

CONSUMO HÍDRICO DO COENTRO EM HIDROPONIA NFT COM O USO DE ÁGUAS SALOBRAS PARA REPOSIÇÃO DO CONSUMO EVAPOTRANSPIRADO

M. G. da Silva¹, T. M. Soares², H. R. Gheyi², I. de S. Oliveira³, F. T. O de Freitas⁴, M. R. S. Rafael⁴

RESUMO: Foi conduzido um experimento com o coentro cv. ‘Verdão’ cultivado em sistema hidropônico NFT (técnica do fluxo laminar de nutrientes) para avaliar o consumo hídrico (CH) e a eficiência do uso da água (EUA). Os tratamentos foram estabelecidos em blocos casualizados com cinco repetições, em esquema fatorial 2x4: duas disponibilidades de solução nutritiva (2,75 e 5,50 L maço⁻¹ de 24 plantas) em interação com quatro níveis de condutividade elétrica da água (CEa 0,43; 3,09; 6,87 e 8,53 dS m⁻¹), obtidos pela adição de NaCl na água de abastecimento local (CEa 0,43 dS m⁻¹), sendo estas utilizadas apenas para reposição do volume consumido. As águas salobras não influenciaram significativamente ($p > 0,05$) no consumo hídrico acumulado (1-24 dias após o transplante, DAT) do coentro, porém, diferenciaram ($p < 0,01$) na EUA com base nas massas de matéria fresca (MFPA) e seca (MSPA) da parte aérea, com redução da ordem de 3,66 e 2,97% por acréscimo unitário de CEa (em dS m⁻¹), respectivamente. A maior disponibilidade de solução nutritiva (5,5 L maço⁻¹) aumentou o CH acumulado (1-24 DAT) em aproximadamente 25% em relação à menor disponibilidade de solução nutritiva (2,75 L maço⁻¹). Já a EUA com base nas MFPA e MSPA não sofreu alterações significativas ($p > 0,05$) em função da disponibilidade de solução nutritiva.

PALAVRAS-CHAVE: *Coriandrum sativum* L., cultivo sem solo, eficiência do uso da água.

WATER CONSUMPTION OF CORIANDER IN NFT HYDROPONIC SYSTEM USING BRACKISH WATERS TO REPLACE THE EVAPOTRANSPIRATION LOSS

ABSTRACT: An experiment was carried out with the coriander cv. ‘Verdão’ in nutrient film technique (NFT) to evaluate both water consumption and water use efficiency (WUE). The

¹ Doutorando em Engenharia Agrícola (Agricultura Irrigada e Recursos Hídricos) pela Universidade Federal do Recôncavo da Bahia/UFRB, Cruz das Almas-BA. E-mail: mairtong@hotmail.com

² Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola (Agricultura Irrigada e Recursos Hídricos), Universidade Federal do Recôncavo da Bahia/UFRB, Cruz das Almas-BA.

³ Graduado em Agronomia.

⁴ Graduandos em Agronomia pela Universidade Federal do Recôncavo da Bahia/UFRB, Cruz das Almas-BA.

treatments were in randomized blocks with five replications, installed in a 2x4 factorial scheme: two volumetric availabilities of nutrient solution (2.75 and 5.50 L bunch⁻¹ of 24 plants) in interaction with four levels of water electrical conductivity (CEw 0.43, 3.09, 6.87 and 8.53 dS m⁻¹), obtained by the addition of NaCl in the fresh water (CEw 0.43 dS m⁻¹), used only to replace the volume consumed. The brackish waters did not significantly affect ($p>0.05$) the accumulated water consumption (period of 1-24 days after transplanting, DAT) the coriander, but differed ($p<0.01$) in the WUE based on the values of fresh (FMS) and dry matter of shoots (DMS), with reduction at 3.66 and 2.97% per unit increase in ECw (dS m⁻¹), respectively. The greater volumetric availability of nutrient solution (5.5 L bunch⁻¹) has increased in approximately 25% the accumulated water consumption in relation to the lower volumetric availability of nutrient solution (2.75 L bunch⁻¹). The WUE based on the values of FMS and DMS did not change significantly ($p>0.05$) in function of volumetric availability of nutrient solution.

KEYWORDS: *Coriandrum sativum* L., soilless cultivation, water use efficiency.

INTRODUÇÃO

A água é considerada um dos fatores mais limitantes no desenvolvimento da agricultura, particularmente nas regiões áridas e semiáridas. No Semiárido brasileiro além das frequentes secas, há também alta variabilidade espacial e temporal das chuvas. Para mitigar a escassez de águas superficiais, uma opção pode ser o uso de águas subterrâneas, porém em grande parte dos poços perfurados as águas apresentam elevadas concentrações de sais, tornando-se inviáveis para utilização na irrigação convencional na maioria dos cultivos.

Nos últimos anos têm-se buscado novas tecnologias para o uso mais eficiente da água. Assim a técnica da hidroponia surge como uma alternativa para o aproveitamento de águas salobras. No sistema de cultivo hidropônico a resposta das plantas à salinidade é melhor do que no solo, considerando a maior disponibilidade da água para as plantas, visto que na hidroponia pode não existir o potencial mátrico, que é uma das causas da diminuição da energia livre da água no solo (Soares et al., 2010), o que se constitui uma vantagem quando se utilizam essas águas, pois deve representar uma absorção maior de água e nutrientes pelas plantas, com menor gasto energético, para uma mesma quantidade de sais em relação ao cultivo em solo (Silva et al., 2013).

O uso de águas salobras em hidroponia em combinação com água doce poderia ser útil para incrementar o rendimento das culturas (Silva et al., 2015), pois de acordo com Soares et al. (2010), o aproveitamento e uso de águas salobras em hidroponia para a reposição da evapotranspiração pode ser menos prejudicial às culturas de ciclo curto do que o seu emprego apenas para o preparo da solução nutritiva, pois a salinização gradual seria menos danosa do que a salinidade constante, mas estabelecida desde o início do ciclo.

Resultados de pesquisas (Cazuza Neto et al., 2014; Santos Júnior et al., 2015; Silva et al., 2016) mostram o cultivo hidropônico condizente com a realidade dos pequenos produtores de comunidades rurais do Semiárido brasileiro, pois nessa técnica o volume de água utilizado é menor em relação ao plantio convencional, o que se torna uma vantagem para essa região caracterizada pela limitação de recursos hídricos. Diante dessa vantagem o produtor pode utilizar-se de várias estratégias dependentes da fonte de água que se tem.

Como geralmente as chuvas concentram-se entre três e quatro meses, com base no conhecimento da necessidade hídrica de uma planta pode-se calcular o volume necessário de água para manter a produção de cada mês, como isso uma opção seria armazenar água das chuvas para suprir a produção no período de seca. Outra opção seria o uso diretamente de águas salobras. Porém, se as concentrações de sais nessas águas forem muito altas pode-se misturar com água de chuva para reduzir os danos às plantas.

Diante do exposto, objetivou-se com o presente trabalho avaliar o consumo hídrico, a eficiência do uso da água e os padrões de salinização da solução nutritiva por meio da condutividade elétrica parametrizada para 25°C ($CE_{sol_{25}}$) e a real ($CE_{sol_{real}}$) ao longo do dia, bem como a temperatura da solução nutritiva no cultivo do coentro em sistema hidropônico NFT com diferentes disponibilidades de solução nutritiva e reposição do consumo evapotranspirado com o uso de águas salobras.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em casa de vegetação com o coentro cv. 'Verdão' cultivado em sistema hidropônico NFT. Mais detalhes sobre a estrutura experimental e o manejo da solução nutritiva e da cultura podem ser consultados em Silva et al. (2015). O trabalho foi conduzido na área do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, na Universidade Federal do Recôncavo da Bahia/UFRB, em Cruz das Almas, Bahia.

Durante a condução do experimento foram monitoradas a temperatura e a umidade relativa do ar no interior da casa de vegetação, com o uso de sensor termohigrômetro. A

umidade relativa do ar instantânea registrada a cada meia hora oscilou da mínima de 30,0% a máxima de 91,6%, com média de 71,0%.

O delineamento experimental utilizado foi em blocos aleatorizados, em esquema fatorial 2x4, com cinco repetições, totalizando 40 parcelas. Estudaram-se duas disponibilidades de solução nutritiva (2,75 e 5,50 L maço⁻¹ de 24 plantas) e quatro níveis de condutividade elétrica da água (CEa 0,43; 3,09; 6,87 e 8,53 dS m⁻¹). As águas foram salinizadas mediante adição de cloreto de sódio (NaCl) à água de abastecimento (CEa 0,43 dS m⁻¹). As águas salobras foram usadas apenas para reposição do consumo evapotranspirado.

A solução nutritiva empregada no cultivo foi baseada na recomendação de Furlani et al. (1999). Avaliou-se a condutividade elétrica e o pH da solução nutritiva a cada três dias, com a utilização de condutivímetro e peagâmetro de bancada. Inicialmente, em todas as parcelas partiu-se de uma salinidade da solução inicial de 2,03 dS m⁻¹, pois a solução nutritiva foi preparada com água de abastecimento (CEa 0,43 dS m⁻¹) e pH da ordem de 6,14. Durante o experimento os valores de pH mantiveram-se na faixa de 5,3 a 6,1, sendo realizadas correções quando necessário.

Apenas na parcela do tratamento de CEa 0,43 dS m⁻¹ e disponibilidade de solução de 5,5 L maço⁻¹ foi empregada uma célula de condutividade no reservatório da solução nutritiva, com o objetivo de caracterizar a real condição da condutividade elétrica (CEsol_{real}) em função do aquecimento da solução ao longo do dia. No reservatório também foi instalado um sensor termopar tipo J (cobre-constantan) para o monitoramento da temperatura da solução nutritiva.

O termohigrômetro, a célula de condutividade elétrica e o termopar foram conectados a um datalogger (CR 1000, Campbell Scientific), com médias armazenadas a cada 30 min.

Calcularam-se o consumo hídrico (CH) acumulado por período: 1-8; 9-16; 17-24 e 1-24 dias após o transplântio (DAT). Determinaram-se a eficiência de uso da água (EUA), a partir da relação entre a produção de massa da matéria fresca (MFPA) e seca (MSPA) da parte aérea pelo CH de 1-24 DAT. A colheita da MFPA foi realizada aos 24 DAT, em seguida o material fresco foi acondicionado em sacos de papel e colocado em estufa de circulação forçada, à temperatura de 65°C até atingir massa constante, para se quantificar a MSPA.

Os dados foram submetidos ao teste F da análise de variância. Os resultados obtidos em função das disponibilidades de solução nutritiva foram comparados mediante teste de médias (Tukey a 0,05 de probabilidade) e os obtidos em função da salinidade das águas foram avaliados mediante análise de regressão, selecionando-se os modelos com base na significância de seus termos, no valor do coeficiente de determinação e no significado agrônômico do comportamento.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

No monitoramento das temperaturas do ar e da solução nutritiva (Figura 1), em geral, a exceção dos dias chuvosos ou de nebulosidade, no horário entre 7 e 13 h a temperatura da solução nutritiva foi sempre menor ou igual a temperatura do ar. As maiores amplitudes entre as temperaturas do ar e da solução nutritiva foram registradas aos 5, 7, 10, 14, 16, 18 e 19 DAT, variando entre 3,0 e 4,0°C.

No horário entre 12 e 14 h ocorrem as maiores temperaturas do ar, diferentemente do que ocorre para as temperaturas da solução nutritiva, pois ocorre um atraso no aquecimento da solução nutritiva ao longo do dia, ocorrendo as maiores temperaturas nos horários entre 15 e 16 h. A partir daí as temperaturas da solução nutritiva começam a reduzir suavemente, mantendo-se sempre acima da temperatura do ar até os horários de 6 e 7 h do dia seguinte, onde as curvas se aproximam e a temperatura do ar ultrapassa a temperatura da solução. Tal comportamento é explicado pelo fato que o ar esquenta e resfria mais rapidamente, diferentemente da solução nutritiva, pois esta demora a aquecer e após aquecida se mantém por muito mais tempo aquecida. A demora no aquecimento da solução se deve ao calor específico da água, sendo necessária elevada quantidade de calor para aumentar sua temperatura.

Quanto ao comportamento da condutividade elétrica da solução nutritiva parametrizada para 25°C (CE_{sol25}), com a compensação do efeito da temperatura, as medidas de CE_{sol} se mantiveram sem alterações ao longo do dia (Figura 1); tal comportamento ocorreu em função da maior disponibilidade de solução nutritiva ofertada no reservatório e pelo baixo aporte de íons pela CE_a 0,43 dS m⁻¹ em proporcionalidade à absorção de nutrientes consumidos pelas plantas. Para a CE_{sol} real ($CE_{sol_{real}}$) ao longo do dia a curva segue o mesmo comportamento da curva da temperatura da solução, pois não ocorre a compensação do efeito da temperatura nas medidas da CE_{sol} . Para fins de padronização, referencia-se a CE de uma solução à temperatura de 25°C, porém, a cultura responde à realidade da rizosfera, ou seja, a CE se altera ao longo do dia pelo aquecimento da solução. Essa relação entre a CE e temperatura da solução nutritiva precisa ser considerada sob clima mais quente, principalmente quando se trabalha com perfis hidropônicos constituídos de materiais de pouco isolamento térmico.

Na maioria dos dias, a $CE_{sol_{real}}$ foi quase sempre superior a CE_{sol25} , o que é explicado pela temperatura da solução estar acima dos 25°C. Para os demais dias, os valores de $CE_{sol_{real}}$ e CE_{sol25} se igualam entre os horários de 4 e 8 h da manhã. Aos 8 DAT (Figura 1E) verificou

a maior amplitude entre os valores de $CE_{sol_{25}}$ e $CE_{sol_{real}}$, da ordem de $0,53 \text{ dS m}^{-1}$; aos 4, 5, 6, 7, 9, 13, 14, 15, 16, 18 e 19 DAT as amplitudes foram entre $0,4$ e $0,5 \text{ dS m}^{-1}$. Nos dias chuvosos ou de nebulosidade (aos 17, 21, 22, 23 e 24 DAT) em função das menores temperaturas, as amplitudes foram entre $0,15$ e $0,25 \text{ dS m}^{-1}$. Conforme Genúncio et al. (2006), em ambientes cujas temperaturas são altas e nas estações mais quentes do ano, recomenda-se redução da concentração iônica da solução nutritiva nos cultivos hidropônicos comerciais.

Apesar de não monitorar automaticamente a CE_{sol} nos tratamentos com as águas salobras, provavelmente deve-se ter maiores amplitudes entre $CE_{sol_{25}}$ e $CE_{sol_{real}}$ quando se utilizam estas águas, porém, o tipo de estratégia de se utilizar estas águas apenas na reposição do consumo, em função da salinização gradual seria menos danosa do que a salinidade constante. Outro aspecto que se deve considerar é a disponibilidade de solução, pois dispondo-se apenas destas águas o produtor poderia ofertar um maior volume de solução por planta, assim, para culturas de ciclo curto o pouco tempo exposto aquelas condições de cultivo seria menos prejudicial. Outra expectativa é de se ter uma menor depreciação de culturas submetidas à condição salina quando se está sob clima mais ameno, ou seja, onde as temperaturas oscilam pouco ao longo do dia.

Não houve efeito significativo ($p > 0,05$) da interação entre os fatores em estudo. A disponibilidade de solução nutritiva por maço de plantas de coentro influenciou significativamente ($p < 0,01$) no consumo hídrico (CH) acumulado de 9-16 e 1-24 DAT (Figura 2A). Nos primeiros 8 dias de registro do CH estatisticamente as médias foram iguais, pois no início do cultivo o CH é baixo em função da menor expansão da área foliar das plantas, o que está de acordo com Silva et al. (2015), com dados do mesmo experimento, verificaram que a produção de MFPA obtida aos 7 DAT não foi alterada significativamente em função das disponibilidades de solução nutritiva.

No período dos 9-16 DAT em função do maior crescimento das plantas, a maior disponibilidade de solução ($5,50 \text{ L maço}^{-1}$) contribuiu para um maior CH, com um aumento de aproximadamente 52% em relação à menor disponibilidade ($2,75 \text{ L maço}^{-1}$). A maior disponibilidade de solução não foi compensada em maior CH no período dos 17-24 DAT, ou seja, as médias se igualaram estatisticamente em função do aumento do CH sob a menor disponibilidade de solução. Nesse período houve uma redução no CH em relação ao período dos 9-16 DAT sob a maior disponibilidade de solução (Figura 2A).

Considerando o ciclo da cultura no sistema hidropônico (período de 1-24 DAT), a maior disponibilidade de solução aumentou em 25% o CH, o que representou uma diferença no volume de solução nutritiva de aproximadamente $0,5 \text{ L}$. Essa diferença no CH contribuiu para

um aumento na produção de MFPA da ordem de $12,65 \text{ g maço}^{-1}$ (Silva et al., 2015). Fazendo um comparativo, para produzir 1 kg de MFPA são gastos os volumes de solução de 43,78 e 44,99 L sob as disponibilidades de 5,50 e 2,75 L maço^{-1} , respectivamente. Assim, para as condições que o experimento foi conduzido, o aumento da disponibilidade de solução não foi acompanhado no aumento de produção de MFPA na mesma proporção do CH, o que pode ser confirmado pela ausência de efeito significativo na eficiência do uso da água com base nas MFPA (média de $22,74 \text{ g L}^{-1}$) e MSPA (média de $1,94 \text{ g L}^{-1}$). Ou seja, com o mesmo volume de solução de 1 L a produção obtida foi a mesma, independente da disponibilidade de solução. Nesse caso, para o produtor pode ser mais vantajoso utilizar a menor disponibilidade de solução nutritiva, pois o volume de água utilizado para o preparo da solução é reduzido pela metade, assim como os nutrientes.

Quanto ao efeito da salinidade das águas, estas promoveram efeito significativo no CH acumulado apenas de 1-8 DAT (Figura 2B) e na eficiência do uso da água (EUA) com base nas MFPA (Figura 2C) e MSPA (Figura 2D). Verificou-se um aumento linear no CH acumulado de 1-8 DAT (Figura 2B), da ordem de 9,56% por acréscimo unitário de CEa (em dS m^{-1}). Conforme Cazuzo Neto et al. (2014), nos primeiros 10 dias após o transplante o consumo hídrico do coentro em hidropona NFT foi baixo e pouco variável em função da salinidade, mesmo utilizando águas salobras no preparo e reposição do consumo.

Tal comportamento não se concretizou nos demais períodos avaliados, o que pode ser atribuído ao tipo de estratégia para o uso das águas salobras, pois estas foram utilizadas apenas na reposição do consumo evapotranspirado, assim, a incorporação de sais na solução nutritiva pela reposição com águas salobras ocorreu lentamente (Silva et al., 2015), contribuindo para aclimatação das plantas, pois não se constatarem efeitos significativos na produção do coentro em função do uso das águas salobras, em diferentes períodos avaliados (Silva et al., 2015). No período de 1-24 DAT para produzir um maço de 24 plantas foram gastos em média 2,21 L de água (mais nutrientes). Cazuzo Neto et al. (2014) registraram CH de aproximadamente 2,59 L para produzir um maço de 8 plantas de coentro em hidropona NFT, sob o tratamento controle ($\text{CEa} = 0,3 \text{ dS m}^{-1}$).

Para a EUA houveram reduções da ordem de 3,66 e 2,97% por acréscimo unitário de CEa com base nas MFPA (Figura 2C) e MSPA (Figura 2D), respectivamente. Diferentemente do presente trabalho, Cazuzo Neto et al. (2014) relataram maior redução na EUA com base na MFPA, da ordem de 4,3% por acréscimo unitário de CEa, o que pode ser atribuído ao tipo de estratégia do uso de águas salobras, pois naquele trabalho estas foram utilizadas tanto para o preparo quanto para a reposição do volume consumo.

CONCLUSÕES

O maior volume de solução nutritiva disponibilizado de 5,5 L por maço de plantas aumentou o consumo hídrico acumulado (1-24 DAT) do coentro hidropônico em aproximadamente 25%. Nesse mesmo período o consumo hídrico foi o mesmo, independente da salinidade da água utilizada na reposição do volume consumo.

Houve reduções da ordem de 3,66 e 2,97% por acréscimo unitário de CEa sobre a eficiência do uso da água com base nas massas de matéria fresca e seca da parte aérea.

A máxima amplitude entre os valores de temperaturas do ar e da solução nutritiva foi de 4°C. A máxima amplitude entre a condutividade elétrica parametrizada para 25°C (CE_{sol25}) e a real ($CE_{sol_{real}}$) foi de 0,53 dS m⁻¹.

AGRADECIMENTOS

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia (FAPESB) pela concessão de bolsa ao primeiro autor e pelo apoio financeiro, à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), ao Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Salinidade (INCTSal) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo apoio financeiro.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CAZUZA NETO, A.; SOARES, T. M.; BIONE, M. A.; FREITAS, F. T. O.; MELO, D. M.; SILVA FILHO, J. A. Efeito da salinidade no consumo hídrico do mólho de coentro produzido em sistema hidroponico NFT. In: II Brazilian Symposium on Salinity & II Brazilian Meeting on Irrigation Engineering, 2014, Fortaleza. Anais... Fortaleza: INOVAGRI/INCT-EI/INCTSal, 2014. p. 3685-3693.

FURLANI, P. R.; SILVEIRA, L. C. P.; BOLONHEZI, D.; FAQUIN, V. Cultivo hidropônico de plantas. Campinas: Instituto Agrônomo, 1999. 52p. (Boletim Técnico, 180).

GENÚNCIO, G. C.; MAJEROWICZ, N.; ZONTA, E.; SANTOS, A. M.; GRACIA, D.; AHMED, C. R. M.; SILVA, M. G. Crescimento e produtividade do tomateiro em cultivo

hidropônico NFT em fungos da concentração iônica da solução nutritiva. *Horticultura Brasileira*, v. 24, n. 2, p. 175-179, 2006.

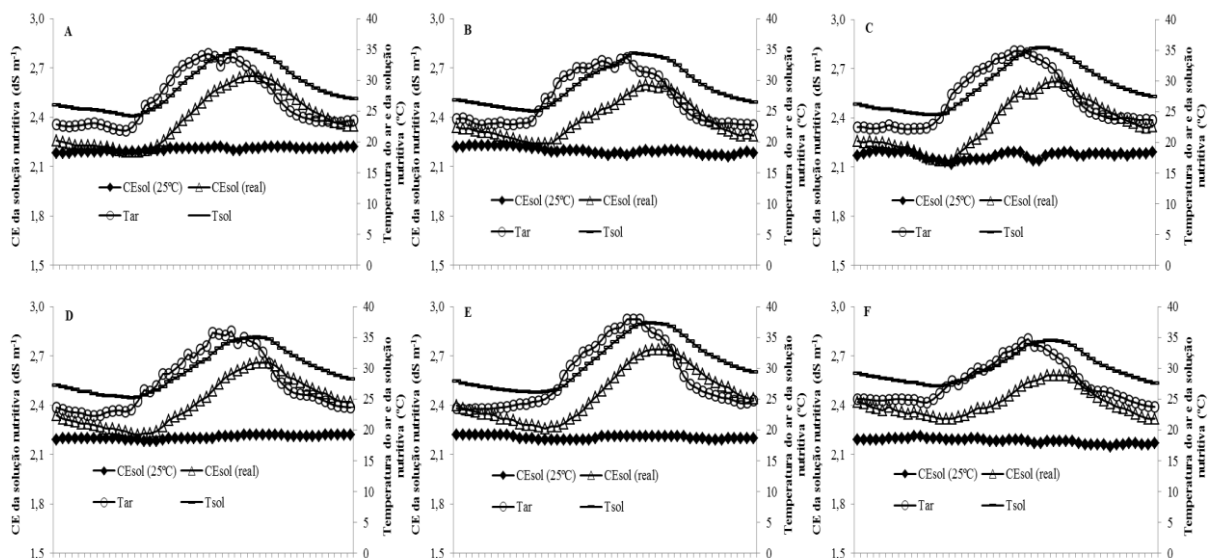
SANTOS JÚNIOR, J. A.; GHEYI, H. R.; CAVALCANTE, A. R.; MEDEIROS, S. S.; DIAS, N. S.; SANTOS, D. B. Water use efficiency of coriander produced in a low-cost hydroponic system. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 19, n. 12, p. 1152-1158, 2015.

SILVA, F. V.; DUARTE, S. N.; LIMA, C. J. G. S.; DIAS, N. S.; SANTOS, R. S. S.; MEDEIROS, P. R. F. Cultivo hidropônico de rúcula utilizando solução nutritiva salina. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, v. 8, n. 3, p. 476-482, 2013.

SILVA, M. G.; SOARES, T. M.; OLIVEIRA, I. S.; SANTOS, J. C. S.; PINHO, J. S.; FREITAS, F. T. O. Produção de coentro em hidroponia NFT com o uso de águas salobras para reposição do consumo evapotranspirado. *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada*, v. 9, n. 4, p. 246-258, 2015.

SILVA, M. G.; SOARES, T. M.; GHEYI, H. R.; OLIVEIRA, I. S.; SILVA FILHO, J. A.; CARMO, F. F. Frequency of recirculation of the nutrient solution in the hydroponic cultivation of coriander with brackish water. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 20, n. 5, p. 447-454, 2016.

SOARES, T. M.; DUARTE, S. N.; SILVA, E. F. F.; JORGE, C. A. Combinação de águas doce e salobra para produção de alface hidropônica. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 14, n. 7, p. 705-714, 2010.



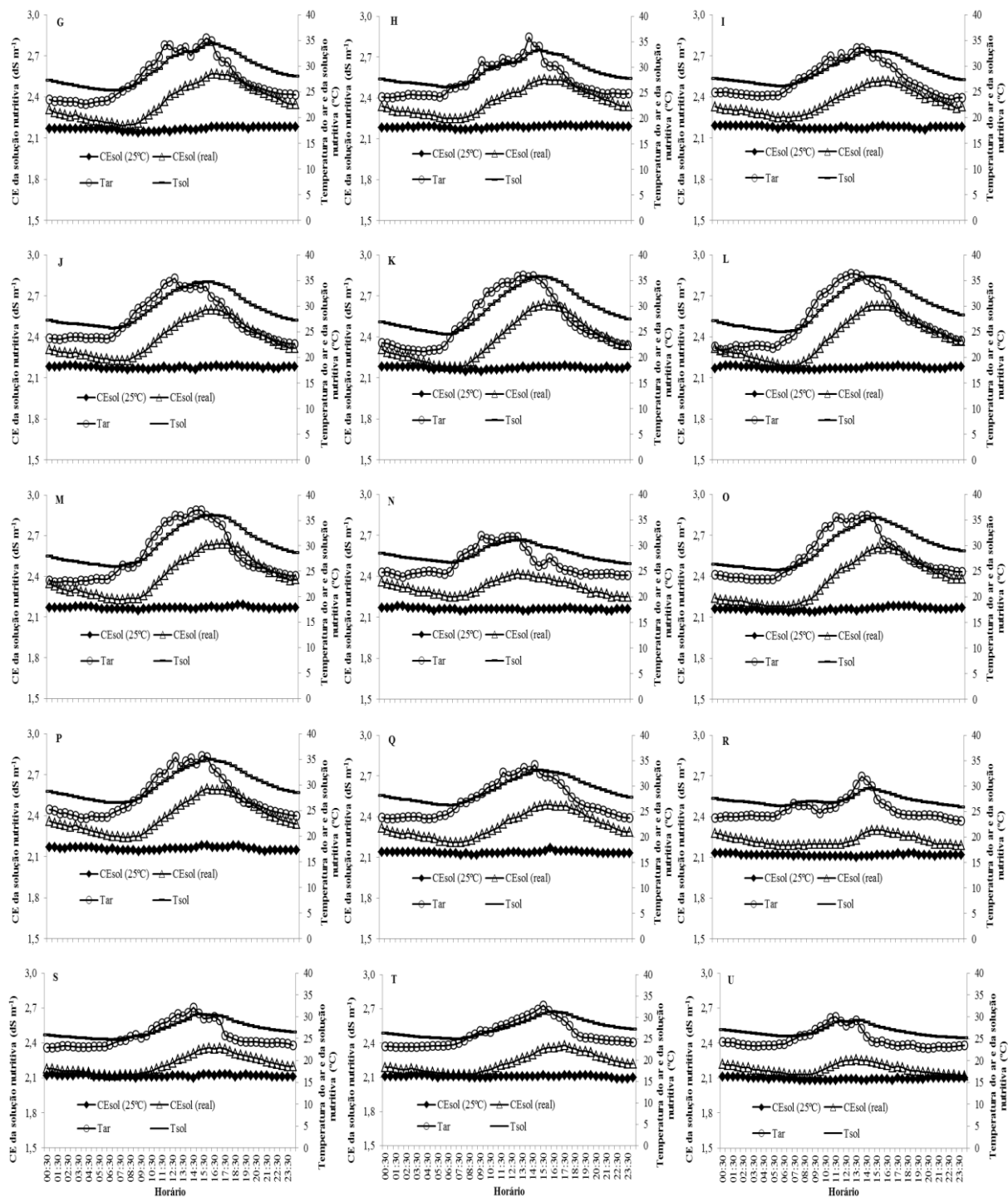


Figura 1. Condutividade elétrica da solução nutritiva parametrizada à 25°C [CEsol (25°C)] e real [(CEsol(real))] e temperaturas do ar (Tar) e da solução nutritiva (Tsol) ao longo de 24 h, dos 4 DAT (A) aos 24 DAT (U).

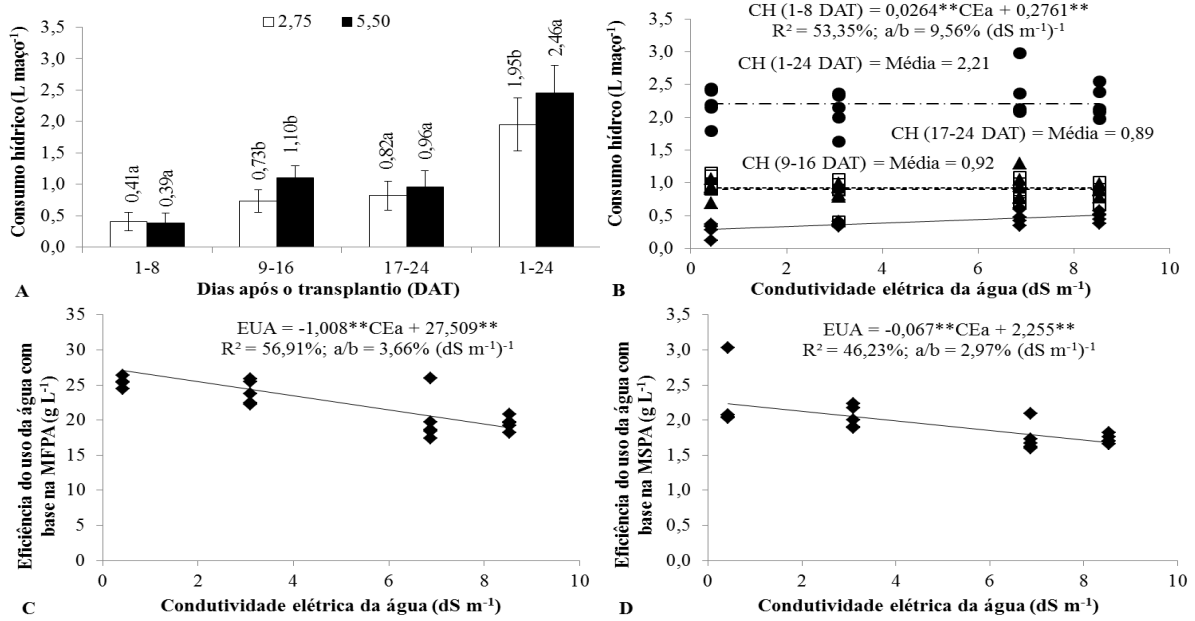


Figura 2. Consumo hídrico do coentro em hidroponia NFT em função da disponibilidade de solução nutritiva (A), consumo hídrico (B) e eficiência do uso da água com base nas MFPA (C) e MSPA (D) em função da salinidade da água.