Com efeito, a elevada pulverização do jacto leva a que em dias com vento diminua o alcance e haja perdas de água por arrastamento, afectando negativamente a uniformidade de distribuição do sistema. Foram identificados dois aspersores com inclinação desajustada na zona de talude.

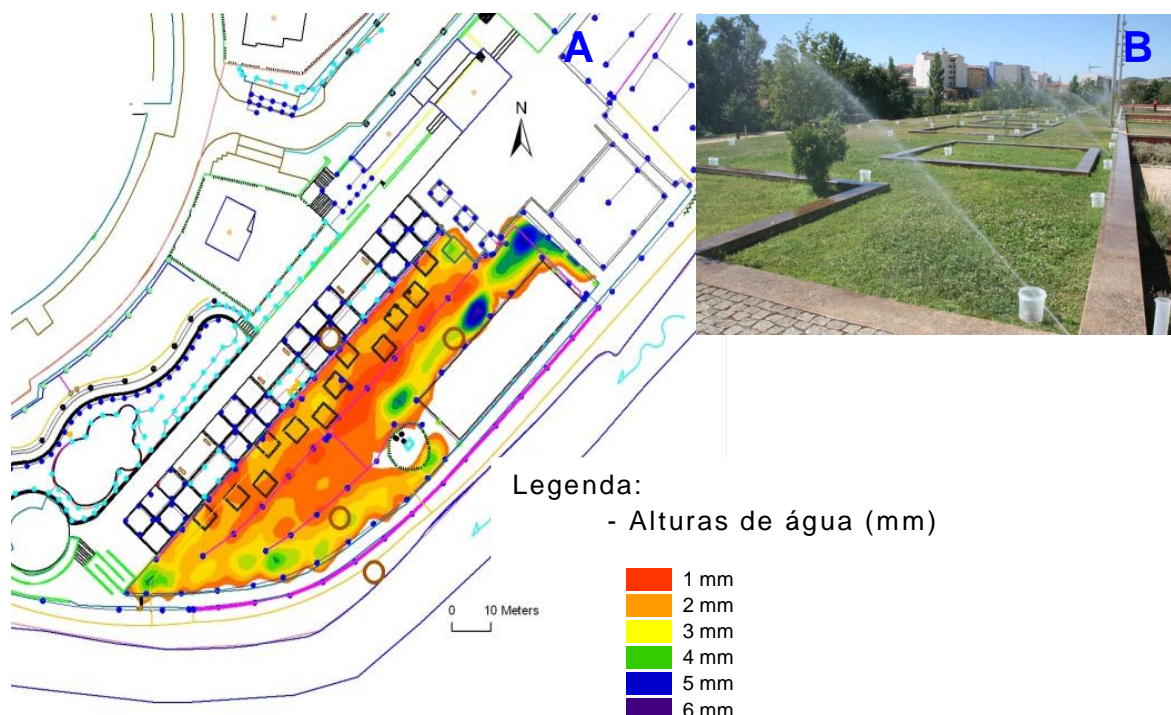


Figura 23 Localização da parcela/hidrozona (CV/NO) e, distribuição espacial das alturas de água recolhidas (mm). Posicionamento dos colectores numa malha de 4 x 4 m.

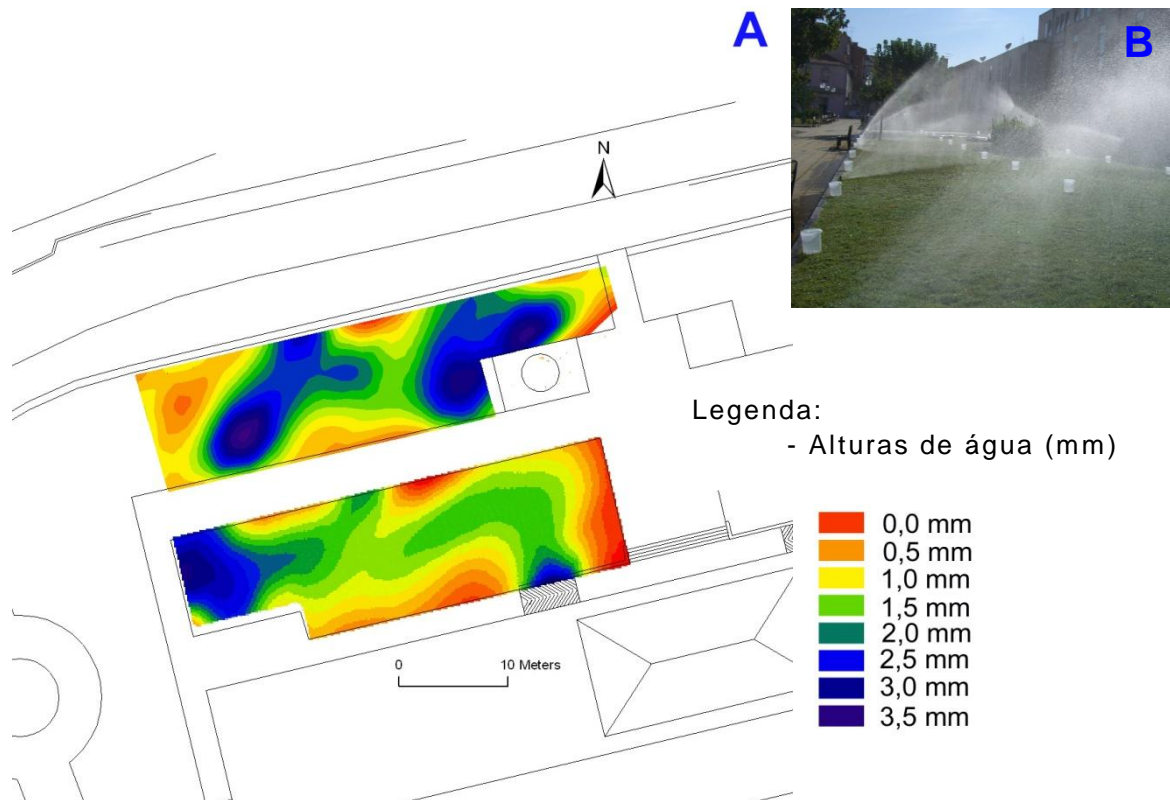


Figura 24 (A) Localização da parcela/hidrozona (JPM) e, distribuição espacial das alturas de água recolhidas (mm). (B) Posicionamento dos colectores numa malha de 4,00 x 4,00m.

Na hidrozona (JPM) a diferença entre a pressão mínima e máxima observadas foi de 305 kPa, o que constitui o valor mais elevado registado nas hidrozonas em estudo. A pressão máxima (500 kPa) foi também registada nesta hidrozona. Nesta hidrozona foi detectada uma rotura na conduta principal num dos sectores, afectando consequentemente a pressão de funcionamento. Apesar desta situação, registou-se uma elevada pressão de funcionamento que influenciou negativamente a uniformidade de distribuição.

A hidrozona (PJG) é regada com recurso a aspersores “Falcon”, (bico 18). Os menores valores da pressão média, mínima e máxima, (150, 100 e 180kPa, respectivamente) foram observados nesta hidrozona. Este facto levou a que se identificasse a razão de se verificarem pressões de funcionamento tão baixas e conduziu posteriormente à substituição da electrobomba associada aquele espaço verde. Esta deficiência de funcionamento do sistema influenciou também o baixo valor de I_a (7,87 mm h⁻¹).

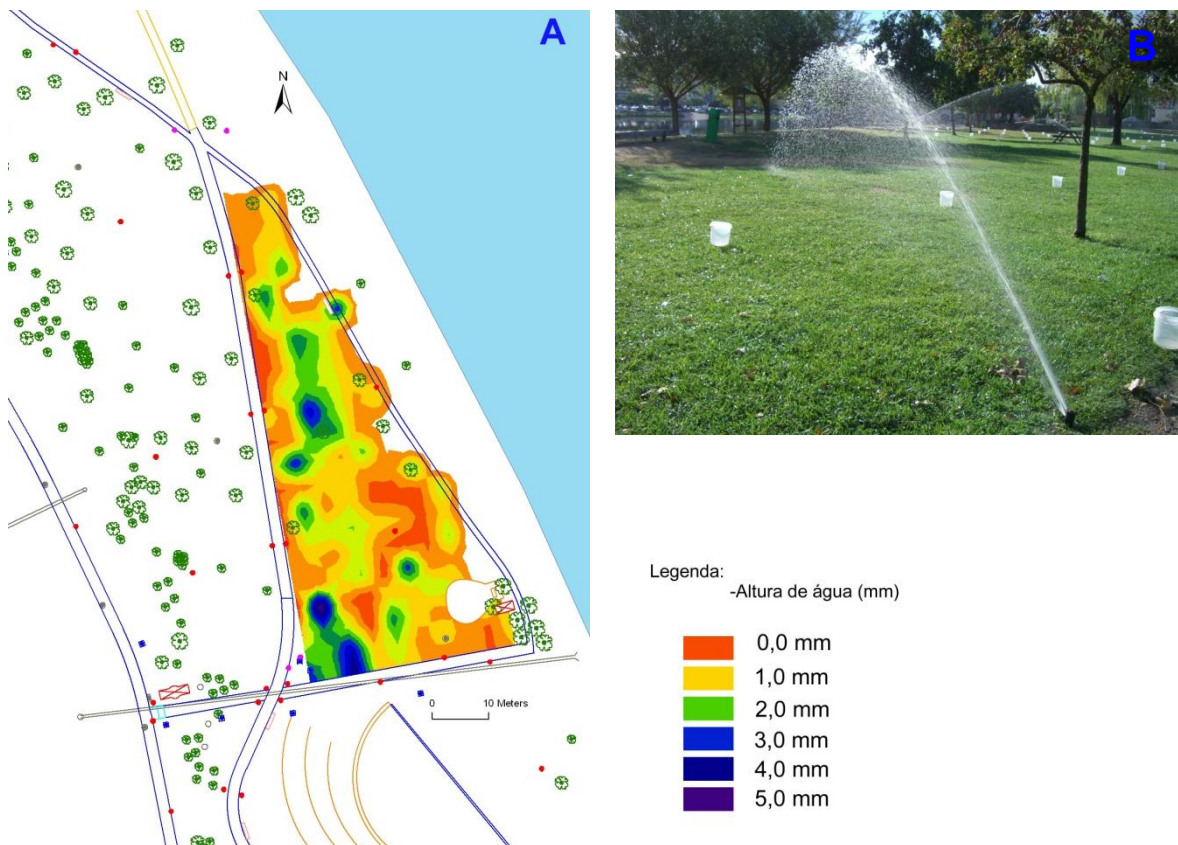


Figura 25 Localização da parcela/hidrozona (PJM) e, distribuição espacial das alturas de água recolhidas (mm). Posicionamento dos colectores (m) numa malha de 4 x 4 m.

Na hidrozona PM observaram-se baixos valores da pressão média de funcionamento do sistema 182 kPa. Este resultado, associado à heterogeneidade de emissores e consequentemente bicos com diferentes débitos e compassos incorrectos, conduziram a um fraco desempenho (UD igual a 15,79%).

No Quadro 14 estão representados, para cada hidrozona, a taxa de aplicação média de água (I_a), a taxa de aplicação no quartil mínimo ($TMAQ_{min}$) e ER (redução de eficiência no sistema devido à variação da pressão). Os indicadores I_a e $TMAQ_{min}$ permitirão programar, para cada hidrozona, os tempos de rega em função das dotações de rega a aplicar. A ER permite avaliar em cada hidrozona o efeito da variação da pressão na eficiência potencial do sistema de rega. Pode-se observar a influência de ER na diminuição da eficiência potencial do sistema de rega foi maior nas hidrozonas JPM (0,202), PJM (0,107) e PM (0,110). O menor valor foi observado na hidrozona TP (0,005).

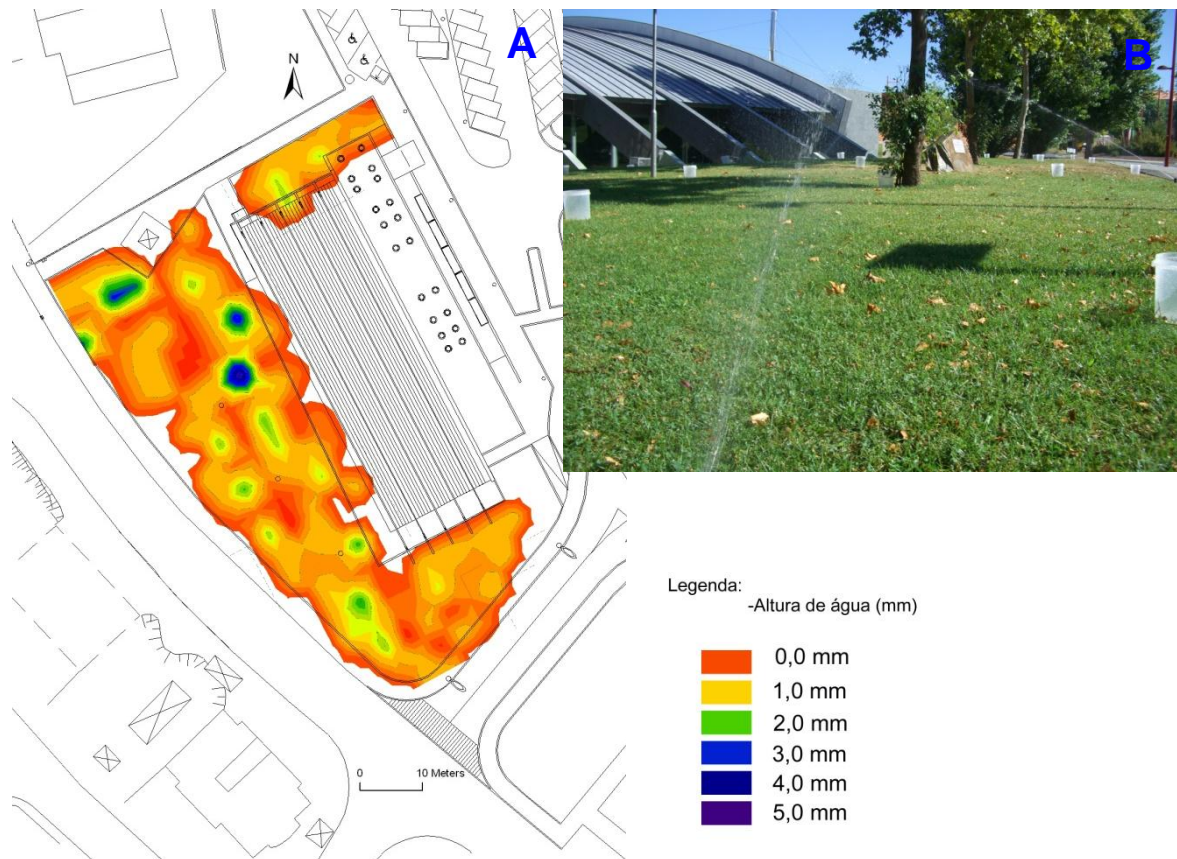


Figura 26 Localização da parcela/hidrozona (AB) e, distribuição espacial das alturas de água recolhidas em (mm). Posicionamento dos colectores (m) numa malha de 4 x 4 m.

Quadro 14 Taxa de aplicação média de água (I_a), taxa de aplicação no quartil mínimo ($TMAQ_{min}$) e ER para as várias hidrozonas

Hidrozona	Área total (m ²)	I_a (mm/h)	$TMAQ_{min}$ (mm/h)	ER
AB	459,34	33,03	16,40	0,073
AR	376,80	50,96	8,34	0,019
CV/NO	3436,60	12,92	6,98	0,061
JPM	874,78	16,29	4,18	0,202
PJG	2090,23	7,87	2,73	0,107
PM	2219,49	8,90	1,62	0,110
PN	1495,70	7,77	6,11	0,021
TP	920,59	21,94	10,72	0,005

6.2 Necessidades hídricas dos espaços verdes

6.2.1 Evapotranspiração de referência

No Quadro 15 estão representados os valores médios das variáveis climáticas para Mirandela, no período 1971–2000, e evapotranspiração de referência calculada através da equação de Penman-Monteith com recurso ao modelo de simulação CropWat v.8.

Quadro 15 Variáveis climáticas e evapotranspiração de referência para Mirandela no período 1971 – 2000.

Country		MIRANDELA		Station		MIRANDELA	
Altitude		250	m.	Latitude		41.52	°N
				Longitude		7.20	°W
Month	Min Temp	Max Temp	Humidity	Wind	Sun	Rad	ET ₀
	°C	°C	%	km/day	hours	MJ/m ² /day	mm/day
January	1.2	9.9	89	121	2.5	5.5	0.59
February	2.2	13.5	87	136	4.4	9.0	1.02
March	3.8	17.0	79	159	6.2	13.8	1.97
April	6.1	18.8	73	180	6.8	17.4	2.84
May	9.1	22.7	67	180	7.9	20.8	3.85
June	12.9	27.9	59	186	9.5	23.7	5.13
July	15.6	31.8	54	198	11.1	25.5	6.14
August	15.0	31.8	55	184	10.4	22.8	5.57
September	12.6	27.9	63	154	8.1	16.9	3.81
October	8.7	21.1	79	131	5.6	10.9	1.95
November	4.7	14.8	87	115	3.8	6.9	0.92
December	2.9	11.3	89	123	2.4	4.9	0.60
Average	7.9	20.7	73	156	6.6	14.8	2.87

Os meses de Julho e Agosto são os que apresentam valores de evapotranspiração de referência (ET_0) mais elevados com 6,14 e 5,57 mm d^{-1} respectivamente. Os valores mais baixos verificam-se nos meses de Janeiro (0,59 mm d^{-1}) e Dezembro (0,60 mm d^{-1}). O valor médio anual é de 2,87 mm d^{-1} .

6.2.2 Caracterização das hidrozonas. Coeficiente dos espaços verdes

6.2.2.1 Hidrozona Auditório/Biblioteca (AB)

A hidrozona AB localiza-se nos espaços verdes de enquadramento do edifício do Auditório e Biblioteca Municipal (Fig. 27). A caixa de alojamento da electroválvula (EV) (14) situa-se à cota 241,94 m e a da (EV) 8 e 9 à cota 233,90 m. Esta hidrozona é abastecida a partir do reservatório (R1) situado a montante à cota 274,00 m, através de uma

conduta adutora de 75mm de diâmetro. Na parcela a conduta principal e secundária é de 50mm. Os três sectores que constituem a hidrozona são constituídos por electroválvulas (modelo 100 DVF da Rain Bird) que recebem o sinal a partir de um controlador (ESP-SITE de 16 estações) situado nas proximidades do edifício. O tipo de emissor é o pulverizador (modelo 1804 da *Rain Bird*, com bico 15 Van), dispostos longitudinalmente em linha, distando 4,00m na linha, acompanhando a guia separadora. Longitudinalmente esta parcela tem um declive médio de 15% e, no sentido transversal, 10%.



Figura 27 Hidrozona (AB), visualizando-se sebe livre em bordadura, *Olea europaea* L. ao longo da sebe.

A hidrozona AB é revestida por relva de estação fria, orientada longitudinalmente no sentido Norte-sul, e delimitada por um percurso pedonal, a Este, e a Oeste por uma sebe livre, a ladear em todo o comprimento da parcela, formada por *Rosmarinus officinalis* L., *Berberis Thumbergii*, e, *Olea europaea* L., justapostas e alinhadas com a sebe, distando em média 5 m na linha. Esta parcela faz parte integrante do espaço de enquadramento dos jardins do Auditório/Biblioteca, com árvores (*Acer negundo*), nas parcelas adjacentes e na envolvência do edifício que causam sombreamento durante parte do dia. Os edifícios e elementos verdes atenuam o efeito dos ventos dominantes.

Tratando-se de uma plantação mista verificamos que a generalidade das espécies situam-se na categoria “Baixo” (L): As zonas climáticas 5 e 6, correspondentes a climas de elevada evapotranspiração, correspondem à categoria “moderado” (M) (Quadro 16). Esta hidrozona é composta por um povoamento misto em três estratos (Oliveira, Berberis, Alecrim e relvado como cobertura de solo). Assim, atribui-se um valor na categoria “Alto” (0,6) para o coeficiente de vegetação (K_v). Esta opção não é a mais adequada para uma utilização eficiente da água, uma vez que estas plantas que têm menores necessidade de água que a relva, vão receber mais água do que aquela que necessitam.

As necessidades em água da maioria das espécies plantadas em relvados são geralmente satisfeitas pelas elevadas necessidades em água da relva. Os coeficientes culturais da relva variam entre 0,6 para espécies de estação quente (EQ) e 0,8 para espécies de estação fria (EF). Este intervalo é suficiente para satisfazer as necessidades de todas as árvores situadas nas categorias Moderada, Baixa e Muito Baixa (Costelo *et al.*, 2000). Para árvores plantadas em relvados de estação fria não é provável a necessidade de irrigação suplementar.

Quadro 16 Lista de avaliação das espécies em necessidades de água em função da zonas climáticas* (Costelo *et al.*, 2000)

Nome Botânico	Nome vulgar	1	2	3	4	5	6
<i>Olea europaea</i>	Oliveira	VL	VL	L	L	M	M
<i>Berberis spp</i>	Berberis	L	L	L	L	L	M
<i>Rosmarinus officinalis</i>	Alecrim	L	L	L	L	M	M

* As zonas climáticas 1,2,3,4,5 e 6 foram definidas por Costelo *et al.*, (2000) com base nas características do clima de diferentes regiões da Califórnia (EUA). As categorias 1 a 4 estão definidas para as regiões costeiras e de vale de clima mediterrânico e as 5 e 6 para zonas climáticas com características de clima semi-desértico e desértico.

VL- Muito baixa; L – Baixa; M- Moderada

O tipo de vegetação associada a esta hidrozona apresenta uma percentagem de solo sombreado entre 60 e 100%, e considera-se uma plantação mista de elevada densidade, plantada sobre relvado, atribuindo-se um coeficiente de densidade de 1,1.

O local encontra-se sombreado durante parte do dia e protegido de ventos de Norte. No entanto, a proximidade dos edifícios circundantes e as superfícies pavimentadas ao interferirem no balanço da radiação levam à inclusão deste local na categoria microclimática “média”, atribuindo-se

assim um valor de coeficiente microclimático de 1,0. O coeficiente de espaços verdes resultante para a hidrozona AB é de 0,66 (Quadro 17)

Quadro 17 Coeficiente de espaços verdes (KL) para a hidrozona AB.

Coeficiente de espaços verdes (K _L)	Coeficiente de vegetação (K _v)	Coeficiente de densidade (K _d)	Coeficiente microclimático (K _{mc})
0,66	0,6	1,1	1,0

6.2.2.2 Hidrozona Talude Paliçada (TP)

A hidrozona TP localiza-se no espaço verde da Margem Direita da Ribeira de Carvalhais (MDRC). Esta hidrozona é abastecida a partir do hidrante (HI 1) de uma conduta adutora de 75mm de diâmetro. Na parcela a conduta principal é de 75 mm e a secundária de 50mm. Esta parcela é composta por dois sectores de rega, com electroválvulas, (modelo 150 PGA da Rain Bird) que recebem sinal a partir de um controlador (ESP-SITE de 40 estações) situado na proximidade do jardim (anexo à nora existente). Nesta hidrozona estão instalados aspersores (modelo 5000 plus da Rain Bird), com diâmetro do bico de 3,0 mm).

O revestimento da hidrozona TP é o relvado. As árvores plantadas nesta parcela são freixos (*Fraxinus angustifolia* L.) dispostos num compasso de 5,5 x 5,5 m. As árvores são conduzidas em eixo vertical tendo cerca de 20% sido repostas no ano anterior, pelo que o sombreamento era reduzido (Fig. 28). Segundo Costelo *et al.* (2000), e atendendo a que se trata de árvores jovens, atribui-se a categoria “Médio”, e um valor de 0,5 para o coeficiente. No entanto, para suprir as necessidades em água do revestimento herbáceo, relva de estação fria (0,8), será atribuído o valor de 0,8 ao coeficiente de vegetação (K_v) (Quadro 18).



Figura 28 (A) Localização da hidrozona (TP). (B) Disposição de *Fraxinus angustifolia* L. num compasso de 5,00 x 5,00m e coberto vegetal (relva EF).

Esta parcela tem um declive médio de 20% e ao centro é dividida por uma paliçada composta de tutores tratados, justapostos. O tipo de vegetação associada a esta hidrozona apresenta uma percentagem de solo sombreado inferior a 70% considerando-se uma plantação de baixa densidade, plantada sobre relvado, atribuindo-se um coeficiente de densidade de 0,7.

O local não é sombreado durante o dia, está exposto a ventos atípicos para a região, sendo a orientação a Este-Oeste. Devido à proximidade dos edifícios circundantes e à presença de superfícies pavimentadas, que interferem com o balanço da radiação, considerou-se a categoria microclimática alta, atribuindo-se um valor de coeficiente microclimático de 1,1. O coeficiente de espaços verdes resultante para esta hidrozona é 0,62 (Quadro 18).

Quadro 18 Cálculo do Coeficiente de espaços verdes (K_L) para a hidrozona TP.

Coeficiente de espaços verdes (K_L)	Coeficiente de vegetação (K_V)	Coeficiente de densidade (K_d)	Coeficiente microclimático (K_{mc})
0,62	0,8	0,7	1,1

6.2.2.3 Hidrozona Aromáticas (AR)

A hidrozona AR localiza-se no espaço verde da Margem Direita da Ribeira de Carvalhais (MDRC). Esta hidrozona é abastecida a partir de um hidrante (HI 1), de uma conduta adutora de 75mm de diâmetro. Na parcela a conduta principal é de 50mm e as electroválvulas (modelo 150 PGA da Rain Bird), recebem sinal a partir de um controlador (ESP-SITE de 40

estações) situado na proximidade do jardim. O tipo de emissor é um pulverizador (modelo 1806 da Rain Bird, com bico 18 VAN).

Esta hidrozona é composta por 12 canteiros, com as dimensões de 5,60 x 5,60m ocupados por plantas aromáticas, medicinais e condimentares (Fig. 29), (*Lavandula officinalis*, *Erica* s.p., *Melissa officinalis*, *Thymus* s.p., *Hypericum* s.p.).

É uma hidrozona em que as plantas se situam 0,50m abaixo do nível dos “muretes” laterais e é uma parcela plana, sem sombras, com orientação Sudoeste.

Visualizando o Quadro 19 podemos inferir que os elementos verdes têm necessidades hídricas diferenciadas, pelo que se atribui o valor para o coeficiente de espécie à categoria da espécie com maior necessidade em água, sendo neste caso a correspondente à categoria “Média”, com um valor de 0,4, para o coeficiente de vegetação (K_v).

Quadro 19 Lista de avaliação das espécies em necessidades de água em função da zonas climáticas (Costelo *et al.*, 2000).

Nome Botânico	Nome vulgar	1	2	3	4	5	6
<i>Erica spp</i>	Urze	M	M	/	/	/	/
<i>Hypericum spp</i>	Hipericão	M	M	M	M	M	/
<i>Melissa officinalis</i>	Erva-cidreira	?	M	M	?	?	?
<i>Festuca glauca</i>	Festuca	L	L	M	M	M	M
<i>Lavandula spp</i>	Lavanda	L	L	L	L	M	M
<i>Rosmarinus officinalis</i>	Alecrim	L	L	L	L	M	M
<i>Santolina spp</i>	Santolina	L	L	L	L	L	L
<i>Thymus spp</i>	Tomilho	M	M	M	M	M	M

L – Baixa; M- Moderada; / - Inapropriada; ? - Desconhecido



Figura 29 (A) Vista geral da hidrozona (AR), (B) Pormenor das plantações das plantas aromáticas..

O tipo de vegetação associada a esta hidrozona apresenta uma percentagem de solo sombreado superior a 70%, e, como predomina mais que um tipo de vegetação, considera-se uma plantação de média densidade, atribuindo-se um coeficiente de densidade de 1,0.

O local não é sombreado durante o dia e esta exposto a ventos atípicos para a região. No entanto, devido à proximidade dos edifícios circundantes e superfícies pavimentadas, consideram-se na categoria microclimática alta, atribuindo-se um valor de 1,2 para o coeficiente microclimático. O coeficiente de espaços verdes resultante para esta hidrozona é de 0,48 (Quadro 20).

Quadro 20 Cálculo do Coeficiente de espaços verdes (K_L) para a hidrozona AR.

Coeficiente de espaços verdes (K_L)	Coeficiente de vegetação (K_V)	Coeficiente de densidade (K_d)	Coeficiente microclimático (K_{mc})
0,48	0,4	1,0	1,2

6.2.2.4 Hidrozona Prado Natural (PN)

A hidrozona Prado Natural (PN) localiza-se no espaço verde da Margem Direita da Ribeira de Carvalhais (MDRC). Esta hidrozona era abastecida a partir de um hidrante (H1) e uma conduta adutora de 75mm de diâmetro. Na parcela a conduta principal é de 50 mm e as electroválvulas (modelo 150 PGA da Rain Bird) sinal a partir de um controlador (ESP-SITE de 40 estações) situado na proximidade do jardim.. É composta por um único sector de rega com 14 aspersores (modelo 5000 plus da Rain Bird), com bico 3,0), numa única linha de rega, em que cada aspersor descreve um ângulo de 180°.

O revestimento herbáceo desta hidrozona é o prado natural, com exposição a Sudoeste e ladeada por uma sebe arbórea e arbustiva, com vegetação da galeria ripícola, em toda a extensão, ao longo da margem da ribeira de Carvalhais (Fig. 30).

Outra vegetação arbórea existente antes da intervenção paisagística no local e que foi preservada, como *Juglans regia*, *Prunus avium*, entre outras espécies plantadas durante a referida intervenção, como *Ulmus*, *Populus*, *Fraxinus*, *Celtis occidentalis*, fazem parte da vegetação arbórea. O tipo de vegetação associada a esta hidrozona apresenta necessidades em água nas categorias baixa e moderada (Quadro 21). A maioria das

espécies situa-se na categoria moderada (0,4-0,6), contudo, para suprir as necessidades em água do revestimento herbáceo (prado natural) cujas necessidades se assemelham às da relva de estação fria (0,8), deverá ser atribuída a categoria “alto” (0,7-0,9). Pela experiência na condução da rega desta hidrozona e pela observação decidiu-se atribuir um valor ao *coeficiente de vegetação de 0,7*.



Figura 30 Hidrozona (PN), observando-se vegetação arbóreo-arbustiva na orla da linha de água.

A densidade de plantação e o índice de área foliar de cada árvore nesta hidrozona são “elevados” e contínuos, representando mais de 70% de solo sombreado, consideram-se uma plantação de densidade elevada (1,1-1,3), plantada sobre relvado, atribuindo-se assim um coeficiente de densidade de 1,2.

Quadro 21 Lista de avaliação das espécies em necessidades de água em função da zonas climáticas (Costelo *et al.*, 2000).

Nome Botânico	Nome vulgar	1	2	3	4	5	6
<i>Juglans regia</i>	Nogueira	M	M	M	M	/	/
<i>Prunus sp</i>	Ameixeira	M	M	M	M	M	/
<i>Arundo donax</i>	Cana-comum	M	M	M	M	M	M
<i>Alnus glutinosa</i>	Amieiro	M	M	M	H	/	/
<i>Celtis occidentalis</i>	Lodão	L	L	/	M	M	M
<i>Ulmus sp</i>	Negrilho	L	L	L	L	M	M
<i>Populus nigra</i> “Itálica”	Choupo	M	M	M	M	H	H
<i>Fraxinus sp</i>	Freixo	M	M	M	M	M	M

L – Baixa; M- Moderada; H – Alta; / - Inapropriada

O local é sombreado durante o período da tarde, localiza-se na zona de cota mais baixa do espaço verde, está protegido de ventos dominantes, sendo a orientação a Noroeste. A proximidade da ribeira de Carvalhais,

que durante praticamente todo o ano forma um perímetro de regolfo (espelho de água), ao longo desta hidrozona devido ao lago artificial, confere características especiais a esta hidrozona, amenizando a envolvente devido á superfície evaporativa e aumentando a evapotranspiração das árvores dado que estas não têm restrições de água por se encontrarem constantemente em contacto com a água. Saliente-se que estas árvores correspondem a aproximadamente 70% do total de árvores da hidrozona e pertencem à galeria ripícola e, portanto, adaptadas a esta condição. Considera-se não haver influência dos edifícios circundantes e superfícies pavimentadas, atribuindo-se a categoria microclimática “baixo”, e um valor do coeficiente microclimático de 0,5. O coeficiente de espaços verdes resultante para esta hidrozona é 0,42 (Quadro 22)

Quadro 22 Cálculo do Coeficiente de espaços verdes (KL) para a hidrozona PN.

Coeficiente de espaços verdes (K _L)	Coeficiente de vegetação (K _v)	Coeficiente de densidade (K _d)	Coeficiente microclimático (K _{mc})
0,42	0,7	1,2	0,5

6.2.2.5 Hidrozona Campo de Voleibol/Nora (CV/NO)

A hidrozona CV/NO localiza-se no espaço verde da Margem Direita da Ribeira de Carvalhais (MDRC). Esta hidrozona é abastecida em água a partir de um hidrante (HI 1), e uma conduta adutora de 75mm de diâmetro. Na parcela a conduta principal é de 50 mm e as electroválvulas, (modelo 150 PGA da Rain Bird), recebem sinal a partir de um controlador (ESP-SITE de 40 estações) situado na proximidade do jardim.. Esta hidrozona, com uma área total de 3000 m², é regada por aspersores (modelo 5000 plus da Rain Bird, com bico 3,0) a partir de cinco sectores de rega.

A vegetação associada a esta hidrozona (Quadro 23) tem necessidades em água similares e é formada por múltiplas espécies. Segundo Costelo *et al.*, (2000) todas as espécies têm necessidades de água moderadas. Assim atribui-se a categoria “baixo” (0,1-0,3) e o valor intermédio ao *coeficiente de vegetação* (0,2). No entanto, para suprir as necessidades em água do revestimento herbáceo (relvado) deverá ser atribuído na mesma categoria o valor 0,6 (Costello *et al.*, 1995).

Quadro 23 Lista de avaliação das espécies em necessidades de água em função da zonas climáticas (Costelo *et al.*, 2000).

Nome Botânico	Nome vulgar	1	2	3	4	5	6
<i>Arbutus unedo</i>	Medronheiro	L	L	L	L	M	M
<i>Laurus nobilis</i>	Loureiro	L	L	L	L	M	M
<i>Myrtus communis</i>	Murta	L	L	L	M	M	M

L – Baixa; M- Moderada

A plantação é descontínua e caracteriza-se por ser uma plantação jovem, arbóreo-arbustiva, agrupadas por espécies em quadrículas delimitadas por granito, recebendo água a partir do sistema de rega instalado (Fig. 31). Trata-se de uma plantação mista com menos de 20% de solo sombreado pelo que se atribui a categoria de densidade “baixo” (0,5-0,9) e um valor ao coeficiente de densidade de 0,6.



Figura 31 (A) Vista geral da Hidrozona (CV/NO), (B) Vista das quadrículas delimitadas por granito

Esta hidrozona está exposta a Sudoeste, não é sombreada e está exposta a ventos Norte. Considera-se que a proximidade da ribeira de Carvalhais, possa influenciar o microclima desta hidrozona, pois situa-se contígua à hidrozona (PN). Atribui-se uma condição microclimática “alto”, (1,1-1,4), pelo facto de ter influência de superfícies reflectivas que influenciem o microclima do lugar. Atribui-se um valor do coeficiente microclimático de 1,3. O coeficiente de espaços verdes resultante para esta hidrozona é 0,47 (Quadro 24).

Quadro 24 Coeficiente de espaços verdes (K_L) para a hidrozona CV/NO.

Coeficiente de espaços verdes (K_L)	Coeficiente de vegetação (K_V)	Coeficiente de densidade (K_d)	Coeficiente microclimático (K_{mc})
0,47	0,6	0,6	1,3

6.2.2.6 Hidrozona Jardim da Praça do Mercado (JPM)

A hidrozona JPM localiza-se no Jardim da Praça do Mercado, na envolvente do Mercado Municipal. Esta hidrozona era abastecida a partir de um hidrante (HI 2) e uma conduta adutora de 75mm de diâmetro. Na parcela a conduta principal é de 63 mm e as electroválvulas, (modelo 150 PGA da Rain Bird), recebem sinal a partir de um controlador (ESP-SITE de 16 estações) situado no jardim. Na hidrozona está instalado um sistema de rega por aspersão com aspersores modelo 5000 plus da Rain Bird, com bico 15 VAN.

A vegetação associada a esta hidrozona (Quadro 25) tem necessidades em água diferenciadas e é formada por duas espécies de árvores. É constituída também por dois pequenos canteiros com arbustos, espécies vivazes e anuais (Fig. 32), em consociação, que recebem água de um sector de rega comum. Segundo Costelo *et al.*, (2000), o *Acer negundo* têm necessidades de água “moderadas”, e as da *Phoenix canariensis* situam-se na categoria “baixo”. Em climas semelhantes aos desérticos as necessidades de água da primeira são moderadas e da segunda são desconhecidas. As necessidades em água das plantas anuais são relativamente altas sendo indicado um valor de K_s entre 0,4 e 0,8 para a maioria das espécies (Costello *et al.*, 2000). Sendo uma plantação mista atribui-se a categoria “moderado” (0,4-0,6) e um valor de 0,6 ao coeficiente de vegetação.

Quadro 25 Lista de avaliação das espécies em necessidades de água em função da zonas climáticas (Costelo *et al.*, 2000).

Nome Botânico	Nome vulgar	1	2	3	4	5	6
<i>Phoenix canariensis</i>	Palmeira	L	L	L	L	M	M
<i>Acer negundo</i>	Acer	M	M	M	M	/	/
<i>Rosa sp</i>	Roseira	M	M	M	M	H	H
<i>Abelia x Grandiflora</i>	Abélia	M	M	M	M	/	/

L – Baixa; M- Moderada; H – Alta; / - Inapropriada

Esta hidrozona caracteriza-se uma superfície sombreada inferior a 50%, pelo que se atribui a categoria de densidade “baixo” (0,5-0,9) e um valor ao coeficiente de densidade de 0,7.

Nesta hidrozona verificam-se condições de elevada evaporação motivadas pela proximidade de edifícios, que reflectem radiação e condicionam a circulação do ar, assim como zonas pavimentadas e superfícies reflectivas que influenciam o microclima. Atribui-se uma condição microclimática “alto” (1,1-1,4) imputando-se um valor ao coeficiente microclimático de 1,3. O coeficiente de espaços verdes resultante para esta hidrozona é 0,54 (Quadro 26).



Figura 32 Hidrozona (JPM), disposição de *Phoenix canariensis*.

Quadro 26 Cálculo do Coeficiente de espaços verdes (K_L) para a hidrozona JPM.

Coeficiente de espaços verdes (K_L)	Coeficiente de vegetação (K_V)	Coeficiente de densidade (K_d)	Coeficiente microclimático (K_{mc})
0,54	0,6	0,7	1,3

6.2.2.7 Hidrozona Parque José Gama (PJG)

Esta hidrozona é abastecida a partir de uma electrobomba horizontal de uma conduta adutora de 75mm de diâmetro. Na parcela a conduta principal é de 63 mm e as electroválvulas, (modelo 150 PGA da Rain Bird),

recebem sinal a partir de um controlador (de 16 estações) situado no jardim. O sector de rega tem cinco aspersores (modelo Falcon, Rain Bird, bico de 18 mm).

Segundo Costelo *et al.*, (2000), as árvores plantadas nesta hidrozona, no que respeita às necessidades hídricas, situam-se nas categorias “moderado” (0,4-0,6) e “alto”, (0,7-0,9) (Quadro 26).

Quadro 26 Lista de avaliação das espécies em necessidades de água em função da zonas climáticas (Costelo *et al.*, 2000).

Nome Botânico	Nome vulgar	1	2	3	4	5	6
<i>Alnus glutinosa</i>	Amieiro	M	M	M	H	/	/
<i>Salix babilonica</i>	Salgueiro	H	H	H	H	H	H
<i>Prunus spp</i>	Ameixeira	M	M	M	M	M	/
<i>Populus nigra</i> “ <i>Italica</i> ”	Choupo	M	M	M	M	H	H

M- Moderada; H- Alta; / - Inapropriada;

Atendendo ao facto de apenas uma espécie se situar na categoria “alto”, (*Salix babilónica*), e também pela experiência na gestão desta espécie nas condições climáticas locais, julga-se que estéticamente e visualmente as características da espécie se mantêm aceitáveis na categoria “moderado”, pelo que se atribuiu um valor de 0,6 para o coeficiente de vegetação (K_v).

O tipo de vegetação associada a esta hidrozona apresenta uma percentagem de solo cobertura do solo inferior a 70%. Assim, considerou-se uma plantação mista de baixa densidade, plantada sobre relvado, atribuindo-se um coeficiente de densidade de 0,7.

O local encontra-se sombreado poucas horas durante o dia, é um local aberto, sem proximidade de edifícios circundantes e superfícies pavimentadas que influenciem o microclima do espaço verde (Fig.33), Deste modo inseriu-se na categoria microclimática “moderada” atribuindo-se um valor de coeficiente microclimático de 1,0. O coeficiente de espaços verdes resultante para esta hidrozona é 0,42 (Quadro 27).

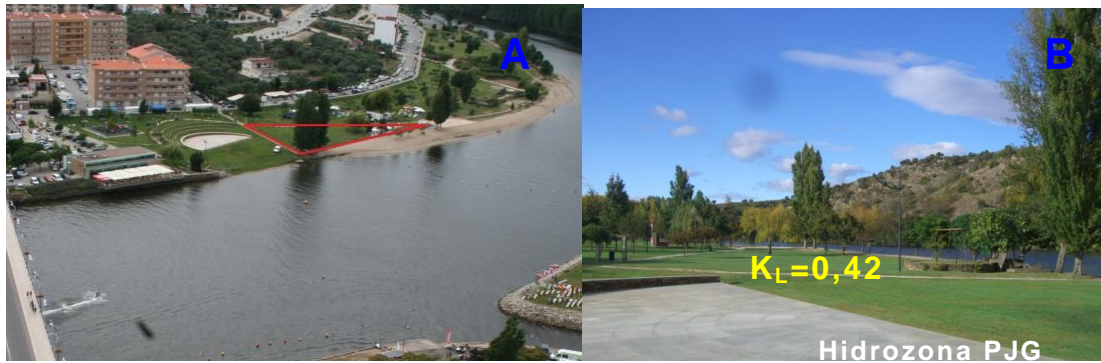


Figura 33 (A) Vista geral da hidrozona (PJM). (B) Vista geral da cobertura do solo

Quadro 27 Cálculo do Coeficiente de espaços verdes (K_L) para a hidrozona PJM.

Coeficiente de espaços verdes (K_L)	Coeficiente de vegetação (K_v)	Coeficiente de densidade (K_d)	Coeficiente microclimático (K_{mc})
0,42	0,6	0,7	1,0

6.2.2.8 Hidrozona Piscina Municipal (PM)

A hidrozona Piscina Municipal (PM), localiza-se na envolvente da Piscina Municipal aquecida. Esta hidrozona é abastecida a partir de um hidrante (H2) e de uma conduta adutora de 75 mm de diâmetro. Na parcela a conduta principal é de 63 mm e as electroválvulas, (modelo 150 PGA da Rain Bird), recebem sinal a partir de um controlador (ESP-SITE de 16 estações) situado no jardim. A rega é efectuada por aspersores de marcas e modelos diversos.

Segundo Costelo *et al.*, (2000), as árvores plantadas nesta hidrozona (Quadro 28) situam-se, relativamente às necessidades hídricas, nas categorias “moderado” (0,4-0,6). Relativamente ao plátano é considerado na categoria microclimática “moderado” sendo que as características da espécie se mantêm aceitáveis, estética e visualmente na categoria “baixo”, no entanto, para suprir as necessidades em água do revestimento herbáceo, relvado (EF), deverá ser atribuído na categoria “moderado” um valor de 0,6 para o coeficiente de vegetação (K_v).

Quadro 28 Lista de avaliação das espécies em necessidades de água em função da zonas climáticas (Costelo *et al.*, 2000).

Nome Botânico	Nome vulgar	1	2	3	4	5	6
<i>Platanus occidentalis</i>	Platano	?	?	?	?	-	-
<i>Populus nigra</i> “Italica”	Choupo	M	M	M	M	H	H

M- Moderada; H –Alta; ? - Desconhecido

O tipo de vegetação associada a esta hidrozona apresenta uma percentagem de solo coberto entre 70% e 100%. Para atribuição *coeficiente de densidade* considerou-se uma plantação mista de alta densidade, plantada sobre relvado, atribuindo-se um valor ao *coeficiente de densidade de 0,9*.

O local encontra-se sombreado a maior parte do dia, está exposto a oeste, tem na proximidade edifícios circundantes que influenciam a circulação do ar e superfícies pavimentadas que influenciem o microclima do espaço verde (Fig. 34). Assim, considerou-se na categoria microclimática “baixa” (0,5-0,9) atribuindo-se um valor de *coeficiente* microclimático de 0,6. O coeficiente de espaços verdes resultante para esta hidrozona é 0,32 (Quadro 29).



Figura 34 (A) Vista da hidrozona (PM) com as plantações de plátano e choupo, (B) Vista pormenorizada da hidrozona.

Quadro 29 Cálculo do Coeficiente de espaços verdes (K_L) para a hidrozona PM.

Coeficiente de espaços verdes (K_L)	Coeficiente de vegetação (K_V)	Coeficiente de densidade (K_d)	Coeficiente microclimático (K_{mc})
0,32	0,6	0,9	0,6

O Quadro 30 resume os valores do coeficiente de espaços verdes (K_L) e, dos coeficientes de vegetação (K_V), densidade (K_d) e microclimático (K_{mc}), para as diferentes hidrozonas. Relativamente ao coeficiente de vegetação, (K_V), as hidrozonas TP e PN são as que apresentaram os valores superiores para esse coeficiente (0,8 e 0,7 respectivamente). A categoria “Médio” ou “Moderada” (0,5) seria a adequada para suprir as necessidades em água da vegetação, no entanto, as necessidades hídricas do

revestimento herbáceo (relva de estação fria (0,8)), obrigam a atribuir a categoria 0,8 e 07, respectivamente, ao coeficiente de vegetação (K_v).

A hidrozona AR é a que apresenta o valor de (K_v) mais baixo (0,4). Neste estudo, os menores valores de (K_v) estão associados aos locais onde as espécies utilizadas como cobertura de solo têm baixas e moderadas necessidades hídricas. No entanto, os elementos verdes associados a estas hidrozona têm necessidades hídricas diferenciadas, pelo que se atribuiu o valor para o coeficiente de espécie à categoria da espécie com maior necessidade em água, neste caso, a categoria “Média”.

Quadro 30 - Resultados do cálculo do coeficiente de espaços verdes (K_L) em cada hidrozona e, valores atribuídos ao coeficientes de vegetação (K_v), densidade (K_d) e microclimático (K_{mc}).

Hidrozona	K_v (0,1 - 0,9)	K_d (0,5 - 1,3)	K_{mc} (0,5 - 1,4)	K_L (ad)
AB	0,6	1,1	1,0	0,66
AR	0,4	1,0	1,2	0,48
CV/NO	0,6	0,6	1,3	0,47
JPM	0,6	0,7	1,3	0,54
PJG	0,6	0,7	1,0	0,42
PM	0,6	0,9	0,6	0,32
PN	0,7	1,2	0,5	0,42
TP	0,8	0,7	1,1	0,62

Relativamente ao coeficiente de densidade, (K_d), a hidrozona CV/NO foi a que apresentou o menor valor para esse coeficiente (0,6) enquanto as hidrozonas AB e PN são as que apresentam o valor mais elevado (1,1 e 1,2, respectivamente).

Neste estudo, os menores valores de, (K_{mc}) estão associados às hidrozonas PN e PM (0,5 e 0,6, respectivamente), enquanto as hidrozonas AR, CV/NO e JPM são as que apresentam o valor mais elevado (1,1, 1,3 e 1,3, respectivamente).

Relativamente ao coeficiente de espaços verdes, (K_L), as hidrozonas PM e PJG foram as que apresentaram o menor valor para esse coeficiente (0,32 e 0,42 respectivamente) enquanto as hidrozonas TP e AB são as que apresentam o valor mais elevado (0,62 e 0,66, respectivamente).

A hidrozona AB é a que apresenta maior valor do coeficiente de espaços verdes (K_L), para a hidrozona PN, (0,32). O valor médio de K_L para o conjunto das hidrozonas é de 0,49.

6.3 Evapotranspiração de espaços verdes

No Quadro 31 estão representados os valores anuais da evapotranspiração de espaços verdes referentes às hidrozonas estudadas.

A evapotranspiração de espaços verdes (ET_L) é máxima no mês de Julho para as hidrozonas em estudo e assume um valor médio, nesse mês de, ($3,02 \text{ mm d}^{-1}$).

Quadro 31 Evapotranspiração mensal dos espaços verdes ($ET_L \text{ mm d}^{-1}$) para cada hidrozona.

Hidrozona	ET_L											
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
AB	0,39	0,67	1,30	1,87	2,54	3,39	4,05	3,68	2,51	1,29	0,61	0,40
AR	0,28	0,49	0,95	1,36	1,85	2,46	2,95	2,67	1,83	0,94	0,44	0,29
CV/NO	0,28	0,48	0,92	1,33	1,80	2,40	2,87	2,61	1,78	0,91	0,43	0,28
JPM	0,32	0,56	1,08	1,55	2,10	2,80	3,35	3,04	2,08	1,06	0,50	0,33
PJG	0,25	0,43	0,83	1,19	1,62	2,15	2,58	2,34	1,60	0,82	0,39	0,25
PM	0,19	0,33	0,64	0,92	1,25	1,66	1,99	1,80	1,23	0,63	0,30	0,19
PN	0,25	0,43	0,83	1,19	1,62	2,15	2,58	2,34	1,60	0,82	0,39	0,25
TP	0,36	0,63	1,21	1,75	2,37	3,16	3,78	3,43	2,35	1,20	0,57	0,37

Neste estudo, o menor valor de, (ET_L) está associado à hidrozona PM ($1,99 \text{ mm d}^{-1}$), enquanto as hidrozonas AB e TP são as que apresentam o maior valor de ET_L , no mês mais desfavorável (Julho), ($4,05$ e $3,78 \text{ mm d}^{-1}$, respectivamente). Relativamente à hidrozona PM o menor valor de ET_L está essencialmente associado ao baixo valor do coeficiente microclimático.

6.4 Necessidades de rega

6.4.1 Capacidade utilizável do solo

Os solos das hidrozonas são de textura franca (hidrozona AR) franco-arenosa (restantes hidrozonas) (Quadro A.3, em anexo). No Quadro 32 estão representados os valores da capacidade utilizável (CU), reserva utilizável (RU) e reserva facilmente utilizável (RFU) dos solos das diferentes hidrozonas. Para a determinação reserva utilizável foi considerada uma profundidade do solo de 0,60 m e para a determinação da reserva utilizável foi considerado um coeficiente facilmente utilizável de 0,4 (Allen *et al.*, 2008).

Com exceção da hidrozona TP que tem uma capacidade utilizável de 119,38 mm/m, os solos das restantes hidrozonas tem valores de capacidade utilizável baixos.

Quadro 32 Capacidade utilizável (CU), reserva utilizável (RU) e reserva facilmente utilizável (RFU) dos solos das diferentes hidrozonas.

Hidrozonas	CU (mm/m)	RU (mm)	RFU (mm)
Auditório Biblioteca (AB)	37,65	15,89	6,36
Talude Paliçada (TP)	119,38	51,58	20,63
Aromáticas (AR)	62,91	27,38	10,95
Prado Natural (TP)	53,43	22,21	8,88
Nora (CV/NO)	49,99	21,64	8,65
Praça do Mercado (JPM)	56,12	22,62	9,05
Parque José Gama (PJM)	51,32	22,48	8,99
Piscinas Inatel (PM)	76,19	28,34	11,33

Os baixos valores da reserva facilmente utilizável impõem a adopção e intervalos entre regas curtos e baixas dotações de rega, como forma de evitar perdas de água com conseqüente diminuição da eficiência de aplicação de água.

6.4.2 Balanço hídrico e necessidades de rega

O balanço hídrico do solo foi simulado com recurso ao programa CropWat v.8. No Quadro 33 representam-se os resultados da simulação das necessidades líquidas de rega mensais para um ano médio.

Para a simulação foi adoptado o critério de regar em intervalos fixos por fase de desenvolvimento, com intervalo de rega de dois dias na fase inicial (1 Abril a 15 de Maio) e final (1 a 31 Outubro) e diariamente nas fases intermédias. Optou-se pelo critério de regar até à capacidade de campo.

Analisando os valores mensais observa-se que as maiores necessidades de rega verificam-se no mês de Julho. Neste mês as hidrozonas AB e TP são as que apresentam maiores necessidades de rega com 125,0 e 117,8 mm, respectivamente. As hidrozonas PM, PJG e PN são as que têm menores necessidades no mês de Julho (62 e 80,6 mm, respectivamente).

As hidrozonas PM, PJG, PN são as que têm necessidade de rega anuais mais baixas (288,7 e 375,4 mm/ano, respectivamente) enquanto as hidrozonas AB e TP são as que apresentam maiores necessidades de rega (585,4 e 552,1 mm, respectivamente).

Quadro 33 Necessidade líquida de rega mensal e total anual (mm) para um ano médio, em cada hidrozona, no período Abril-Outubro.

Hidrozona	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Total
AB	56,5	79,1	102,0	125,0	114,4	77,0	31,4	585,40
AR	40,5	58,4	75,0	93,0	84,5	57,0	23,0	431,40
CV/NO	40,5	56,5	73,0	89,9	81,4	54,0	22,3	417,60
JPM	46,5	65,3	84,0	102,3	93,8	63,0	25,8	480,70
PJG	36,0	50,3	66,0	80,6	73,2	49,0	20,3	375,40
PM	27,0	38,7	50,0	62,0	56,7	39,0	15,3	288,70
PN	36,0	50,3	66,0	80,6	73,2	49,0	20,3	375,40
TP	53,0	75,7	96,0	117,8	108,2	72,0	29,4	552,10

Para cada uma das hidrozonas foi calculado volume de água necessário para um ano médio considerando a respectiva área (Quadro 34).

Quadro 34 Necessidades líquidas de rega anuais (m³) para cada hidrozona.

Hidrozona	Área (m ²)	Necessidades líquidas de rega (m ³)	Necessidades totais de rega (m ³)
AB	459,34	268,9	358,5
AR	376,8	162,6	216,7
CV/NO	3436,6	1435,1	1913,5
JPM	874,78	420,5	560,7
PJG	2090,23	784,7	1046,2
PM	2219,49	640,8	854,4
PN	1495,7	561,5	748,7
TP	920,59	508,3	677,7

As necessidades líquidas de água de rega anuais para o conjunto das hidrozonas é de 4782,3 m³. A hidrozona CV/NO é a que tem maiores necessidades água de rega (1435,1 m³) e a hidrozona AR é a que apresenta menores necessidades anuais (162,6).

Relativamente às necessidades totais de rega, e considerando uma eficiência de rega de 75% (valor elevado face à situação presente no respeito à uniformidade de distribuição, mas possível de ser atingido melhorando os constrangimentos atrás referidos), os valores anuais são de 6376,4 m³ para o conjunto das hidrozonas.

7 Conclusões

Os resultados obtidos neste trabalho permitiram constatar que na generalidade dos espaços verdes regados da cidade de Mirandela a uniformidade de distribuição de água é muito baixa limitando desta forma a eficiência de rega. A deficiente uniformidade de distribuição deve-se à elevada variação da pressão de funcionamento nos sistemas (hidrozonas AR, CV/NO, JPM, PN e TP), aos desadequados espaçamentos entre os emissores (hidrozonas AB e PN), à heterogeneidade do tipo de aspersores (hidrozona PM), sistema de bombagem com funcionamento deficiente (PJG). A intervenção nos sistemas de rega a estes níveis contribuirá decisivamente para o incremento da uniformidade de distribuição de água.

Os indicadores de desempenho obtidos e os mapas elaborados para cada hidrozona permitirão formular recomendações e tomar medidas específicas no sentido de melhorar a uniformidade de distribuição e contribuir assim para uma maior eficiência de rega.

Os sistemas de gestão centralizada da rega em espaços verdes são uma ferramenta essencial na gestão da rega. Actualmente a gestão da rega nos espaços verdes da cidade de Mirandela é efectuada com o sistema "MAXICOM 2". Este trabalho contribuirá para uma melhor gestão do sistema permitindo ajustar as necessidades de rega às características específicas das hidrozonas, por via da inclusão dos coeficientes de espaços verdes na determinação das necessidades de rega.

Referências bibliográficas

- Allen R.G., Wright J.L., Pruitt W.O., Pereira L.S., Jensen M.E., 2007. *Water Requirements*. In: G.J. Hoffman, R.G. Evans, M.E. Jensen, D.L. Martin, R.L. Elliot (eds.) *Design and Operation of Farm Irrigation Systems* (2nd Edition), ASABE, St. Joseph, MI, pp. 208-288.
- Allen, R., Pereira, L.S., Raes, D., Smith, M., 1998. *Crop Evapotranspiration: Guidelines For Computing Crop Water Requirements*. FAO Irrigation and Drainage; Paper N° 56. FAO, Rome.
- Araújo-Alves, J. P. L. 2009. *Comportamento Ecofisiológico e Ornamental das Espécies *Arbutus unedo* L. e *Santolina chamaecyparissus* L.; submetidas a rega mínima em espaços verdes Mediterrânicos de Baixos Recursos*. Dissertação de Doutoramento. Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro. Vila Real
- Avila, R., 2004. *Manual de Riego de Jardines*. Junta de Andalucía. Consejería de Agricultura y Pesca. Viceconsejería. Servicio de Publicaciones y Divulgación. Sevilla, Espanha.
- Ayers, R. S., Westcott, D. W., 1985. *Water quality for Agriculture*. FAO Irrigation and Drainage Paper 29 Rev. 1, Rome: Food and Agriculture Organization.
- Azevedo, A.L., Gonçalves, D.A., Machado, R.M.A., 1995. *Enclaves de clima Cfs no Alto Portugal. A difusa transição entre a Ibéria Húmida e a Ibéria Seca*. Série Estudos 39. Escola Superior Agrária de Bragança, Instituto Politécnico de Bragança, Bragança.
- Bartier, P.M., Keller, C.P., 1996. *Multivariate interpolation to incorporate thematic surface data using inverse distance weighting (IDW)*. *Computers & Geosciences*, 22, 795-799.
- Baum M.C., Dukes M.D., Miller G.L., 2005. *Analysis of Residential Irrigation Distribution Uniformity*. *J. Irrig. Drain. Eng.*, 131(4), 336–341
- Clarke, D., Martin S., El-Askari, K., 1998. *CropWat for Windows : User Guide*. University of Southampton
- Costello L. R., N. P. Matheny, and J. R. Clark, 2000. *A Guide to Estimating Irrigation Water Needs of Landscape Plantings in California*. The Landscape Coefficient Method And WUCOLS III. University of California Cooperative Extension and California. Department of Water Resources.
- Costello, L. R., Matheny, N. P., Clarck, J. R., 1995. *El método del coeficiente de jardim – Estimación de las necesidades hídricas de las plantas de jardin*. *Horticultura*, 108: 117-127.
- Doorenbos J, W.O. Pruitt, W.O., 1977. *Crop Water Requirements*. FAO Irrigation and Drainage Paper No. 24. Food and Agricultural Organization of the United Nations, Rome, Italy.
- FAO, 2003. *Food and Agricultural Organization of the United Nations*. <http://www.owue.water.ca.gov/>, consultado em Maio de 2010.

- Gonçalves, D. A., 1991. *Terra Quente Terra Fria* (1ª Aproximação). Instituto Politécnico de Bragança.
- IA, 2005a. Irrigation Association *Landscape Irrigation Scheduling and Water Management*. Falls Church, Va.: IA.
- IA, 2005b. Irrigation Association *Turf and Landscape Irrigation Best Management Practices*. The Irrigation Association – Water Management Committee.
- IM 2009. Instituto de Meteorologia. Normais Climatológicas Mirandela 1971-2000.
- Israelsen, O.W., 1932. *Irrigation Principles and Practices*. John Wiley & Sons, New York.
- Keller, J., Bliesner, R.D., 1990. *Sprinkler and Trickle Irrigation*. Van Nostrand Reinhold, New York.
- Keller J., Merriam J.L., 1978. *Farm Irrigation System Evaluation: A guide for management* Dept. Agricultural and Irrigation Engineering, Utah St. University, Logan.
- Liu, Y., Li, Y.N., Pereira, L.S., Fernando, R.M., 2006. Fluxes Through the Bottom Boundary of the Root Zone in Silty Soils: Parametric Approaches to Estimate Groundwater Contribution and Percolation *Agric. Water Manage.* 84: 27-40.
- McCabe, J., (ed.) 2005a. *Landscape Irrigation Scheduling and Water Management*. Irrigation Association-Water Management Committee Arlington.
- McCabe J., (ed.) 2005b. *Turf and Landscape Irrigation. Best Management Practices*.
- Mendes, J. P., 2007. Utilização de um modelo expedito no apoio à condução da rega (Conduzrega). In: *II Congresso Nacional de Rega e Drenagem*. Fundação, Portugal.
- Pereira L.S., Feddes, R. A., Gilley J. R., Lesaffre, B., (eds.),., 1996. *Sustainability of Irrigated Agriculture*, NATO ASI Series N° 312, Kluwer Acad.Publ., Dordrecht..
- Pereira L.S., Perrier A., Allen R.G., Alves I., 1999. Evapotranspiration: concepts and future trends. *J. Irrig. Drain. Engrg.* ASCE 125 (2), 45–51.
- Pereira, L.S., 2004. *Necessidades de Água e Métodos de Rega*. Publicações Europa-América, Lisboa, 313 pp.
- Pereira, L.S., 2008. *Jornadas sobre "Ambiente y Riegos: Modernización y Ambientalidad", La Antigua (Gua temala), 11 al 14 de agosto de, Red Riegos, CYTED y AECID*
- Pereira, L.S., Cordery, I., Iacovides, I., 2002. *Coping with Water Scarcity*. UNESCO IHP VI, Technical Docum. in Hydrology 58, UNESCO, Paris,
- Pereira, L.S., Perrier, A., Allen, R.G., Laves, I., 1999. Evapotranspiration: *Rewiew of Concepts and Future Trends*. *J. Irrig. Drain. Eng.* 125(2): 45-51.
- Pereira, L.S., Teodoro, P.R., Rodrigues, P.N., Teixeira, J.L., 2003. *Irrigation Scheduling Simulation: the model ISAREG*. In: Rossi,

- G., Cancelliere, A., Pereira, L.S., Oweis, T., Shatanawi, M., Zairi, A., (Eds.) Tools for Drought Mitigation in Mediterranean Regions. Kluwer, Dordrecht, pp. 161-180.
- Pereira, L.S., Trout, T.J., 1999. *Irrigation Methods*. In: H.N. van Lier, L. S. Prereira, F.R. Steiner (eds.) *CIGR Handbook of Agricultural Engineering*, Vol I: Land and Water Engineering, ASAE, St. Joseph, MI, pp. 297-379.
- Pereira, L.S., van den Broek, B., Kabat, P., Allen, R.G., editors, 1995. *Crop-Water Simulation Models in Practice*. Wageningen Pers, Wageningen.
- Pereira, L. S., 2010. Necessidades de água e de rega das culturas: uso de modelos. In: *Potencial del Riego Extensivo em Cultivos e Pasturas 1^{ER} Seminário Internacional/Paysandú/Uruguay*, 73-90 pp.
- Pittenger, D. R., D. A. Shaw., D.R. Hodel., D. B. Holt. 2001. Responses of landscape groundcovers to minimum irrigation. *J. Environ. Hort.* 19(2):78-84.
- Pitts, D., K. Peterson, G. Gilbert., R. Fastenau., 1996. Field assessment of irrigation system performance. *Applied Engineering in Agriculture* 12(3): 307-313.
- Ribeiro, A.C. 2009. Manutenção e Gestão de Espaços Verdes: Rega. In Azevedo, J.C. & Gonçalves, A.(Eds). *Manual de Boas Práticas em Espaços Verdes*. Câmara Municipal de Bragança. Bragança. 93-102 pp.
- Sanjiao, M. I. V., 2009. Propuestas de diseño Y manejo para el uso sostenible del agua em jardines, In: *Comunicações del 6º Congresso Ibero-Americano de Parques e Jardins Públicos*, Vol. 1: 86-91. Câmara Municipal de Póvoa de Lanhoso (Ed.), Póvoa de Lanhoso, Portugal.
- Smith, M. 1992. *CROPWAT, A computer program for irrigation planing and management*. FAO Irrigation and Drainage Paper 46, FAO, Rome.
- Snyder, R. L., and Echings, 2005. Urban Landscape Evapotranspiration. In: *California State water Plan*, Vol. 4: 691-693. U.S.A..
- Snyder, R. L., S. Echings., 2004. *Landscape Irrigation Management Program—IS005 Quick Answer*. Univ. California, Davis.
- Wolters, W. (1992) *Influences on the Efficiency of Irrigation Water Use*. ILRI Public. N° 51, ILRI, Wageningen.

ANEXOS

Quadro A.1 - Valores observados em Mirandela LDt.
 41°31'N;LRn.07°12W;Alt.250m - Período: 1971-2000. Fonte: INMG, 2009.



FICHA CLIMATOLÓGICA

1971-2000

MIRANDELA (032)

Lat.: 41°31'N; Lon.: 07°12W; Alt.: 250m

	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	Dez	Anual
Média da Temperatura Média diária (°C)													
	5.5	7.9	10.4	12.4	15.9	20.4	23.7	23.4	20.3	15.0	9.8	7.1	14.3
Média da Temperatura Máxima diária (°C)													
	9.9	13.5	17.0	18.8	22.7	27.9	31.8	31.8	27.9	21.1	14.8	11.3	20.7
Média da Temperatura Mínima diária (°C)													
	1.2	2.2	3.8	6.1	9.1	12.9	15.6	15.0	12.6	8.7	4.7	2.9	7.9
Maior valor da Temperatura Máxima diária (°C)													
	19.5	22.0	26.0	31.5	35.7	40.0	41.9	41.0	40.2	32.7	26.6	21.6	41.9
Data	30/1975	27/1997	28/1976	29/1994	31/1990	13/1981	20/1990	12/1987	08/1988	03/1983	19/1995	02/1985	20/07/1990
Menor valor da Temperatura Máxima diária (°C)													
	-1.2	0.8	4.5	8.0	11.0	12.5	16.5	20.0	13.5	10.5	4.4	-0.5	-1.2
Data	08/1973	15/1983	07/1971	11/1986	17/1984	11/1977	04/1988	28/1992	15/1975	26/1976	30/1986	22/1975	08/01/1973
Maior valor da Temperatura Mínima diária (°C)													
	13.3	13.0	13.0	14.5	17.0	21.0	25.6	26.0	21.6	17.0	16.5	14.5	26.0
Data	10/1991	15/1995	28/1998	26/1975	27/1991	17/1981	19/1989	20/1993	09/1988	01/1985	07/1985	10/1978	20/08/1993
Menor valor da Temperatura Mínima diária (°C)													
	-7.7	-8.0	-6.0	-2.7	0.0	3.5	6.6	7.0	3.5	-3.0	-9.8	-7.5	-8.0
Data	14/1985	12/1983	13/1976	09/1986	03/1991	05/1984	08/1996	26/1985	30/1993	31/1974	01/1982	13/1971	12/02/1983
Número médio de dias com:													
Tx≥30 °C	0.0	0.0	0.0	0.2	2.6	11.4	21.5	20.8	10.9	0.6	0.0	0.0	68.0
Tx≥25 °C	0.0	0.0	0.7	2.6	10.2	21.5	29.1	29.1	20.8	6.3	0.1	0.0	120.4
Tn≥20 °C	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	2.2	1.0	0.1	0.0	0.0	0.0	3.5
Tn≤0 °C	13.8	9.1	4.2	1.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	5.7	10.6	44.7
<small>Tx=Temperatura Máxima; Tn=Temperatura Mínima</small>													
Média da quantidade de Precipitação Total (mm)													
	59.2	47.0	30.2	44.4	49.9	31.7	17.8	13.4	28.8	60.3	53.9	72.0	508.6
Maior valor da quantidade de Precipitação Diária (mm)													
	36.7	43.5	31.0	30.5	30.0	49.7	42.0	27.2	35.0	60.0	44.7	47.4	60.0
Data	09/1996	16/1978	25/1979	22/1983	12/1980	25/1971	01/1976	25/1997	29/1975	19/1984	15/1974	07/1977	19/10/1984
Número médio de dias com:													
RR≥ 0.1mm	10.3	9.5	8.1	9.8	10.0	6.3	3.1	3.0	5.2	9.1	8.5	10.0	92.9
RR≥ 1mm	8.4	7.6	5.4	7.2	7.3	4.7	2.4	2.2	3.9	7.1	6.9	7.5	70.6
RR≥ 10mm	1.9	1.3	0.9	1.0	1.7	0.8	0.7	0.4	0.9	2.1	1.6	2.0	15.3
<small>RR=Quantidade de Precipitação Diária (09-09 UTC).</small>													
Observações													

Toda a informação incluída neste documento é propriedade exclusiva do IM, não podendo esta instituição responsabilizar-se pelos danos resultantes da sua interpretação e/ou utilização.

É exclusivamente concedido o direito de utilização privada, individual, pessoal e não transmissível do presente conteúdo, sendo expressamente interdita toda a apresentação e/ou reprodução, total ou parcial.

Ministério da Ciência, Tecnologia e Ensino Superior
Instituto de Meteorologia, I. P.

Rua C – Aeroporto de Lisboa
 1749-077 Lisboa – Portugal

Tel.: (351) 21 844 7000
 Fax: (351) 21 840 2370

e-mail: informacoes@meteo.pt
 URL: <http://www.meteo.pt>

1/2

Quadro A.2 - Valores observados em Mirandela LDt. 41°31'N;LRn.07°12W;Alt.250m - Período: 1971-2000. Fonte: INMG, 2009.



FICHA CLIMATOLÓGICA

1971-2000

MIRANDELA (032)

Lat.: 41°31'N; Lon.: 07°12W; Alt.: 250m

	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	Annual
Insolação (horas)	78.3	124.0	193.7	205.0	245.6	286.0	344.1	322.6	245.0	174.4	113.4	75.5	2407.6
Número médio de dias com Insolação:													
≥ 0%	9.0	2.9	1.3	1.2	0.7	0.4	0.1	0.0	0.5	1.8	5.0	9.2	32.1
≤ 20%	15.9	8.7	6.4	5.9	5.1	2.5	1.1	0.7	2.8	7.2	11.5	16.5	84.3
≥ 80%	1.6	4.0	7.1	5.9	8.4	13.8	20.0	20.6	11.0	6.6	2.8	1.1	102.9
Evaporação (mm)	41.3	60.4	100.7	124.0	159.0	212.4	281.0	275.7	194.1	108.6	55.7	45.9	1658.8
Evaporímetro de Piche; observação das 09 às 09h UTC.													
Humidade Relativa média do ar (%) às 09h UTC	89	87	79	73	67	59	54	55	63	79	87	89	73
Velocidade média do Vento (km/h)	5.8	6.5	7.6	8.6	8.6	8.9	9.5	8.8	7.4	6.3	5.5	5.9	7.5
Velocidade média do Vento Máximo em 10 minutos (km/h)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Maior valor da Velocidade Máxima Instantânea do Vento (rajada) (km/h)	35.5	32.3	38.6	42.2	28.4	29.8	31.0	24.3	28.6	30.9	25.3	37.9	38.6
Data	07/1996	27/1993	27/1992	12/2000	02/1991	04/1999	23/1994	06/1985	11/1995	04/1992	07/1982	04/2000	27/03/1992
Número médio de dias com Velocidade Máxima Instantânea do Vento (rajada):													
≥ 60 km/h	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
≥ 80 km/h	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Número médio de dias com:													
Trovoada	0.1	0.2	0.3	1.0	1.7	2.3	1.9	1.5	1.1	0.4	0.3	0.1	10.9
Granizo	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3
Neve	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3
Nevoeiro	10.2	6.2	1.6	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0	0.5	3.3	9.0	9.7	40.8
Geadas	14.3	10.9	7.1	2.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	7.5	11.9	54.6

Observações

Estação meteorológica sem dados referentes à Velocidade média do Vento Máximo.
Apresenta apenas 16 anos de Insolação (horas), 1972-1992, mas com falhas nos anos 1979,1982,1987,1991.

Toda a informação incluída neste documento é propriedade exclusiva do IM, não podendo esta instituição responsabilizar-se pelos danos resultantes da sua interpretação e/ou utilização.

É exclusivamente concedido o direito de utilização privada, individual, pessoal e não transmissível do presente conteúdo, sendo expressamente interdita toda a apresentação e/ou reprodução, total ou parcial.

Ministério da Ciência, Tecnologia e Ensino Superior
Instituto de Meteorologia, I. P.

2/2

Rua C – Aeroporto de Lisboa
1749-077 Lisboa – Portugal

Tel.: (351) 21 844 7000
Fax: (351) 21 840 2370

e-mail: informacoes@meteo.pt
URL: <http://www.meteo.pt>

Quadro A.3 - Resultado da análise granulométrica do solo, classificação da textura e algumas características básicas do solo.

Identificação	Prof. (cm)	Argila (%)	Limo (%)	Areia		TOTAL	Classificação
				Grossa (%)	Fina (%)		
Auditório Biblioteca (AB)	0-15	12,16	6,15	41,07	40,63	81,70	Franco arenoso
	15-30	12,23	9,03	35,43	43,31	78,74	Franco arenoso
Talude Paliçada (TP)	0-15	6,70	16,37	19,51	57,42	76,93	Franco arenoso
	15-30	11,80	18,12	16,89	53,20	70,08	Franco arenoso
Aromáticas (AR)	0-15	10,53	25,21	30,71	33,55	64,26	Franco
	15-30	7,90	25,23	36,54	30,33	66,87	Franco
Prado Natural (PN)	0-15	13,07	14,34	29,48	43,11	72,59	Franco arenoso
	15-30	14,91	14,89	25,89	44,30	70,20	Franco arenoso
Campo voleibol (CV/NO)	0-15	12,23	21,22	22,94	43,61	66,54	Franco arenoso
	15-30	10,65	20,08	24,54	44,72	69,27	Franco arenoso
Nora (CV/NO)	0-15	11,22	21,41	15,96	51,42	67,37	Franco arenoso
	15-30	11,50	23,51	12,32	52,67	64,99	Franco
Praça do Mercado (JPM)	0-15	8,32	10,02	32,31	49,35	81,66	Franco arenoso
	15-30	9,00	10,95	26,67	53,38	80,05	Franco arenoso
Parque José Gama (PJG)	0-15	8,64	13,43	23,87	54,06	77,93	Franco arenoso
	15-30	8,13	11,76	22,58	57,52	80,10	Franco arenoso
Parque José Gama (PJG)	0-15	8,36	15,86	42,99	32,79	75,78	Franco arenoso
	15-30	9,35	16,75	33,70	40,20	73,90	Franco arenoso
Piscinas Inatel (PM)	0-15	13,10	18,30	30,46	38,13	68,60	Franco arenoso
	15-30	13,77	16,05	37,39	32,78	70,18	Franco arenoso

Quadro A.4 - Resultado da análise granulométrica do solo, classificação da textura e algumas características básicas do solo.

Local	Profundidade (cm)	Dap (g/cm ⁻³)
Auditório Biblioteca (AB)	0-15	1,57
	15-30	1,23
Talude Paliçada (TP)	0-15	1,57
	15-30	1,21
Aromáticas (AR)	0-15	1,33
	15-30	1,44
Prado Natural (PN)	0-15	1,39
	15-30	1,50
Campo voleibol (CV/NO)	0-15	1,27
	15-30	1,44
Nora (CV/NO)	0-15	1,43
	15-30	1,42
Praça do Mercado (JPM)	0-15	1,47
	15-30	1,51
Parque José Gama (PJG)	0-15	1,05
	15-30	1,52
Parque José Gama (PJG)	0-15	1,56
	15-30	1,33
Piscinas Inatel (PM)	0-15	1,67
	15-30	1,57

Quadro A.5 - Valores observados em Mirandela

Parcelas / hidrozonas	Profundidade (cm)	Teor de água no solo (%)		Matéria Orgânica %
		pF 2,0	pF 4,2	
Auditório Biblioteca (AB)	0-15	5,58	2,58	0,86
	15-30	5,67	3,38	0,63
Talude Paliçada (TP)	0-15	11,97	3,57	0,75
	15-30	13,20	4,41	0,69
Aromáticas (AR)	0-15	6,86	1,69	0,68
	15-30	5,12	1,15	0,56
Prado Natural (PN)	0-15	6,71	3,16	0,65
	15-30	8,16	4,30	0,61
Campo voleibol (CV/NO)	0-15	6,38	2,35	0,64
	15-30	5,75	2,15	0,60
Nora (CV/NO)	0-15	7,45	4,42	0,64
	15-30	8,61	4,86	0,57
Praça do Mercado (JPM)	0-15	8,01	4,63	0,56
	15-30	8,02	3,86	0,58
Parque José Gama (PJG)	0-15	8,16	4,56	1,37
	15-30	6,88	3,60	0,79
Parque José Gama (PJG)	0-15	8,78	4,54	1,52
	15-30	9,65	5,78	1,67
Piscinas Inatel (PM)	0-15	8,27	3,89	0,56
	15-30	9,86	4,79	0,55

Quadro A.6 - Valores observados em Mirandela para o caso da RFU foi considerado para uma profundidade máxima de 0,60 m.

Parcelas/hidrozonas	Profundidade (cm)	CU (mm/m)	RU (mm)	RFU (mm)	Lrfu (mm)
Talude Paliçada (TP)	0-30	119,38	51,58	20,63	30,95
Aromáticas (AR)	0-30	62,91	27,38	10,95	16,43
Prado Natural (TP)	0-30	53,43	22,21	8,88	13,33
Nora (CV/NO)	0-30	49,99	21,64	8,65	12,98
Praça do Mercado (JPM)	0-30	56,12	22,62	9,05	13,57
Parque José Gama (PJG)	0-30	51,32	22,48	8,99	13,49
Piscinas Inatel (PM)	0-30	76,19	28,34	11,33	17,00

Quadro A.7 – Volume de água recolhido por pluviômetro em (ml), alturas de água (mm), seu posicionamento. Teste realizado na hidrozona (AB). Os pluviômetros foram dispostos em quadrado (2,00 x 2,00m).

Hidrozona: Audifório Biblioteca (AB)	Numero de colectores: 95	Valor 4º quartil: 160,00	ml	5,95	mm
Diâmetro interno do coletor: 185	Numero no 3/4: 71	Valor 3º quartil: 73,30	ml	2,73	mm
Tempo do teste: 5	Numero no 1/2: 35	Valor 2º quartil: 50,00	ml	1,86	mm
1 = volume ou 2 = debito: 1	Numero no 1/4: 23	Valor 1º quartil: 40,00	ml	1,49	mm
Área do coletor: 26890,25	Volume recolhido pelo total dos colectores		5525,00	ml	205,54
Pulverizador: 1804 Rain Bird (Bico 15 Var)	Média dos colectores		58,16	ml	2,16
Malha dos colectores: 2,5 x 2,5 m	Média no 1º quartil		44,14	ml	1,64
	Média no 2º quartil		29,09	ml	1,08
	Média no menor quartil		22,04	ml	0,82
	Desvio Padrão		30,52	ml	1,14
	Coeficiente de uniformidade, CU (%)			CU =	50
	Uniformidade da distribuição, UD (%)			UD =	38

XY	Volume em millilitros (ml)												
	Posição dos pluviômetros (m)												
1		25,0	50,0	50,0	60,0	60,0	70,0	40,0	75,0				
2		28,0	35,0	80,0						12,0	9,0		
3		20,0	20,0								12,0		
4		70,0	40,0										
5		60,0	60,0										
6		40,0	50,0										
7		40,0	50,0										
8		160,0	30,0										
9		85,0	90,0										
10		95,0	50,0										
11		67,0	45,0										
12		40,0	12,0										
13		35,0	15,0										
14		12,0	40,0										
15		10,0											
16	30,0	30,0											
17	55,0	50,0											
18	98,0	25,0											
19	40,0	5,0											
20	70,0	50,0											
21	25,0	60,0											
22	48,0	50,0											
23	105,0	50,0											
24	110,0	70,0											
25	105,0	110,0											
26	40,0	100,0											
27	45,0	70,0											
28	30,0	120,0	35,0										
29	50,0	90,0	50,0										
30	70,0	95,0	68,0										
31	72,0	64,0	85,0										
32	20,0	45,0	72,0										
33	68,0	50,0	85,0										
34		98,0											
35		32,0	80,0										
36		60,0	120,0										
37		90,0	110,0										
38		75,0	130,0										
39		50,0	90,0										
40		50,0	60,0										
41													
42													
43													
44													
45													
46													
47													
48													
49													
50													

DU = 38 %
 AR = 697,89 ml/hr
 MEDIA 1/4 = 22,04 ml
 MEDIA = 58,16 ml

Valores do menor quartil (ml)

XY	Alturas de água milímetros (mm)												
	Posição dos pluviômetros (m)												
1		0,93	1,86	1,86	2,23	2,23	2,60	1,49	2,79				
2		1,04	1,30	2,98			1,86	1,49	0,45	0,33			
3		0,74	0,74							0,45			
4		2,90	1,49										
5		2,23	2,23										
6		1,79	1,86										
7		1,49	1,86										
8		5,95	1,12										
9		3,16	3,35										
10		3,33	1,86										
11		2,49	1,67										
12		1,49	0,45										
13		1,30	0,56										
14		0,45	1,49										
15		0,37											
16	1,12	1,12											
17	2,05	1,86											
18	3,65	0,93											
19	1,49	0,19											
20	2,60	1,86											
21	0,93	2,23											
22	1,79	1,86											
23	3,91	1,86											
24	4,09	2,60											
25	3,91	4,09											
26	1,49	3,72											
27	1,67	2,60											
28	1,12	4,46	1,30										
29	1,86	3,35	1,86										
30	2,90	3,33	2,53										
31	2,98	2,38	3,16										
32	0,74	1,67	2,68										
33	2,53	1,86	3,16										
34		3,65											
35		1,19	2,98										
36		2,23	4,46										
37		2,23	4,09										
38		2,79	4,84										
39		1,86	3,35										
40		1,86	2,23										
41													
42													
43													
44													
45													
46													
47													
48													
49													
50													

DU = 38 %
 AR = 25,96 mm/hr
 MEDIA 1/4 = 0,82 mm
 MEDIA = 2,16 mm

Valores do menor quartil (mm)

Quadro A.8 – Volume de água recolhido por pluviómetro em (ml), alturas de água (mm), seu posicionamento. Teste realizado na hidrozona (TP). Os pluviómetros foram dispostos em quadrado (4,00 x 4,00m).

Hidrozona:	Talude Palçada (TP)		Numero de colectores:	85	Valor 4º quartil	315,00	ml	11,72	mm
Diâmetro interno do coletor:	185	mm	Numero no 3/4	47	Valor 3º quartil	90,00	ml	3,35	mm
Tempo do teste:	10	minutos	Numero no 1/2	31	Valor 2º quartil	65,00	ml	2,42	mm
1 = volume ou 2 = debito:	1	ml	Numero no 1/4	16	Valor 1º quartil	44,00	ml	1,64	mm
Área do coletor:	28880,25	mm ²	Volume recolhido pelo total dos colectores			4796,00	ml	178,42	mm
Aspersor: 5000 plus da Rain Bird (bico 3)			Média dos colectores			73,78	ml	2,74	mm
Malha colectores: 4,0 x 4,0 m			Média no 3º quartil			52,98	ml	1,97	mm
			Média no 2º quartil			41,52	ml	1,54	mm
			Média no menor quartil			28,81	ml	1,07	mm
			Desvio Padrão			47,03	ml	1,75	mm

Coefficiente de uniformidade, CU (%) CU = 56 %
 Uniformidade da distribuição, UD (%) UD = 39 %

Volume em millilitros (ml)

Posição dos pluviómetros (m)

XY	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	95,0											
2	75,0	125,0										
3	70,0	128,0										
4	75,0	158,0										
5	50,0	137,0										
6	25,0	152,0										
7	35,0	190,0										
8	20,0	85,0	10,0									
9	50,0	315,0										
10	65,0	112,0										
11	70,0	93,0										
12	35,0	91,0										
13	65,0	75,0										
14	25,0	75,0										
15	62,0	60,0	30,0									
16	25,0	85,0	50,0									
17	95,0	70,0										
18	40,0	90,0										
19	60,0	60,0										
20	45,0	75,0										
21	30,0	90,0										
22	60,0	190,0	30,0									
23	40,0	110,0	60,0									
24	55,0	115,0	70,0									
25	44,0	120,0	80,0									
26	28,0	83,0	60,0									
27	60,0	18,0	30,0									
28	50,0	85,0										
29												
30												
31												
32												
33												
34												
35												
36												
37												
38												
39												
40												
41												
42												
43												
44												
45												
46												
47												
48												
49												
50												

DU = 39 %
 AR = 442,71 ml/hr
 MEDIA 1/4 = 28,81 ml
 MEDIA = 73,78 ml

Valores do menor quartil (ml)

Alturas de água em millímetros (mm)

Posição dos pluviómetros (m)

XY	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	3,53											
2	2,79	4,65										
3	2,60	4,76										
4	2,79	5,88										
5	1,86	5,10										
6	0,93	5,65										
7	1,30	3,72	0,37									
8	0,74	3,16	1,48									
9	1,86	11,72										
10	2,42	4,17										
11	2,60	3,46										
12	1,30	3,39										
13	2,42	2,79										
14	0,93	2,79										
15	2,31	2,23	1,12									
16	0,93	3,16	1,86									
17	3,53	2,60										
18	1,48	3,35										
19	2,23	2,23										
20	1,67	2,79										
21	1,12	3,35										
22	2,23	6,70	1,12									
23	1,48	4,09	2,23									
24	2,05	4,28	2,60									
25	1,64	4,46	2,98									
26	1,04	3,09	2,23									
27	2,23	0,67	1,12									
28	1,86	3,16										
29												
30												
31												
32												
33												
34												
35												
36												
37												
38												
39												
40												
41												
42												
43												
44												
45												
46												
47												
48												
49												
50												

DU = 39 %
 AR = 16,47 mm/hr
 MEDIA 1/4 = 1,07 mm
 MEDIA = 2,74 mm

Valores do menor quartil (mm)

Quadro A.9 – Volume de água recolhido por pluviómetro em (ml), alturas de água (mm), seu posicionamento. Teste realizado na hidrozona (AR). Os pluviómetros foram dispostos em quadrado (1,38x 1,38).

Hidrozoa:		Acomódica (AR)		Número de colectores:		192	Valor 4º quartil	430,00	ml	16,00	mm
Dímetro interno do coletor:	185	mm		Número no 2/4	143	Valor 3º quartil	100,00	ml	3,72	mm	
Tempo do teste:	5	minutos		Número no 1/2	81	Valor 2º quartil	50,00	ml	1,86	mm	
1 = volume ou 2 = débito:	1	ml		Número no 1/4	39	Valor 1º quartil	25,00	ml	0,93	mm	
Área do coletor:	25880,25	mm ²		Volume recolhido pelo total dos colectores			13829,30	ml	514,30	mm	
Aspersor: 1806 Rain Bird (bico 18 Van)				Média dos colectores			72,03	ml	2,88	mm	
Malha colectores: 1,38 x 1,38 m				Média no 3º quartil			42,52	ml	1,58	mm	
				Média no 2º quartil			22,98	ml	0,84	mm	
				Média no menor quartil			11,20	ml	0,42	mm	
				Desvio Padrão			61,48	ml	2,29	mm	
				Coeficiente de uniformidade, CU (%)					CU =	31	%
				Uniformidade da distribuição, UD (%)					UD =	16	%

Volume em mililitros (ml)												
		Posição dos pluviómetros (m)										
XY	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1					25,0	145,0	120,0	40,0				
2					30,0	15,0	180,0	80,0				
3					50,0	90,0	110,0	40,0				
4					10,0	40,0	30,0	25,0				
5	25,0	80,0	110,0	35,0								
6	1,4	180,0	240,0	50,0								
7	1,5	90,0	160,0	60,0								
8	2,0	25,0	58,0	40,0								
9					15,0	55,0	90,0	50,0				
10					20,0	100,0	190,0	95,0				
11					10,0	75,0	135,0	45,0				
12					1,0	15,0	30,0	90,0				
13	20,0	60,0	90,0	25,0								
14	16,0	130,0	145,0	40,0								
15	2,0	80,0	120,0	50,0								
16	30,0	55,0	5,0	35,0								
17					28,0	68,0	80,0	40,0				
18					50,0	155,0	240,0	50,0				
19					35,0	90,0	155,0	45,0				
20					3,0	55,0	20,0	20,0				
21	30,0	80,0	60,0	30,0								
22	10,0	140,0	130,0	95,0								
23	3,0	85,0	160,0	80,0								
24	50,0	5,0	10,0	25,0								
25					35,0	160,0	430,0	30,0				
26					35,0	190,0	150,0	50,0				
27					55,0	34,0	135,0	20,0				
28					15,0	18,0	50,0	15,0				
29	2,0	110,0	95,0	60,0								
30	35,0	190,0	110,0	60,0								
31	15,0	65,0	140,0	60,0								
32	5,0	60,0	150,0	18,0								
33					25,0	95,0	120,0	70,0				
34					18,0	170,0	175,0	35,0				
35					20,0	75,0	120,0	17,0				
36					35,0	12,0	3,0	30,0				
37	50,0	120,0	80,0	50,0								
38	75,0	210,0	160,0	80,0								
39	80,0	95,0	140,0	90,0								
40	2,0	18,0	50,0	15,0								
41					30,0	70,0	75,0	25,0				
42					25,0	190,0	200,0	70,0				
43					45,0	140,0	170,0	70,0				
44					15,0	50,0	45,0	40,0				
45	120,0	90,0	50,0	50,0								
46	150,0	195,0	190,0	100,0								
47	120,0	150,0	90,0	50,0								
48	10,0	40,0	30,0	25,0								
49												
50												

Alturas de água em milímetros (mm)												
		Posição dos pluviómetros (m)										
XY	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1					0,93	5,39	4,46	1,49				
2					1,12	0,96	6,70	2,98				
3					1,86	3,35	4,09	1,49				
4					0,37	1,49	1,12	0,93				
5	0,93	2,98	4,09	1,30								
6	0,05	6,70	8,93	1,86								
7	0,06	3,35	5,95	2,23								
8	0,07	0,93	2,16	1,49								
9					0,56	2,05	3,35	1,86				
10					0,74	3,72	7,07	3,53				
11					0,37	2,79	5,02	1,67				
12					0,04	0,96	1,12	3,35				
13	0,74	2,23	3,35	0,93								
14	0,37	4,84	5,39	1,49								
15	0,07	2,98	4,46	1,86								
16	1,12	2,05	0,19	1,30								
17					1,04	2,53	2,98	1,49				
18					1,86	5,77	8,93	1,86				
19					1,30	3,35	5,77	1,67				
20					0,11	2,05	0,74	0,74				
21	1,12	2,98	2,23	1,12								
22	0,37	5,21	4,84	3,53								
23	0,11	3,16	5,95	2,98								
24	1,86	0,19	0,37	0,93								
25					1,30	5,95	16,00	1,12				
26					1,30	7,07	5,95	1,86				
27					2,05	1,26	5,02	0,74				
28					0,56	0,67	1,86	0,56				
29	0,07	4,09	3,53	2,23								
30	1,30	7,07	4,09	2,23								
31	0,56	2,42	5,21	2,23								
32	0,19	2,23	5,95	0,67								
33					0,93	3,53	4,46	2,60				
34					0,67	6,32	6,51	1,30				
35					0,74	2,79	4,46	0,63				
36					1,30	0,45	0,11	1,12				
37	1,86	4,46	2,23	1,86								
38	2,79	7,81	5,95	2,23								
39	2,98	3,53	5,21	3,53								
40	0,07	0,67	1,86	0,56								
41					1,12	2,60	2,79	0,93				
42					0,93	7,07	7,44	2,60				
43					1,67	5,21	6,32	2,60				
44					0,56	1,86	1,67	1,49				
45	4,46	3,35	1,86	1,86								
46	5,95	7,25	7,07	3,72								
47	4,46	5,95	2,98	1,86								
48	0,37	1,49	1,12	0,93								
49												
50												

DU = 16 %
 AR = 864,37 ml/hr
 MEDIA 1/4 = 11,20 ml
 MEDIA = 72,03 ml

DU = 16 %
 AR = 32,16 mm/hr
 MEDIA 1/4 = 0,42 mm
 MEDIA = 2,68 mm

Quadro A.10 – Volume de água recolhido por pluviômetro em (ml), alturas de água (mm), seu posicionamento. Teste realizado na hidrozona (PN). Os pluviômetros foram dispostos em quadrado (4,00 x 4,00m).

Hidrozona: Prado Natural (PN)		Número de colectores: 77		Valor 4º quartil: 240,00		ml		8,93		mm			
Diâmetro interno do coletor: 165		mm		Número no 3/4: 57		Valor 3º quartil: 63,00		ml		2,34		mm	
Tempo do teste: 10		minutos		Número no 1/2: 38		Valor 2º quartil: 50,00		ml		1,86		mm	
f = volume ou 2 = débito: 1		ml		Número no 1/4: 17		Valor 1º quartil: 30,00		ml		1,12		mm	
Área do coletor: 26880,25		mm²		Volume recolhido pelo total dos colectores: 4166,00		ml		154,98		mm			
Aspersor: 5000 plus da Rain Bird (bico 3)				Média dos colectores: 54,10		ml		2,01		mm			
Malha coletor: 4,0 x 4,0 m				Média no 3º quartil: 36,51		ml		1,36		mm			
				Média no 2º quartil: 27,53		ml		1,02		mm			
				Média no menor quartil: 16,41		ml		0,61		mm			
				Desvio Padrão: 39,89		ml		1,48		mm			
				Coeficiente de uniformidade, CU (%):				CU =		51		%	
				Uniformidade da distribuição, UD (%):				UD =		30		%	

Volume em mililitros (ml)												
Posição dos pluviômetros (m)												
XY	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1									10,0	18,0		
2								35,0	55,0			
3				20,0			10,0	35,0	35,0			
4				40,0	20,0	15,0	170,0	50,0	35,0			
5				58,0	20,0	135,0	40,0					
6				55,0	35,0	120,0						
7				40,0	60,0							
8				80,0	70,0							
9			34,0									
10			60,0									
11			40,0									
12			50,0									
13		80,0	75,0									
14		50,0	70,0									
15		35,0	135,0									
16		62,0	80,0									
17		40,0	35,0									
18		160,0	30,0									
19		240,0	65,0									
20		50,0	30,0									
21		50,0	5,0									
22		30,0	48,0									
23		50,0	30,0									
24		45,0	18,0									
25		60,0	80,0									
26		60,0	63,0									
27		50,0	45,0									
28		82,0	50,0									
29		55,0	85,0	25,0								
30		20,0	85,0	8,0								
31		120,0	90,0									
32		20,0	30,0									
33		15,0	50,0									
34		20,0	35,0									
35		10,0	25,0									
36												
37												
38												
39												
40												
41												
42												
43												
44												
45												
46												
47												
48												
49												
50												

Alturas de água em milímetros (mm)												
Posição dos pluviômetros (m)												
XY	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1									0,37	0,67		
2								1,30	2,05			
3								0,37	1,30	1,30		
4				1,49	0,74	0,56	6,32	1,86				
5				2,16	0,74	5,02	1,49					
6				2,05	1,30	4,46						
7				1,49	2,23							
8				2,98	2,60							
9			1,26		1,12							
10			2,23									
11			1,49									
12			1,86									
13			2,98									
14			1,86	2,60								
15			1,30	5,02								
16			2,31	2,98								
17			1,49	1,30								
18			5,35	1,12								
19			8,93	2,42								
20			1,86	1,12								
21			1,86	0,19								
22			1,86	1,79								
23			2,23	1,12								
24			1,67	0,67								
25			2,23	2,98								
26			2,23	2,34								
27			1,86	1,67								
28			3,05	1,86								
29			2,05	3,16	0,93							
30			0,74	3,16	0,30							
31			4,46	3,35								
32			0,74	1,12								
33			0,56	1,86								
34			0,74	1,30								
35			0,37	0,93								
36												
37												
38												
39												
40												
41												
42												
43												
44												
45												
46												
47												
48												
49												
50												

DU =	30	%
AR =	324,62	ml/hr
MEDIA 1/4 =	16,41	ml
MEDIA =	54,10	ml

Valores do menor quartil (ml)

DU =	30	%
TA =	12,08	mm/hr
MEDIA 1/4 =	0,61	mm
MEDIA =	2,01	mm

Valores do menor quartil (mm)

Quadro A.11 – Volume de água recolhido por pluviômetro em (ml), alturas de água (mm), seu posicionamento. Teste realizado na hidrozona (CV/NO). Os pluviômetros foram dispostos em quadrado (4,00 x 4,00m).

Hidrozoa: MDRC (CV/NO)	Numero de colectores: 235	Valor 4º quartil: 335.00	ml	12.46	mm
Diâmetro interno do coletor: 165	Numero no 3/4: 163	Valor 3º quartil: 80.00	ml	2.98	mm
Tempo de teste: 10	Numero no 1/2: 117	Valor 2º quartil: 58.00	ml	2.16	mm
1 = volume ou 2 = débito: 1	Numero no 1/4: 57	Valor 1º quartil: 35.00	ml	1.30	mm
Área do coletor: 26880.25	Volume recolhido pelo total dos colectores		15662.00	ml	582.66
Aspersor: 5000 plus da Rain Bird (bico 3)	Média dos colectores		66.65	ml	2.48
Malha colectores: 4,0 x 4,0 m	Média no 3º quartil		41.45	ml	1.54
	Média no 2º quartil		31.84	ml	1.18
	Média no menor quartil		18.75	ml	0.70
	Desvio Padrão		50.36	ml	1.88
	Coeficiente de uniformidade, CU (%)		CU =	48	%
	Uniformidade da distribuição, UD (%)		UD =	28	%

Volume em millilitros (ml)												
Posição dos pluviômetros (m)												
XY	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1				50.0	200.0	190.0	200.0	220.0	230.0	40.0	20.0	
2				110.0	280.0	170.0	110.0					
3				50.0	180.0	150.0	40.0					
4				70.0	180.0	130.0	48.0					
5	40.0	140.0	85.0	70.0	130.0	130.0	95.0	40.0				
6	40.0	110.0	70.0	40.0	60.0	70.0	5.0					
7	25.0	60.0	60.0	25.0	70.0	335.0	5.0					
8	40.0	100.0	40.0	33.0	60.0	247.0	50.0					
9	25.0	50.0	40.0	27.0	80.0	118.0	2.0					
10	0.0	70.0	50.0	10.0	90.0	105.0	2.0					
11	15.0	60.0	40.0	50.0	80.0	104.0	2.0					
12	5.0	70.0	35.0	15.0	70.0	115.0	5.0					
13	40.0	70.0	40.0	15.0	40.0	100.0	80.0					
14	18.0	50.0	30.0	25.0	45.0	185.0	98.0					
15	15.0	80.0	35.0	4.0	70.0	180.0	70.0	28.0	40.0	70.0		
16	30.0	50.0	30.0	2.0	20.0	70.0	35.0			165.0		
17	18.0	80.0	70.0	0.0	22.0	50.0	50.0			85.0		
18	40.0	80.0	70.0	20.0	28.0	32.0	25.0	20.0	50.0	88.0		
19	20.0	60.0	60.0	40.0	35.0	48.0	50.0	42.0	80.0	40.0		
20	40.0	70.0	50.0	15.0	30.0	45.0	28.0	62.0	35.0	80.0		
21	5.0	60.0	45.0	40.0	35.0	58.0	48.0	70.0	80.0	10.0		
22	130.0	70.0	50.0	20.0	40.0	50.0	30.0	85.0	125.0			
23	30.0	70.0	55.0	30.0	50.0	35.0	28.0	75.0	80.0			
24	15.0	40.0	50.0	40.0	70.0	58.0	60.0	95.0	100.0			
25	25.0	25.0	50.0	20.0	65.0	30.0	78.0	90.0	120.0			
26	30.0	60.0	60.0	50.0	80.0	80.0	125.0	120.0				
27	140.0	3.0	65.0	40.0	80.0	100.0	170.0	75.0				
28	60.0	100.0	60.0	60.0	105.0	120.0	30.0					
29	40.0	90.0	55.0	80.0	68.0	60.0						
30	30.0	90.0	60.0	100.0	55.0							
31	50.0	80.0	80.0	80.0								
32	90.0	160.0	130.0									
33	70.0	150.0										
34	15.0											
35												
36												
37												
38												
39												
40												
41												
42												
43												
44												
45												
46												
47												
48												
49												
50												

Alturas de água em millímetros (mm)												
Posição dos pluviômetros (m)												
XY	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1				1.86	7.44	7.07	7.44	8.18	8.56	1.49	0.74	
2				4.09	10.42	6.32	4.09					
3				1.86	6.70	5.58	1.49					
4				6.70	4.84	1.79						
5	1.49	5.21	3.16	2.60	4.84	3.53	1.49					
6	1.49	4.09	2.60	1.49	2.23	2.60	0.19					
7	0.93	2.23	2.23	0.93	2.60	12.46	0.19					
8	1.49	3.72	1.49	1.23	2.23	9.19	1.86					
9	0.93	1.86	1.49	1.00	2.98	4.39	0.07					
10	0.00	2.60	1.86	0.37	3.35	3.91	0.07					
11	0.56	2.23	1.49	1.86	2.98	3.87	0.07					
12	0.19	2.60	1.30	0.56	2.60	4.28	0.19					
13	1.49	2.60	1.49	0.36	1.49	3.72	2.98					
14	0.67	1.86	1.12	0.33	1.67	6.98	2.53					
15	0.56	2.98	1.30	0.15	2.60	6.25	2.60	1.04	1.49	2.60		
16	1.12	1.86	1.12	0.07	0.74	2.60	1.30			6.14		
17	0.67	2.98	2.60	0.00	0.82	1.86	1.86			3.16		
18	1.49	2.98	2.60	0.74	1.04	1.19	0.93	0.74	1.86	3.27		
19	0.74	2.23	2.23	1.49	1.30	1.79	1.86	1.56	2.98	1.49		
20	1.49	2.60	1.86	0.56	1.12	1.67	0.93	2.31	3.53	2.98		
21	0.19	2.23	1.67	1.49	1.30	2.16	1.79	2.60	2.98	0.37		
22	4.84	2.60	1.86	0.74	1.49	1.86	1.12	3.16	4.65			
23	1.12	2.60	2.05	1.12	1.86	1.30	1.04	2.79	2.98			
24	0.56	1.49	1.86	1.49	2.60	2.16	2.23	3.53	3.72			
25	0.93	0.93	1.86	0.74	2.42	1.12	2.90	3.35	4.46			
26	1.12	2.23	2.23	1.86	2.98	2.98	4.65	4.46				
27	5.21	0.11	2.42	1.49	2.98	3.72	6.32	2.79				
28	2.23	3.72	2.23	2.23	3.91	4.46	1.12					
29	1.49	3.35	2.05	2.98	2.53	2.23						
30	1.12	3.35	2.23	3.72	2.05							
31	1.86	2.98	2.98	2.98								
32	3.35	5.95	4.84									
33	2.60	5.98										
34	0.56											
35												
36												
37												
38												
39												
40												
41												
42												
43												
44												
45												
46												
47												
48												
49												
50												

Quadro A.12 – Volume de água recolhido por pluviómetro em (ml), alturas de água (mm), seu posicionamento. Teste realizado na hidrozona (JPM). Os pluviómetros foram dispostos em quadrado (4,00 x 4,00m).

drozona:	Jardim Praça Mercado (JPM)	Numero de colectores:	83	Valor 4º quartil	215,00	ml	8,00	mm
diâmetro interno do coletor:	185	mm	Numero no 3/4	60	Valor 3º quartil	80,00	ml	2,98
tempo do teste:	10	minutos	Numero no 1/2	40	Valor 2º quartil	48,00	ml	1,79
- volume ou 2 = débito :	1	ml	Numero no 1/4	21	Valor 1º quartil	27,50	ml	1,02
sa do coletor:	26880,25	mm ²	Volume recolhido pelo total dos colectores			4806,00	ml	178,79
persor: R 50			Média dos colectores			57,90	ml	2,15
PGP Hunter			Média no 3º quartil			35,90	ml	1,34
altura colectores: 4,0 x 4,0 m			Média no 2º quartil			23,28	ml	0,87
			Média no menor quartil			11,24	ml	0,42
			Desvio Padrão			44,57	ml	1,66

Coefficiente de uniformidade, CU (%) CU = 40 %
 Uniformidade da distribuição, UD (%) UD = 19 %

Volume em mililitros (ml)		Posição dos pluviómetros (m)											
XY		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1			18,0	190,0	138,0		18,0	30,0	38,0	10,0			
2			145,0	170,0	135,0		7,0	41,0	12,0	30,0			
3			70,0	131,0	36,0		17,0	102,0	48,0	25,0			
4		40,0	80,0	120,0	35,0		20,0	53,0	65,0	37,0			
5		20,0	73,0	98,0	57,0		12,0	30,0	60,0	80,0			
6		30,0	80,0	80,0	120,0		0,0	40,0	60,0	15,0			
7		15,0	70,0	90,0	2,0		3,0	50,0	40,0	8,0			
8		2,0	50,0	106,0	1,0		40,0	90,0	70,0	45,0			
9		80,0	72,0	100,0	60,0		16,0	58,0	68,0	60,0			
10		215,0	107,0	100,0	60,0				95,0	35,0			
11		30,0	40,0	70,0	48,0				38,0	15,0			
12									0,0	40,0			
13													
14													
15													
16													
17													
18													
19													
20													
21													
22													
23													
24													
25													
26													
27													
28													
29													
30													
31													
32													
33													
34													
35													
36													
37													
38													
39													
40													
41													
42													
43													
44													
45													
46													
47													
48													
49													
50													

DU = 19 %
 AR = 347,42 ml/hr
 MEDIA 1/4 = 11,24 ml
 MEDIA = 57,90 ml

Valores do menor quartil (ml)

Alturas de água em milímetros (mm)		Posição dos pluviómetros (m)											
XY		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1			0,67	7,07	5,13		0,67	1,12	1,41	0,37			
2			5,39	6,32	5,02		0,26	1,53	0,45	1,12			
3			2,60	4,87	1,34		0,83	3,79	1,79	0,93			
4		1,49	2,98	4,46	1,30		0,74	1,57	2,46	1,38			
5		0,74	2,72	3,65	2,12		0,45	1,12	2,23	2,98			
6		1,12	2,98	2,98	4,46		0,00	1,49	2,23	0,56			
7		0,56	2,60	3,35	0,07		0,11	1,86	1,49	0,30			
8		0,07	1,86	3,94	0,04		1,49	3,35	2,60	1,67			
9		2,98	2,68	3,72	2,23		0,60	2,16	2,53	2,23			
10		8,00	3,98	3,72	2,23				3,53	1,30			
11		1,12	1,49	2,60	1,79				1,41	0,56			
12									0,00	1,49			
13													
14													
15													
16													
17													
18													
19													
20													
21													
22													
23													
24													
25													
26													
27													
28													
29													
30													
31													
32													
33													
34													
35													
36													
37													
38													
39													
40													
41													
42													
43													
44													
45													
46													
47													
48													
49													
50													

DU = 19 %
 TAXA APLICAÇÃO = 12,92 mm/hr
 MEDIA 1/4 = 0,42 mm
 MEDIA = 2,15 mm

Valores do menor quartil (mm)

Quadro A.13 – Volume de água recolhido por pluviômetro em (ml), alturas de água (mm), seu posicionamento. Teste realizado na hidrozona (PJG). Os pluviômetros foram dispostos em quadrado (4,00 x 4,00m).

idrozona: Parque José Gama (PJG)	Numero de colectores: 131	Valor 4º quartil: 145,00	ml	5,39	mm
diâmetro interno do coletor: 185	Numero no 3/4: 53	Valor 3º quartil: 50,00	ml	1,86	mm
tempo do teste: 10	Numero no 1/2: 63	Valor 2º quartil: 30,00	ml	1,12	mm
= volume ou 2 = debito: 1	Numero no 1/4: 32	Valor 1º quartil: 17,00	ml	0,63	mm
rea do coletor: 26880,25	Volume recolhido pelo total dos colectores		4636,00	ml	172,47
marca do coletor: Falcon Rain Bird	Média dos colectores		35,39	ml	1,32
altura colectores: 4,0 x 4,0 m	Média no 3º quartil		21,22	ml	0,79
	Média no 2º quartil		14,16	ml	0,53
	Média no menor quartil		7,34	ml	0,27
	Desvio Padrão		27,47	ml	1,02
	Coeficiente de uniformidade, CU (%)			CU =	40 %
	Uniformidade da distribuição, UD (%)			UD =	21 %

Volume em mililitros (ml)												
Posição dos pluviômetros (m)												
XY	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	10,0											
2	18,0	20,0	38,0									
3	19,0	20,0	33,0									
4	8,0	30,0	40,0									
5	16,0	30,0	68,0									
6	19,0	80,0	3,0									
7	0,0	55,0	29,0	30,0	90,0							
8	0,0	18,0	80,0	53,0	17,0							
9	0,0	18,0	65,0	50,0	23,0							
10	0,0	45,0	58,0	50,0	30,0	2,0						
11	38,0	20,0	105,0	58,0	24,0	24,0						
12	10,0	17,0	70,0	70,0	20,0	35,0						
13	34,0	95,0	48,0	25,0	58,0	8,0						
14	8,0	20,0	30,0	38,0	15,0	12,0	55,0					
15	6,0	78,0	20,0	40,0	10,0	18,0	7,0	50,0				
16	6,0	50,0	50,0	55,0	35,0	5,0	8,0	35,0				
17	18,0	30,0	20,0	49,0	15,0	28,0	8,0	55,0				
18	16,0	15,0	40,0	55,0	4,0	5,0	18,0	23,0				
19	0,0	145,0	20,0	0,0	38,0	90,0	52,0	40,0				
20	30,0	75,0	50,0	2,0	75,0	34,0	22,0	30,0	60,0			
21	65,0	60,0	110,0	30,0	55,0	20,0	35,0	21,0	11,0	40,0		
22	95,0	55,0	123,0	35,0	40,0	25,0	15,0	25,0	10,0	28,0		
23												
24												
25												
26												
27												
28												
29												
30												
31												
32												
33												
34												
35												
36												
37												
38												
39												
40												
41												
42												
43												
44												
45												
46												
47												
48												
49												
50												

Alturas de água em milímetros (mm)												
Posição dos pluviômetros (m)												
XY	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	0,37											
2	0,67	0,74	1,45									
3	0,71	0,74	1,23									
4	0,30	1,12	1,49									
5	0,60	1,12	2,53									
6	0,71	2,98	0,11									
7	0,00	2,05	1,08	1,12	3,35							
8	0,00	0,67	2,98	1,97	0,63							
9	0,00	0,67	2,42	1,86	0,86							
10	0,00	1,67	2,16	1,86	1,12	0,07						
11	1,41	0,74	3,91	2,16	0,89	0,89						
12	0,37	0,63	2,60	2,60	0,74	1,30						
13	1,26	3,33	1,79	0,93	2,16	0,30						
14	0,30	0,74	1,12	1,41	0,56	0,45	2,05					
15	0,22	2,90	0,74	1,49	0,37	0,67	0,26	1,86				
16	0,22	1,86	1,86	2,05	1,30	0,19	0,30	1,30				
17	0,67	1,12	0,74	1,82	0,56	1,04	0,30	2,05				
18	0,60	0,56	1,49	2,05	0,15	0,19	0,67	0,86				
19	0,00	5,39	0,74	0,00	1,41	3,35	1,83	1,49				
20	1,12	2,79	1,86	0,07	2,79	1,26	0,82	1,12	2,23			
21	2,42	2,23	4,09	1,12	2,05	0,74	1,30	0,78	0,41	1,49		
22	3,33	2,05	4,58	1,30	1,49	0,93	0,56	0,93	0,37	1,04		
23												
24												
25												
26												
27												
28												
29												
30												
31												
32												
33												
34												
35												
36												
37												
38												
39												
40												
41												
42												
43												
44												
45												
46												
47												
48												
49												
50												

Quadro A.14 – Volume de água recolhido por pluviómetro em (ml), alturas de água (mm), seu posicionamento. Teste realizado na hidrozona (PM). Os pluviómetros foram dispostos em quadrado (4,00 x 4,00m).

hidrozona:	Fisicina Municipal (PM)	Numero de colectores:	150	Valor 4º quartil	149,00	ml	5,54	mm
Diâmetro interno do colector:	185	mm	Numero no 3/4	109	Valor 3º quartil	38,00	ml	1,41
Tempo do teste:	10	minutos	Numero no 1/2	72	Valor 2º quartil	25,00	ml	0,93
l = volume ou 2 = debito:	1	ml	Numero no 1/4	37	Valor 1º quartil	10,00	ml	0,37
Área do colector:	26880,25	mm ²	Volume recolhido pelo total dos colectores			4134,00	ml	153,79
Isoperson:	6900 Nelson (bico azul)		Média dos colectores			27,56	ml	1,03
	PGA Hunter (bico 6)		Média no 3º quartil			16,88	ml	0,63
	PGJ (bico vermelho)		Média no 2º quartil			10,38	ml	0,39
			Média no menor quartil			4,35	ml	0,16
			Desvio Padrão			23,30	ml	0,87
			Coefficiente de uniformidade, CU (%)				CU =	38 %
			Uniformidade da distribuição, UD (%)				UD =	16 %

		Volume em mililitros (ml)															
		Posição dos pluviómetros (m)															
XY		0	4	8	12	16	20	24	28	32	36	40	44	48	52	56	60
84										30,0							
80							20,0	34,0	5,0	30,0		25,0					
76				0,0	40,0	20,0	8,0	30,0	2,8	62,0		12,0					
72				40,0	20,0	20,0	50,0	20,0	18,0	50,0		48,0					
68				35,0	35,0	29,0	38,0	40,0	8,0	10,0	76,0	40,0					
64									0,0	13,0	22,0	40,0					
60									1,0	73,0	26,0	20,0	30,0				
56									0,0	4,0	40,0	28,0	32,0				
52									32,0	5,8	30,0	0,0	60,0				
48									5,0	55,0	18,0	5,0	16,0	10,0			
44									18,0	40,0	38,0	22,0	70,0	29,0			
40									19,0	8,0	58,0	17,0	18,0	40,0			
36									4,0	12,0	67,0	6,0	63,0	4,0			
32									18,0	43,0	25,0	8,0	30,0	30,0			
28									8,0	8,8	149,0	40,0	33,0	5,8			
24									30,0	38,0	27,0	8,0	3,0	38,0	23,0		
20									15,0	110,0	29,0	4,0	9,0	40,0	22,0		
16									5,0	25,0	30,0	5,0	40,0	30,0	18,0		
12									1,0	30,0	60,0	10,0	10,0	5,0	20,0	90,0	
8									0,0	10,0	30,0	10,0	90,0	100,0	20,0	15,0	
4									30,0	30,0	25,0	55,0	30,0	55,0	29,0		
0									2,0	18,0	30,0	22,0	30,0	25,0	3,0		

DU = 16 %
 AR = 165,36 ml/hr
 MEDIA 1/4 = 4,35 ml
 MEDIA = 27,56 ml

Valores do menor quartil (ml)

		Alturas de água em milímetros (mm)															
		Posição pluviómetros (m)															
XY		0	4	8	12	16	20	24	28	32	36	40	44	48	52	56	60
84										1,12	1,41						
80										0,74	1,25	0,19	1,12	0,93			
76										0,00	1,49	0,74	0,30	1,12	0,67	2,31	0,45
72										1,49	0,74	0,74	1,86	0,74	0,57	1,86	1,79
68										1,30	1,30	1,08	1,41	1,49	0,30	0,37	2,83
64										0,00	0,48	0,82	1,49				
60										0,04	2,72	0,97	0,74	1,12			
56										0,00	0,15	1,49	1,04	1,19			
52										1,19	0,19	1,12	0,00	2,23			
48										0,19	2,05	0,67	0,19	0,60	0,37		
44										0,67	1,49	1,41	0,82	2,60	1,08		
40										0,71	0,30	2,16	0,63	0,67	1,49		
36										0,15	0,45	2,49	0,22	2,34	0,15		
32										0,57	1,50	0,93	0,30	1,12	1,12		
28										0,30	0,22	5,54	1,49	1,23	0,19		
24										1,12	1,41	1,00	0,30	0,11	1,41	0,86	
20										0,56	4,09	1,08	0,15	0,33	1,49	0,82	
16										0,19	0,93	1,12	0,19	1,49	1,12	0,67	0,19
12										0,04	1,12	2,23	0,37	0,37	0,19	0,74	3,35
8										0,00	0,37	1,12	0,37	3,25	3,72	0,74	0,56
4										0,04	1,30			0,93	1,49	1,49	1,49
0										0,07	0,67	1,12	0,82	1,12	0,93	0,19	

DU = 16 %
 AR = 6,15 mm/hr
 MEDIA 1/4 = 0,16 mm
 MEDIA = 1,03 mm

Valores do menor quartil (mm)