

POTENCIAL HÍDRICO FOLIAR EM MILHO SUBMETIDO AO DÉFICIT HÍDRICO

Juliano Dalcin Martins; Reimar Carlesso; Alberto Eduardo Knies; Zanandra Boff de Oliveira; Tiago Broetto; Geraldo José Rodrigues

*Departamento de Engenharia Rural, Universidade Federal de Santa Maria, RS
julianodalcinmartins@gmail.com*

1 RESUMO

O potencial hídrico foliar pode ser considerado como um parâmetro de indicação da condição hídrica das culturas. Este trabalho teve como objetivo estudar o potencial hídrico foliar das plantas de milho sobre déficit hídrico no estágio inicial de desenvolvimento reprodutivo. O experimento foi conduzido no interior de uma cobertura móvel "Rainout shelter", utilizando o delineamento experimental inteiramente casualizado, com dois tratamentos e quinze repetições. Os tratamentos foram constituídos de dois manejos da água de irrigação: (i) irrigado (as plantas de milho receberam irrigação conforme suas necessidades durante todo o ciclo de desenvolvimento); (ii) déficit hídrico aplicado antes do pendoamento. O déficit hídrico teve uma duração de aproximadamente 50 mm de ETo acumulada. A cobertura móvel foi acionada quando da ocorrência de chuvas, impedindo que esta ocorresse sobre a área experimental. Determinou-se o conteúdo de água disponível nas camadas de 0-10, 10-25, 25-55 e 55-85 cm de profundidade e variação diária do potencial hídrico das folhas de milho. Não foram observadas diferenças entre os tratamentos para o potencial de água na folha. O potencial hídrico foliar em plantas de milho não apresenta variação para déficit hídrico de 50 mm de evapotranspiração de referência acumulada.

UNITERMOS: déficit hídrico, potencial hídrico foliar, milho, irrigação.

MARTINS, J. D.; CARLESSO, R.; KNIES, A. E.; OLIVEIRA, Z. B.; BROETTO, T.; RODRIGUES, G. J. LEAF WATER POTENTIAL IN MAIZE EXPOSED TO WATER DEFICIT

2 ABSTRACT

The leaf water potential can be considered as a parameter for indicating the crops water condition. This work aimed to study the maize leaf water potential on water deficit in the reproductive development initial stage. The experiment was conducted within a mobile coverage "rainout shelter" using a completely randomized design with two treatments and fifteen repetitions. The treatments consisted of two water irrigation management: (i) irrigated (maize was irrigated as needed throughout the development cycle), (ii) water stress applied before tasseling. The drought lasted approximately 50 mm of accumulated reference evapotranspiration (ETo). The mobile coverage was triggered when rainfall occurred, preventing water from falling into the experimental area. Available water was determined in layers of 0-10, 10-25, 25-55 and 55-85 cm depth and daily variation of water potential in maize leaves were also evaluated. There were no differences between treatments for leaf water potential. The maize leaf water potential presented no change to water deficit equivalent

to 50 mm of accumulated ETo.

KEYWORDS: water deficit, leaf water potential, maize, irrigation.

3 INTRODUÇÃO

O déficit hídrico é o estresse ambiental que mais interfere no desenvolvimento das culturas agrícolas. Sendo a disponibilidade de água às plantas o fator que mais influencia no rendimento de grãos da cultura do milho, por ocasionar perturbações fisiológicas e morfológicas que prejudicam o desenvolvimento e o rendimento desta cultura.

O rendimento das culturas pode ser afetado mesmo em anos climaticamente favoráveis, se o déficit hídrico ocorrer no período crítico de desenvolvimento da cultura. Durante o período vegetativo, o déficit hídrico reduz o crescimento do milho, em função de decréscimos da área foliar e da biomassa (Bergamaschi et al., 2007). Porém, nesse período não estão sendo formados os componentes do rendimento. Assim, os efeitos sobre a produção de grãos são atenuados se as condições hídricas se tornarem favoráveis durante a fase vegetativa (Kron et al., 2008), o que poderá garantir níveis satisfatórios de produção de grãos.

O milho é relativamente tolerante ao déficit hídrico durante a fase vegetativa, porém demonstra extrema sensibilidade, com decréscimo no rendimento de grãos, se esse déficit ocorrer na fase reprodutiva (Santos & Carlesso, 1998). Isso acontece devido aos processos fisiológicos ligados à formação do zigoto e início do enchimento de grãos (Zinselmeier et al., 1995), além da elevada transpiração, decorrente da máxima área foliar (Radin et al., 2003; Nied et al., 2005) e da elevada carga energética proveniente da radiação solar. Reduções no rendimento são observadas se o déficit hídrico ocorrer entre a antese e o início de enchimento de grãos (Bergonci et al., 2001; Bergamaschi et al., 2004), pois a recuperação da capacidade produtiva da cultura não poderá ocorrer de forma satisfatória, uma vez que os eventos reprodutivos são muito mais rápidos do que os verificados durante o crescimento vegetativo.

O potencial hídrico foliar (Ψ) tem sido usado, principalmente, para o entendimento dos mecanismos envolvidos e os processos afetados no controle do déficit hídrico pela própria planta. Quando o conteúdo de água no solo decresce, o potencial da água no solo e na folha também decresce e, como consequência, o déficit hídrico se desenvolve nas folhas e as células guardas perdem turgor, causando fechamento estomático (Bianchi, 2004). Guimarães et al. (2006) relatam que, pequenas diferenças no potencial de água na folha podem ser verificadas quando as plantas já passaram por déficits hídricos e acionaram mecanismos de tolerância. Mesmo havendo variações ao longo do dia (déficit de curto prazo) em plantas irrigadas, o potencial da água na folha tem sido utilizado em estudos das relações hídricas dos vegetais, representando um bom indicador do estado hídrico da planta podendo ser utilizado como critério para irrigação em sistemas de monitoramento (Yatapanage & So, 2001).

Quanto à variação diária no potencial de água na folha, existem plantas classificadas como anisohídricas, que têm ampla variação diária segundo a variação da condutância estomática e plantas com menor amplitude diária no potencial de água na folha, independente da condutância estomática, classificadas como isohídricas (Vieira Junior et al., 2007). O milho é classificado como uma planta anisohídrica, pois promove ajustamento osmótico celular na parte aérea a partir de sinais provenientes principalmente, do sistema radicular (Tardieu & Simonneau, 1998).

Diversos autores procuraram estabelecer relações entre o potencial da água na folha e determinados parâmetros da planta. Entre eles Kramer & Boyer (1995) relatam que para o

crescimento da planta é necessário um potencial de pressão mínimo. De acordo com Azevedo et al. (1971), o crescimento das plantas de milho diminui com potenciais da água na folha menores do que $-0,28$ MPa, cessando o crescimento a $-0,7$ MPa. Entretanto, Bono et al. (2001) classificaram em três intervalos representativos das condições hídricas nos seguintes níveis: $\Psi < -1,5$ MPa como alto déficit, Ψ entre $-1,5$ e $-0,8$ MPa como médio déficit e $\Psi > -0,8$ MPa como sem condição de déficit hídrico.

Da mesma forma, Boyer (1970) verificou que potenciais da água na planta de milho menores do que $-0,4$ MPa afetam significativamente a expansão foliar, embora a fotossíntese máxima ocorreu com potenciais foliares entre $-0,6$ a $-0,8$ MPa. Bergonci (1997) observou que acima de um potencial mínimo da água na folha de $-1,5$ MPa as plantas de milho recuperavam sua condição hídrica após o fechamento estomático, sendo esse valor possível de ser utilizado como critério indicador de déficit hídrico.

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi avaliar o potencial de água na folha em plantas de milho sob déficit hídrico moderado durante o início da fase reprodutiva da cultura do milho.

4 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no interior de uma cobertura móvel “Rainout Shelter”, no ano agrícola 2009/2010, na estação experimental de irrigação do Departamento de Engenharia Rural da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), localizada na latitude de $29^{\circ} 43' 40''$ S, longitude de $53^{\circ} 43' 11''$ W e altitude de 100 m. O clima da região, conforme Moreno (1961), é do tipo “Cfa”, de acordo com a classificação climática de Köppen (subtropical úmido, sem estação seca definida e com verões quentes). Nessa classe, a temperatura média do mês mais quente do ano é superior a 22° C e as temperaturas mínimas do mês mais frio oscilam entre -3 e 18° C. A chuva média anual da região varia de 1.322 a 1.769 mm. O solo do local é classificado como ARGISSOLO VERMELHO Distrófico arênico (Embrapa, 1999), um solo profundo com presença de um gradiente textural no perfil, onde o horizonte B é mais argiloso que o horizonte A (Streck et al., 2008).

A cobertura móvel foi composta por duas estruturas metálicas de 16 metros de comprimento e 10 metros de largura, com pé-direito de 4 metros e com área total de 740 m². Sendo que a área útil do experimento estava localizada na parte central da área total, com dimensões de 32 m X 10 m. A movimentação das estruturas era realizada sob trilhos metálicos, com movimentação mecânica, acionada manualmente a partir de um painel elétrico de controle. A cobertura móvel somente foi acionada momentos antes da ocorrência de chuvas na área experimental, possibilitando assim, a aplicação de déficits controlados.

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, com dois tratamentos e quinze repetições. Os tratamentos foram constituídos de dois manejos da água de irrigação: (i) irrigado (as plantas de milho receberam irrigação conforme suas necessidades durante todo o ciclo de desenvolvimento); (ii) déficit hídrico aplicado antes do pendoamento. As parcelas que receberam déficit hídrico antes do pendoamento, tiveram o mesmo manejo de irrigação que as parcelas irrigadas até o momento de aplicação do déficit. O déficit hídrico teve uma duração de aproximadamente 50 mm de ETo acumulada. As unidades experimentais apresentam dimensões de 3 m x 2,9 m, num total de 30 parcelas.

A semeadura do milho foi realizada com semeadora manual no dia 07 de dezembro, utilizando o híbrido de milho Pioneer 32R22 H. O espaçamento entre linhas foi de 0,50 m com população média final de 65.000 plantas ha⁻¹. A avaliação do experimento compreendeu

o período de desenvolvimento próximo ao pendoamento, que foi dos 40 aos 50 dias após a emergência (DAE), sendo que o pendoamento da cultura ocorreu aos 45 DAE.

A fertilização do solo foi realizada com base na análise química do solo, seguindo as recomendações para a cultura do milho, conforme a Comissão de Química e Fertilidade do Solo RS/SC (2004). A irrigação foi realizada utilizando-se sistema de tubos gotejadores autorreguláveis de 16 mm de diâmetro, espaçados em 0,50 m. A pressão de serviço nos tubos gotejadores foi de 10 mca, resultando em uma intensidade de irrigação de 10 mm h⁻¹. O sistema de irrigação foi montado individualmente para cada unidade experimental, possibilitado assim, a aleatoriedade dos tratamentos.

Com a finalidade de determinar o conteúdo de água no solo foram instalados em cada unidade experimental quatro sensores FDR, (Reflectometria no Domínio de Frequência) colocados na entrelinha de cultivo da cultura do milho. A determinação e o monitoramento da umidade do solo foram realizados em quatro camadas: 0-10 cm, 10-25 cm, 25-55 cm e 55 a 85 cm de profundidade, de acordo com a distribuição dos horizontes no perfil do solo. Os sensores (CS616) foram ligados a um multiplexador (AM16/32), conectados a um datalogger (CR1000), todos da Campbell Science. O datalogger foi programado para realizar leituras do conteúdo de água do solo em intervalos de 5 minutos e a média das leituras, armazenadas a cada 15 minutos. Nestas camadas do perfil do solo realizou-se a caracterização físico-hídrica do solo, para determinação do limite superior e inferior de disponibilidade de água às plantas e capacidade de água disponível.

Para avaliar as condições meteorológicas durante a condução do experimento utilizou-se duas estações meteorológicas automáticas. Uma estação foi instalada dentro da área experimental e outra pertencente ao INMET (Instituto Nacional de Meteorologia), instalada aproximadamente a 200 m do experimento. A evapotranspiração de referência (ET₀) foi estimada pelo método de Penman-Monteith, conforme metodologia proposta pela FAO-56 (Allen et al., 2005), a partir dos dados de temperatura do ar (°C), umidade relativa do ar (%), velocidade do vento a 2 m de altura (m s⁻¹) e radiação solar (W m⁻² dia⁻¹), obtidos da estação meteorológica automática do INMET. A irrigação foi determinada com base na ET₀ e os coeficientes de cultura recomendados por Allen et al. (1998). Irrigações foram aplicadas quando a evapotranspiração máxima indicava valores acumulados de 25 mm.

O potencial hídrico de água na folha das plantas de milho foi medido utilizando o equipamento WP4. As amostras foram retiradas do terço superior das plantas de milho, em folhas totalmente expandidas e expostas à radiação solar, sem danos mecânicos e injúrias. No momento da coleta foi aplicada uma gota de água destilada na superfície da folha e com um pedaço de lixa '600', passou-se suave e uniformemente em toda a região da superfície da folha a ser coletada (dez passadas curtas são normalmente suficientes, dependendo da espessura da cutícula). Depois da abrasão, a superfície da folha foi seca com papel toalha para remover o excesso de água e, posteriormente, com auxílio de um extrator retirou-se uma amostra circular de 40 mm de diâmetro.

Em seguida as amostras foram hermeticamente embaladas em recipiente plástico e acondicionadas em caixa térmica com gelo e mantida a uma temperatura de ± 11°C. O material foi conduzido ao laboratório e mantido em um refrigerador a uma temperatura de ± 7°C até o momento de realizar as leituras do potencial de água na folha no equipamento WP4.

As avaliações do potencial de água da folha foram realizadas aos 41, 45, 46 e 48 DAE. Em cada dia foi coletada uma amostra (cilindro foliar de 40 mm de diâmetro) por parcela experimental. As amostras foram coletadas num intervalo de duas em duas horas (das 8:00 às 20:00 h). Os resultados foram analisados estatisticamente através do programa estatístico

SISVAR (FERREIRA, 2000), sendo a análise de variância e o teste Tukey determinados em nível de 5% de probabilidade.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores de temperatura do ar (média, máxima e mínima), umidade relativa do ar (média e máxima), radiação solar e velocidade do vento estão apresentados na (Tabela 1). As temperaturas médias do ar apresentaram variação de 21,98 a 27,71°C, com média para o período de 24,45°C, similar a normal climatológica para o mês de janeiro de 24,7°C. Os dias onde ocorreram as maiores temperaturas máximas, coincidem com os dias de mínima umidade relativa do ar. A radiação solar apresentou pouca variação, visto que, nos dias de menor radiação solar ocorreu maior nebulosidade reduzindo a radiação solar incidente.

Comparando as condições meteorológicas no experimento (interior da cobertura) com a parte externa, durante o desenvolvimento da cultura, observou-se valores de temperatura do ar e umidade relativa do ar no interior da cobertura maiores em comparação com a parte externa. Pois, com o fechamento da cobertura móvel, momentos antes da ocorrência de chuvas e em noites com previsão de ocorrência de chuvas. O fechamento durante a noite impede a saída da radiação de onda longa para a atmosfera, além disso, não existia a ação do vento para retirar o ar saturado, conseqüentemente, houve o aquecimento do ar no interior da cobertura e o aumento da umidade relativa do ar. Portanto, as temperaturas e umidade relativas do ar noturnas foram maiores, aumentando a média da temperatura do dia. Entretanto, durante o período de avaliação deste experimento (40-50 DAE) não ocorreram precipitações e esta variável não interferiu na avaliação dos resultados.

Tabela 1. Condições meteorológicas durante o período de avaliação experimental.

DAE	TAr	TMin (°C)	TMáx	UR	URMin (%)	RG (W/m ²)	V/V (m/s)
40	23,73	20,7	27,7	73,29	46	555,49	2,10
41	21,98	15,5	27,8	74,08	51	598,85	1,54
42	23,26	18,5	28,0	76,63	60	604,57	1,96
43	23,18	18,7	27,9	80,17	67	524,49	2,38
44	25,14	20,9	30,5	80,13	63	615,96	2,02
45	25,42	22,0	29,6	80,17	63	455,95	1,71
46	25,80	21,4	30,5	75,63	56	610,98	2,01
47	24,58	21,0	30,5	81,29	58	562,13	1,60
48	23,44	20,7	29,0	86,63	69	348,57	1,42
49	24,75	19,6	31,6	80,54	50	599,33	1,03
50	27,71	21,4	34,3	71,63	41	569,98	1,29

DAE=dias após emergência; TAr= temperatura média do ar; Tmim= temperatura mínima do ar; Tmax=temperatura máxima do ar; UR= umidade relativa do ar; UR mim= UR mínima do ar; Rg= radiação solar e V/V= velocidade do vento.

Os valores de ET_0 , ET_0 acumulada, coeficiente de cultura, estágio fenológico e de evapotranspiração máxima da cultura estão apresentados na Tabela 2. Os valores de ET_0 apresentaram extremos de 3,61 e 6,03 mm dia⁻¹, com valores médios diários de 5,16 mm, sendo superior a normal climatológica para o mês de janeiro de 3,99 mm dia⁻¹ (Heldwein et

al., 2009). Durante o período avaliado a ET_0 acumulada apresentou valores de 56,79 mm e uma ET_m acumulada de 66,15 mm.

Tabela 2. Estádio vegetativo do milho, irrigações realizadas, coeficiente de cultura e evapotranspiração de referência e máxima com valores diários e acumulados, durante o período de avaliação experimental.

DAE	Estádio	Irrigação	KC	ETo	ETo ac.	ETm	ETm ac.
40	v16		1,06	5,58	5,58	5,91	5,91
41	v16		1,07	5,34	10,92	5,71	11,63
42	v17		1,09	5,48	16,4	5,97	17,60
43	v17		1,10	4,59	20,99	5,05	22,65
44	v18	10	1,12	5,22	26,21	5,85	28,50
45	vt		1,19	4,41	30,62	5,25	33,75
46	vt	10	1,21	5,99	36,61	7,25	40,99
47	vt		1,22	5,18	41,79	6,32	47,31
48	vt	10	1,24	3,61	45,4	4,48	51,79
49	vt		1,25	5,36	50,76	6,70	58,49
50	vt	10	1,27	6,03	56,79	7,66	66,15

DAE= dias após emergência; KC= coeficiente de cultura; ETo= evapotranspiração de referência; ETo ac= ETo acumulada; ETm= evapotranspiração máxima da cultura; ETm ac= ETm acumulada; v16= v sendo fase vegetativa e 16 o número de folhas expandidas.

A variação do conteúdo de água do solo durante o período de avaliação experimental estão apresentados na (Tabela 3). Ocorreu redução do conteúdo de água disponível entre o início (40 DAE) e o final do período de avaliação (50 DAE), de 61,8 mm para o tratamento com déficit de irrigação e de 32,0 mm para o tratamento irrigado, considerando a camada de solo de 0-85 cm de profundidade. Comparando a variação do conteúdo de água disponível entre os dois tratamentos, observa-se no final do período de avaliação uma diferença de 29,8 mm. Diferença esta próxima da quantidade de água aplicada ao tratamento irrigado que foi de 30 mm, pois a irrigação realizada aos 50 DAE não teve a quantidade de água irrigada, incorporado ao valor de umidade do solo; como as irrigações foram realizadas ao final da tarde e o conteúdo de água no solo do dia foi calculado a partir da média de 95 registros diários, esta irrigação não teve sua contribuição na elevação do conteúdo de água no solo aos 50 DAE, pois seu valor foi diluído pelo cálculo da média diária de conteúdo de água.

Tabela 3. Capacidade de água disponível para as camadas de solo e tratamentos. Santa Maria, RS, 2010.

Camadas do solo (cm)

DAE	0-10		10-25		25-55		55-85		0-85	
	Irri.	D.H								
40	22,7	21,6	42,6	41,9	73,9	74,1	76,2	76,2	215,5	213,9
41	21,4	20,7	40,0	39,3	71,0	70,8	75,9	75,2	208,4	206,2
42	20,3	19,8	38,1	37,4	67,5	67,5	75,3	74,6	201,4	199,5
43	19,1	18,7	36,7	35,9	64,1	64,1	74,4	74,1	194,4	193,0
44	18,1	17,7	35,3	34,5	61,2	61,2	74,0	73,5	188,6	187,0
45	18,9	16,8	35,2	33,2	60,0	58,8	73,4	74,0	187,6	182,9
46	20,1	15,6	35,9	31,6	60,1	56,6	72,2	72,8	188,5	176,7
47	17,5	14,1	33,6	29,6	57,2	54,2	70,6	71,2	179,1	169,3
48	20,7	13,1	36,1	28,2	59,8	52,2	70,2	69,9	186,9	163,5
49	21,0	12,5	36,6	26,9	61,1	50,4	70,6	68,7	189,4	158,6
50	20,1	11,1	35,3	24,3	58,2	48,5	69,8	68,1	183,5	152,1

DAE= Dias após emergência; Irri= tratamento irrigado e D.H= déficit hídrico (sem irrigação).

Comparando os valores de evapotranspiração máxima acumulada durante o período de avaliação (66,15mm) com a variação do conteúdo de água disponível para o tratamento não irrigado (61,8mm), considerando a camada de solo de 0-85 cm de profundidade, tem-se valores muito semelhantes, podendo-se afirmar que a variação do conteúdo de água no solo foi identificada com relativa precisão pelos equipamentos de medição de umidade no solo. Estas diferenças entre a variação do conteúdo de água disponível e a ETm acumulada também podem ser atribuídas aos valores de Kc utilizados para determinação dos valores de ETm não estarem bem ajustados para cada estágio fenológico.

A variação do conteúdo de água disponível que ocorreu durante o período de avaliação, comparando o tratamento irrigado com o que foi aplicado déficit para um perfil de 85 cm de profundidade, foi de 29,8 mm. Comparando as diferenças em cada camada observase valores de 10,0, 11,0, 9,7 e 1,7 mm para as camadas de 0-10, 10-25, 25-55 e 55-85 cm de profundidade, respectivamente. Na camada de 55-85 cm ocorreu pouca variação na disponibilidade de água entre os tratamentos, devido a aplicação de um estresse hídrico de pouca intensidade, não interferindo na variação do conteúdo de água em camadas mais profundas.

Na (Figura 1) está apresentado a variação do potencial de água na folha aos 41, 45, 46 e 48 DAE para as determinações realizadas ao longo do dia, entre as 8:00 e 20:00 horas, em intervalos de duas horas. Na (Tabela 4) estão representados os valores absolutos para cada horário. A análise de variância indica que não ocorreram diferenças significativas a nível de significância de 5% para os valores de potencial de água na folha.

Observa-se que o horário de ocorrência do menor potencial hídrico foliar nos dias avaliados foi entre as 14:00 e 15:00 horas, intervalo onde a temperatura do ar foi mais elevada durante o dia. Resultados semelhantes foram encontrados por Viera Junior et al. (2007) quando encontraram menores valores de potencial hídrico para a cultura do milho por volta das 15 horas sendo a temperatura do ar mais elevada nesse mesmo horário.

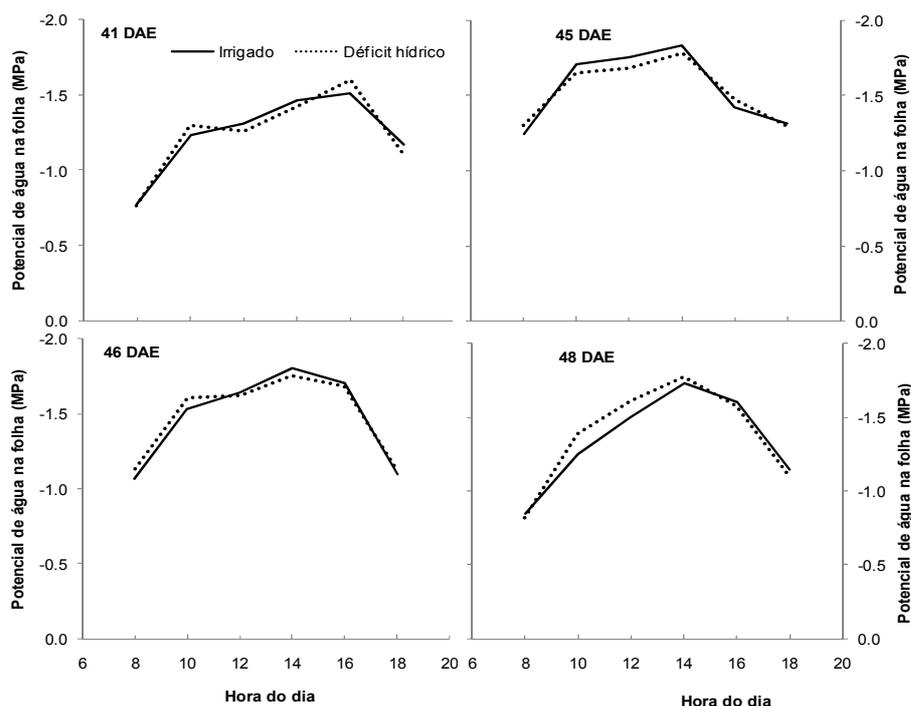


Figura 1. Potencial hídrico foliar de plantas de milho, em diferentes horários nos dias 21/01, 25/01, 26/01 e 28/01/2010 (41, 45, 46 e 48 DAE). Santa Maria, RS, 2010.

Analisando as curvas diárias de variação do potencial de água na folha observa-se certa simetria entre os tratamentos, isto pode ser atribuído a pouca diferença no conteúdo de água disponível entre os tratamentos não provocando restrições hídricas à cultura do milho. Observando as diferenças de conteúdo de água disponível entre os tratamentos nos dias que foram realizadas as avaliações do potencial de água na folha foi de 2,2, 4,7, 11,8 e 23,4 mm aos 41, 45, 46 e 48 DAE, respectivamente. Do mesmo modo Bergonci et al. (2000a) encontraram simetria em curvas diárias de potencial de água em plantas com adequada disponibilidade hídrica, não ocorrendo nas submetidas ao déficit hídrico, em face da dificuldade das plantas em repor a água perdida, causada pela baixa disponibilidade do solo.

Nas determinações realizadas aos 45, 46 e 48 DAE os valores de potencial de água na folha foram de -1,81, -1,77 e -1,75 MPa, respectivamente, sendo estes menores do que os observados aos 41 DAE de -1,44 MPa. Estes valores de potencial de água na folha são menores que -1,5 MPa, proposto por Bergonci et al. (2000b), os quais afirmam que a partir deste valor ocorrem condições limitantes de disponibilidade de água às plantas. Tal diminuição do potencial de água na folha, segundo Bianchi (2004) resulta num déficit hídrico de curta duração, causado pela alta demanda evaporativa da atmosfera, quando a transpiração supera a capacidade de absorção de água pelas raízes.

As avaliações dos potenciais de água na folha realizadas aos 46 e 48 DAE não diferiram significativamente quanto ao manejo de irrigação, mesmo com a aplicação de uma lâmina de irrigação acumulada de 20 e 30 mm, aos 46 e 48 DAE, respectivamente, no tratamento irrigado. O valor mínimo de potencial foliar para o tratamento irrigado foi de -1,80 e -1,73 MPa aos 46 e 48 DAE, respectivamente. Para o tratamento com déficit hídrico os valores foram de -1,75 e -1,77 MPa, respectivamente.

Os valores médios de potencial mínimo de água na folha determinado aos 41, 45, 46 e 48 DAE foram de -1,44, -1,81, -1,77 e -1,75 MPa, respectivamente (média de todos os

tratamentos). Observou-se também que, no mesmo período o conteúdo de água disponível no solo não teve grandes variações. A variação do potencial de água na folha entre os dias avaliados pode ser explicada pela demanda evaporativa da atmosfera, através do déficit de pressão de saturação do vapor de água (DPV). Os valores de DPV determinados aos 41, 45, 46 e 48 DAE foram de 0,99, 1,31, 1,54 e 1,24 KPa, respectivamente, havendo pouca relação entre o potencial de água na folha e a demanda evaporativa calculada pela DPV. Vieira Junior et al. (2007) tentando correlacionar o potencial de água na folha com a temperatura da folha em milho, encontraram uma relação significativa inversa entre a temperatura da folha e o seu potencial hídrico, mas esta relação não apresenta acurácia suficiente para emprego da medida de temperatura no monitoramento do estado hídrico da planta em cultivo irrigado.

A grande dificuldade de correlacionar o potencial de água na folha com variáveis meteorológicas se deve pela grande complexidade no processo de fechamento estomático e de mecanismos utilizados pela planta para evitar a desidratação, além da grande influência hormonal no controle destes processos.

Tabela 4. Valores absolutos de potencial de água em folhas de milho para cada horário de avaliação. Santa Maria, RS, 2010.

Hora do dia	41 DAE		45 DAE		46 DAE		48 DAE	
	Irrigado	D. H						
8	-0.77	-0.77	-1.24	-1.3	-1.07	-1.13	-0.84	-0.82
10	-1.23	-1.30	-1.71	-1.65	-1.53	-1.6	-1.25	-1.38
12	-1.31	-1.26	-1.76	-1.68	-1.63	-1.62	-1.50	-1.6
14	-1.46	-1.42	-1.84	-1.78	-1.8	-1.75	-1.73	-1.77
16	-1.51	-1.6	-1.43	-1.47	-1.7	-1.68	-1.60	-1.57
18	-1.17	-1.1	-1.31	-1.29	-1.1	-1.12	-1.14	-1.12

6 CONCLUSÃO

O potencial hídrico foliar em plantas de milho não apresenta variação para déficit hídrico de 50 mm de evapotranspiração de referência acumulada.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLEN, R. G. et al. Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements. **FAO Irrigation and Drainage Paper N. 56**. Roma, 1998.

ALLEN, R. G. et al. FAO-56 dual crop coefficient procedure for predicting evaporation from soil and application extensions. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering ASCE**, v. 131, n. 1, 2005.

AZEVEDO, E.; HSIAO, T. C.; HENDERSON, D. W. Immediate and subsequent growth responses of maize leaves to changes in water status. **Plant Physiology**, Rockville, v. 48, p. 631-636, 1971.

BERGAMASCHI, H. et al. Water supply in the critical period of maize and the grain production. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, p. 831-839, 2004.

BERGAMASCHI, H. et al. Maize yield and rainfall on different spatial and temporal scales in Southern Brazil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 5, p. 603-613, 2007.

BERGONCI, J. I. **Avaliação de indicadores de déficit hídrico em milho**. 1997. 111f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1997.

BERGONCI, J. et al. Condutância foliar como um indicador do déficit hídrico em milho. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 8, n. 1, p. 27-34, 2000a.

BERGONCI, J. I. et al. Potencial da água na folha como um indicador de déficit hídrico em milho. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 35, n. 8, p. 1531-1540, 2000b.

BERGONCI, J. I. et al. Eficiência da irrigação em rendimento de grãos e matéria seca de milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, n. 7, p. 949-956, 2001.

BIANCHI, C. A. M. **Avaliação de indicadores da condição hídrica em milho sob diferentes níveis de água, em semeadura direta e Convencional**. 2004. 109f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal do Rio Grande do sul, Porto Alegre, 2004.

BONO, L. et al. Alterações no padrão de resposta à luz da condutância estomática do milho causadas pelo déficit hídrico. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 9, n. 1, p. 27-34, 2001.

BOYER, S. J. Leaf enlargement and metabolic rates in corn, soybean and sunflower at various leaf water potentials. **Plant Physiology**, Rockville, v. 46, p. 233-235, 1970.

COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO-RS/SC. **Manual de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. 10. ed. Porto Alegre: Evangraf, 2004. 400 p.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília-DF: Ministério da Agricultura e do Abastecimento, 1999.

FERREIRA, D. F. Análises estatísticas por meio do Sisvar para Windows versão 4.0. In: 45^a REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 2000, São Carlos. **Anais...** São Carlos: Universidade Federal de São Carlos, 2000. p. 255-258.

GUIMARÃES, C. M.; STONE, L. F.; BRUNINI, O. Adaptação do feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris* L.) à seca. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 10, n. 1, p. 70-75, 2006.

HELDWEIN, A. B.; BURIOL, G. A.; STRECK, N. A. O clima de Santa Maria. **Ciência & Ambiente**, v. 38, p. 43-53, 2009.

KRAMER, P. J.; BOYER J. S. **Water relations of plants and soils**. San Diego: Academic Press, 1995, 495 p.

KRON, A. P.; SOUZA, G. M.; RIBEIRO, R. V. Water deficiency at different developmental stages of glycine max can improve drought tolerance. **Bragantia**, Campinas, v. 67, n. 1, p. 43-49, 2008.

NIED, A. H. et al. Épocas de semeadura do milho com menor risco de ocorrência de deficiência hídrica no município de Santa Maria. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, n. 5, p. 995-1002, set./out. 2005.

MORENO, J. A. **Clima do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre-RS: Secretaria de Agricultura, 1961. 42p.

RADIN, B. et al. Evapotranspiração da cultura do milho em função da demanda evaporativa atmosférica e do crescimento das plantas. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, Porto Alegre, v. 9, p. 7-16, 2003.

SANTOS, R. F.; CARLESSO, R. Enrolamento e expansão das folhas de milho submetidas a déficit hídrico em diferentes solos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 3, n. 1, p. 1-6, 1998.

STRECK, E. V. et al. **Solos do Rio Grande do Sul**. EMATER/RS; UFRGS, Porto Alegre, 2008. 222p

TARDIEU, F.; SIMONNEAU, T. Variability among species of stomatal control under fluctuating soil water status and evaporative demand: modeling isohydric and anisohydric behaviors. **Journal of Experimental Botany**. Lancaster, v. 49, p. 419-432, 1998.

VIEIRA JUNIOR, P. A. et al. Relações entre o potencial e a temperatura da folha de plantas de milho e sorgo submetidas a estresse hídrico. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 29, n. 4, p. 555-561, 2007.

YATAPANAGE, K. G; SO, H. B. The Relationship between Leaf Water Potential and Stem Diameter in Sorghum. **Agronomy Journal**, v. 93, p. 1341-1343, 2001.

ZINSELMEIER, C.; WESTGATE, M.E.; JONES, R.J. Kernel set at low water potential does not vary with source sink/ratio in maize. **Crop Science**, v. 35, p.158-164, 1995.