

Viabilidade da fertirrigação em pomares de macieira no Sul do Brasil

Gilmar Ribeiro Nachtigall¹², Gilberto Nava¹³, Maêve Silveira Castelo Branco¹⁴ e
Christiano Mignoni de Lima¹⁵

Introdução

A macieira, por ser uma planta de grande porte, com abundante vegetação, apresenta elevada evapotranspiração da cultura (ET_c) em comparação com culturas anuais, o que exige elevadas quantidades de água disponível no solo para a obtenção de alta produtividade (Hoffmann & Bernardi, 2004; Nachtigall et al., 2009). O consumo de água pela macieira é influenciado principalmente pela temperatura, pela radiação solar global, pelo *deficit* de pressão de vapor e pela umidade relativa do ar (Pereira et al., 2009). Além disso, diferenças no tamanho e na forma das copas causam diferenças significativas na transpiração e na eficiência do uso de água (Li et al., 2002).

O cultivo de maçãs nos principais países produtores, principalmente em sistemas de produção em alta densidade e de elevado uso tecnológico, utiliza a irrigação ou a fertirrigação para manter alta produtividade e qualidade dos frutos comercializáveis. A eficiência da irrigação e da fertirrigação em macieiras nesses países é comprovadas por diversos resultados de pesquisa, como os de Fallahi et al. (2008) nos EUA, Neilsen et al. (2010) no Canadá, Wan Zaliha e Singh (2010) na Austrália, Mpelasoka et al. (2001) na Nova Zelândia, Rufat et al. (2001) na Espanha, Wojcik e Treder (2006) na Polônia.

No Brasil, em função das características climáticas predominantes até a última década, a irrigação ou a fertirrigação não eram técnicas incorporadas aos sistemas de produção de maçãs. Entretanto, as variações climáticas verificadas nos últimos anos têm-se constituído em motivo de preocupações para os produtores de maçã no Sul do Brasil, principalmente pelo fato de que a irregularidade e a má distribuição das chuvas podem causar problemas no que se refere tanto à qualidade quanto à produtividade das macieiras. Esses períodos de *deficit* hídrico ocorrem principalmente nas etapas do ciclo produtivo da maçã (final do crescimento dos ramos até a colheita), em que a demanda hídrica é maior (Beukes & Weber, 1982), fato que tem aumentado o interesse dos produtores pela instalação de sistemas de irrigação em suas áreas. Os primeiros trabalhos com irrigação e fertirrigação em macieira no Brasil foram realizados por Nachtigall et al. (2012) e Branco et al. (2013).

¹² Engenheiro-agrônomo, Dr, Pesquisador da Embrapa Uva e Vinho, Estação Experimental de Fruticultura de Clima Temperado, C.P. 1513, 95200-000 Vacaria, RS, e-mail: gilmar.nachtigall@embrapa.br.

¹³ Engenheiro-agrônomo, Dr, Pesquisador da Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (Epagri), C.P. 81, 88600-000 São Joaquim, SC, e-mail: nava@epagri.sc.gov.br.

¹⁴ Engenheira-agrônoma, Mestranda do curso de Ciência do Solo na Universidade do Estado de Santa Catarina, Av. Luís de Camões, 2090, Conta Dinheiro, 88520-000 Lages, SC, bolsista CNPq. e-mail: maevecastelo@hotmail.com.

¹⁵ Graduando em Agronomia UCS-CAMVA, Av. Dom Frei Cândido Maria Bamp, 2800, 95200-000 Vacaria, RS, bolsista CNPq, e-mail: cmlimamercio@hotmail.com.

Os solos da região Sul do Brasil, nas áreas onde se cultiva macieira, são predominantemente Latossolos, com textura argilosa, de ocorrência nas regiões de Vacaria, RS, e Fraiburgo, SC. Esses solos, em função de suas características, apresentam alta capacidade de retração com a perda de umidade, evidenciada pelo fendilhamento, verificado facilmente em condições em que o solo está exposto. Já na região de São Joaquim, SC, predominam os Neossolos e Cambissolos, de textura franca e pouca profundidade, que apresentam baixa capacidade de armazenamento de água.

Diante da importância que os elementos relacionados com a disponibilidade de água do solo e o fornecimento adequado de nutrientes têm sobre o crescimento e o desenvolvimento da macieira nas condições do Sul do Brasil, foram realizadas pesquisas para avaliar a disponibilidade de água do solo e os efeitos da irrigação e da fertirrigação na produtividade e qualidade de frutos de macieira em Vacaria e São Joaquim.

Material e métodos

Os trabalhos foram desenvolvidos no município de Vacaria (safras 2011/12 a 2013/14), na Estação Experimental de Clima Temperado da Embrapa Uva e Vinho (28°30'49" S; 50°52'58" W), 981m de altitude), cujo solo predominante é o Latossolo Bruno alumínico câmbico, e no município de São Joaquim (safra 2013/14), na Estação Experimental da Epagri (28°17'25" S, 49°56'56" W, 1.350m de altitude), cujo solo predominante é o Neossolo Litólico.

Para a avaliação do efeito da irrigação e da fertirrigação na cultura da macieira foram instalados nas duas regiões pomares com sistema de irrigação localizada, por gotejamento, e foram utilizadas duas mangueiras para o experimento: uma para a aplicação da água de irrigação e uma para a aplicação da solução de solo via fertirrigação. Em Vacaria, utilizaram-se os cultivares Maxigala e Fuji Suprema sobre o porta-enxerto M9, plantados em 2009 no espaçamento de 1,2 e 1m entre as plantas respectivamente, e de 4m entre as filas, conduzidas no sistema de líder central. Em São Joaquim, utilizou-se o cultivar de macieira Kinkas sobre o porta-enxerto Maruba/M9 (filtro), plantado em 2012 no espaçamento de 1,2m x 4m, conduzidos no sistema de líder central.

Os tratamentos utilizados foram: a) adubação convencional; b) adubação convencional + irrigação; c) fertirrigação + irrigação; e d) fertirrigação. As quantidades de nutrientes aplicadas foram de 60kg.ha⁻¹ de K₂O, 20kg.ha⁻¹ de P₂O₅ e 20kg.ha⁻¹ de N. Nos tratamentos com adubação convencional, a aplicação dos fertilizantes na forma sólida ocorreu de uma só vez, no período pós-floração, enquanto nos tratamentos com fertirrigação a adubação líquida foi realizada via fertirrigação, parceladas semanalmente durante o período de crescimento vegetativo das plantas, utilizando as mesmas quantidades de nutrientes dos demais tratamentos.

Para o monitoramento hídrico do solo, foram empregados tensiômetros de punção instalados na linha de plantas e em duas profundidades, de 10 e 30cm, correspondendo às camadas de 0 a 20cm e de 20 a 40cm respectivamente. A partir dos valores do potencial matricial da água no solo, obtidos com a leitura dos tensiômetros, determinou-se a umidade volumétrica,

empregando-se a equação de van Genuchten (1980). A definição de necessidade de irrigação nas áreas de pomar irrigado foi estabelecida quando os níveis médios da tensão da água no solo, na camada 20 a 30cm, atingiram valores inferiores a -10kPa, valor referente à capacidade de campo do solo. Foram avaliados o rendimento de frutos por área ($t \cdot ha^{-1}$), as características pós-colheita de frutos (teor de sólidos solúveis totais em °Brix (SST) e a cor da epiderme da maçã – coordenadas cromáticas de croma “a”).

Resultados e discussão

1 Monitoramento hídrico do solo

Na Figura 1 são apresentados os resultados do monitoramento da tensão da água no solo em pomar de macieira, em função da irrigação, comparados aos do cultivo convencional, para a camada de 20 a 40cm de profundidade. Essa é a camada mais representativa dos efeitos de tratamentos por apresentar menor variabilidade de valores de tensão de água no solo, bem como por representar a região de maior acúmulo do sistema radicular. Nestes mesmos gráficos são representadas as ocorrências de precipitação pluviométrica nas safras 2011/12, 2012/13 e 2013/14 para a região de Vacaria.

O comportamento da tensão de água no solo foi bem distinto entre as safras avaliadas. Na safra 2011/12 houve *deficit* hídrico na fase vegetativa da macieira, demonstrado pela avaliação dos tensiômetros localizados no sistema convencional (sem aplicação de água de irrigação), caracterizado por longo período de baixa disponibilidade de água do solo, o qual iniciou no início de novembro e prolongou-se até o fim de dezembro. As leituras mostraram tensões que ultrapassaram -50kPa. Outros períodos de *deficit* hídrico ocorreram a partir de março de 2012. Nos tratamentos de irrigação, as tensões médias avaliadas se mantiveram nos índices preestabelecidos como adequados para a cultura, uma vez que os tensiômetros a 30cm de profundidade apresentaram valores superiores ou próximos a -10kPa através da aplicação de água pelo sistema de irrigação. Isso mostrou a eficácia e a aplicabilidade do controle hídrico na cultura da macieira.

Na safra 2012/13 houve apenas três períodos curtos de *deficit* hídrico durante a fase vegetativa da macieira: dois no mês de dezembro de 2012 e um no mês de janeiro de 2013. Sua leitura dos tensiômetros mostrou tensões inferiores a -10kPa, indicando necessidade da aplicação de água. Nos tratamentos de irrigação, as tensões médias avaliadas se mantiveram nos índices preestabelecidos como adequados para a cultura.

Na safra 2013/14 houve períodos de *deficit* hídrico significativo em três momentos da fase vegetativa da macieira, verificado pela avaliação dos tensiômetros localizados no sistema convencional (sem aplicação de água de irrigação), o primeiro no início do mês de dezembro de 2013, o segundo, mais prolongado, de meados de dezembro de 2013 até meados de janeiro de 2014, e o terceiro em meados de fevereiro de 2014, cuja leitura dos tensiômetros mostrou tensões que ultrapassaram -50 kPa, indicando a necessidade da aplicação de água.

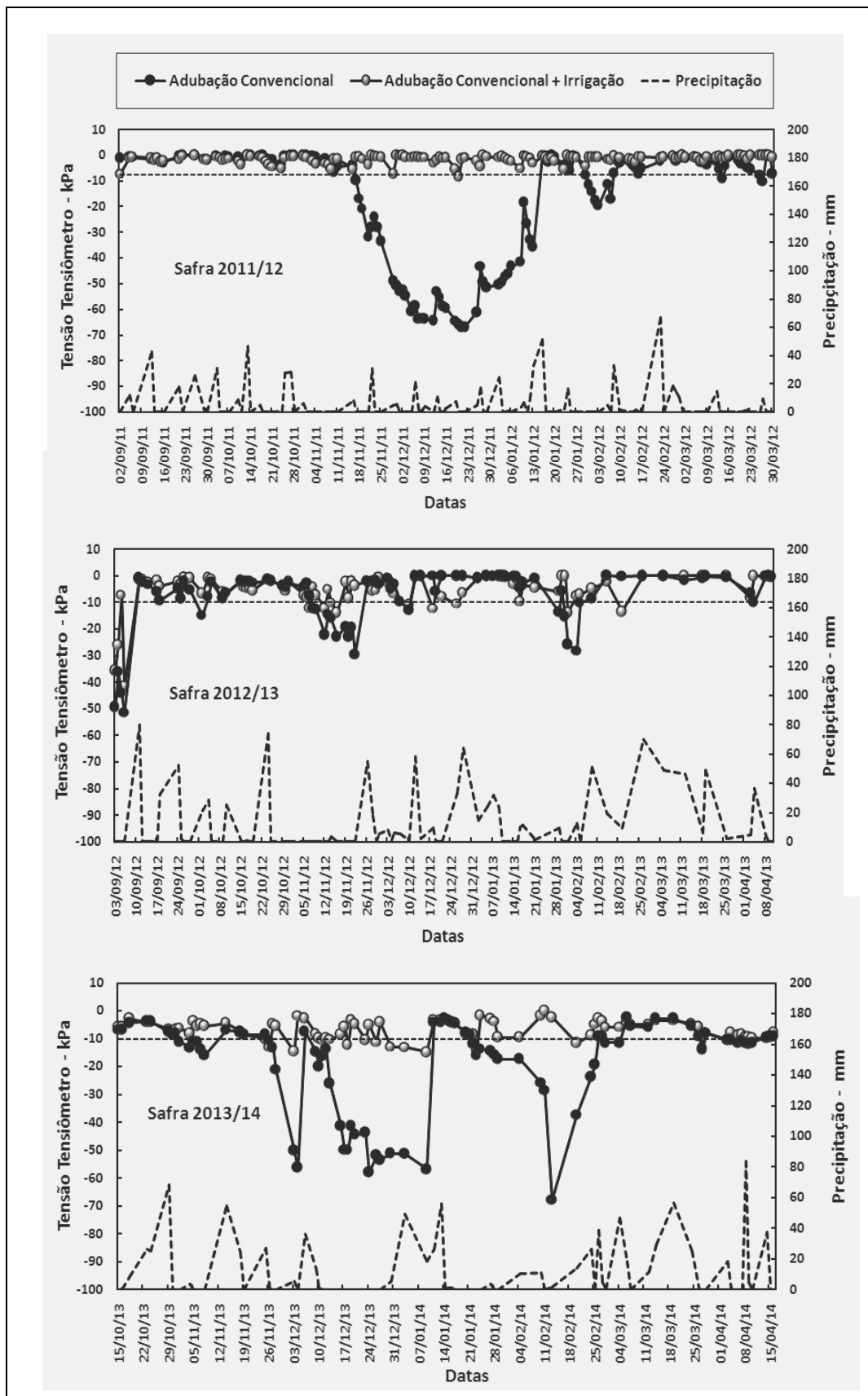


Figura 1. Distribuição sazonal da tensão de água no solo, na profundidade de 20 a 40cm, em cultivo de macieira irrigada e convencional, e da precipitação pluviométrica nas safras 2011/12, 2012/13 e 2013/14, em Vacaria, RS

Na Figura 2 são apresentados os resultados do monitoramento da tensão de água no solo em pomar de macieira para a região de São Joaquim em função da irrigação, comparados aos do cultivo convencional, para a camada de 20 a 40cm de profundidade, na safra 2013/14. Houve períodos de *deficit* hídrico significativo em três momentos da fase vegetativa da macieira: o primeiro no início do mês de dezembro de 2013, o segundo em meados de dezembro de 2013 e o terceiro no fim de janeiro de 2014. A leitura dos tensiômetros mostrou tensões que ultrapassaram -30kPa, indicando a necessidade da aplicação de água.

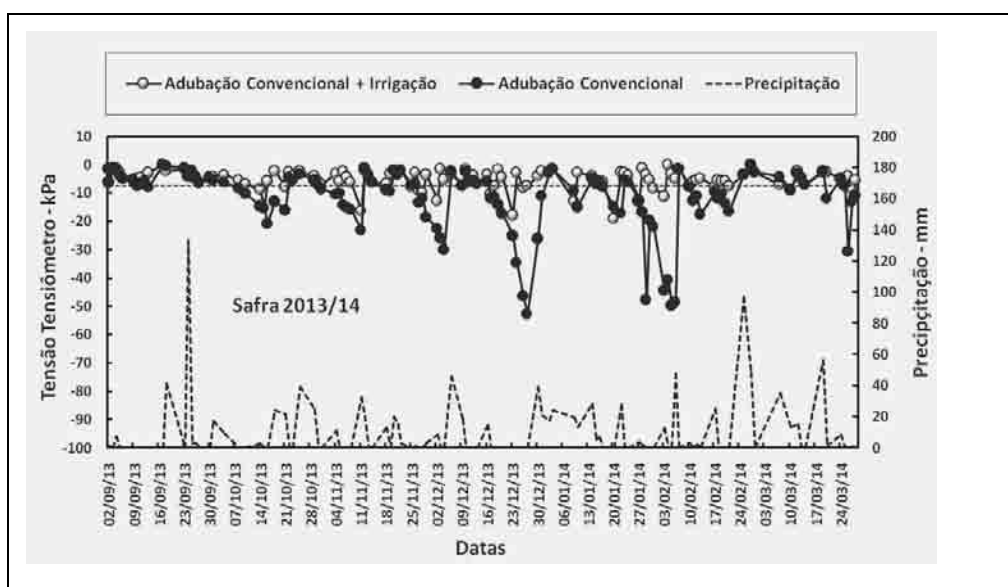


Figura 2. Distribuição sazonal da tensão de água no solo, na profundidade de 20 a 40 cm, em cultivo de macieira irrigada e convencional e da precipitação pluviométrica na safra 2013/14. São Joaquim/SC.

2 Efeito da irrigação e fertirrigação na produtividade e qualidade

Para a região de Vacaria, os efeitos da irrigação e fertirrigação na produtividade acumulada de frutos (três safras: 2011/12, 2012/13 e 2013/14) e na qualidade de frutos de macieira foram distintos entre os cultivares Maxigala e Fuji Suprema (Tabelas 1 e 2).

Quanto ao rendimento de frutos, no cv. Maxigala somente na produção da classe 65 a 70mm houve efeito de tratamentos, em que o tratamento adubação convencional + irrigação apresentou produtividade superior aos demais tratamentos, com aumento de produtividade de aproximadamente 8 toneladas em três safras. Para a produção total, o tratamento adubação convencional + irrigação apresentou produtividade superior ao tratamento adubação convencional, com aumento de produtividade de aproximadamente 14 toneladas em três safras. Para o cv. Fuji Suprema houve efeito de tratamentos para as classes de maior calibre de frutos. Na classe >70mm os tratamentos adubação convencional + irrigação e fertirrigação + irrigação apresentaram produtividade superior ao tratamento adubação convencional, com aumentos de produtividade de aproximadamente 10 toneladas no período avaliado. Na classe 65 a 70mm, o tratamento adubação convencional + irrigação apresentou produtividade superior ao tratamento adubação convencional, com aumento de produtividade de aproximadamente 6 toneladas em três

safras. Para a produção total, os tratamentos adubação convencional + irrigação e fertirrigação + irrigação apresentaram produtividade superior ao tratamento adubação convencional, com aumento de produtividade de aproximadamente 9 toneladas no período avaliado.

Tabela 1. Produção acumulada de frutos (safras 2011/12, 2012/13 e 2013/14), por classe de tamanho, para os cultivares de macieira Maxigala e Fuji Suprema em função dos tratamentos de irrigação e fertirrigação. Vacaria, RS

Tratamento	Classe de produção acumulada (kg.ha ⁻¹)				
	>70mm	65 a 70mm	55 a 65mm	< 55mm	Total
Maxigala					
Adubação convencional	21.664 ^{ns}	29.904 b	14.005 ^{ns}	1.379 ^{ns}	66.952 b
Adubação convencional + irrigação	23.864	37.809 a	16.819	1.795	80.287 a
Fertirrigação + irrigação	24.654	32.587 b	15.081	1.455	73.777 ab
Fertirrigação	23.327	30.505 b	17.217	1.861	72.910 ab
CV (%)	14,0	9,7	23,8	36,6	7,9
Fuji Suprema					
Adubação convencional	33.574 b	27.265 b	15.635 ^{ns}	1.918 ^{ns}	78.392 b
Adubação convencional + irrigação	42.725 a	33.299 a	16.431	2.047	94.502 a
Fertirrigação + irrigação	43.670 a	30.191 ab	16.819	2.123	92.802 a
Fertirrigação	39.407 ab	29.620 ab	14.541	1.756	83.524 ab
CV (%)	12,0	11,1	19,2	19,2	7,0

Nota: Médias seguidas de mesma letra, na coluna e para cada cultivar, não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. ^{ns} = não significativo.

Tabela 2. Cor vermelha da epiderme das maçãs (coordenadas cromáticas de croma "a") e teores de sólidos solúveis totais (SST) nas safras 2011/12 e 2012/13 para os cultivares de macieira Maxigala e Fuji Suprema em função dos tratamentos de irrigação e fertirrigação. Vacaria, RS

Tratamento	Cor vermelha ("a")		SST (°Brix)	
	2011/12	2012/13	2011/12	2012/13
Maxigala				
Adubação convencional	25,6 b	31,5 c	12,9 ^{ns}	14,5 a
Adubação convencional + irrigação	32,5 a	34,8 a	11,8	13,8 b
Fertirrigação + irrigação	30,5 a	32,0 bc	12,9	14,3 ab
Fertirrigação	32,4 a	33,6 ab	12,2	14,1 ab
CV (%)	8,2	4,0	6,7	2,6
Fuji Suprema				
Adubação convencional	22,7 b	16,8 ^{ns}	12,5 ^{ns}	13,5 ^{ns}
Adubação convencional + irrigação	27,6 a	19,2	12,2	13,8
Fertirrigação + irrigação	28,9 a	16,8	12,1	13,3
Fertirrigação	26,2 a	20,1	11,9	13,8
CV (%)	8,2	13,4	4,4	3,3

Nota: Médias seguidas de mesma letra, na coluna e para cada cultivar, não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. ^{ns} = não significativo.

Quanto à qualidade da fruta, na safra 2011/12, tanto no cv. Maxigala quanto no cv. Fuji Suprema, a coloração vermelha da epiderme aumentou significativamente com a irrigação e fertirrigação, enquanto os teores de sólidos solúveis totais (SST) não foram afetados pelos

tratamentos aplicados. Já na safra 2012/13, somente houve efeito de tratamentos no cv. Maxigala, em que o tratamento adubação convencional + irrigação apresentou a coloração vermelha da epiderme superior aos demais tratamentos, e os teores de sólidos solúveis totais (SST) do tratamento adubação convencional + irrigação foram inferiores aos do tratamento adubação convencional. Para o cv. Fuji Suprema não houve efeito de tratamentos.

Os períodos de *deficit* hídrico no solo na região de Vacaria, identificados durante a fase vegetativa da macieira nas safras 2011/12 e 2013/14, afetaram a produtividade e a qualidade dos frutos, de modo que o suprimento de água via irrigação aumentou o calibre da fruta e a produtividade nessas safras, bem como aumentou a coloração vermelha da epiderme da fruta, principalmente do cv. Maxigala. Efeitos da irrigação no aumento do tamanho dos frutos também foram verificados por Fallari et al. (2008) com o cv. Autumn Rose Fuji nos USA, por Neilsen et al. (2010) com o cv. Ambrosia no Canadá, e por Campi e García (2011) com o cv. Gala no sul do Uruguai. Wan Zaliha e Singh (2010), com o cv. Cripps Pink na Austrália e Iglesias et al. (2002) com o cv. Troped Delicious na Espanha, também verificaram que a irrigação aumentou a coloração vermelha da película dos frutos.

Os resultados obtidos tornam evidentes os benefícios da irrigação no cultivo de macieiras na região de Vacaria. Entretanto, a fertirrigação, como técnica de manejo para fornecer os nutrientes via sistema de irrigação, ainda não está ajustada adequadamente para promover os mesmos resultados da adubação convencional (via solo) aliada à irrigação. Provavelmente, sejam necessários ajustes nas doses e épocas de aplicação dos fertilizantes via fertirrigação para obter a máxima eficiência desse sistema.

Para a região de São Joaquim, os efeitos da irrigação e fertirrigação sobre a produção total de frutos e o peso médio de frutos na safra 2013/14 são apresentados na Tabela 3. Embora esses resultados representem apenas a primeira safra, já é possível verificar efeito dos tratamentos sobre a qualidade dos frutos. Verificou-se que o tratamento fertirrigação + irrigação apresentou maior peso médio de frutos que os tratamentos adubação convencional e adubação convencional + irrigação. Para a produção total de frutos não houve efeito significativo dos tratamentos. Para as condições dos solos da região de São Joaquim, a fertirrigação aliada à irrigação foi mais eficiente em disponibilizar os nutrientes para as plantas, principalmente nos momentos de maior *déficit* hídrico do solo.

Tabela 3. Produção total e peso médio de frutos do cultivar de macieira Fuji Suprema na safra 2013/14 em função dos tratamentos de irrigação e fertirrigação. São Joaquim, SC

Tratamento	Rendimento (kg.ha ⁻¹)	Peso médio do fruto (g)
Adubação convencional	9.840 ^{ns}	163 c
Adubação convencional + irrigação	9.054	169 bc
Fertirrigação + irrigação	11.813	197 a
Fertirrigação	10.986	182 ab
CV (%)	32,24	8,65

Nota: Médias seguidas de mesma letra, na coluna e para cada cultivar, não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.
^{ns} = não significativo.

Conclusões

O *deficit* hídrico no solo, na região de Vacaria, quando caracterizado, ocorre de forma concentrada nos meses de dezembro, janeiro e fevereiro, e o monitoramento da tensão da água no solo, através da tensiometria, foi eficiente para manter os índices de umidade do solo adequados para a cultura via irrigação.

A irrigação aumentou a produção de frutos de maior calibre, a produção total e a coloração vermelha da epiderme de frutos de macieiras cvs. Maxigala e Fuji Suprema quando houve *deficit* hídrico nos solos da região de Vacaria. Por outro lado, o uso da fertirrigação ainda não está ajustado adequadamente para promover os mesmos resultados da adubação convencional com irrigação, necessitando de ajuste para doses de nutrientes e épocas de aplicação.

Referências

- BEUKES, D.J.; WEBER, H.W. The effects of irrigation at different soil water levels on the water use characteristics of apple trees. **Journal of Horticultural Science**, Ashford, v.57, n.4, p.383-391, 1982.
- BRANCO, M.S.C.; NAVA, G.; ERNANI, P.R.; NACHTIGALL, G.R. Efeito da irrigação e fertirrigação na composição mineral de folhas de macieira. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 34., 2013, Florianópolis, SC. **Anais...** Florianópolis: SBCS, 2013. CD-ROM.
- CAMPI, P.; GARCÍA, C. Effects of irrigation management and nitrogen fertilization on the yield and quality of 'Gala' apple. **Acta Horticulturae**, Viña del Mar, v.889, p.249-255, 2011.
- FALLAHI, E.; FALLAHI, B.; SHAFII, B. Effects of irrigation systems and rootstocks on water use, tree growth, fruit quality, and mineral nutrients in apples during the third and fourth year after planting. **Acta Horticulturae**, Seul, v.772, p.33-39, 2008.
- HOFFMANN, A.; BERNARDI, J. Aspectos botânicos. In: NACHTIGALL, G.R. (Ed.). **Maçã: produção**. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho; Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. p.17-24.
- IGLESIAS, I.; SALVIA, J.; TORQUET, L.; CABÚS, C. Orchard cooling with overtree microsprinkler irrigation to improve fruit colour and quality of 'Topred Delicious' apples. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v.93, n.1, p.39-51, 2002.
- LI, F.; COHEN, S.; NAOR, A.; SHAOZONG, K.; EREZ, A. Studies of canopy structure and water use of apple trees on three rootstocks. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v.55, n.1, p.1-14, 2002.
- MPELASOKA, B.S.; BEHBOUDIAN, M.H.; MILLS, T.M. Effects of deficit irrigation on fruit maturity and quality of 'Braeburn' Apple. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v.90, p.279-290, 2001.
- NACHTIGALL, G.R.; CARGNINO, C.; NAVA, G. Efeito da irrigação e fertirrigação na produtividade e qualidade de macieiras Royal Gala. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS – FERTBIO 2012, 30., 2012, Maceió, AL. **Anais...** Maceió: SBCS, 2012. CD-ROM.
- NACHTIGALL, G.R.; FIORAVANÇO, J.C.; HOFFMANN, A. Macieira. In: MONTEIRO, J.E.B.A. (Ed.). **Agrometeorologia dos cultivos: o fator meteorológico na produção agrícola**. Brasília, DF: INMET, 2009. p.449-464.
- NEILSEN, D.; NEILSEN, G.H.; HERBERT, L.; GUAK, S. Effect of irrigation and crop load management on fruit nutrition and quality for Ambrosia/M.9 apple. **Acta Horticulturae**, Faro, v.868, p.63-72, 2010.
- PEREIRA, A.B.; VILLA NOVA, N.A.; ALFARO, A.T. Necessidades hídricas de citros e macieiras a partir da área foliar e da energia solar. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.31, n.3, p.671-679, 2009.

- RUFAT, J.; MATA, M.; ARBONÉS, A.; DEL CAMPO, J.; GELLY, M.; MARSAL, J.; GIRONA, J. Fruit development, yield and quality in response to irrigation and nitrogen application on Golden Delicious apples. **Bulletin OILB/SROP**, Lleida, v.24; n.5, p.359-365, 2001.
- VAN GENUCHTEN, M.T. A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v.44, p.892-898, 1980.
- WAN ZALIHA, W.S.; SINGH, Z. Fruit quality and postharvest performance of 'Cripps Pink' apple in relation to withholding irrigation. **Acta Horticulturae**, Antalya, v.877, p.147-154, 2010.
- WOJCIK, P.; TREDER, W. Effect of drip boron fertigation on yield and fruit quality in a high-density apple orchard. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v.29, p.2199-2213, 2006.