

MAÊVE SILVEIRA CASTELO BRANCO

**DESENVOLVIMENTO INICIAL DE MACIEIRAS SUBMETIDAS
A REGIMES DE IRRIGAÇÃO E FERTIRRIGAÇÃO EM SÃO
JOAQUIM- SC**

Dissertação apresentada como
requisito parcial para obtenção do
título de Mestre no Curso de Pós-
graduação em Ciência do Solo da
Universidade do Estado de Santa
Catarina - UDESC.

Orientador: Dr. Paulo Roberto
Ernani
Co-orientadores: Dr. Gilberto Nava
Dr. Cassandro Vidal Talamini do
Amarante

**LAGES, SC
2014**

C349d Castelo Branco, Maêve Silveira

Desenvolvimento inicial de macieiras submetidas a regimes de irrigação e fertirrigação em São Joaquim- SC./Maêve Silveira Castelo Branco. -Lages, 2014.

81p. : il. ; 21 cm

Orientador: Paulo Roberto Ernani

Coorientador: Gilberto Nava

Coorientador: Cassandro Vidal Talamini do Amarante

Bibliografia: p. 73-81

Dissertação (mestrado) - Universidade do Estado de

Santa Catarina, Centro de Ciências

Agroveteinárias, Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Lages, 2014.

1. Déficit hídrico. 2. Composição mineral.

3. *Malus domestica* Borkh. I. Castelo Branco, Maêve Silveira. II. Ernani, Paulo Roberto.

III. Universidade do Estado de Santa Catarina.

Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo. IV. Título

CDD: 634.11 - 20.ed.

MAÊVE SILVEIRA CASTELO BRANCO

**DESENVOLVIMENTO INICIAL DE MACIEIRAS SUBMETIDAS
A REGIMES DE IRRIGAÇÃO E FERTIRRIGAÇÃO EM SÃO
JOAQUIM- SC**

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção
do grau de Mestre no Curso de Pós-Graduação em Ciência do
Solo da Universidade do Estado de Santa Catarina- UDESC.

Banca Examinadora:

Orientador: _____
Professor Dr. Paulo Roberto Ernani
Universidade do Estado de Santa Catarina

Co- orientador: _____
Pesquisador Dr. Gilberto Nava
EMBRAPA - Clima Temperado

Co- orientador: _____
Professor Dr. Cassandro Vidal Talamini do Amarante
Universidade do Estado de Santa Catarina

Lages, SC, 29 de agosto de 2014

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por iluminar meus caminhos durante esta jornada.

Aos meus pais pelo apoio e incentivo na busca pelo conhecimento.

Ao meu irmão Felipe pelo companheirismo.

À minha família, em especial às minhas avós Hilda e Antônia, que sempre torceram por mim.

Ao meu namorado Cleverton pelo apoio e estímulo.

À UDESC pela oportunidade de cursar o Mestrado, e ao CNPq pela concessão da bolsa através do projeto INOVAMAÇÃ.

Ao professor Paulo Roberto Ernani pela orientação, ensinamentos, confiança e amizade. És um grande mestre.

Ao pesquisador Gilberto Nava por me incentivar a cursar o mestrado, além de auxiliar em todos os momentos da implantação do experimento à análise dos dados. Um profissional exemplar e grande amigo.

À EPAGRI, por ceder a área para a implantação do experimento além de disponibilizar toda a estrutura de laboratórios para a realização das análises.

Ao Dr Gilmar Ribeiro Nachtigall, pelo auxílio e atenção dispensados da instalação do experimento à tabulação dos dados.

Aos amigos da EPAGRI, em especial à Maria Adriana, Miguel, Adriano e Marcelo pelo auxílio, apoio e dedicação na realização das análises laboratoriais e trabalhos de campo.

À Alessandra Sá pela ajuda durante todo o curso, e principalmente pelo auxílio na execução das análises estatísticas.

Aos colegas de curso, em especial aos amigos do laboratório de química e fertilidade do solo, pela ajuda na execução das análises de polpa.

Às amigas Aline e Elisandra pelo apoio, pois mesmo distantes sempre soube que poderia contar com vocês.

Aos amigos de longa data, e aos novos amigos, pelo apoio, momentos de alegria e descontração, e auxílio na execução dos trabalhos.

"Mais importante que
aprender é nunca perder a
capacidade de aprender."
Leonardo Boff

RESUMO

CASTELO BRANCO, Maêve Silveira. **Desenvolvimento inicial de macieiras submetidas a regimes de irrigação e fertirrigação em São Joaquim- SC.** 2014. 81p. Dissertação de Mestrado em Ciência do Solo. Área: Fertilidade e Química do Solo. Universidade do Estado de Santa Catarina- Centro de Ciências Agroveterinárias, Lages, 2014.

Nos últimos anos ocorreram períodos frequentes de estiagem e irregularidade na distribuição de chuvas nas principais regiões produtoras de maçã do Brasil. O déficit hídrico durante o período de crescimento dos frutos pode afetar a produtividade, qualidade dos frutos e o crescimento da planta, assim como a diferenciação floral para o ciclo seguinte. O presente trabalho objetivou avaliar o teor de nutrientes nas folhas e na polpa dos frutos, incremento da produtividade e qualidade dos frutos, e crescimento da macieira em função da forma de aplicação dos fertilizantes (convencional ou fertirrigação) e da adição ou não de água via irrigação. O experimento foi conduzido na estação experimental da EPAGRI de São Joaquim durante as estações de crescimento 2012/2013 e 2013/2014 em pomar implantado no ano de 2011 com a cultivar 'Kinkas', sobre porta-enxerto Marubakaido com interenxerto de M.9 e espaçamento entre filas de 4,0m e 1,5m entre plantas. Utilizou-se o delineamento experimental de blocos ao acaso, com oito repetições dos seguintes tratamentos: T1 – adubação convencional; T2 – irrigação + adubação convencional; T3- irrigação + fertirrigação; e T4 - fertirrigação. Através da média das leituras diárias dos tensiômetros instalados nas profundidades de 15 e 30cm, e a curva de retenção de água no solo foi determinada a necessidade de irrigação e o tempo de aplicação. Em 2012, ano de implantação do experimento, foram aplicados 27 kg ha^{-1} de N, e na safra seguinte 100 kg ha^{-1} de N e 150 kg ha^{-1} de K₂O. A adubação foi parcelada em três

aplicações, nos tratamentos com adubação convencional (T1 e T2), e seis aplicações quinzenais nos tratamentos fertirrigados (T3 e T4), no período de novembro a janeiro. Não houve acréscimo dos teores foliares e da polpa dos frutos para os nutrientes avaliados em resposta ao uso de irrigação para a macieira. O uso de irrigação e/ou fertirrigação não influenciou o desenvolvimento inicial de macieiras. A avaliação dos frutos demonstrou que a adubação convencional apresentou maior firmeza de polpa e menor brilho (L) em relação aos demais tratamentos. O tratamento irrigação + fertirrigação apresentou o maior peso médio de frutos, porém a produtividade não diferiu entre eles. A fertirrigação demonstrou ser a melhor forma de aplicação de fertilizantes, mas mesmo assim é necessário aprimorar as doses e períodos de aplicação para obter máxima eficiência. Durante o período experimental foram observados vários períodos de déficit hídrico, inclusive nas fases de maior demanda hídrica da cultura.

Palavras-chave: Déficit hídrico; Composição mineral; *Malus domestica* Borkh.

ABSTRACT

CASTELO BRANCO, Maêve Silveira. **Initial growth of apples as affected by irrigation and fertigation in São Joaquim, Southern of Brazil.** 2014. 81p. Dissertation in Soil Science. Area: Fertility and Soil Chemistry. Santa Catarina State University - Centro de Ciências Agroveterinárias, Lages, 2014.

In the last years occurred frequent drought periods as well as irregularity on rain precipitation in the main apple growth regions in Brazil. Water deficits during fruit growth development may affect yield, fruit quality, plant growth and floral differentiation for the next season. This study aimed to evaluate nutrient content on leaves and fruit flesh, yield and quality of fruits, as well as apple tree growth as affected by the fertilizer physical form (conventional or fertigation) and water addition or not via irrigation. The experiment was carried out in São Joaquim, Southern of Brazil, during 2012/2013 and 2013/2014 growing season. The orchard was planted in 2011 with 'Kinkas' cultivar grafted over a Marubakaido rootstock, spaced 4.0 m between rows and 1.5 m between plants. The eight replications of each treatment were allocated in the completely randomized block design. Treatments consisted of conventional solid soil fertilization (T1), irrigation + conventional solid soil fertilization, irrigation + fertigation (T3), and fertigation (T4). From the daily averages of tensiometers readings installed in the 0 to 15 and 15 to 30 cm depths in addition to the water soil retention curve it was determined the irrigation need and the application time. In 2012, when the experiment was set up, was applied 27 kg ha^{-1} of N; in the following season, it was applied 100 kg ha^{-1} of N and 150 kg ha^{-1} of K_2O . Fertilizers were split three times on treatments T1 and T2, and six times on treatments T3 and T4, from November through January. Irrigation did not affect the nutrient content in leaves or fruit flesh. Irrigation and fertigation had no effect on apple initial tree growth.

Fruits from the T1 treatment had higher firmness and lower color (L) than fruits from the other treatments. Fruits from T3 (irrigation + fertigation) presented the highest weight. Fruit yield, however, did not differ among treatments. Fertigation was the best form of nutrient application to the plants, but it is necessary to determine rates and times of application to obtain the maximum efficiency. During the experimental period it was observed many drought periods, including in the highest water demand by apple trees.

Keywords: Water deficit; Mineral composition; *Malus domestica* Borkh.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Análise química do solo nos anos de 2011 e 2012...	58
Tabela 2 - Resultado da análise química do solo no ano de 2013 para os diferentes tratamentos.	59
Tabela 3 - Teores de macronutrientes e micronutrientes nas folhas de macieira em função da forma física de aplicação dos fertilizantes (convencional e via fertirrigação) e da adição ou não de água via irrigação. Safra 2012-2013.	60
Tabela 4 - Teores foliares de macronutrientes e micronutrientes em função da forma física de aplicação dos fertilizantes (convencional e via fertirrigação) e da adição ou não de água via irrigação. Safra 2013-2014.	62
Tabela 5 - Teores de macronutrientes na polpa de maçãs, e comparação das médias por contrastes em função da forma física de aplicação dos fertilizantes (convencional e via fertirrigação) e da adição ou não de água via irrigação.	64
Tabela 6 - Relações entre K/Ca, (K+Mg)/Ca e N/Ca na polpa de maçãs em função da forma física de aplicação dos fertilizantes (convencional e via fertirrigação) e da adição ou não de água via irrigação. Safra 2013-2014.	65
Tabela 7 - Coloração de frutos de macieiras em função da forma física de aplicação dos fertilizantes (convencional e via fertirrigação) e da adição ou não de água via irrigação. Safra 2013-2014.	66
Tabela 8 - Avaliação de frutos na colheita em função da forma física de aplicação dos fertilizantes (convencional e via fertirrigação) e da adição ou não de água via irrigação. Safra 2013-2014.	68

Tabela 9 - Peso médio de frutos e produtividade de macieiras em função da forma física de aplicação dos fertilizantes (convencional e via fertirrigação) e da adição ou não de água via irrigação. Safra 2013-2014.....	69
Tabela 10 - Circunferência do tronco medida 15cm acima do ponto de enxertia, nos anos de 2012, 2013 e crescimento do período (cm), em função da forma física de aplicação dos fertilizantes (convencional e via fertirrigação) e da adição ou não de água via irrigação.	70

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Curva de retenção de água no solo para as profundidades de 0 a 0,15 cm e 15 a 30 cm, utilizando valores ajustados pela equação de van Genuchten para um Cambissolo Húmico de São Joaquim, SC.....	47
Figura 2- Monitoramento hídrico do solo utilizando tensímetro digital.	48
Figura 3- Faixa delimitada para medição da circunferência do tronco a 15 cm do ponto de enxertia.	52
Figura 4- Monitoramento hídrico do solo na profundidade de 20 a 40 cm, na safra 2012-2013.	56
Figura 5- Monitoramento hídrico do solo na profundidade de 20 a 40 cm, na safra 2013-2014.	57

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	29
1.1 HIPÓTESES	30
1.2 OBJETIVO	30
2.1 A CULTURA DA MACIEIRA	32
2.2 IRRIGAÇÃO	33
2.3 NUTRIÇÃO MINERAL.....	37
2.4 ASPECTOS FISIOLÓGICOS	41
3.1 DESCRIÇÃO DO LOCAL.....	43
3.2 CARACTERÍSTICAS DOS TRATAMENTOS	44
3.3 ANÁLISE QUÍMICA DO SOLO	46
3.4 CURVA DE RETENÇÃO DE ÁGUA NO SOLO.....	46
3.4.1 Leitura dos tensiômetros.....	47
3.4.2 Determinação do tempo de Irrigação.....	48
3.5 Análise química de folhas	49
3.6 Análise fisiológica de frutos	49
3.7 Análise química da polpa	51
3.8 DETERMINAÇÃO DO CRESCIMENTO E ESTRUTURAS PRODUTIVAS	51
3.9 COLHEITA DOS FRUTOS.....	52
3.10 ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	53
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	54
4.1 MONITORAMENTO HÍDRICO.....	54
4.2.1 No Solo.....	58
4.2.2 Nas Folhas	59
4.2.3 Nos frutos	62
4.2.4 Na Planta.....	70

5 CONCLUSÕES	71
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	72
REFERÊNCIAS.....	73

1 INTRODUÇÃO

O cultivo de maçãs no sul do Brasil teve início na década de 60, sendo consolidado na década de 90 nas regiões altas do sul do país. A produção se concentra nos estados de Santa Catarina, Rio Grande do Sul e Paraná. O estado de Santa Catarina é o maior produtor nacional da fruta, com destaque para os municípios de São Joaquim e Fraiburgo. Atualmente São Joaquim possui a maior área de produção de maçãs do Brasil. Na safra 2012, segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2013) o município superou Vacaria, sendo colhidas 291.375t em 8325 ha, com predomínio de clones mutantes das cultivares Gala e Fuji. O município se confirma como pólo de produção de maçãs, e se destaca pela qualidade diferenciada dos frutos produzidos em pequenas propriedades.

Para que o potencial produtivo seja completamente explorado, as plantas necessitam estar sob condições ideais para seu crescimento e desenvolvimento. Nutrição, disponibilidade de água e sanidade, qualquer falha ou negligência em qualquer um destes fatores, resulta na redução da qualidade dos frutos e consequentemente da rentabilidade. A produção de maçãs nos últimos anos tem sido afetada principalmente por vários fatores climáticos, incluindo geadas, granizo, estiagem e irregularidade de chuvas durante o ciclo produtivo. Considerando que períodos de estiagem, principalmente nas fases de maior demanda hídrica da cultura, tem influência direta na qualidade dos frutos, produtividade e desenvolvimento da macieira, a utilização de sistemas de irrigação pode ser vantajosa.

A ocorrência de distúrbios fisiológicos também é favorecida em anos com déficit hídrico, principalmente

no período inicial do desenvolvimento dos frutos, fase em que os frutos mais acumulam cálcio (PETRI, 2006).

No Brasil, sistemas de irrigação e ou fertirrigação ainda são pouco utilizados para a cultura da macieira. Nos últimos anos, com a ocorrência de períodos de estiagem, e a crescente demanda por frutos de qualidade, com maior calibre e coloração, tem aumentado o interesse dos produtores pela instalação de sistemas de irrigação para suprir as necessidades hídricas da cultura. Além disso, o aumento dos custos com mão-de-obra e insumos os produtores devem obter além de frutos de qualidade, altas produtividades, para que possam se manter na atividade. Visto isso, a demanda por informações a respeito de tecnologias e manejo de irrigação tem sido cada vez maior.

1.1 HIPÓTESES

A aplicação de água via irrigação, principalmente em períodos de estiagem, proporcionará melhor desenvolvimento inicial de macieiras, com reflexos na produção futura.

A fertirrigação aumentará os teores de macronutrientes nos tecidos foliares e nos frutos, diminuindo a ocorrência de distúrbios fisiológicos ocasionados pela deficiência de nutrientes.

1.2 OBJETIVO

Avaliar o efeito da irrigação, bem como comparar o efeito da adubação convencional (em superfície) em relação ao uso da fertirrigação quanto ao teor de nutrientes nas folhas e na polpa dos frutos, incremento da produtividade, qualidade dos frutos e crescimento

inicial de macieiras 'Kinkas' cultivadas em São Joaquim-SC.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 A CULTURA DA MACIEIRA

A macieira é uma espécie de fruteira lenhosa, decídua, muito adaptável a diferentes climas, crescendo desde os trópicos até altas latitudes (IUCHI, 2006). Ao final do ciclo ocorre queda das folhas e a planta entra em dormência, o que permite a sua sobrevivência a baixas temperaturas. A necessidade de frio hibernal, com temperaturas inferiores a 7,2°C, para que ocorra a superação da dormência e o início de um novo ciclo vegetativo, é um fator limitante para a produção de maçãs. Assim sendo, o cultivo no Brasil está concentrado na região sul, principalmente nos estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul.

As cultivares Gala e Fuji e seus clones, com maior coloração vermelha dos frutos, ainda representam 90% da produção, mas a tendência é que haja maior diversificação, com a disponibilidade de novas cultivares, mais adaptadas ao clima do sul do Brasil e com resistência à principais doenças, oriundas de programa de melhoramento genético (PETRI; LEITE, 2008).

Os solos onde a macieira está sendo cultivada apresentam grande variabilidade química e física (PETRI, 2006). São solos ácidos e de fertilidade natural baixa, o que exige o uso de fertilizantes e corretivos para obtenção de produtividade com frutos de alta qualidade (NAVA et al., 2002). Nas regiões produtoras de Vacaria e Fraiburgo predominam os Latossolos, que são solos profundos e com textura argilosa. Já a região de São Joaquim caracteriza-se pela ocorrência de solos rasos, com afloramento de rochas e com elevado teor de matéria orgânica, como Cambissolos e Neossolos.

Embora as principais regiões produtoras de maçãs do sul do Brasil apresentem elevados índices pluviométricos, acima de 1200 mm anuais, durante o ciclo da cultura é comum a ocorrência de déficit hídrico, o que pode prejudicar a qualidade dos frutos e a produtividade (CONCEIÇÃO et al., 2009). Sendo assim, a irrigação tem a função de complementar o fornecimento de água e nutrientes durante períodos de déficit hídrico para que a produção não seja prejudicada.

2.2 IRRIGAÇÃO

No Brasil, em função das características climáticas predominantes até a última década, a irrigação e/ou a fertirrigação não eram técnicas incorporadas aos sistemas de produção de maçãs (NACHTIGALL et al., 2014). Entende-se por irrigação, o fornecimento da água de forma a suprir as necessidades hídricas das culturas (parciais ou totais) e de modo a possibilitar o seu desenvolvimento e produção (MANTOVANI; BERNARDO; PALARETTI, 2012).

Para obter altas produtividades e frutos de qualidade, é imprescindível a manutenção de condições hídricas adequadas nos solos (CONCEIÇÃO, 2010). Gil (2006) afirma que a irrigação é a prática de maior impacto na manutenção da umidade do solo, e outras medidas ajudam a conservar esta umidade, como a eliminação de plantas espontâneas, as quais consomem água e inibem o desenvolvimento da cultura de interesse, bem como o manejo adequado do solo para reter água e favorecer o crescimento de raízes.

No sistema de irrigação localizada, a água é aplicada diretamente na região radicular em pequenas intensidades (baixa vazão) e alta frequência, mantendo o solo próximo à capacidade de campo (MANTOVANI;

BERNARDO; PALARETTI, 2012). Para a maioria dos solos considera-se -10kPa como sendo a capacidade de campo (CC), ou seja, o teor ideal de umidade no solo onde há água facilmente disponível às plantas, sem que a aeração seja prejudicada (BOLLAND; ZIEHRL; BEAUMONT, 2002). Já no ponto de murcha permanente (PMP), o potencial hídrico do solo é tão baixo que as plantas não são capazes de absorver a água do solo e recuperar a pressão de turgor das células, mesmo que toda a perda de água por transpiração cesse, significando que o potencial hídrico do solo é menor ou igual ao potencial osmótico da planta (TAIZ; ZEIGER, 2004). De maneira geral, o sistema de irrigação por gotejamento é o mais recomendado para pomares de maçã modernos, pois promove maior economia de água, produtividade e qualidade dos frutos (FALLAHI et al., 2010; FALLAHI, 2012).

A quantidade de água a ser aplicada e o intervalo entre os períodos de irrigação dependem principalmente: do tipo de solo; dos fatores climáticos como temperatura, umidade do ar e pluviosidade; e da demanda hídrica da cultura. Segundo Hillel (1998), o principal problema do manejo da irrigação é determinar a frequência, o volume e o tempo de irrigação para otimizar o crescimento e a produtividade da cultura. Visto isso, é indispensável conhecer as características do solo e a curva de retenção de água, assim como a evapotranspiração da cultura (ETc) a ser irrigada. A curva característica de retenção de água no solo relaciona a umidade volumétrica e a tensão da água no solo. Solos com maior capacidade de armazenamento de água permitem intervalos maiores entre irrigações (CONCEIÇÃO, 2006).

A demanda hídrica e os coeficientes da cultura (K_c) da macieira para as condições brasileiras foram determinados por Conceição et al. (2011) na região de

Vacaria, RS. A evapotranspiração da cultura (ETc), que equivale à soma da evaporação da água do solo (ETo) e a transpiração das plantas (Kc), depende de diversos fatores relacionados à planta, ao solo e às condições meteorológicas locais (CONCEIÇÃO, 2006). Para as condições de Vacaria, RS, no ano de 2010, a ETc apresentou média de $1,9 \text{ mm dia}^{-1}$, sendo que os maiores valores médios ocorreram nos meses de janeiro, fevereiro e março, que corresponde ao período de pré-colheita e colheita dos frutos.

O monitoramento da tensão da água no solo, visando uma correta aplicação de irrigação, é eficiente para manter os índices de umidade do solo adequados para a cultura (CONCEIÇÃO et al., 2011). Como critério para determinação do momento de irrigação, pode-se utilizar valores limites da tensão da água no solo, empregando-se tensiômetros (CONCEIÇÃO, 2006).

O tensiômetro é uma ferramenta prática e precisa para determinar a tensão da água no solo. É constituído basicamente por uma cápsula porosa na extremidade inferior, um tubo preenchido com água e com sua extremidade superior fechada hermeticamente. Quando instalado no solo, a água contida na cápsula tende a entrar em equilíbrio com a tensão da água no solo ao seu redor. À medida que a água sai do tensiômetro, crie-se vácuo na extremidade superior, o qual pode ser medido utilizando-se um vacuômetro ou um tensímetro analógico ou digital. A profundidade de instalação deve representar a profundidade efetiva do sistema radicular da cultura. Para a macieira considera-se que a maior parte das raízes encontra-se na camada de 0-40 cm de profundidade (HOFFMANN; BERNARDI, 2004; SUZUKI; BASSO, 2006).

Temperatura e irrigação afetam a produção, o desenvolvimento e a qualidade das maçãs (ATKINSON

et al., 1998). Na fase de crescimento, as altas temperaturas, iguais ou superiores a 30°C, tendem a ser mais prejudiciais que baixas temperaturas, agravando-se quando acompanhadas de estresse hídrico (PETRI, 2006), podendo causar além de distúrbios fisiológicos, a redução da frutificação efetiva e do tamanho final dos frutos. Queimaduras de frutos também são frequentes em condições de temperaturas elevadas e déficit hídrico (PETRI, 2006). Fallahi et al. (2010) relata que houve redução da incidência de queimadura de sol em frutos de plantas sob sistemas de irrigação localizada, pois possuem uma copa mais desenvolvida e maior área foliar.

Atkinson et al. (1998) conduziram um experimento com macieiras em ambientes cobertos e irrigados, e ambientes não cobertos com e sem irrigação (apenas com a precipitação pluviométrica), e observaram que os frutos dos tratamentos que receberam irrigação tinham as células do córtex com tamanho similar. Isso explica o fato de que frutos submetidos à irrigação são maiores, não por possuir mais células, e sim células maiores. Células grandes são possivelmente as responsáveis pela redução na firmeza de polpa (ATKINSON et al., 1998), pois os espaços intercelulares são maiores.

O déficit hídrico na primavera afeta pouco o crescimento e a abscisão de frutos em plantas caducifólias vigorosas, e muito nas pouco vigorosas; pelo contrário, seu efeito é evidente se ocorrer durante o crescimento rápido do fruto de qualquer espécie (GIL, 2006). Segundo Petri (2006), períodos de estiagem durante o estágio de crescimento dos frutos poderão afetar o tamanho dos mesmos além da diferenciação de gemas floríferas para o ano seguinte. sendo que a formação de flores coincide temporalmente com o

desenvolvimento de brotos e frutos, influenciando no metabolismo das gemas jovens (PETRI et al., 2011).

A restrição hídrica no final do ciclo (104 dias após a plena floração- DAPF, até a colheita, 194 DAPF) pode ser utilizada na produção de maçãs para melhorar a qualidade dos frutos em termos de aumento dos sólidos solúveis, firmeza de polpa, açúcares solúveis e a intensidade da cor vermelha da epiderme, sem prejudicar o tamanho dos frutos a produtividade e a floração do ano seguinte (KILILI; BEHBOUDIAN; MILLS, 1996), além de apresentar maiores teores de Ca na polpa. Na maçã, embora a expansão dos frutos continue, as taxas de crescimento declinam no final do ciclo de desenvolvimento. Já quando o déficit hídrico, ou irrigação deficiente, ocorre durante a fase de crescimento rápido dos frutos (início do desenvolvimento), resulta em frutos de menor tamanho (KILILI; BEHBOUDIAN; MILLS, 1996; MPELASOKA; BEHBOUDIAN; GREEN, 2001), além de reduzir o retorno de floração na próxima safra.

O manejo da irrigação em regiões de clima temperado, tropical e subtropical que apresentam precipitação pluviométrica em volumes adequados, porém mal distribuídos, ainda não está bem estabelecido (AL-YAHYAI, 2012). Com a crescente demanda por novas cultivares, pomares mais adensados e diferentes sistemas de condução, o impacto dos vários sistemas de irrigação e da forma de aplicação da água na qualidade dos frutos e na produção de maçãs precisam ser mais estudados (FALLAHI et al., 2010).

2.3 NUTRIÇÃO MINERAL

As plantas necessitam de nutrientes nos diferentes estádios do seu desenvolvimento, em

quantidades variáveis. Sob o ponto de vista nutricional, para a obtenção de plantas produtivas e com produção de qualidade, é necessário que haja disponibilidade e absorção dos nutrientes em proporções adequadas, tanto via solo como através da suplementação via foliar (NAVA et al., 2002).

A planta absorve os nutrientes disponíveis do solo e, assim, alterações nas condições de disponibilidade destes elementos exercem influência sobre o processo de absorção (RAIJ, 2011). Além da deficiência e do desequilíbrio nutricional, previsíveis pela análise de solo, há outros fatores que afetam a nutrição da planta, como a má aeração do solo, deficiência hídrica e a sanidade do sistema radicular (GIL, 2006; RAIJ, 2011).

A água do solo é o veículo de transferência de elementos químicos, nutrientes e outras substâncias do solo para as raízes (RAIJ, 2011). Sendo assim, a solução do solo contém praticamente todos os componentes orgânicos e inorgânicos existentes na fase sólida do solo (ERNANI, 2008).

O momento ideal de aplicação dos fertilizantes para suprir as necessidades da planta e proporcionar o crescimento e desenvolvimento dos frutos, sem causar desequilíbrio nutricional, depende da mobilidade do nutriente no solo.

A fertirrigação, aplicação direta de fertilizantes na irrigação, é um método eficiente de fornecimento de nutrientes para árvores frutíferas (NEILSEN et al., 1998), pois disponibiliza nutrientes dissolvidos na água de irrigação, que podem ser prontamente absorvidos pelas plantas. Neilsen & Neilsen (2008) consideram que a fertirrigação permite maior flexibilidade no período de aplicação, e na precisão do fornecimento de nutrientes, independente das condições climáticas (KIPP, 1992). A aplicação de fertilizantes no mesmo local em que está

sendo aplicada a água, é especialmente importante nos sistemas de irrigação por gotejamento e microaspersão, devido à menor superfície de solo umedecida por estes sistemas (CONCEIÇÃO et al., 2011). A fertirrigação pode ser utilizada como medida para reduzir o período improductivo nos pomares jovens (KIPP, 1992).

A umidade do solo representa um importante fator para que P e K consigam chegar até a superfície das raízes e serem absorvidos pelas plantas, pois o principal mecanismo de suprimento destes nutrientes é a difusão (RAIJ, 2011). A disponibilidade de nutrientes pouco móveis no solo em direção às raízes, como P e K, é facilitada quando estes nutrientes são aplicados em solução, via fertirrigação (NEILSEN; NEILSEN, 2008; NEILSEN; NEILSEN; PERYEA, 1999), o que também pode favorecer a movimentação no perfil do solo (SOUZA et al., 2006). A maior mobilidade de P em solos irrigados se deve ao movimento do nutriente por fluxo de massa após a saturação dos sítios de ligação próximos da zona de aplicação de P (NEILSEN; NEILSEN; PERYEA, 1999). Para Neilson & Neilson (2014), fertirrigações com K são capazes de manter os teores foliares acima dos níveis de deficiência e aumenta a concentração de K nos frutos; já para o Ca, as respostas à aplicação via fertirrigação são limitadas.

O Ca é um nutriente importante na nutrição da macieira, uma vez que o acúmulo significativo deste nutriente nos frutos ocorre até aproximadamente 45 dias após a plena floração (DAPF), período este que corresponde a fase de divisão celular (AMARANTE et al., 2006). Por isso, é fundamental que o potencial hídrico do solo se mantenha próximo à capacidade de campo, além do correto manejo das invasoras para evitar a competição destas com a macieira neste período.

O período de maior demanda de N pelas macieiras ocorre na primavera, durante a divisão celular, que acontece nos 45 DAPF. A aplicação de N neste período estimula o desenvolvimento vegetativo e o crescimento dos frutos, mas aplicações tardias podem prejudicar a coloração e a conservação dos frutos (ERNANI, 2003). A maior eficiência na utilização do N pelas macieiras foi observada quando a irrigação foi programada para atender às demandas de evaporação, ao invés de aplicar em datas pré-fixadas durante o ano, sendo que o melhor momento para realizar fertirrigação utilizando N, é no período de 4 a 6 semanas após a queda de pétalas, quando ocorre crescimento rápido de ramos (NEILSEN et al., 2001; NEILSEN; NEILSEN, 2014). O N é muito móvel no solo, independentemente da forma física de aplicação do fertilizante, adubação sólida ou via fertirrigação (NEILSEN; NEILSEN; PERYEA, 1999).

As quantidades de N e K₂O a serem suplementadas devem ser previstas com relativa precisão, pois a deficiência destes nutrientes pode ocasionar perdas de produção devido ao menor tamanho dos frutos e da qualidade, além da redução da coloração, já o excesso está associado ao baixo potencial de armazenagem (SOUZA et al., 2013).

Nas primeiras três semanas após a plena floração há a redução na concentração dos nutrientes nos frutos e nas folhas devido ao seu crescimento. Este fato pode estar relacionado ao efeito de diluição dos nutrientes devido ao crescimento de folhas e frutos, e pela redistribuição dos nutrientes para outros órgãos da planta até o final do ciclo (NACHTIGALL; DECHEN, 2006).

2.4 ASPECTOS FISIOLÓGICOS

Durante a divisão celular, que se estende do final da floração até cerca de 45 DAPF, o fruto participa nos processos de fotossíntese e recebe um grande suprimento de água e nutrientes através do xilema, sendo este o período de maior absorção de Ca pelos frutos (BASSO, 2006; AMARANTE; CHAVES; ERNANI, 2006). Após este período o suprimento de água para o fruto passa a ser via floema, no qual a mobilidade do Ca é muito baixa (TAIZ; ZEIGER, 2004).

A maioria dos desequilíbrios fisiológicos que ocorrem em maçãs está de alguma forma relacionada com a deficiência de Ca. O "bitter pit", importante distúrbio fisiológico, é caracterizado por manchas pequenas de cor escura na casca, acima das áreas de tecido necrosado da polpa (AMARANTE; CHAVES; ERNANI, 2006). Frutos com baixos teores de Ca, e relações altas de K/Ca, (K+Mg)/Ca e N/Ca são mais suscetíveis a apresentar "bitter pit" (NACHTIGALL; FREIRE, 1998). Os frutos com "bitter pit" apresentam baixa quantidade de Ca fisiologicamente ativo presente no apoplasto, e elevados teores de Ca indisponível, que se encontram no interior do vacúolo e complexados a proteínas e a lipídeos na membrana plasmática (FREITAS et al., 2010).

Segundo Luchi et al. (2001), a irrigação quando planejada para atender períodos críticos de absorção de Ca, pode contribuir para um melhor balanço nutricional, diminuindo a incidência de "bitter pit" e outros distúrbios ligados ao Ca, mas quando em excesso pode elevar a incidência de "bitter pit" ao estimular o crescimento excessivo dos frutos e acelerar a maturação. Quando em stress hídrico no início do ciclo, a planta prioriza o crescimento vegetativo ao desenvolvimento dos frutos,

sendo que estes cedem suas reservas para outras partes da planta, causando a morte de células da polpa e a deformação dos frutos, distúrbio este conhecido como "cork spot".

Além da composição mineral, fatores de natureza genética e metabólica podem interferir na manifestação dos diferentes distúrbios fisiológicos em pós- colheita (AMARANTE et al., 2012).

Segundo Iuchi (2006), o déficit hídrico tem efeito maior sobre o crescimento do que sobre a produção, e isso implica que, onde o suprimento de carboidratos é restrito, a alocação para os frutos tem prioridades sobre a alocação para novo crescimento. Há evidências de que a competição por nutrientes e hormônios entre os frutos, e deles com os brotos, seja o fator chave para a queda dos frutos mais débeis (GIL, 2006), frutos estes ainda no início do seu desenvolvimento. A restrição hídrica no início do verão também pode interferir no retorno de floração na próxima safra (KILILI; BEHBOUDIAN; MILLS, 1996).

A coloração dos frutos também pode ser afetada pelo uso de irrigação, sendo verificado aumento da coloração vermelha dos frutos por Iglesias et al. (2002). A intensidade da cor vermelha e o tamanho (calibre) são fatores importantes para determinar o padrão de classificação da fruta, pois estão diretamente relacionados ao aspecto visual, à aceitação pelo consumidor e à remuneração ao produtor.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 DESCRIÇÃO DO LOCAL

O experimento foi conduzido na Estação Experimental da Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (EPAGRI) em São Joaquim, SC, localizada a aproximadamente 1400m de altitude ($28^{\circ} 16' 39''$ S, $49^{\circ} 55' 56''$ W), em um Cambissolo Húmico, durante as estações de crescimento 2012-2013 e 2013-2014. A temperatura média anual é de $13,2^{\circ}\text{C}$ e precipitação pluviométrica média de 1680mm anuais. O clima da região de acordo com a classificação de Köppen (EMBRAPA, 2004), é subtropical com verões brandos (Cfb). O pomar foi plantado no ano de 2011, com a cultivar Kinkas, sobre porta-enxerto Marubakaido com interenxerto M-9 (o qual confere a planta o porte semianão). O sistema de condução utilizado foi o de líder central, com espaçamento entre filas de 4,0 m e entre plantas de 1,5 m, totalizando 1.666 planta por hectare.

Na implantação do experimento foi realizado o preparo inicial do solo com aração e gradagens. Para a correção da acidez aplicou-se calcário a fim de elevar o $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ do solo para 6,5. Na adubação corretiva da fertilidade do solo aplicou-se K_2O e P_2O_5 sempre de acordo com a recomendação da Comissão de Química e Fertilidade do Solo RS/SC (2004). As análises físicas e químicas do solo realizadas antes da correção revelaram os seguintes resultados: pH em água de 5,1; $6,1 \text{ mg kg}^{-1}$ de P; 79 mg kg^{-1} de K; $46 \text{ mmol}_\text{c} \text{ dm}^{-3}$ de Ca; $21 \text{ mmol}_\text{c} \text{ dm}^{-3}$ de Mg; 65 g dm^{-3} de matéria orgânica e 290 g dm^{-3} de argila.

Como polinizadora foi utilizada a cultivar Monalisa, que assim como a cultivar de interesse, é resistente à sarna da macieira (*Venturia inaequalis*), sendo esta a doença a mais importante para a cultura nesta região produtora.

Em outubro de 2012 foi instalado o sistema de irrigação localizada por gotejamento, sendo utilizadas duas mangueiras, uma para irrigação e outra para fertirrigação. Os gotejadores foram espaçados em 0,60 m, com vazão de 1,6 litros por hora.

Os tratos culturais seguiram as recomendações para a cultura da macieira de acordo com Epagri (2002), exceto em relação aos tratamentos fitossanitários para o controle da sarna, que não foram efetuados devido à resistência da cultivar utilizada ao patógeno causador desta doença.

No início de novembro de 2013 realizou-se o raleio de frutos em todas as parcelas, sendo estimada uma produtividade em torno de 12 t ha⁻¹. No dia 11 de novembro do mesmo ano ocorreu uma forte chuva de granizo, e acabou danificando não só os frutos, mas também as folhas e os ramos. Visto isso, reduziu-se a carga de frutos, retirando-se principalmente os frutos mais atingidos.

3.2 CARACTERÍSTICAS DOS TRATAMENTOS

O delineamento experimental adotado foi o de blocos ao acaso, com oito repetições dos seguintes tratamentos: T1 = adubação convencional (em cobertura); T2 = irrigação + adubação convencional; T3 = irrigação + fertirrigação; e T4 = fertirrigação. As parcelas foram compostas por seis plantas, sendo consideradas as quatro centrais como úteis.

Foram aplicadas as mesmas quantidades de nutrientes (N e K) em todos tratamentos, diferindo apenas quanto à forma física de aplicação dos fertilizantes (convencional e via fertirrigação), e à frequencia das aplicações.

Na safra 2012-2013 realizou-se adubação nitrogenada de cobertura utilizando-se ureia, tanto para a adubação convencional como via fertirrigação. Aplicou-se 27 kg ha⁻¹ de N, divididos em três aplicações conforme recomendações da CQFS-RS/SC (2004), durante os meses de novembro, dezembro e janeiro para os tratamentos T1 e T2. Já nos tratamentos T3 e T4, a adubação nitrogenada foi parcelada em seis aplicações quinzenais de novembro a janeiro. Na safra 2013-2014 foram aplicados 100 kg ha⁻¹ de N e 150 kg ha⁻¹ de K₂O, sendo que nos tratamentos com adubação convencional (T1 e T2) a adubação foi parcelada em três aplicações nos meses de dezembro, janeiro e fevereiro.

A fertirrigação, realizada nos tratamentos T3 e T4, foi parcelada em seis aplicações quinzenais, de novembro a janeiro.

A adubação convencional foi aplicada sempre antes da chuva. Já a fertirrigação, foi realizada independente da necessidade de irrigação. Neste procedimento os tratamentos recebem água durante uma hora e meia, sendo meia hora para o enchimento completo das mangueiras com água, meia hora para a aplicação da solução nutritiva e ao final mais meia hora para limpeza das mangueiras e dos gotejadores com água, o que equivale a 4 mm de lâmina de água quinzenalmente.

3.3 ANÁLISE QUÍMICA DO SOLO

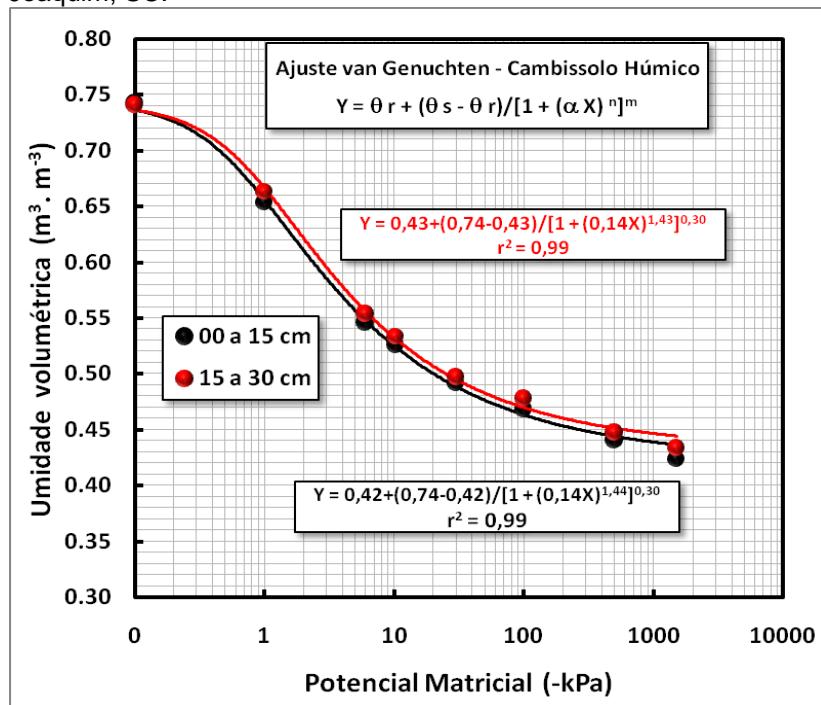
No mês de julho do ano de 2012, foram coletadas amostras de solo em todas as parcelas, pois ainda não havia sido implantado o sistema de irrigação. Já em 2013, foram coletadas amostras de solo em quatro pontos distintos de cada parcela experimental, para avaliar a influência dos tratamentos na disponibilidade de nutrientes no solo.

As coletas de solo foram realizadas utilizando-se de trado de rosca, a uma profundidade de 0 a 20 cm. Após as coletas, as amostras foram secas em estufa, destorroadas, moídas, peneiradas em peneira com malha de 2 mm de diâmetro e acondicionadas em recipientes plásticos. As análises foram realizadas de acordo com a metodologia descrita por Tedesco et al. (1995).

3.4 CURVA DE RETENÇÃO DE ÁGUA NO SOLO

Para a obtenção da curva de retenção de água no solo, utilizaram-se anéis com volume de 98,2 cm³ para a coleta de amostras com estrutura preservada, nas profundidades de 0-15 cm e 15-30 cm. As amostras foram submetidas a tensões de -0,1 kPa, -0,6 kPa, -1 kPa, -3,3 kPa, -10 kPa, -50 kPa, -100 kPa, -150 kPa, para determinar a capacidade de campo (CC), e o ponto de murcha permanente (PMP), e assim obter a curva de retenção de água no solo. Obteve-se a curva relacionando-se os valores obtidos de umidade volumétrica e de tensão do solo. A partir desses valores ajustou-se a equação de van Genuchten (1980), como pode ser observado na Figura 1.

Figura 1- Curva de retenção de água no solo para as profundidades de 0 a 0,15 cm e 15 a 30 cm, utilizando valores ajustados pela equação de van Genuchten para um Cambissolo Húmico de São Joaquim, SC.



Fonte: produção do próprio autor

3.4.1 Leitura dos tensiômetros

Foram instalados dois tensiômetros de punção entre as plantas centrais de cada parcela, em apenas seis dos oito blocos do experimento, nas profundidades de 15 e 30 cm, totalizando 48 tensiômetros. Nestas profundidades monitorou-se a tensão da água no solo

nas faixas de 5 cm a 25 cm, e 20 cm a 40 cm respectivamente. As leituras da tensão da água no solo foram realizadas diariamente, durante todo o ano, utilizando um tensímetro digital (Figura2).

Figura 2- Monitoramento hídrico do solo utilizando tensímetro digital.



Fonte: produção do próprio autor

3.4.2 Determinação do tempo de Irrigação

A tensão da água no solo foi o parâmetro utilizado para fins de determinação da necessidade de irrigação. Utilizando-se a média das leituras dos tensiômetros, e a curva de retenção de água no solo, foi determinada a necessidade de irrigação e o tempo de aplicação, para que a tensão do solo se mantivesse em -10 kPa (CC).

3.5 Análise química de folhas

A coleta de folhas foi realizada na segunda quinzena de janeiro, nos anos de 2013 e 2014, sendo coletadas no terço médio de ramos do ano, nos quatro quadrantes da planta, totalizando 40 folhas por amostra. As amostras foram secas em estufa a 60°C, moídas em moinho tipo Willey e armazenadas em recipientes plásticos. As análises do tecido foliar foram realizadas pelo método da digestão seca, para a extração dos elementos químicos Ca, Mg, P, K, Fe, Zn e Mn, conforme descrito por EMBRAPA (2009). O B foi determinado pelo método Azometina-H, após incineração de 0,3 g de amostra em forno mufla a 550°C. A determinação dos teores de Ca, Mg, Fe, Zn e Mn foi realizada por espectrofotometria de absorção atômica, P e B por colorimetria e o K por fotometria de chama. Para a determinação do N, digeriu-se a amostra em H₂SO₄, e esta foi destilada pelo método semimicro-Kjeldahl, de acordo com a metodologia descrita por Tedesco et al. (1995).

3.6 Análise fisiológica de frutos

Como as plantas ainda eram jovens, as avaliações de frutos foram realizadas apenas no ano de 2014 (safra 2013-2014). A colheita se deu na segunda quinzena de março, onde foram coletados 15 frutos por parcela. Nos frutos foram avaliados os parâmetros relacionados à cor com base nas coordenadas cromáticas de luminosidade (L), intensidade (C), tonalidade (°h), % de coloração vermelha (visual). Também foram avaliados a firmeza de polpa, o teor de

sólidos solúveis (^oBrix), a acidez titulável e a maturação pelo índice iodo-amido.

A coloração dos frutos foi estimada visualmente, sendo expressa em porcentagem de área vermelha relativa à superfície total do fruto, e utilizando-se um colorímetro (Minolta CR 300, Japão) para quantificar a intensidade da cor dos frutos na face mais colorida. O brilho da coloração é expresso pelo valor de 'L', variando de 0^o (preto) e 100^o (branco). O ângulo 'hue' (^oh), é relacionado ao comprimento de onda refletido e expressa a coloração básica, sendo que 0^o = vermelho, 90^o = amarelo, e 180^o = verde, ou seja, quanto menor o valor, maior a intensidade da cor vermelha. A intensidade da cor (C = croma), que varia de 0 (pouca cor) até 60 (cor intensa).

A firmeza de polpa foi quantificada utilizando-se um penetrômetro manual, o qual mediu a resistência da polpa à inserção do êmbolo com diâmetro de 11 mm, na região equatorial dos frutos, onde retirou-se a epiderme do fruto.

Para determinar o teor de sólidos solúveis (SS; ^oBrix), cortou-se uma fatia com 1,0 cm de espessura no sentido longitudinal do fruto, e esta foi comprimida até obter-se algumas gotas de suco sobre o leitor do refratômetro digital.

A acidez titulável (AT; % ácido málico) foi determinada pela titulação de 5,0 mL de suco com NaOH 1 mol L⁻¹ até o ponto de viragem (pH 8,1). Utilizou-se como indicador de pH, duas gotas de azul de bromotimol.

O índice de iodo-amido foi determinado pela coloração da metade peduncular do fruto, após a imersão em solução de iodo. Utilizou-se uma escala de 1 a 5, sendo que 1 representa que o fruto está imaturo e apresenta elevado teor de amido (fruto completamente

corado), e 5 quando o fruto está maduro e o amido está totalmente hidrolisado (fruto não corado).

3.7 Análise química da polpa

Para compor a amostra da análise química de polpa, foram retiradas duas fatias longitudinais em lados opostos de 15 frutos, as quais foram trituradas ainda frescas para a posterior digestão.

Para determinar Ca, Mg e K utilizou-se a metodologia da digestão seca, onde pesou-se 5,0 g de amostra em cadinhos de porcelana, que a seguir foram levados à mufla à temperatura de 630°C, por cinco horas. Após a digestão seca, adicionaram-se 15 mL de HCl 1,8 mol L⁻¹ (extrato original). Neste extrato determinaram-se os teores de Ca e Mg, por espectrofotometria de absorção atômica, e os teores de K por fotometria de chama.

Utilizou-se digestão úmida, com ácido sulfúrico concentrado e peróxido de hidrogênio, para extrair P e N da amostra. Após a digestão, determinou-se P pelo método de Murphy & Riley (1962), e o N por arraste de vapores, utilizando aparelho semimicro-Kjeldahl.

3.8 DETERMINAÇÃO DO CRESCIMENTO E ESTRUTURAS PRODUTIVAS

Ao final da estação de crescimento da safra 2012-2013, foi medida a altura das plantas. Nos anos de 2012 e 2013, durante o período hibernal, também foi medida a circunferência do tronco a 15cm acima do ponto de enxertia, conforme ilustrado na Figura 3.

Figura 3- Faixa delimitada para medição da circunferência do tronco a 15 cm do ponto de enxertia.



Fonte: produção do próprio autor

A macieira possui órgãos de frutificação mistos, ou seja, produzem flores e folhas na mesma gema. Estes órgãos estão classificados em brindilas, esporões e gemas axilares (PETRI et al., 2011). As brindilas são ramos longos (10-40 cm) formados no ano anterior e apresenta uma gema apical, e os esporões são gemas de dois ou mais anos (PETRI, 2006). Quantificou-se o número de esporões, brindilas curtas e brindilas longas no inverno de 2013. Adotou-se como brindilas longas as que possuíam comprimento superior a 15 cm, e como brindilas curtas as que possuíam comprimento menor que 15 cm.

3.9 COLHEITA DOS FRUTOS

Antes da colheita, realizou-se a contagem dos frutos, e no início de abril os frutos de cada parcela

foram colhidos e pesados. O ponto de colheita foi determinado pelo teste iodo-amido, sendo que para as cultivares do grupo 'Fuji', ao qual pertence a cultivar utilizada, o ponto de colheita ideal é entre 2,5 e 3,5, considerando uma escala de 1 a 5.

3.10 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados foram submetidos à análise de variância ($p \leq 0,05$) através do teste de Duncan, com o programa SAS 6.08 (SAS, 1996).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 MONITORAMENTO HÍDRICO

Os resultados do monitoramento da tensão da água no solo para as safras 2012-2013 e 2013-2014, demonstram os valores obtidos na camada de 20 a 40 cm de profundidade. Esta camada apresenta menor variabilidade da tensão da água no solo, além de ser a região que concentra a maior parte do sistema radicular (SUZUKI; BASSO, 2006).

No início das avaliações, em novembro de 2012, a tensão da água no solo em todos os tratamentos esteve acima de -10kPa (Figura 4). A partir da segunda semana (13/11/2012), devido à menor precipitação pluviométrica no período e as altas temperaturas, os tratamentos não irrigados (T1 e T4) apresentaram tensões que chegaram a -50 kPa. Este quadro se manteve até a segunda semana de dezembro, quando chuvas regulares mantiveram a tensão da água no solo próximo a capacidade de campo (CC) em todos os tratamentos nos quarenta dias seguintes.

Em meados de janeiro a tensão média dos tensiômetros dos tratamentos não irrigados atingiu valores próximos a -40 kPa, sendo regularizada apenas no final de janeiro. De fevereiro até início do mês de abril, a tensão da água no solo se manteve acima da CC, sendo que a precipitação pluviométrica neste período totalizou 370mm.

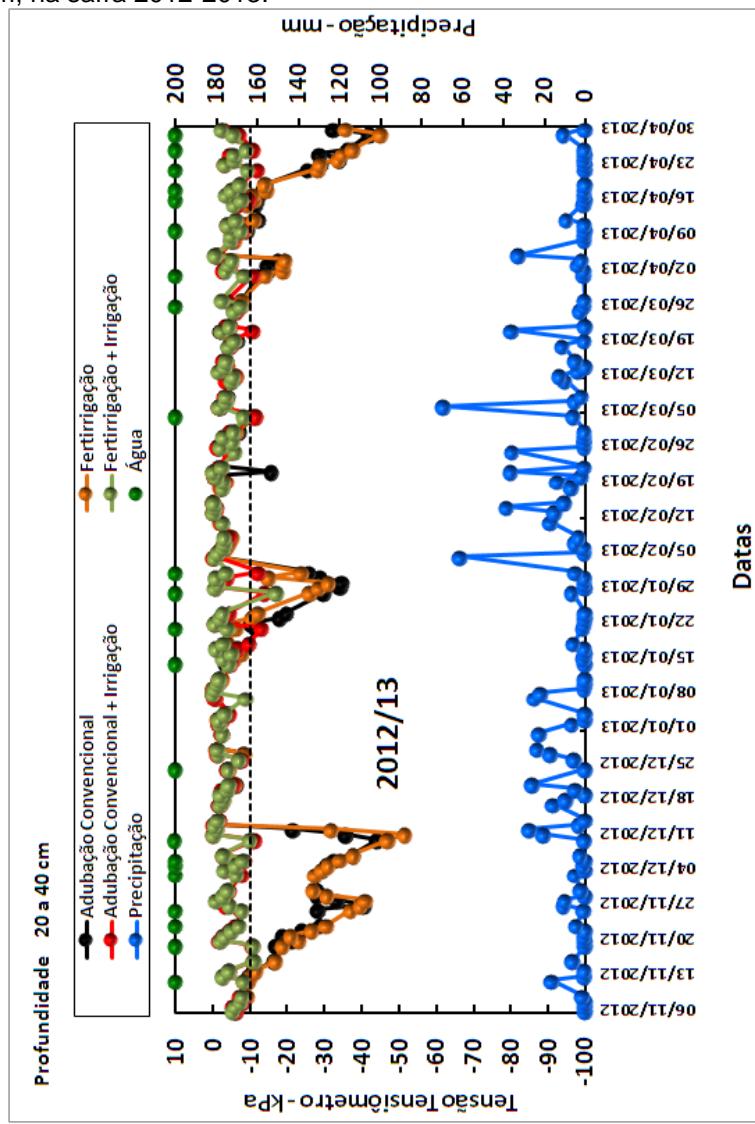
No mês de abril ocorreram dois períodos em que a tensão da água no solo esteve abaixo da capacidade de campo, um no início do mês com tensões em torno de

-20kPa, e outro mais acentuado no final do mês, que chegou próximo a -50kPa.

Na segunda estação de crescimento avaliada (2013-2014), a tensão da água no solo nos primeiros três meses apresentou pequenos picos que não foram inferiores a -30kPa para os tratamentos não irrigados (Figura 5). Este período corresponde à plena floração e ao desenvolvimento inicial dos frutos, sendo que a disponibilidade de água é fator fundamental para que a divisão celular e a absorção de Ca ocorram de tal forma que o desenvolvimento inicial dos frutos não seja prejudicado. Ao final dos meses de dezembro e janeiro, as tensões estiveram abaixo da CC, atingindo tensões extremamente baixas, -65 e -55 kPa respectivamente, mesmo com a ocorrência de chuvas regulares. No final de janeiro foram registradas temperaturas bastante elevadas para a região, sendo que no dia 29 de janeiro foi registrada a temperatura mais alta da safra avaliada, quando a máxima chegou a 29oC e a média foi de 22,5oC (dados da EESJ). Este fato justifica os valores das tensões tão baixos, mesmo com a ocorrência de chuva. Conceição et al. (2011) relataram que para as condições de Vacaria-RS, nos meses de janeiro, fevereiro e março ocorrem os maiores valores médios de ETc (3,0 mm dia-1), chegando a 4,5 mm dia-1 em dias com temperaturas elevadas. Este período corresponde ao crescimento, maturação, e colheita dos frutos.

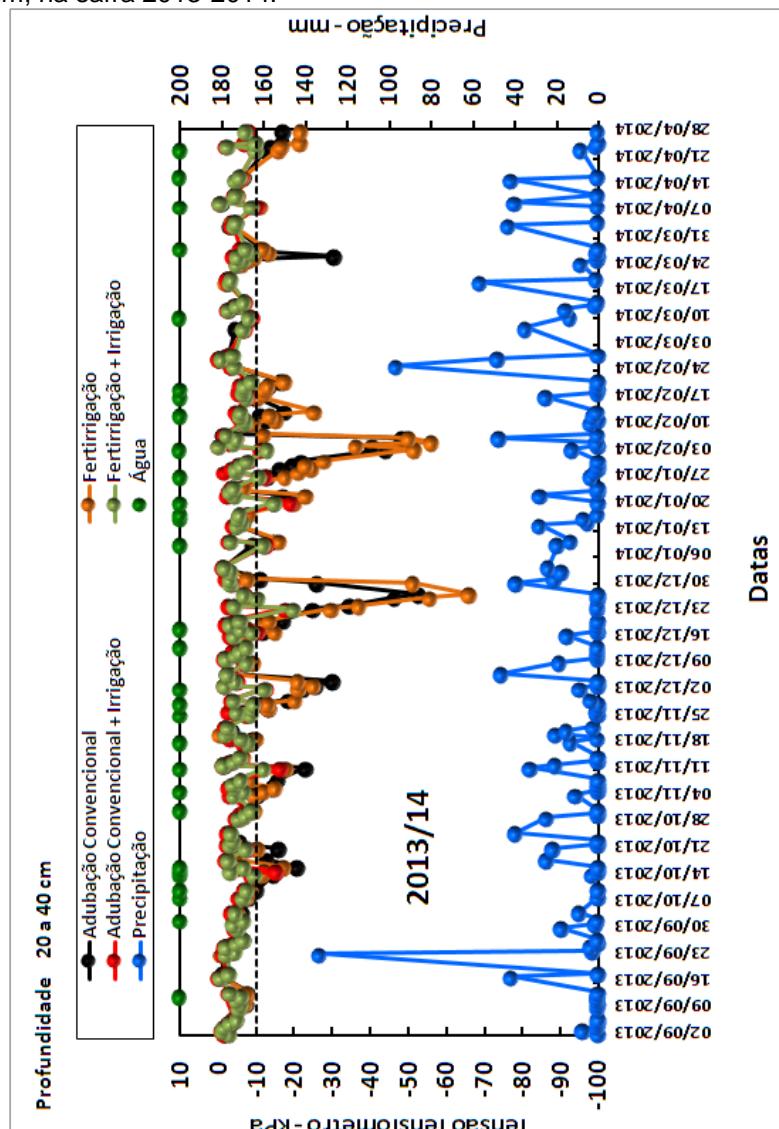
Nos meses subsequentes, a tensão da água no solo se manteve próximo à capacidade de campo em todos os tratamentos, até o final do mês de abril (pós-colheita). Os tratamentos irrigados (T2 e T3) mantiveram a tensão da água no solo em torno ou acima de -10 kPa durante todo o período de avaliação (setembro/2013 - abril/2014).

Figura 4- Monitoramento hídrico do solo na profundidade de 20 a 40 cm, na safra 2012-2013.



Fonte: produção do próprio autor

Figura 5- Monitoramento hídrico do solo na profundidade de 20 a 40 cm, na safra 2013-2014.



Fonte: produção do próprio autor

4.2 EFEITOS DA IRRIGAÇÃO E FERTIRRIGAÇÃO

4.2.1 No Solo

Ao avaliar o resultado da análise inicial de solo no ano de 2011, e compará-la com a análise realizada um ano após a aplicação dos corretivos e fertilizantes, verifica-se que os teores de nutrientes e o pH do solo aumentaram devido à correção da acidez e da fertilidade (Tabela 1).

Tabela 1 - Análise química do solo nos anos de 2011 e 2012.

Ano	pH	SMP	P	K	Ca	Mg	Al
		(mg kg ⁻¹).....(cmol _c kg ⁻¹).....			
2011	5,1	4,7	6,1	79	4,6	2,1	3,5
2012	5,8	5,5	19,9	89	8,3	5,0	0

Fonte: produção do próprio autor

Na safra 2012-2013, quando da implantação do experimento, não houve diferença entre os tratamentos quanto ao teor dos macronutrientes Ca, Mg, K e P, e também em relação ao pH do solo. Portanto, a forma física de aplicação dos fertilizantes (convencional e via fertirrigação), e a adição ou não de água via irrigação, não influenciaram a fertilidade do solo (Tabela 2). Todos os valores estavam dentro da faixa normal ou acima dela (CQFS-RS/SC, 2004).

Tabela 2 - Resultado da análise química do solo no ano de 2013 para os diferentes tratamentos.

Tratamentos ¹	pH	P	K	Ca	Mg
	(mg kg ⁻¹).....	... (cmol _c kg ⁻¹)...		
T1	5,5	16,6	66,5	10,3	3,6
T2	5,5	15,8	74,7	10,0	3,2
T3	5,5	15,5	64,7	9,7	3,2
T4	5,6	17,1	78,5	10,7	3,6

Fonte: produção do próprio autor

¹T1= Adubação convencional; T2= adubação convencional+irrigação; T3= Irrigação+ fertirrigação; T4= fertirrigação.

4.2.2 Nas Folhas

No ano de 2013 (safra 2012-2013), os teores foliares não diferiram entre os tratamentos, exceto para o N, onde o tratamento com adubação convencional (T1) apresentou maior teor em relação ao tratamento com adubação convencional + irrigação (T2) (Tabela 2). O menor teor de N observado no T2 possivelmente deve-se ao efeito de diluição do nutriente.

Não houve acréscimo dos teores foliares dos nutrientes avaliados em resposta ao uso de irrigação e à forma de adubação (convencional ou fertirrigação) para a macieira no seu segundo ciclo de crescimento (safra 2012-2013).

Os teores foliares dos nutrientes apresentam-se dentro da normalidade para macro e micronutrientes (Tabela 3). Exceção ocorreu para o K e o B que, independentemente do tratamento avaliado, estiveram abaixo do limite mínimo da faixa de suficiência

considerada normal para a macieira (CQFS-RS/SC, 2004).

Tabela 3 - Teores de macronutrientes e micronutrientes nas folhas de macieira em função da forma física de aplicação dos fertilizantes (convencional e via fertirrigação) e da adição ou não de água via irrigação. Safra 2012-2013.

Trat ¹	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Zn	B
	(g kg ⁻¹)						(mg kg ⁻¹)		
T1	25,1a	2,6a	8,6a	13,7a	3,9a	66,6a	91,8a	33,6a	22,3a
T2	23,3b	2,5a	8,3a	13,0a	3,8a	63,1a	90,5a	33,3a	23,7a
T3	23,7ab	2,6a	8,5a	13,2a	3,8a	62,5a	91,3a	33,8a	22,1a
T4	24,6ab	2,6a	8,7a	13,0a	3,8a	65,8a	89,9a	34,3a	21,4a

Fonte: produção do próprio autor

¹T1= Adubação convencional; T2= adubação convencional+irrigação; T3= Irrigação+ fertirrigação; T4= fertirrigação. Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si quando comparadas pelo teste de Duncan ($p < 0,05$).

Na safra 2013-2014 (Tabela 4), os macronutrientes N, P e Mg mantiveram-se dentro da faixa considerada normal para a cultura, entre 20-25 g kg⁻¹, 1,5- 3,0 g kg⁻¹ e 2,5-4,5 g kg⁻¹, respectivamente, em todos os tratamentos, sendo que para N e P não houveram diferenças significativas entre os tratamentos.

Os teores foliares de Mg nos tratamentos com adubação convencional foram superiores aos dos tratamentos fertirrigados, porém, para este nutriente, não houve efeito da aplicação de água via irrigação (Tabela 4).

Os teores de K estão dentro da faixa de suficiência considerada normal (12 a 15 g kg⁻¹) nos tratamentos com adubação convencional (T1 e T2), porém estão acima do normal nos tratamentos fertirrigados (T3 e T4). Com isso, observou-se diferença

significativa quanto à forma de aplicação do fertilizante, sendo que houve incremento nos teores de K nos tratamentos fertirrigados. Quanto ao uso de irrigação, os tratamentos irrigados não apresentaram teores de K superiores quando comparados aos tratamentos não irrigados.

Para o Ca, os teores foliares na safra 2013-2014 estavam abaixo do normal estabelecido para a cultura (11 a 17 g kg⁻¹), sendo que não houve diferença entre os tratamentos para este nutriente (Tabela 4). De acordo com Nachtigall e Freire (1998), os teores foliares de Ca não devem ser inferiores a 12 g kg⁻¹, pois este parâmetro apresenta estreita correlação com a incidência de "bitter pit".

Para os micronutrientes, apenas Fe e Zn apresentaram níveis normais, ou seja, dentro da faixa de suficiência para a cultura da macieira.

As plantas submetidas à fertirrigação apresentaram maior teor foliar de Fe quando comparadas às plantas adubadas de forma convencional (Tabela 4). A aplicação de irrigação não influenciou os teores foliares de Fe.

Verificou-se deficiência de B em todos os tratamentos (< 25 mg kg⁻¹) sendo que a testemunha (adubação convencional) foi o tratamento mais deficiente para este nutriente (Tabela 4). O uso de irrigação e/ou fertirrigação proporcionou teores significativamente superiores para o B no tecido vegetal. A deficiência de B resulta na redução do florescimento, desenvolvimento anormal das flores e redução do "fruit set" (STILES, 1999), além de ocorrer o encorvamento dos frutos, e com a continuidade do desenvolvimento a rachadura dos mesmos (SUZUKI; BASSO, 2006).

Para Zn e Mn não houve diferenças significativas entre os tratamentos (Tabela 4). Acredita-se que os

elevados teores de Mn ($> 200 \text{ mg kg}^{-1}$) se devem à presença de resíduos de produtos fitossanitários nas folhas, principalmente fungicidas que contenham Mn, não sendo este um indicativo de toxidez (STILES, 1999; SUZUKI; BASSO, 2006; NACHTIGALL; DECHEN, 2006).

Tabela 4 - Teores foliares de macronutrientes e micronutrientes em função da forma física de aplicação dos fertilizantes (convencional e via fertirrigação) e da adição ou não de água via irrigação. Safra 2013-2014.

Trat ¹	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Zn	B
	(g kg ⁻¹)						(mg kg ⁻¹)		
T1	24,6a	2,8a	9,5b	10,4a	3,2a	74,1b	402,2a	78,2a	10,5b
T2	23,2a	2,8a	11,2b	9,5a	3,1a	77,6b	424,3a	82,0a	13,9a
T3	24,9a	2,7a	18,9a	9,0a	2,6b	94,7a	419,1a	78,6a	16,9a
T4	23,0a	2,8a	16,9a	9,5a	2,7b	86,8a	399,7a	77,1a	14,7a

Fonte: produção do próprio autor

¹T1= Adubação convencional; T2= adubação convencional+irrigação; T3= Irrigação+ fertirrigação; T4= fertirrigação. Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si quando comparadas pelo teste de Duncan ($p < 0,05$).

4.2.3 Nos frutos

Quanto à composição mineral dos frutos, os teores de N, P e Mg não diferiram significativamente entre as formas de aplicação dos fertilizantes, nem tampouco à adição ou não de água via irrigação (Tabela 5).

Maiores níveis de K foram observados nos tratamentos submetidos a fertirrigação, sendo que a adição de água via irrigação não influenciou o teor deste nutriente na polpa dos frutos. Neilsen et al. (2004) observaram que a fertirrigação contendo K (15g por

planta) aumentou a concentração de K nas folhas e nos frutos, e consequentemente, a acidez dos frutos em quatro cultivares de maçãs avaliadas. Potássio é o nutriente mais acumulado nos frutos, seguido por N e P (NACHTIGALL; DECHEN, 2006).

Para o Ca, a testemunha (adubação convencional sem irrigação) apresentou o maior teor deste nutriente em relação ao tratamento irrigação + fertirrigação, não diferindo dos demais tratamentos. Isto se deve ao menor tamanho dos frutos, maior teor de matéria seca (KILILI; BEHBOUDIAN; MILLS, 1996), e consequentemente à maior concentração de solutos. Segundo Boneti et al. (2009), o teor de Ca nos frutos da cultivar Kinkas é superior ao das cultivares Catarina e Fuji.

Considerando os valores críticos de macronutrientes na polpa que podem comprometer a qualidade pós-colheita em maçãs (Ca, inferior a 40 mg kg⁻¹; P, inferior a 100 mg kg⁻¹; K, superior a 950 mg kg⁻¹; Mg, superior a 40 mg kg⁻¹ e N superior a 500 mg kg⁻¹) (TERBLANCHE, 1981, *apud* AMARANTE et al., 2012), observou-se que apenas Mg e N estão acima dos valores críticos para a preservação da qualidade pós-colheita.

Tabela 5 - Teores de macronutrientes na polpa de maçãs, e comparação das médias por contrastes em função da forma física de aplicação dos fertilizantes (convencional e via fertirrigação) e da adição ou não de água via irrigação.

Tratamentos ¹	N	P	K	Ca	Mg
(mg kg ⁻¹).....				
T1	689 a	186 a	668 b	81,5 a	74,4 a
T2	662 a	132 a	652 b	73,9 ab	78,3 a
T3	607 a	130 a	930 a	62,8 b	80,3 a
T4	654 a	134 a	904 a	71,4 ab	80,7 a

Fonte: produção do próprio autor

¹T1= Adubação convencional; T2= adubação convencional+irrigação; T3= Irrigação+ fertirrigação; T4= fertirrigação. Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si quando comparadas pelo teste de Duncan ($p < 0,05$).

Os tratamentos fertirrigados apresentaram maior relação K/Ca e (K+Mg)/Ca quando comparados aos tratamentos com adubação convencional (Tabela 6), em consequência dos altos teores de K nos tratamentos fertirrigados. Segundo Nachtigall e Freire (1998), relações K/Ca, (K+Mg)/Ca altas resultam em frutos com maior susceptibilidade ao "bitter pit". Não houve influência da irrigação nestes parâmetros avaliados.

A relação N/Ca não diferiu significativamente entre os tratamentos. Este atributo é mais importante para determinar o grau de incidência e severidade de "bitter pit", do que o teor isolado de Ca nos frutos, sendo recomendado valor abaixo de 15 (AMARANTE et al., 2010), sendo inferior a este valor em todos os tratamentos (Tabela 6).

Tabela 6 - Relações entre K/Ca, (K+Mg)/Ca e N/Ca na polpa de maçãs em função da forma física de aplicação dos fertilizantes (convencional e via fertirrigação) e da adição ou não de água via irrigação. Safra 2013-2014.

Tratamentos ¹	K/Ca	(K+Mg)/ Ca	N/Ca
T1	8,78 b	9,77 b	10,02 a
T2	9,12 b	10,23 b	9,64 a
T3	15,43 a	16,74 a	9,95 a
T4	12,96 a	14,12 a	9,45 a

Fonte: produção do próprio autor

¹T1= Adubação convencional; T2= adubação convencional+irrigação; T3= Irrigação+ fertirrigação; T4= fertirrigação. Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si quando comparadas pelo teste de Duncan ($p < 0,05$).

A coloração da epiderme dos frutos do tratamento com adubação convencional foi significativamente inferior aos demais tratamentos para o brilho (L). Iglesias et al. (2002) relatam que a aplicação de irrigação aumentou a coloração (menores valores de L e hue) dos frutos da cultivar Topred Delicious. A testemunha apresentou o maior valor para a intensidade da coloração (c). Para a avaliação visual (% da epiderme com a cor vermelha) e a tonalidade da cor vermelha (°h) não houve diferença entre os tratamentos (Tabela 7). Boneti et al. (2009) relataram que a coloração da epiderme dos frutos da cultivar 'Kinkas' é vermelho-carmim levemente estriada e com fundo esverdeado.

Tabela 7 - Coloração de frutos de macieiras em função da forma física de aplicação dos fertilizantes (convencional e via fertirrigação) e da adição ou não de água via irrigação. Safra 2013-2014.

Tratamentos ⁽¹⁾	L ⁽²⁾	C ⁽³⁾	°h ⁽⁴⁾	Cor vermelha (%)
T1	36,1a	25,7a	34,8a	79,1a
T2	34,2ab	24,9ab	33,5a	82,4a
T3	32,7b	23,4b	32,8a	80,7a
T4	32,7b	23,8b	32,2a	82,7a

Fonte: produção do próprio autor

¹T1= Adubação convencional; T2= adubação convencional+irrigação; T3= Irrigação+ fertirrigação; T4= fertirrigação. ² Variando de 0= preto a 100= branco. ³ 0= pouca cor, e 60= cor intensa. ⁴ 0° = vermelho, 90°= amarelo, e 180°= verde. Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si quando comparadas pelo teste de Duncan ($p < 0,05$).

Na avaliação dos frutos na colheita, o teor de sólidos solúveis e índice iodo-amido não apresentaram diferença significativa entre os tratamentos, independente da forma de aplicação dos fertilizantes e o uso ou não de irrigação (Tabela 8).

A adubação convencional proporcionou frutos com maior firmeza de polpa provavelmente devido ao menor calibre dos frutos. A concentração de materiais de parede celular e a firmeza da polpa podem diminuir com o aumento do tamanho dos frutos, devido ao alongamento celular excessivo (TAIZ; ZEIGER, 2004). Frutos com menores teores de K apresentam menor calibre e acidez titulável, mas em contrapartida têm maior firmeza de polpa (HUNSCHE; BRACKMANN; ERNANI, 2003). A firmeza de polpa, assim como a acidez titulável, são parâmetros determinantes na conservação dos frutos durante o armazenamento refrigerado por longos períodos. Kilili et al. (1996)

relataram que a restrição hídrica no final do ciclo favorece a coloração, o teor de sólidos solúveis e a firmeza de polpa. Na safra avaliada (2013-2014), foram registradas as maiores temperaturas dos últimos anos nos meses de janeiro e fevereiro, fato este que, somado ao baixo índice pluviométrico no período, resultou em frutos de menor calibre, mais coloridos e com maior firmeza de polpa para o tratamento apenas com adubação convencional.

Os tratamentos fertirrigados apresentaram maior acidez titulável em comparação à adubação convencional (Tabela 8). Isto se deve ao maior teor de K nos frutos dos tratamentos fertirrigados, pois quanto maior a concentração vacuolar de cátions, maior a concentração de ácidos orgânicos que não estão facilmente acessíveis para 'quebra' durante a respiração (HUNSCHE; BRACKMANN; ERNANI, 2003). Kilili et al. (1996) relataram que a acidez titulável não foi significativamente diferente para os tratamentos irrigado, com restrição hídrica em diferentes períodos, e não irrigado, sendo que o tratamento não irrigado apresentou os menores valores.

Os tratamentos irrigados apresentaram menor valor absoluto de incidência de "bitter pit", apesar de não haver diferença significativa entre os tratamentos (Tabela 8).

O uso de irrigação não influenciou os parâmetros avaliados na colheita (Tabela 8).

Tabela 8 - Avaliação de frutos na colheita em função da forma física de aplicação dos fertilizantes (convencional e via fertirrigação) e da adição ou não de água via irrigação. Safra 2013-2014.

Tratamentos	Firmeza de Polpa (lb pol ⁻²)	Sólidos Solúveis (%)	Índice de iodo-amido (1-5)	Acidez (meq/100ml)	Incidência De "bitter pit" (%)
T1	19,7a	13,2a	3,9a	7,8b	2,8a
T2	19,4ab	13,0a	3,9a	7,7b	1,3a
T3	18,8b	14,0a	3,8a	9,1a	0,4a
T4	19,0b	13,1a	3,9a	9,1a	3,6a

Fonte: produção do próprio autor

¹T1= Adubação convencional; T2= adubação convencional+irrigação; T3= Irrigação+ fertirrigação; T4= fertirrigação. Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si quando comparadas pelo teste de Duncan ($p < 0,05$).

Os frutos da cultivar Kinkas são de tamanho grande (195,0 a 270,0 g), apresentam boa firmeza de polpa (14,9 lb pol⁻²), doces (13,7% de SS) e 0,45% de ácido málico na colheita, conferindo-lhe um sabor bem equilibrado (BONETI et al., 2009).

O tratamento irrigação + fertirrigação apresentou o maior peso médio de frutos (197 g) na safra 2013-2014 (Tabela 9). A comparação das médias dos tratamentos revelou que houve diferença significativa entre os tratamentos para o peso médio de frutos, indicando que a adubação via fertirrigação foi mais eficiente, pois disponibiliza prontamente os nutrientes na solução do solo quando comparado com a adubação convencional. Diferenças de rendimento ocasionadas pelo uso de fertirrigação tendem a diminuir à medida que as árvores envelhecem (KIPP, 1992; NEILSEN; NEILSEN; PERYEA, 1999). Fallahi et al. (2008), Nielsen et al. (2010) e Nachtigall et al. (2014) relatam que o

suprimento de água via irrigação aumenta o tamanho dos frutos, e consequentemente a produtividade. Kipp (1992), ao comparar o uso de fertirrigação com apenas irrigação, verificou que nos primeiros anos do pomar as plantas fertirrigadas estavam mais bem nutridas, apresentaram mais flores por ramo, e maior produção do que as somente irrigadas.

Tabela 9 - Peso médio de frutos e produtividade de macieiras em função da forma física de aplicação dos fertilizantes (convencional e via fertirrigação) e da adição ou não de água via irrigação. Safra 2013-2014.

Tratamentos	Peso Médio	Produtividade
(g).....(t ha ⁻¹).....
T1	163c	9,84a
T2	169bc	9,05a
T3	197a	11,81a
T4	182ab	10,98a

Fonte: produção do próprio autor

¹T1= Adubação convencional; T2= adubação convencional+irrigação; T3= irrigação+ fertirrigação; T4= fertirrigação. Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si quando comparadas pelo teste de Duncan ($p < 0,05$).

Para o parâmetro produtividade não houve diferença significativa entre os tratamentos (Tabela 9). Veverka e Pavlacka (2012) relatam que o uso de irrigação em anos com baixa precipitação pluviométrica proporcionou aumento de mais de 40% na produtividade, ao passo que nos anos com chuvas regulares o aumento foi de apenas 20%.

4.2.4 Na Planta

Nas avaliações da circunferência do tronco não houve diferença nos anos de avaliação (2012 e 2013); o mesmo ocorreu com o crescimento durante o período, conforme pode ser observado na Tabela 10.

Tabela 10 - Circunferência do tronco medida 15cm acima do ponto de enxertia, nos anos de 2012, 2013 e crescimento do período (cm), em função da forma física de aplicação dos fertilizantes (convencional e via fertirrigação) e da adição ou não de água via irrigação.

Tratamentos	Circunferência do tronco (cm)		
	2012	2013	Crescimento
T1	7,6a	9,8a	2,2a
T2	7,6a	9,7a	2,1a
T3	7,4a	9,8a	2,4a
T4	7,5a	9,7a	2,3a

Fonte: produção do próprio autor

¹T1= Adubação convencional; T2= adubação convencional+irrigação; T3= irrigação+ fertirrigação; T4= fertirrigação. Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si quando comparadas pelo teste de Duncan ($p < 0,05$).

Os demais parâmetros avaliados no ano de 2013, altura de plantas e número de estruturas produtivas (esporão, brindila curta e longa), também não foram influenciados pela forma de aplicação do fertilizante e pelo uso ou não de irrigação (dados não apresentados).

5 CONCLUSÕES

Os teores foliares de nutrientes apresentaram diferenças significativas apenas quanto à forma física de aplicação do fertilizante, não respondendo à adição de água por irrigação no ano de 2014.

O uso de irrigação e ou fertirrigação não influenciou o desenvolvimento inicial de macieiras, suas estruturas produtivas e a altura de plantas.

A fertirrigação demonstrou ser a melhor forma de aplicação de fertilizantes, proporcionando maior disponibilidade dos nutrientes para as plantas principalmente em períodos de déficit hídrico no solo.

A adição de água via irrigação juntamente com a adubação por fertirrigação proporcionou o desenvolvimento de frutos com maior calibre.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Pelo fato do experimento ter sido implantado em um pomar jovem, se faz necessário prosseguir com o experimento para a obtenção de resultados mais conclusivos. Embora os resultados representem apenas a primeira safra de produção de frutos, já é possível observar o efeito dos tratamentos sobre a qualidade dos frutos e a produtividade. Quanto à aplicação de fertilizantes via fertirrigação, apesar de ter apresentado bons resultados, é necessário ajustar as doses e épocas de aplicação para atingir a máxima eficiência do sistema.

REFERÊNCIAS

AL- YAHYAI, R. Managing irrigation of fruit trees using plant water status. **Agricultural Sciences**, v. 3, n.1, p. 35-43, 2012.

AMARANTE, C. V. T.; CHAVES, D. V.; ERNANI, P. R. Composição mineral e severidade de 'bitter pit' em maçãs 'Catarina'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal- SP, v. 28, n. 1, p. 51-54, 2006.

AMARANTE, C. V. T.; STEFFENS, C. A.; ERNANI, P. R. Identificação pré-colheita do risco de ocorrência de 'bitter pit' em maçãs 'Gala' por meio de infiltração com magnésio e análise dos teores de cálcio e nitrogênio nos frutos. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal- SP, v. 32, n. 1, p. 27-34, 2010.

AMARANTE, C. V. T.; ARGENTA, L. C.; BASSO, C.; SUZUKI, A. Composição mineral de maçãs 'Gala' e 'Fuji' produzidas no sul do Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 47, n. 4, p. 550- 560, 2012.

ATKINSON, C. J.; TAYLOR, L.; TAYLOR, J. M.; LUCAS, A. S. Temperature and irrigation effects on the cropping development and quality of 'Cox's Orange Pippin' and 'Queen Cox' apples. **Scientia Horticulturae**, v. 75, p. 59-81, 1998.

BASSO, C. **Distúrbios fisiológicos**. In: A Cultura da Macieira. Epagri. Florianópolis, p. 609- 636, 2006.

BOLAND, A-M.; ZIEHRL, A.; BEAUMONT, J. **Guide to best practice in water management: orchard crops.** Department of Natural Resources and Environment, Melbourne, 120 p., 2002.

BONETI, J. I. S.; PEREIRA, A. J.; DENARDI, F.; NUNES, E. C.; BRIGHENTI, E.; KATSURAYAMA, Y. **SCS 416-Kinkas: nova cultivar de macieira resistente à sarna (*Venturia inaequalis*) e à mancha da gala (*Colletotrichum gloeopporioides*).** 11p., 2009.

COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO. Manual de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina. 10 ed. Porto Alegre, 400p., 2004.

CONCEIÇÃO, M. A. F. Irrigação e fertirrigação em macieiras. Bento Gonçalves: EMBRAPA, 12p., 2006 (Circular Técnica 71).

CONCEIÇÃO, M. A. F.; NACHTIGALL, G. R.; CARGNINO, C.; FIORAVANÇO, J. C. Balanço hídrico na cultura da macieira no Rio Grande do Sul. **In: XVI Congresso Brasileiro de Agrometeorologia**, Belo Horizonte, MG. Anais... 2009.

CONCEIÇÃO, M. A. F. Balanço hídrico em fruteiras. Bento Gonçalves: EMBRAPA, 12p., 2010 (Circular Técnica 82).

CONCEIÇÃO, M. A. F., NACHTIGALL, G. R.; CARGNINO, C.; FIORAVANÇO, J. C., ANTONIOLLI, L. **R. Fertirrigação da cultura da macieira.** **In:** NACHTIGALL, G. R.(Editor). Inovações tecnológicas para o setor da maçã: Inovamaçã. Bento Gonçalves, Embrapa Uva e Vinho, p. 199- 218, 2011.

CONCEIÇÃO, M. A. F., NACHTIGALL, G. R.; CARGNINO, C.; FIORAVANÇO, J. C. Demanda hídrica e coeficientes de cultura (Kc) para macieiras em Vacaria, RS. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 41, n. 3, p. 459- 462, 2011

EMBRAPA. Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 627p., 2009.

EPAGRI. A cultura da macieira. Florianópolis: GMC/Epagri, 743p., 2006.

ERNANI, P. R. Disponibilidade de nitrogênio e adubação nitrogenada para a macieira. Lages, 76p., 2003.

ERNANI, P. R. Química do solo e disponibilidade de nutrientes. Lages, 230 p., 2008.

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**, v. 772, p. 33-39, 2008

FALLAHI, E.; NEILSEN, D.; NEILSEN, G. H.; FALLAHI, B.; SHAFII, B. Efficient irrigation for optimum fruit quality and yield in apples. **HortScience**, v. 45, p. 1616-1619, 2010.

FALLAHI, E. Influence of rootstock and irrigation methods on water use, mineral nutrition, growth, fruit

yield, and quality in 'gala' apple. **HortTechnology**, v. 22, p. 731- 737. 2012.

FREITAS, S. T. de; AMARANTE, C. V. T. do; LABAVITCH, J. M.; MITCHAM, E. J. Cellular aproach to understand bitter pit development in apple fruit. **Postharvest Biology and Technology**, v. 57, p. 6-13, 2010.

GIL, G. F. **Fruticultura: La producción de fruta, fruta de climas templado y subtropical y uva de vino.** 3 ed. Santiago: Ed. Universidad Católica de Chile, 590p., 2006.

HILLEL, D. **Environmental soil physics.** Academic Press, New York, 771p., 1998.

HOFFMANN, A., BERNARDI, J. **Aspectos botânicos.** In: NACHTIGALL, G. R. (Editor). Maçã: produção. Bento Gonçalves, Embrapa Uva e Vinho; Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, p. 17-24. 2004.

HUNSCHE, M.; BRACKMANN, A.; ERNANI, P. R. Efeito da adubação potássica na qualidade pós colheita de maçãs 'Fuji'. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n. 4, p. 489-496, 2003.

IGLESIAS, I.; SALVIA, J.; TORGUET, L.; CABÚS, C. Orchard cooling with overtree microsprinkler irrigation to improve fruit colour and quality of 'Topred Delicious' apples. **Scientia Horticulturae**, v. 93, p. 39-51, 2002.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GROGRAFIA E ESTATÍSTICA- IBGE CIDADES. Lavoura permanente 2012: maçã. 2013. Disponível em:

<http://cidades.ibge.gov.br/xtras/temas.php?lang=&codmun=421650&idtema=122&search=santa-catarina|sao-joaquim|lavoura-permanente-2012> Acesso em 18 de janeiro de 2014.

IUCHI, V. L.; NAVA, G.; IUCHI, T. **Distúrbios fisiológicos e desequilíbrios nutricionais em macieira.** Florianópolis: Epagri/ Jica, 74p., 2001.

IUCHI, V. L. **Botânica e Sistemática.** In: A Cultura da Macieira. Epagri. Florianópolis, p.59-105, 2006.

KILILI, A. W.; BEHBOUDIAN, M. H.; MILLS, T. M. Composition and quality of 'Braeburn' apples under reduced irrigation. **Scientia Horticulturae**, v. 67, p. 1-11, 1996.

KIPP, J. A. Thirty years fertilization and irrigation in Dutch apple orchards: a review. **Fertilizer Research**, v. 32, p. 149-156, 1992.

MANTOVANI, E. C.; BERNARDO, S.; PALARETTI, L. F. **Irrigação: princípios e métodos.** 3 ed. Viçosa: Ed. UFV, 355p., 2009.

MPELASOKA, B. S.; BEHBOUDIAN, M. H.; GREEN, S. R. Water use, yield and fruit quality of lisimeter-grown apple trees: responses to deficit irrigation and to crop load. **Irrigation Science**, v. 20, p. 107-113, 2001.

MURPHY, J.; RILEY, J. P. **A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters.** Analytica Chimica Acta, Oxford, v. 27, p. 31-36, 1962.

NACHTIGALL, G. R.; DECHEN, A. R. Seasonality of nutrients in leaves and fruits of apple trees. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 63, n. 5, p. 493-501, 2006.

NACHTIGALL, G. R.; FREIRE, C. J. S. Previsão da incidência de 'bitter pit' em maçãs através dos teores de cálcio em folhas e frutos. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Cruz das Almas, v. 20, n. 2, p. 158- 166, 1998.

NACHTIGALL, G. R.; NAVA, G.; BRANCO, M. S. C.; LIMA, C. M. Viabilidade da fertirrigação em pomares de macieiras no sul do Brasil. **Agropecuária Catarinense: Suplemento especial do 11º Seminário Nacional sobre Fruticultura de Clima Temperado**, v. 27, n. 2, p. 25- 33. 2014.

NAVA, G.;BASSO, C.; NUENBERG, N.; MELO, G. W.; NACHTIGALL, G. R.; SUZUKI, A. **Fertilidade do solo e nutrição na produção integrada de maçã**. Bento Gonçalves: EMBRAPA, 14p., 2002 (Circular Técnica 33).

NEILSEN, D.;PARCHOMCHUCK, P.; NEILSEN, G. H.; HOGUE, E. J. Using soil solution monitoring to determine the effects of irrigation management and fertigation on nitrogen availability in high density apple orchards. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 123, n° 4, p. 706- 713, 1998.

NEILSEN, D.; MILLARD, P.; HERBERT, L. C.; NEILSEN, G. H.; HOGUE, E. J.; PARCHOMCHUCK, P., ZEBARTH, B. J. Remobilization and uptake of N by newly planted apple (*Malus domestica*) trees in response to irrigation method and timing of N application. **Tree Physiology**, Victoria, Canada, n. 21, p. 513-521, 2001.

NEILSEN, D.; NEILSEN, G. H. **Fertigation of deciduous fruit trees: apples and sweet cherry.** In: IMUS, P.; PRICE, M. R. (Eds.) Fertigation: Optimizing the utilization of water and nutrition. International Potash Institute, Horgen, Switz, p. 76- 88, 2008.

NEILSEN, D.; NEILSEN, G. H.; HERBERT, L. C.; GUAK, S. Effect of irrigation and crop load management on fruit nutrition and quality for 'Ambrosia/ M.9' apple. **Acta Horticulturae**, v. 868, p. 63-72, 2010.

NEILSEN, G. H.; NEILSEN, D.; HERBERT, L. C.; HOGUE, E. J. Response of apple to fertigation of N and K under conditions susceptible to the development of K deficiency. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 129, p. 26- 31, 2004.

NEILSEN, G. H.; NEILSEN, D. Fertigation and nutrition of apple orchards. **Agropecuária Catarinense: Suplemento especial do 11º Seminário Nacional sobre Fruticultura de Clima Temperado**, v. 27, n. 2, p. 34- 43. 2014

PETRI, J. L. **Formação de flores, polinização e fertilização.** In: A Cultura da Macieira. Epagri. Florianópolis, p. , 2006.

PETRI, J.L. **Fatores edafoclimáticos.** In: A Cultura da Macieira. Epagri. Florianópolis, p.105- 112, 2006.

PETRI, J. L.; LEITE, G. B. Macieira. **Revista Brasileira de Fruticultura**. v. 30, n. 4,, 2008.

PETRI, J.L. ; LEITE, G. B.; FIORAVANÇO, J. C.; HAWERROTH, F. J.; COUTO, M. **Estudo da biologia floral de macieira cultivar Gala e Fuji.** In: NACHTIGALL, G. R.(Editor) Inovações tecnológicas para o setor da maçã: Inovamaçã. Bento Gonçalves, Embrapa Uva e Vinho, p.237-256, 2011.

RAIJ, B.van. **Fertilidade do solo e manejo de nutrientes.** International Plant Nutrition Institute, Piracicaba, 420p., 2011.

SAS INSTITUTE. **The SAS-system for windows: release 6.08 (Software).** Cary, 633 p., 1996.

SOUZA, F. de; ARGENTA, L. C.; NAVA, G.; ERNANI, P. R.; AMARANTE, C. V. T. Qualidade de maçãs 'fuji' influenciada pela adubação nitrogenada e potássica em dois tipos de solo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 35, n. 1, p. 305-315, 2013.

SOUZA, T. R. de; QUAGGIO, J. A.; SILVA, G. O. Dinâmica de íons e acidificação do solo nos sistemas de fertirrigação e adubação sólida na citricultura. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 28, n. 3, p. 501-505, 2006.

STILES, W. C. Effects of nutritional factors on regular cropping of apple. **Hort Technology**, v. 44, n. 3, p. 328-331, 1999.

SUZUKI, A.; BASSO, C. **Solos e nutrição da macieira** In: A Cultura da Macieira. Epagri. Florianópolis, p.341-381, 2006.

TAIZ, L., ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. Tradução de Eliane Romanato Santarém et al. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 710p., 2004.

TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C.A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S. J. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. 2. Ed. Porto Alegre-RS. Departamento de Solos UFRGS, 174 p., 1995.

van GENUCHTEN, M.T. **A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils**. Soil Science Society of America Journal, v.44, p.892-898, 1980.

VEVERKA, V.; PAVLACKA, R. The effect of drip irrigation on the yield and quality of apples. **Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis**, v. 15, n. 8, p. 247-252, 2012.