

**UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA – UDESC**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS AGROVETERINÁRIAS – CAV**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DO SOLO – PPGCS**

**JULIANA HUGEN CECHINEL**

**INFLUÊNCIA DA IRRIGAÇÃO E DA FERTIRRIGAÇÃO NO RENDIMENTO E NA  
QUALIDADE DE MAÇÃS ‘KINKAS’.**

**LAGES**

**2021**

**JULIANA HUGEN CECHINEL**

**INFLUÊNCIA DA IRRIGAÇÃO E DA FERTIRRIGAÇÃO NO RENDIMENTO E NA  
QUALIDADE DE MAÇÃS ‘KINKAS’.**

Tese apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Ciência do Solo da Universidade do Estado de Santa Catarina, como requisito parcial para obtenção do grau de Doutora em Ciência do Solo.

Orientador: Prof. Ph.D. Paulo Roberto Ernani

Coorientadora: Dra. Marlise Nara Ciotta

**LAGES**

**2021**

## Ficha catalográfica

**Ficha catalográfica elaborada pelo programa de geração automática da  
Biblioteca Setorial do CAV/UEDESC,  
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)**

Hugen Cechinel, Juliana

Influência da irrigação e fertirrigação no rendimento e na  
qualidade de maçãs 'kinkas'. / Juliana Hugen Cechinel. -- 2021.  
82 p.

Orientador: Paulo Roberto Ernani

Coorientadora: Marlise Nara Ciotta

Tese (doutorado) -- Universidade do Estado de Santa Catarina,  
Centro de Ciências Agroveterinárias, Programa de Pós-Graduação  
em Ciência do Solo, Lages, 2021.

1. Malus domestica. 2. Irrigação. 3. Produtividade. I. Roberto  
Ernani, Paulo . II. Nara Ciotta, Marlise. III. Universidade do Estado  
de Santa Catarina, Centro de Ciências Agroveterinárias, Programa  
de Pós-Graduação em Ciência do Solo. IV. Título.

**JULIANA HUGEN CECHINEL**

**INFLUÊNCIA DA IRRIGAÇÃO E DA FERTIRRIGAÇÃO NO RENDIMENTO E NA  
QUALIDADE DE MAÇÃS ‘KINKAS’.**

Tese apresentada ao Curso de Pós-Graduação  
em Ciência do Solo da Universidade do Estado  
de Santa Catarina, como requisito parcial para  
obtenção do grau de Doutora em Ciência do  
Solo.

Orientador: Prof. Ph.D. Paulo Roberto Ernani

Coorientadora: Dra. Marlise Nara Ciotta

**BANCA EXAMINADORA**

Orientador: Prof. Ph.D. Paulo Roberto Ernani

UDESC - CAV

Membros:

Dra. Mariuccia Schlichting de Martin

Epagri - São Joaquim

Dra. Aike Anneliese Kretzschmar

UDESC - CAV

Dr. Gilberto Nava

Embrapa - Pelotas

Dr. Paulo Cezar Cassol

UDESC - CAV

Lages, 10 de dezembro de 2020.

## AGRADECIMENTOS

Com muita gratidão chego ao final do Doutorado. Esse caminho não foi percorrido de maneira solitária, por isso faço meus agradecimentos em reconhecimento às pessoas indispensáveis nessa caminhada.

Primeiro agradeço à Deus por me dar a vida, iluminar meu caminho e guiar meus passos sempre. Ao universo que sempre conspira a meu favor, colocando pessoas especiais no meu caminho, que ajudam para que tudo dê certo no final.

Ao meu marido, Evandro, por todo apoio e companheirismo nessa caminhada.

A minha filha Alice, que desde os dois anos acompanha minha vida acadêmica dando apoio, sendo meu porto seguro e compreendendo os momentos de ausência.

Ao meu bebê, Bernardo, que participou desse processo desde quando estava na barriga.

Aos meus pais, Zaga e Tere, e irmãos, Mariana e Junior, por me apoiarem e ajudarem sempre em tudo que precisei.

Aos familiares e amigos que de alguma forma me apoiaram e ajudaram na realização deste trabalho.

Aos mestres do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo da UDESC por todo conhecimento transmitido que engrandeceram minha caminhada.

Ao professor Ph.D. Paulo Roberto Ernani por me acolher no meio do caminho, pela orientação e disponibilidade sempre que necessário.

Ao pesquisador Dr. Gilberto Nava (Embrapa) por ter confiado no meu trabalho e me iniciado na pós-graduação e pelo apoio dado ao longo dessa trajetória.

À Dra. Marlise Nara Ciotta (Epagri), que o processo de doutoramento me trouxe como amiga para a vida toda e com certeza tornou esse caminho menos árduo, pois sempre esteve comigo na realização deste trabalho em todos os momentos que precisei.

Aos colaboradores da Epagri-SJ, principalmente Adriana, Adriano e Miguel, por todo apoio nas realizações deste trabalho.

Aos colegas do laboratório de Fertilidade do Solo do CAV pela ajuda nos momentos necessários.

A todos que de alguma forma fizeram parte desta caminhada.

Muito obrigada!

“O importante não é a magnitude de nossas ações, mas sim a quantidade de amor que é colocada nelas”.

Madre Teresa de Calcutá

## RESUMO

CECHINEL, Juliana Hugem. **Influência da irrigação e fertirrigação no rendimento e na qualidade de maçãs ‘Kinkas’**. 2020. Tese de Doutorado em Ciência do Solo. Área: Nutrição de Plantas. Universidade do Estado de Santa Catarina – Centro de Ciências Agroveterinárias, Lages, 2020.

Estiagens durante o período de crescimento dos frutos poderão afetar a absorção de nutrientes pelas plantas e o tamanho dos frutos. O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da irrigação e da fertirrigação no rendimento e na qualidade pós-colheita e pós-armazenamento de maçãs. O experimento foi conduzido na Estação Experimental da Epagri, em São Joaquim, SC, num pomar de macieiras ‘Kinkas’, sobre um cambissolo húmico, nas estações produtivas de 2015/16, 2016/17 e 2018/19. Na safra 2017/18, a adubação foi realizada totalmente em cobertura, por erro humano e, por isso, foi avaliada a influência da quantidade de água aplicada via irrigação no crescimento e qualidade dos frutos. Utilizou-se o delineamento experimental de blocos ao acaso, com oito repetições e quatro tratamentos, sendo eles: adubação sólida convencional (ASC) (sobre o solo), adubação sólida convencional + irrigação (ASC + I), irrigação + fertirrigação (I + F), e fertirrigação (F). A determinação da necessidade e do tempo de irrigação foi realizada de acordo com as médias das leituras dos tensiômetros instalados a 15 e 30 cm de profundidade em cada unidade experimental. No solo, foram avaliados pH em água e SMP, teores de argila, matéria orgânica, Ca, Mg, K e P. Nas folhas, foram avaliados macro e micronutrientes na safra 2015/16, e somente macronutrientes na safra 2016/17. Na polpa dos frutos, foram avaliados macronutrientes nas safras 2015/16 e 2016/17. Em todas as safras, logo após a colheita, foram avaliados os parâmetros de produtividade e os parâmetros físico-químicos dos frutos (sólidos solúveis, acidez titulável, firmeza de polpa e coloração). Os dados foram submetidos à análise de variância ( $p \leq 0,05$ ) e teste de Tukey para comparação de médias. Em duas das três safras avaliadas não houve diferença entre os tratamentos no rendimento de frutos. Em uma delas (2018/2019), o tratamento com irrigação mais fertirrigação não diferiu do tratamento só com irrigação, mas produziu mais que os tratamentos com adubação sólida convencional, em função do maior número de frutos uma vez que a massa deles não foi afetada pelos tratamentos em nenhuma das safras. O efeito dos tratamentos nos parâmetros que determinam a qualidade dos frutos foi pequeno e inconsistente ao longo dos anos, não permitindo nenhuma conclusão consistente. Em pomares adultos, portanto, o efeito positivo da irrigação e da fertirrigação na

produtividade de maçãs 'Kinkas' é pouco consistente, mesmo em anos com deficiência hídrica em determinados períodos do ciclo de crescimento dos frutos.

**Palavras-chave:** *Malus domestica*. Irrigação. Produtividade.

## ABSTRACT

CECHINEL, Juliana Hugen. **Influence of irrigation and fertigation on the yield and quality of 'Kinkas' apple fruits.** 2020. Doctoral Thesis in Soil Science. Area: Plant Nutrition. Santa Catarina State University – Agronomy and Veterinary Sciences Center, Lages, 2020.

Drought during the period of fruit growth may affect the absorption of nutrients by plants in addition to fruit size. The objective of this work was to evaluate the effect of irrigation and fertigation on fruit yield, on the concentration of nutrients in the soil, on the leaves and in the fruit flesh as well as post-harvest and post-storage fruit quality. The experiment was carried out at Epagri Experimental Station, in São Joaquim, SC. It was used an apple orchard planted in 2011 with the Kinkas cultivar on a Humic Haplumbrept. We used a randomized complete block design with eight replications and the following four treatments: conventional solid fertilization (CSF) applied over the soil surface; conventional solid fertilization + irrigation (CSF + I); irrigation + fertigation (I + F); and fertigation (F). Data were collected in the 2015/16, 2016/17 and 2018/19 growing seasons. In the 2017/18 growing season, inadvertently, fertilization was performed over the soil surface in all treatments. For this reason, in this season, it was evaluated only the effect of doubling the amount of water in the irrigation on fruit yield and quality. The need and the time of irrigation was determined according to the averages of tensiometer readings installed at 15 and 30 cm of depth in each experimental unit. Contents of clay, organic matter, and values of pH, Ca, Mg, K and P in the soil were evaluated. Some nutrients were quantified in the leaves and in the fruit flesh in the 2015/16 and 2016/17 growing season. On all seasons it was determined fruit yield and parameters related to fruit quality (soluble solids, titratable acidity, pulp firmness and color). Data were submitted to analysis of variance ( $p \leq 0.05$ ) and means were compared by the Tukey test. In two out of three growing seasons, there was no difference among treatments on fruit yield. On the season 2018/2019, however, the treatment with irrigation plus fertigation did not differ from that with only irrigation, but produced higher yield than treatments with conventional fertilization, due to a higher number of fruits since fruit mass was not affected by treatments on any growing season. The effect of the treatments on parameters that affect fruit quality was small and inconsistent over the evaluated years. Thus, the positive effect of

the irrigation or fertigation on fruit yield of adult orchards of Kinkas cultivar is inconsistent, even in years with water deficit in some periods during fruit growing.

**Key words:** *Malus domestica*. Irrigation. Fruit yield.

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 – Monitoramento do potencial matricial do solo com uso de tensímetro digital. .... 33
- Figura 2 – Precipitação pluviométrica na região de São Joaquim durante o período produtivo 2015/16 em comparação com a média das precipitações nos últimos 30 anos..... 39
- Figura 3 – Precipitação pluviométrica na região de São Joaquim durante o período produtivo 2016/17 em comparação com a média das precipitações nos últimos 30 anos..... 39
- Figura 4 – Precipitação pluviométrica na região de São Joaquim durante o período produtivo 2018/19 em comparação com a média das precipitações dos últimos 30 anos..... 40
- Figura 5 – Tensão de água no solo em Cambissolo Húmico na profundidade de 10 a 40 cm e precipitação pluviométrica durante o período produtivo 2015/16. .... 41
- Figura 6 – Tensão de água no solo em Cambissolo Húmico na profundidade de 10 a 40 cm e precipitação pluviométrica durante o período produtivo 2016/17. .... 42
- Figura 7 – Tensão de água no solo em Cambissolo Húmico na profundidade de 10 a 40 cm e precipitação pluviométrica durante o período produtivo 2018/19. .... 43
- Figura 8 – Precipitação pluviométrica na região de São Joaquim, durante o período produtivo 2017/18 em comparação com a média das precipitações nos últimos 30 anos..... 66
- Figura 9 – Monitoramento da tensão de água no solo na profundidade de 10 a 40 cm e precipitação pluviométrica durante o período produtivo 2017/18. .... 67

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Tempo necessário para irrigação de acordo com a tensão de água no solo.....	34
Tabela 2 – Classificação dos tamanhos dos frutos em classes (calibres) e suas massas médias (g).....	35
Tabela 3 – Valores de pH e teores de nutrientes em Cambissolo Húmico cultivado com macieiras ‘Kinkas’ em função da forma física de aplicação dos fertilizantes (convencional sólida ou fertirrigação) e da presença ou não de irrigação, na safra 2015/16. ....	44
Tabela 4 – Valores de pH e teores de nutrientes no solo cultivado com macieiras ‘Kinkas’ em função da forma física de aplicação dos fertilizantes (convencional sólida ou fertirrigação) e da presença ou não de irrigação, na safra 2016/17. ....	45
Tabela 5 – Teores de macro e micronutrientes nas folhas de macieiras ‘Kinkas’ na safra 2015/16 em função da forma física de aplicação dos fertilizantes (convencional sólida ou fertirrigação) e da presença ou não de irrigação. ....	46
Tabela 6 – Teores de macronutrientes nas folhas de macieiras ‘Kinkas’ na safra 2016/17 em função da forma física de aplicação dos fertilizantes (convencional sólida ou fertirrigação) e da presença ou não de irrigação. ....	47
Tabela 7 – Componentes do rendimento para os frutos de macieiras ‘Kinkas’ na safra 2015/16 em função da forma física de aplicação dos fertilizantes (convencional sólida ou fertirrigação) e da presença ou não de irrigação. ....	48
Tabela 8 – Componentes do rendimento para os frutos de macieiras ‘Kinkas’ na safra 2016/17 em função da forma física de aplicação dos fertilizantes (convencional sólida ou fertirrigação) e da presença ou não de irrigação. ....	48
Tabela 9 – Componentes do rendimento para os frutos de macieiras ‘Kinkas’ na safra 2018/19 em função da forma física de aplicação dos fertilizantes (convencional sólida ou fertirrigação) e da presença ou não de irrigação. ....	49

Tabela 10 – Média de frutos (%) de maçã ‘Kinkas’ com diferentes massas (g) na safra 2015/16 em função dos tratamentos com irrigação e fertirrigação, São Joaquim – SC. ....	50
Tabela 11 – Média de frutos (%) de maçã ‘Kinkas’ com diferentes massas (g) na safra 2016/17 em função dos tratamentos com irrigação e fertirrigação, São Joaquim – SC. ....	50
Tabela 12 – Média de frutos (%) de maçã ‘Kinkas’ com diferentes massas (g) na safra 2018/19 em função dos tratamentos com diferentes níveis de irrigação, São Joaquim – SC. ....	51
Tabela 13 – Parâmetros físico-químicos para os frutos de macieiras ‘Kinkas’ na colheita na safra 2015/16 em função da forma física de aplicação dos fertilizantes (convencional sólida ou fertirrigação) e da presença ou não de irrigação. ....	52
Tabela 14 – Parâmetros físico-químicos para os frutos de macieiras ‘Kinkas’ na safra 2015/16 após três meses de armazenamento em função da forma física de aplicação dos fertilizantes (convencional sólida ou fertirrigação) e da presença ou não de irrigação. ....	52
Tabela 15 – Parâmetros físico-químicos para os frutos de macieiras ‘Kinkas’ na safra 2015/16 após seis meses de armazenamento em função da forma física de aplicação dos fertilizantes (convencional sólida ou fertirrigação) e da presença ou não de irrigação. ....	53
Tabela 16 – Parâmetros físico-químicos para os frutos de macieiras ‘Kinkas’ na safra 2016/17 logo após a colheita, em função da forma física de aplicação dos fertilizantes (convencional sólida ou fertirrigação) e da presença ou não de irrigação. ....	54
Tabela 17 – Parâmetros físico-químicos para os frutos de macieiras ‘Kinkas’ na safra 2016/17 após três meses de armazenamento, em função da forma física de aplicação dos fertilizantes (convencional sólida ou fertirrigação) e da presença ou não de irrigação. ....	54
Tabela 18 – Parâmetros físico-químicos para os frutos de macieiras ‘Kinkas’ na safra 2016/17 após seis meses de armazenamento, em função da forma física de aplicação dos	

fertilizantes (convencional sólida ou fertirrigação) e da presença ou não de irrigação. ....	55
Tabela 19 – Parâmetros físico químicos para os frutos de macieiras ‘Kinkas’ na safra 2018/19, na colheita, em função da forma física de aplicação dos fertilizantes (convencional sólida ou fertirrigação) e da presença ou não de irrigação. ....	55
Tabela 20 – Teores de macronutrientes na polpa de maçãs ‘Kinkas’, em diferentes partes do fruto, na safra 2015/16 em função da forma física de aplicação dos fertilizantes (convencional sólida ou fertirrigação) e da presença ou não de irrigação.....	57
Tabela 21 – Teores de macronutrientes na polpa de maçãs ‘Kinkas’, em diferentes partes do fruto, na safra 2016/17, em função da forma física de aplicação dos fertilizantes (convencional sólida ou fertirrigação) e da presença ou não de irrigação.....	59
Tabela 22. Valores de pH e teores de nutrientes no solo cultivado com macieiras ‘Kinkas’ na safra 2017/18 em função da presença ou não de irrigação. ....	68
Tabela 23 – Média (%) de frutos de maçã ‘Kinkas’ com diferentes massas (g) na safra 2017/18 em função da presença ou não de irrigação, São Joaquim – SC. ....	69
Tabela 24 – Parâmetros físico-químicos para os frutos de macieiras ‘Kinkas’ na colheita, na safra 2017/18, em função da presença ou não de irrigação. ....	70
Tabela 25 – Parâmetros físico químicos para os frutos de macieiras ‘Kinkas’ após três meses de armazenamento, na safra 2017/18, em função da presença ou não de irrigação. ....	70
Tabela 26 – Componentes do rendimento para os frutos de macieiras ‘Kinkas’ na safra 2017/18 em função da presença ou não de irrigação.....	71
Tabela 27 - Altura dos frutos de macieira Kinkas na safra 2017/18 em função da presença ou não da adição de água via irrigação.....	72
Tabela 28 – Diâmetro horizontal dos frutos de macieira Kinkas na safra 2017/18 em função da presença ou não da adição de água via irrigação.....	72

Tabela 29 – Teores de macronutrientes na polpa de maçãs ‘Kinkas’ na safra 2017/18 em função da presença ou não de irrigação.....	73
--	----

## LISTA DE ABREVIATURAS

AFDC	Água facilmente disponível para a cultura
ANOVA	Análise de variância
ASC	Adubação sólida convencional
AT	Acidez titulável
C	Croma
Ca	Cálcio
CAD	Capacidade de água disponível
Cfb	Clima temperado com verão ameno
Ciram	Centro de Informações de Recursos Ambientais e Hidrometeorologia de Santa Catarina
cm	Centímetros
cmol <sub>c</sub>	Centi mol de carga
Cr	Cromo
dm <sup>3</sup>	Decímetro cúbico
Epagri	Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina
F	Fertirrigação
Fe	Ferro
g	Gramas
h	Horas
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	Peróxido de hidrogênio
H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	Fosfato
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Ácido sulfúrico
ha	Hectares
HCl	Ácido clorídrico
I	Irrigação
K	Potássio
K <sub>2</sub> O	Óxido de potássio
K <sub>c</sub>	Coeficiente da cultura
KCl	Cloreto de potássio
kg	Quilogramas
kPa	Quilo Pascal
L	Litros

L	Luminosidade
m	Metros
M-9	Série de porta-enxerto East malling
Mg	Magnésio
mg	Miligrama
mL	Mililitro
mm	Milímetros
Mn	Manganês
MO	Matéria orgânica
N	Newton
N	Nitrogênio
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	Amônia
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Nitrato
°	Grau
°C	Graus Celsius
°h	Ângulo hue
P	Fósforo
p	Probabilidade
R\$	Reais
RS	Rio Grande do Sul
S	Sul
SC	Santa Catarina
SS	Sólidos solúveis
t	Toneladas
W	Oeste
Zn	Zinco

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	18
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	20
2.1	A CULTURA DA MACIEIRA.....	20
2.2	CULTIVAR Kinkas .....	20
2.3	NUTRIÇÃO MINERAL DA MACIEIRA.....	21
2.4	IRRIGAÇÃO E FERTIRRIGAÇÃO NA CULTURA DA MACIEIRA .....	24
2.5	CRESCIMENTO DE FRUTOS .....	27
2.6	PARÂMETROS DE COLHEITA.....	28
3	Capítulo 1: INFLUÊNCIA DA IRRIGAÇÃO E FERTIRRIGAÇÃO NO RENDIMENTO E NA QUALIDADE DE MAÇÃS ‘KINKAS’ .....	31
3.1	MATERIAL E MÉTODOS.....	31
3.1.1	Caracterização do experimento .....	31
3.1.2	Caracterização dos tratamentos .....	32
3.1.3	Determinação da necessidade hídrica do solo .....	33
3.1.4	Colheita.....	34
3.1.5	Análise química do solo .....	36
3.1.6	Análise química das folhas .....	36
3.1.7	Análise química da polpa .....	37
3.1.8	Análise estatística.....	37
3.2	RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	38
3.2.1	Monitoramento hídrico do solo .....	38
3.2.2	Avaliação química do solo.....	43
3.2.3	Avaliação química das folhas .....	46
3.2.4	Rendimento de frutos.....	47
3.2.5	Classificação dos frutos por categoria.....	49
3.2.6	Parâmetros físico-químicos dos frutos .....	51
3.2.7	Avaliação mineral da polpa dos frutos .....	56
3.3	CONCLUSÕES.....	59
4	Capítulo 2: INFLUÊNCIA DA QUANTIDADE DE ÁGUA USADA NA IRRIGAÇÃO NOS ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO, NO CRESCIMENTO E RENDIMENTO DE FRUTOS .....	61
4.1	MATERIAL E MÉTODOS.....	61

4.1.1	Caracterização do experimento .....	61
4.1.2	Caracterização dos tratamentos .....	62
4.1.3	Determinação da necessidade hídrica do solo .....	62
4.1.4	Determinação do diâmetro dos frutos.....	63
4.1.5	Colheita dos frutos .....	63
4.1.6	Análise química do solo .....	64
4.1.7	Análise mineral da polpa.....	65
4.1.8	Análise estatística.....	65
4.2	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	65
4.2.1	Monitoramento hídrico do solo .....	65
4.2.2	Avaliação mineral do solo .....	67
4.2.3	Classificação dos frutos por categoria.....	68
4.2.4	Parâmetros físico-químicos dos frutos .....	69
4.2.5	Rendimento de frutos.....	70
4.2.6	Crescimento dos frutos .....	71
4.2.7	Avaliação mineral da polpa .....	72
4.3	<b>CONCLUSÕES</b> .....	73
5	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	74
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	75

## 1 INTRODUÇÃO

A produção atual de maçãs (*Malus domestica* Borkh) no Brasil é maior do que 1.100.000 toneladas, em aproximadamente 33.200 hectares. A maior parte dessa produção (aproximadamente 95%) concentra-se nos estados do Rio Grande do Sul, principalmente no município de Vacaria, e de Santa Catarina, principalmente nos municípios de Fraiburgo e São Joaquim. O município de São Joaquim, na Serra Catarinense, é o maior produtor da fruta, com mais de 300 mil toneladas por ano (IBGE, 2018).

O clima na região de São Joaquim, com invernos frios e verões amenos, assim como a elevada altitude, é ideal para a produção de frutas de qualidade. As cultivares ‘Gala’ e ‘Fuji’ e seus clones são as mais cultivadas.

Nos últimos anos, tem-se observado que a precipitação pluviométrica, apesar de ter um bom volume anual, ocorre de maneira irregular durante a safra, havendo períodos de grande déficit hídrico, não sendo suficiente para atender a demanda da cultura. Quando há estiagem no período de crescimento dos frutos, ela pode alterar o tamanho destes e a diferenciação de gemas florais do ano seguinte, além de prejudicar a absorção de nutrientes (HOFFMANN; NACHTIGALL, 2004). Nestes casos, o suprimento de água é necessário para evitar a perda em tamanho dos frutos. No início do desenvolvimento dos frutos, que é o período de divisão celular, ocorre um aumento na respiração e uma grande exigência hídrica na planta. Isso ocorre também na fase de alongação celular, que é onde acontece o crescimento dos frutos (EPAGRI, 2006). Sendo assim, sistemas de irrigação podem se mostrar vantajosos para diminuir o déficit hídrico da cultura nos períodos de maior exigência, mantendo o crescimento e o desenvolvimento das plantas e melhorando a qualidade dos frutos. Com a utilização da fertirrigação, torna-se possível o suprimento de água e nutrientes durante os estádios onde a cultura mais necessita. Assim, a planta passa a utilizar mais efetivamente o seu sistema radicular na absorção de nutrientes (COELHO; SOUZA; PINTO, 2003).

No Brasil, a irrigação sempre foi prática obrigatória para a fruticultura em regiões tropicais e subtropicais, mas não para as espécies de clima temperado, nas quais a distribuição de chuvas era capaz de suprir a maior parte da necessidade hídrica da macieira (NACHTIGALL; CARGNINO; LIMA, 2014). Nos últimos anos, na região Sul do Brasil, tem-se observado alternância entre anos com precipitações acima da média e anos com baixos índices pluviométricos. Mesmo nos anos com altos índices pluviométricos, observa-se

períodos com baixa precipitação pluviométrica. A irregularidade e a má distribuição das chuvas podem causar problemas, tanto no que se refere à qualidade quanto à produtividade de macieiras (NACHTIGALL; CARGNINO; LIMA, 2014). Estas irregularidades normalmente são atribuídas aos fenômenos climáticos *La Niña* e *El Niño*.

A planta somente absorve nutrientes a partir da solução do solo. A solução do solo contém praticamente todos os componentes orgânicos e inorgânicos existentes na fase sólida do solo (ERNANI, 2008). A taxa de aquisição de nutrientes depende do suprimento de nutrientes à superfície das raízes e da atividade de absorção das raízes (CHEN; GABELMAN, 2000). Uma vez que a planta absorve água, acaba absorvendo juntamente os nutrientes contidos na solução do solo.

A região de São Joaquim possui, predominantemente, Neossolos e Cambissolos de origem basáltica, caracterizados por serem pouco profundos, com ocorrência de afloramento de rochas, moderadamente drenados, ácidos, de textura argilosa, com alto teor de matéria orgânica e média fertilidade (SANTOS, 2013). Assim, em períodos de estiagem, ocorre déficit hídrico nesses solos rasos com maior intensidade do que em solos profundos, o que pode diminuir a absorção de água e nutrientes pela planta. Consequentemente, o crescimento da planta e o teor de nutrientes podem ser influenciados.

O aporte de água para espécies frutíferas é necessário para assegurar a floração, a fecundação e o crescimento dos frutos (PEREIRA; VILLA NOVA; ALFARO, 2009). Em áreas irrigadas, o monitoramento da água no solo é indispensável para um manejo correto e econômico dos recursos hídricos, a fim de se evitar perdas de água, energia e produção. O solo é considerado um reservatório, no qual a água é armazenada e disponibilizada para as culturas (CONCEIÇÃO, 2010).

Trabalhos de pesquisa com várias culturas mostram que o uso de irrigação e fertirrigação têm aumentado a produtividade e a qualidade dos frutos. Devido à irregularidade da precipitação pluviométrica na região e à existência de poucos estudos com irrigação e fertirrigação na cultura da macieira no sul do Brasil, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da irrigação e da fertirrigação no teor de nutrientes no solo, nas folhas e nos frutos, assim como na qualidade pós-colheita e pós-armazenamento dos frutos e nos parâmetros de rendimento de frutos na colheita.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 A CULTURA DA MACIEIRA

A produção comercial de maçãs no Brasil iniciou na década de 1970, porém existem relatos de cultivos anteriores, desde 1903. Em Santa Catarina, houve aumento significativo na produção de maçãs com o incentivo do governo do estado através do Projeto de Fruticultura de Clima Temperado – Profit (BONETI et al., 1999). A partir de então, a macieira começou a ser plantada nos estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina, formando três polos: São Joaquim, Fraiburgo e Vacaria, que continuam sendo os maiores produtores da fruta. Na mesma época, iniciaram-se as pesquisas com macieiras na Estação Experimental de São Joaquim, vinculada à Secretaria Estadual de Agricultura, com colaboração do governo Japonês. Em 40 anos, o Brasil passou de importador à autossuficiência, sendo o ano de 1998 um marco importante, pois o Brasil passa ao status de país exportador (PETRI et al., 2011). A partir do início da década de 1980, foram introduzidos clones destas cultivares, com melhor coloração, como Royal Gala, Imperial Gala, Maxi Gala, Brookfield, Fuji Suprema, Fuji Seleta e Mishima, que possibilitaram viabilizar a exportação e, assim, atender às exigências do mercado externo (PETRI et al., 2011).

O porta-enxerto Marubakaido (Maruba), de origem japonesa, vigoroso, fácil de propagar, induzindo alta precocidade e alta produtividade é uma excelente opção para a produção com o auxílio de ‘filtro’ (interenxerto) de M-9 em plantios de média densidade. É, atualmente, um porta-enxerto de grande importância no Brasil (BERNARDI; DENARDI; HOFFMANN, 2004).

### 2.2 CULTIVAR Kinkas

A cultivar Kinkas (acesso SCS 146) é resistente à sarna da macieira (*Venturia inaequalis*), à mancha da Gala (*Colletotrichum gloeosporioides*), é produtiva, exigente em frio e de ciclo tardio (BONETI et al., 2009). Esta cultivar tem potencial para ser utilizada em cultivos orgânicos, ou convencionais, com significativa redução nos tratamentos fitossanitários, visto que é uma cultivar resistente às principais doenças da macieira. O fruto apresenta um formato globoso com a epiderme de cor vermelho-carmim levemente estriada e fundo esverdeado. Quando o fruto está bem maduro, a cor da polpa varia de amarela esverdeada até creme. A cutícula é grossa como a da cv. Catarina e os frutos podem ser

conservados por um longo período em câmara frigorífica, e apresentam uma grande longevidade em prateleira (BONETI et al., 2009). A maturação de seus frutos ocorre aproximadamente uma semana após a maturação dos frutos da cv. Fuji. Entretanto, mostrou-se sensível a deficiências de cálcio. Em anos com primavera seca ou em plantas com excesso de vigor pode haver a incidência de ‘bitter pit’ na mesma intensidade que ocorre na cv. Fuji. Por isso, recomenda-se boa correção do solo e pulverização das plantas com cálcio durante a primavera e o verão, de modo similar ao efetuado nas cvs. Fuji e Gala (BONETI et al., 2009). Esta cultivar pode apresentar escaldadura durante o armazenamento em câmara fria. Desse modo, a utilização do sistema de irrigação e fertirrigação pode diminuir a ocorrência de distúrbios fisiológicos em anos com déficit hídrico.

### 2.3 NUTRIÇÃO MINERAL DA MACIEIRA

Na implantação do pomar, é imprescindível proceder a escolha adequada do local, bem como tomar medidas para melhorar as condições físicas do solo, através de subsolagem e aração profunda, bem como das condições químicas, através de calagem e da adubação (NAVA et al., 2003). Para obter o melhor rendimento da cultura, o solo deve ser bem preparado antes do plantio das mudas. Deve-se corrigir o pH do solo para valores entre 6,0 e 6,5, e aumentar o teor de nutrientes disponíveis no solo através de adubações, conforme as recomendações do órgão oficial de pesquisa para Santa Catarina (CQFS-RS/SC, 2016). Anualmente é realizada a adubação de manutenção do pomar, visando repor os nutrientes extraídos pela cultura, considerando a análise de solo e das folhas. Numa safra, a macieira extrai aproximadamente de 60 a 75 kg ha<sup>-1</sup> de N e de 80 a 100 kg ha<sup>-1</sup> de K, para rendimentos entre 40 e 60 t ha<sup>-1</sup> (BRUNETTO et al., 2015). Em pomares com sistema de irrigação, é possível realizar essa reposição através de fertirrigações, de forma gradual, em diferentes estádios do ciclo produtivo da cultura.

O nitrogênio (N) tem grande influência na macieira e sua função na planta está relacionada com o crescimento vegetativo e com a formação de estruturas de reserva. Por ser a macieira uma cultura perene, grande parte do N fica armazenada nas estruturas de reserva de um ciclo a outro, como caule, raízes e tronco, cujo nutriente pode ser remobilizado na planta de acordo com a demanda durante a brotação e também durante o crescimento vegetativo e dos frutos (HAHN; CIOTTA; NACHTIGALL, 2020). A deficiência de N prejudica o desenvolvimento das plantas, a produtividade e a frutificação efetiva, além de favorecer a queda prematura das folhas e a alternância anual da produção. O excesso de N, por outro lado,

também é prejudicial, pois estimula o desenvolvimento excessivo da vegetação, com reflexos negativos na qualidade das gemas e dos frutos, principalmente na coloração, no aparecimento de distúrbios fisiológicos, e na conservação (ERNANI, 2003). Os teores de N na folha da macieira, considerados normais, devem estar entre 20 e 25 g kg<sup>-1</sup> (CQFS-RS/SC, 2016). As plantas podem absorver o nitrogênio (N) tanto na forma de cátion (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) como de ânion ou (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>), dependendo da sua disponibilidade na solução do solo (ROCHA et al., 2014). Aproximadamente 95% do N do solo está na forma orgânica, que é a maior fonte desse nutriente (NOVAIS et al, 2007). Dessa forma, o pH e a umidade do solo são importantes na mineralização e consequente liberação do N orgânico para a forma mineral. O N é suprido às raízes basicamente por fluxo de massa, em virtude de que as formas no solo prontamente disponíveis às plantas (NH<sub>4</sub><sup>+</sup> ou NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) se encontram quase que totalmente na solução do solo. Em épocas de déficit hídrico, o suprimento de N é prejudicado. Embora os solos da região de São Joaquim possuam altos teores de matéria orgânica, a macieira tem respondido à adubação nitrogenada em função da característica dos solos, de serem rasos e pedregosos, além de o volume explorado pelas raízes ser pequeno (NAVA, 2007).

O fósforo (P) tem grande importância para a cultura da macieira, pois está relacionado às formas de energia na planta (HAHN; CIOTTA; NACHTIGALL, 2020). A correção do solo com P deve ser realizada adequadamente antes do plantio. As frutíferas, em geral, respondem pouco à adubação anual fosfatada em solos que são previamente corrigidos com esse nutriente, por ocasião da implantação dos pomares. No solo, o P se encontra na forma orgânica e mineral, tem grande capacidade de adsorção pela fração mineral, se move por difusão e é absorvido na forma de fosfato (FAQUIN, 2005). A baixa resposta das frutíferas à aplicação de fósforo ao solo após o início do processo produtivo deve-se principalmente ao maior período que essas culturas dispõem para absorver P, quando comparado às culturas anuais. Os altos teores de matéria orgânica encontrados na região de São Joaquim também contribuem significativamente para o suprimento de P à cultura (NAVA; CIOTTA; BRUNETTO, 2016). Os teores de P na folha da macieira considerados normais devem estar entre 1,5 e 3,0 g kg<sup>-1</sup> (CQFS-RS/SC, 2016).

O potássio (K) é o nutriente mais exportado pelas maçãs. Além de afetar rendimento, ele está muito relacionado com a qualidade dos frutos, pela sua função no controle hídrico da planta e no transporte de açúcares entre os tecidos da planta (CIOTTA, 2015). A principal forma do K nos solos é a mineral, encontrado em minerais primários e secundários. Além do K estrutural dos minerais, o nutriente aparece no solo na forma de cátion trocável e na solução do solo, formas tidas como prontamente disponíveis para as plantas. O K é, em geral, o cátion

mais abundante nos tecidos vegetais, sendo absorvido da solução do solo em grandes quantidades pelas raízes na forma do íon  $K^+$  (TORRES; PEREIRA, 2008). A difusão é o principal mecanismo de suprimento desse nutriente às plantas, e a umidade do solo exerce importante influência nesse processo (NAVA et al., 2002). Teores de K nas folhas de macieiras considerados normais devem estar entre 12 e 15  $g\ kg^{-1}$  (CQFS-RS/SC, 2016). Concentrações elevadas de  $Ca^{2+}$  e  $Mg^{2+}$  normalmente reduzem a absorção do potássio por inibição competitiva (FAQUIN, 2005).

Para a macieira, a disponibilidade e a absorção de cálcio (Ca) são de grande importância devido ao papel fisiológico desse nutriente nos frutos. Quando os frutos apresentam baixos teores de cálcio, podem ocorrer inúmeros distúrbios fisiológicos, a exemplo do 'bitter pit', depressão lenticelar, degenerescência da polpa, etc (HAHN; CIOTTA; NACHTIGALL, 2020). Embora a quantidade de Ca natural disponível em solos seja normalmente adequada, devido aos minerais de origem, como calcita, feldspatos cálcicos, entre outros, o preparo da área de plantio com quantidades adequadas de calcário para elevar o pH do solo para 6,0 aumenta consideravelmente o teor de Ca no solo. Mesmo com quantidades elevadas de Ca no solo a macieira apresenta deficiências deste mineral, ocorrendo distúrbios fisiológicos. O Ca considerado disponível para as plantas está adsorvido nas cargas elétricas negativas e presente na solução do solo ( $Ca^{2+}$ ), sendo absorvido apenas pelas extremidades das radículas, nas quais as paredes celulares da endoderme não foram ainda suberizadas. Assim, a presença de outros cátions em altas concentrações, tal como  $K^+$  e  $Mg^{2+}$ , diminuem competitivamente a absorção do  $Ca^{2+}$  (FAQUIN, 2005). O movimento de Ca para o fruto ocorre com o suprimento de água, através do xilema, especialmente durante a fase de divisão celular, que ocorre até cerca de 40 dias após a plena floração. Após este período, o suprimento do Ca para o fruto passa a ser via floema, no qual a mobilidade é muito baixa (TAIZ & ZEIGER, 2004), havendo a necessidade de suplementação de Ca via foliar. Nas folhas de macieiras os teores de Ca considerados normais devem estar entre 11 e 17  $g\ kg^{-1}$  (CQFS-RS/SC, 2016).

O magnésio (Mg) faz parte da estrutura de minerais de argila, ocorrendo na illita, vermiculita e montmorilonita. As plantas absorvem o magnésio da solução do solo na forma de  $Mg^{2+}$ . A absorção de  $Mg^{2+}$  pode ser diminuída por altas concentrações de outros cátions como o  $K^+$ ,  $Ca^{2+}$  e  $NH_4^+$ , devido à inibição competitiva (FAQUIN, 2005). Teores foliares na macieira entre 2,5 e 4,5  $g\ kg^{-1}$  são considerados normais (CQFS-RS/SC, 2016).

## 2.4 IRRIGAÇÃO E FERTIRRIGAÇÃO NA CULTURA DA MACIEIRA

Os estudos com irrigação e fertirrigação de macieiras são recentes no Brasil, porém a literatura estrangeira apresenta vários resultados. No Brasil, a maioria dos estudos é realizada com outras frutíferas. Coelho et al. (2003) trabalharam com o manejo da fertirrigação em fruteiras de um modo geral. Assim, estes autores indicaram que a fertirrigação deve ter embasamento técnico e científico, levando em consideração todos os fatores principais que influenciam na fertilidade do solo e na nutrição da cultura. Por outro lado, com a fertirrigação, a planta passa a usar mais efetivamente seu sistema radicular na absorção, podendo, com isso, atingir todo seu potencial de absorção de nutrientes. Duenhas et al. (2002) trabalharam com fertirrigação de laranjas e não encontraram diferenças significativas entre fertirrigação e adubação convencional para os parâmetros: massa de fruto, número de frutos por planta e produtividade. Souza et al. (2003) trabalharam com maracujá amarelo com diferentes níveis de irrigação e fertirrigação com K e encontraram que a produtividade foi influenciada pelas doses de K e pelos níveis de água. Neto et al. (2012) utilizaram adubação convencional e fertirrigada para várias doses de N no meloeiro e verificaram que a fertirrigação proporcionou maior produtividade comercial e maior espessura da casca que a adubação convencional, nas doses mais altas de N.

Na literatura estrangeira, a pesquisa com irrigação e fertirrigação de maçãs já avançou consideravelmente, com resultados disponíveis em várias regiões do mundo. Em 1994, Neilsen et al. (1994) estudaram como a fertirrigação pode induzir a acidificação localizada do solo. Neilsen & Roberts (1996) estudaram fertirrigação de pomares de alta densidade com K em solos arenosos e observaram que a fertirrigação é uma boa ferramenta de manejo. Neilsen et al. (2000) estudaram como a fertirrigação afeta o sistema radicular das plantas e encontraram que a irrigação, se realizada todos os dias, pode restringir o crescimento das raízes pela alta disponibilidade de água e nutrientes próximo a elas. Robinson & Stiles (2004) estudaram a fertirrigação de macieiras em climas úmidos, na região nordeste dos EUA, onde houve incremento no tamanho médio dos frutos. Neilsen & Neilsen (2008) estudaram efeitos da fertirrigação em maçãs e cerejas com aplicação dos minerais nos períodos de maior exigência da planta. Neilsen et al. (2009) estudaram a fertirrigação com N e seus efeitos em pomares com alta densidade e observaram que altas concentrações de N diminuíram a qualidade dos frutos. Fallahi et al. (2010) estudaram a eficiência da irrigação para obter frutos de qualidade e boa produtividade em clima semiárido e solo arenoso nos EUA. Maşán et al.

(2018) trabalharam com irrigação e fertirrigação nas cultivares ‘Gala Schniga’ e ‘Fuji Kiku 8’ na Eslováquia, em região de clima temperado úmido.

O estudo com irrigação de macieiras no Brasil ainda é incipiente. O início das pesquisas ocorreu em Vacaria-RS, porém os solos dessa região têm características bem diferentes dos solos da região de São Joaquim. Com isso, houve necessidade de desenvolver estudos com irrigação de maçãs nos solos de São Joaquim. Nachtigall et al. (2014) estudaram irrigação e fertirrigação na cultura da macieira na região de Vacaria e observaram que a irrigação aumentou a produção de frutos de maior calibre, a produção total e a coloração vermelha da epiderme de frutos das cvs. Maxigala e Fuji Suprema, nas safras em que ocorreu déficit hídrico no solo. Branco et al. (2016) avaliaram o desenvolvimento inicial da macieira com irrigação e fertirrigação e observaram que o uso de irrigação ou de fertirrigação não influenciou o desenvolvimento inicial de macieiras, suas estruturas produtivas e a altura de plantas. Porém, a adição de água via irrigação juntamente com a adubação por fertirrigação proporcionou o desenvolvimento de frutos com maior calibre.

O aporte de água para as frutíferas temperadas e tropicais é necessário para assegurar a floração, a fecundação e o crescimento dos frutos, e assim influenciar o rendimento final da cultura (PEREIRA et al., (2009); NACHTIGALL et al., 2012). Os solos de pouca profundidade têm baixa capacidade de reter água durante os períodos de estiagem (NAVA, 2010).

Em áreas irrigadas, o monitoramento da água no solo é indispensável para o manejo correto e econômico dos recursos hídricos, a fim de se evitar perdas de água, energia e produção. O solo é considerado um reservatório no qual a água é armazenada e disponibilizada para as culturas (CONCEIÇÃO, 2010). Cada solo apresenta uma capacidade de água disponível (CAD). De maneira geral, os valores da CAD variam de 50 mm de água por metro de profundidade ( $50 \text{ mm m}^{-1}$ ) em solos de baixa capacidade de retenção de água até  $200 \text{ mm m}^{-1}$  nos solos de alta capacidade de retenção (ALLEN et al., 1998). Quanto mais seco estiver o solo, maior a dificuldade da planta em absorver água e nutrientes. A fase líquida ou solução do solo é muito importante do ponto de vista da absorção de nutrientes pelas raízes porque contém íons dissolvidos e facilita o movimento desses íons até a superfície das raízes (BAHADUR et al., 2015). Os atributos que influenciam na retenção de água no solo têm sido intensamente estudados por ser a água um dos fatores limitantes à produtividade das culturas. O conteúdo de água retido no solo em determinada tensão é característica específica de cada solo e resulta da ação conjunta e complexa de vários fatores como porosidade, densidade, textura e superfície específica (BEUTLER et al., 2002). A partir do consumo da água do solo

facilmente disponível para a cultura (AFDC), se inicia um processo de déficit hídrico, com a redução da evapotranspiração da cultura (ETc) (CONCEIÇÃO, 2010). A utilização de tensiômetros vem sendo amplamente utilizada visando a interpretação correta da tensão da água no solo. Esses instrumentos medem o potencial matricial de água no solo, indicando o momento apropriado para realização da irrigação. A estimativa da demanda hídrica da cultura é realizada através de dados do coeficiente da cultura (Kc). Existem dados de Kc para macieira em diferentes partes do mundo, variando de 0,8 a 1,2 em regiões com baixa precipitação pluviométrica, como na Espanha (HUSSEIN-MOUNZER et al., 2008), no noroeste dos EUA (FALLAHI; FALLAHI; KIESTER, 2018) e na Turquia (KANBER et al., 1999), porém estes valores dependem de fatores específicos de cada solo. A demanda hídrica e os coeficientes da cultura (Kc) da macieira para as condições sul brasileiras foram determinados por Conceição et al. (2011) na região de Vacaria, RS, sendo em média 0,58. A determinação do Kc para cada região é importante para se ter um manejo correto do uso da irrigação.

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 melhor estudados (FALLAHI et al., 2010). Na Itália, as adubações de crescimento e de manutenção, na maioria das vezes são realizadas via fertirrigação, aproveitando a necessidade de suplementação de água, já que nas regiões produtoras de maçã as chuvas são insuficientes para suprir a necessidade de água da planta em todo o ciclo (BRUNETTO et al., 2012).

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 sol nos frutos também são frequentes em condições de temperaturas elevadas e déficit hídrico (PETRI, 2006). Assim, a irrigação pode ser uma alternativa. Fallahi et al. (2010) relatam 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. 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).

Os fertilizantes sólidos são aplicados no entorno da planta e dependem da quantidade de chuva para infiltrarem e se tornarem parte da solução do solo, na qual são absorvidos pelas plantas. Na aplicação via água de irrigação, o tempo de chegada do fertilizante às raízes das plantas é significativamente reduzido, uma vez que o fertilizante solúvel na água infiltra no solo já em solução, de modo uniforme, em toda a região da zona radicular, garantindo boa interceptação pelo sistema radicular. Assim, um maior número de raízes passa a absorver nutrientes fazendo com que a planta possa trabalhar no seu potencial de absorção (COELHO; SOUZA; PINTO, 2003). A fertirrigação via sistema de gotejamento é mais adequado que o sistema de microaspersão, porque no gotejamento o sistema radicular da cultura coincide com as regiões de maiores valores de umidade do volume molhado gerado por um ou mais gotejadores, otimizando com isso o aproveitamento dos fertilizantes (COELHO; OR; SOUZA, 2005).

## 2.5 CRESCIMENTO DE FRUTOS

Segundo Iuchi (2006), o desenvolvimento do fruto de macieira pode ser dividido fisiologicamente em quatro estágios: divisão celular, diferenciação dos tecidos, maturação e senescência. De acordo com este autor, a divisão celular vai desde o início da formação do fruto (meados do mês de outubro) até três a quatro semanas após a plena floração. Este estágio é caracterizado por intensa atividade metabólica, evidenciada pela alta taxa respiratória. A diferenciação dos tecidos é caracterizada pelo aumento no tamanho das células, proporcionando o crescimento dos frutos. A maturação ocorre quando as sementes atingem a maturação fisiológica para reprodução, sendo que ao final da maturação fisiológica ocorre a maturação comercial. O último estágio é o da senescência, quando os frutos começam a perder suas propriedades organolépticas. Para obtenção do máximo potencial produtivo, os frutos em desenvolvimento precisam de fotoassimilados, nutrientes minerais e água.

A fisiologia da macieira depende de apropriada relação hídrica. O sistema de raízes não é denso, não explora o solo intensivamente para procurar umidade (IUCHI, 2006). Esse mesmo autor afirma que 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 prioridade sobre a alocação para novos crescimentos. O início da floração é

sustentado pelas reservas de carboidratos previamente existentes na planta, mas após a floração, o crescimento do fruto é sustentado por carboidratos provenientes da fotossíntese (LAKSO; GOFFINET, 2013). Em solos rasos, principalmente em anos de déficit hídrico, o suprimento de nutrientes é mais prejudicado do que em solos profundos. Para porta-enxertos anões, a seca afeta principalmente o tamanho do fruto, enquanto que para os porta-enxertos vigorosos a resposta na produção para estresse hídrico foi principalmente atribuída ao número de frutos (IUCHI, 2006).

## 2.6 PARÂMETROS DE COLHEITA

A qualidade e o potencial de armazenagem das maçãs são influenciados pelo estágio de maturação dos frutos no momento da colheita. A qualidade da fruta aumenta durante sua maturação na planta pelo aumento do tamanho, da coloração avermelhada, do aroma e do sabor (ARGENTA; MARTIN, 2018). O momento da colheita deve ser escolhido de acordo com o momento de consumo da fruta. Frutos para consumo in natura logo após a colheita podem ser colhidos com estágio de maturação mais avançado. Já os frutos destinados ao armazenamento devem ser colhidos quando atingirem índices de maturação adequados conforme dados publicados em Girard et al. (2004); Stanger et al. (2013); Betinelli et al. (2017); Magrin et al. (2017), entre outros. As medidas práticas mais empregadas para monitorar a evolução da maturação na planta e indicar o ponto de colheita de maçãs pelos produtores são a firmeza da polpa, o índice de degradação do amido, o índice de cor de fundo da epiderme (casca), e o teor de sólidos solúveis (ARGENTA; JOSÉ; MARIA, 2010). Os índices de maturação devem ser utilizados em conjunto para melhor avaliação do período de colheita. Na prática, os indicadores de maturação de maçãs que mais se relacionam com o ponto ideal de colheita comercial para máxima qualidade sensorial ou alto potencial de armazenagem são a firmeza de polpa, o índice de amido, o teor de sólidos solúveis e a cor de fundo da epiderme (STANGER et al., 2013).

A coloração dos frutos é um importante atributo de qualidade, não só por contribuir para uma boa aparência, mas também por influenciar a preferência do consumidor. Durante o amadurecimento, a maioria dos frutos sofre mudanças na cor, principalmente na casca e, desta forma, a cor se torna um atributo importante na determinação do estágio de maturação (MOTTA et al., 2015). A alteração mais evidente na mudança de cor da casca durante a maturação e senescência de maçãs é a redução no conteúdo de clorofila, resultando na redução da cor verde, pois o etileno estimula a ação das enzimas clorofilases. A mudança de

cor da epiderme também está associada ao aumento no conteúdo de carotenoides. Cada cultivar tem um padrão de mudança da cor de fundo da casca. Condições climáticas e do pomar também afetam os padrões de mudança de cor.

O colorímetro permite a determinação rápida dos índices de coloração (brilho e intensidade da cor). O ângulo hue ( $^{\circ}h$ ) é usado como índice de maturação: à medida que a cor de fundo tende a mudar do verde para o amarelo, os valores de  $^{\circ}h$  tendem a diminuir. A mudança da cor da epiderme pode ser avaliada, também, através de catálogos com escalas de cores de fundo (GIRARD et al., 2004; ARGENTA; JOSÉ; MARIA, 2010). Entretanto, plantas vigorosas, altos níveis de nitrogênio e altas temperaturas noturnas intensificam o acúmulo de clorofila e retardam o acúmulo de carotenoides nos frutos. Frutos mais expostos à radiação apresentam menor acúmulo de clorofila que os de regiões internas da copa. Assim, frutos num mesmo estádio de maturação podem apresentar diferentes índices de cor de fundo da epiderme (ARGENTA, 2006). Desse modo, a mudança na cor da epiderme não deve ser um parâmetro isolado para definir o ponto de maturação dos frutos; sempre deve ser acompanhada de outros parâmetros como firmeza de polpa, teste iodo-amido, acidez titulável (AT) ou teor de sólidos solúveis (SS).

O amolecimento dos tecidos aumenta conforme o tamanho e a maturação da fruta. A firmeza da polpa é medida procurando-se estabelecer, de maneira indireta, as mudanças na estrutura celular, no tamanho das células e nas alterações bioquímicas na parede celular (GIRARD et al., 2004). A firmeza da polpa é medida através de um aparelho chamado penetrômetro, que, pela compressão exercida, mede a força equivalente para vencer a resistência dos tecidos da polpa, e é expressa em Newton (N).

A acidez é um importante teste para determinar a qualidade interna da fruta durante o armazenamento (MAGRIN et al., 2017). Durante o crescimento e a diferenciação da fruta, ocorre um acúmulo de ácidos, sendo o málico o principal ácido encontrado na maçã. Com o processo de maturação, seu conteúdo começa diminuir, continuando durante o armazenamento (GIRARD et al., 2004).

Pelo processo de fotossíntese, os açúcares sintetizados nas folhas são polimerizados e armazenados nas frutas na forma de amido. Durante a maturação, o amido armazenado na polpa da fruta é hidrolisado, transformando-se em açúcares solúveis. Quanto mais madura a fruta, menor o conteúdo de amido e maior o de açúcar (GIRARD et al., 2004). É possível acompanhar o amadurecimento da fruta pela coloração azul do amido que reage com iodo. O índice de iodo-amido é avaliado numa escala de 1 (secção transversal da polpa corada com

iodo, indicando alto teor de amido e fruto imaturo) a 9 (secção transversal da polpa não corada com iodo, indicando baixo teor de amido e fruto maduro) (SCOLARO et al., 2015).

Grande parte dos sólidos solúveis em uma fruta é de açúcares simples (glicose e frutose). O conteúdo desses açúcares na maçã é um importante fator de qualidade organoléptica da fruta. Durante o processo de maturação, o teor encontrado é influenciado por muitos fatores, como diferentes exposições da fruta na planta, irrigação, porta-enxerto, fertilização e condições climáticas (GIRARD et al., 2004). A avaliação dos sólidos solúveis totais é realizada através de um refratômetro que determina o grau Brix.

### **3 Capítulo 1: INFLUÊNCIA DA IRRIGAÇÃO E FERTIRRIGAÇÃO NO RENDIMENTO E NA QUALIDADE DE MAÇÃS ‘KINKAS’**

#### **3.1 MATERIAL E MÉTODOS**

##### **3.1.1 Caracterização do experimento**

O presente trabalho foi desenvolvido na Estação Experimental da Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (Epagri) na cidade de São Joaquim (29° 16' 39" S e 49° 55' 56" W), a 1415 metros de altitude, durante as estações produtivas 2015/16, 2016/17, 2017/18 e 2018/19. Na safra 2017/18 a adubação foi realizada em cobertura, via sólida, em todos os tratamentos, por engano. Nesta safra, portanto, optou-se por usar volumes de irrigação como tratamentos, os quais, junto com as avaliações realizadas serão apresentadas no próximo capítulo.

O clima predominante nesta região é o Cfb, segundo a classificação de Köppen (PANDOLFO; BRAGA, 2002), ou seja, clima temperado úmido com verões amenos. A precipitação média, a temperatura média e o acúmulo de horas de frio (HF) acima de 7,2°C dos períodos avaliados foram 197 mm, 15,6 °C e 1087 HF na safra 2015/16, 136 mm, 14,5 °C e 458 HF na safra 2016/17, e 152 mm, 15,2 °C e 435 HF na safra 2018/19.

O pomar foi implantado em 2011, e a correção do solo e a adubação inicial foram feitas de acordo com as recomendações técnicas para a cultura da macieira da Comissão de Química e Fertilidade do Solo para RS e SC (2004). A quantidade de calcário dolomítico utilizada foi a recomendada para que o pH atingisse 6,0, visto que na análise inicial do solo o pH era 5,1. O experimento vem sendo conduzido desde 2012 (BRANCO; NAVA; ERNANI, 2016) sobre um Cambissolo húmico (SANTOS, 2013). Em 2018 foi instalada tela antigranizo na área experimental, fornecida pela empresa Equipesca. A cultivar utilizada foi a Kinkas, sobre portaenxerto Marubakaido com interenxerto M-9. A polinizadora utilizada foi a cultivar Monalisa, que assim como a cultivar Kinkas, é resistente à sarna da macieira (*Venturia inaequales*), principal doença da cultura na região de estudo, e também à mancha da Gala (*Colletotrichum gloeoporioides*). As plantas foram conduzidas no sistema de líder central, com espaçamento entre plantas de 1,5 m e entre filas de 4,5 m, totalizando 1481 plantas por hectare; no experimento foram utilizadas 192 plantas, dentre elas 20 polinizadoras. O raleio foi sempre realizado manualmente, de forma uniforme entre todas as plantas e gradativo a cada safra, considerando o aumento produtivo potencial.

### 3.1.2 Caracterização dos tratamentos

Os tratamentos utilizados foram: adubação sólida convencional (ASC), adubação sólida convencional + irrigação (ASC + I), irrigação + fertirrigação (I + F), e fertirrigação (F). A ASC foi realizada totalmente sobre a superfície do solo, sem incorporação com o mesmo. Nos tratamentos com fertirrigação (F), toda a quantidade de adubo necessária foi aplicada diluída em água, através do sistema de fertirrigação. Cada parcela foi constituída por seis plantas, sendo somente as quatro centrais utilizadas para as determinações. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, com oito repetições. Nos tratamentos com irrigação e fertirrigação foram instaladas duas mangueiras com gotejadores, sendo uma para realização da irrigação e outra para aplicação dos fertilizantes por meio de fertirrigação.

A irrigação foi realizada através do sistema de gotejamento, e o espaçamento entre os gotejadores foi de 0,6 m, totalizando 14 gotejadores por tratamento, com vazão de 1,9 L h<sup>-1</sup> em cada gotejador, totalizando uma lâmina de água de 3 mm h<sup>-1</sup> na região do bulbo molhado.

A quantidade de N e K aplicada foi a mesma em todos os tratamentos, totalizando 100 kg ha<sup>-1</sup> de N e 150 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, sendo a quantidade de K<sub>2</sub>O 100 kg ha<sup>-1</sup> na safra 2015/16 devido a baixa produção do pomar. A adubação convencional, realizada nos tratamentos ASC e ASC+I, foi dividida em três aplicações mensais, de setembro a novembro. Nestas, o adubo foi aplicado diretamente ao solo, na área da projeção da copa das plantas, na forma de ureia e cloreto de potássio respectivamente. As aplicações de fertilizantes nos tratamentos com fertirrigação (I+F e F) foram realizadas quinzenalmente, totalizando seis aplicações, também de setembro a novembro, utilizando o adubo formulado 05-05-45 (próprio para fertirrigação) como fonte de K<sub>2</sub>O e parte do N necessário, juntamente com a ureia. Em cada uma das 6 aplicações de fertirrigação foram utilizados 3,2 kg do adubo formulado juntamente com 1,2 kg de ureia. Para realização da fertirrigação, as parcelas receberam água sequencialmente durante meia hora para enchimento completo das mangueiras, seguido de meia hora para aplicação dos adubos e mais meia hora para limpeza das mangueiras e dos gotejadores.

Os tratamentos fitossanitários com fungicidas e inseticidas foram feitos de acordo com as recomendações para a cultura da macieira (Epagri, 2006), exceto para o controle da sarna (*Venturia inaequalis*), que não foi realizado uma vez que a cultivar é resistente a essa doença.

### 3.1.3 Determinação da necessidade hídrica do solo

A determinação da necessidade e do tempo de irrigação foi realizada de acordo com as médias das leituras dos tensiômetros e da curva de retenção de água no solo, determinada por Branco (2014), para que o potencial matricial do solo se mantivesse em -10 kPa, valor este próximo à capacidade de campo. Utilizou-se o valor do coeficiente da cultura ( $K_c$ ) de 0,58, de acordo com Conceição et al. (2011). Foram instalados dois tensiômetros de punção em seis parcelas de cada tratamento, inclusive nas parcelas que receberam adubação convencional (ASC), totalizando 48 no experimento. Um dos tensiômetros foi instalado a 15 cm e o outro a 30 cm de profundidade para monitoramento do potencial matricial do solo na região do bulbo molhado, nas faixas entre 5 a 25 cm e 20 a 40 cm de profundidade, respectivamente. No início da brotação das plantas, no mês de setembro de cada ano, iniciou-se o monitoramento dos tensiômetros, com o uso de um tensímetro digital (Figura 1). Essas leituras foram realizadas duas vezes por semana, durante todo o período reprodutivo das plantas. De posse desses valores, utilizando as médias das leituras dos tratamentos com irrigação (ASC+I e F+I), determinou-se o tempo de irrigação de acordo com os valores da Tabela 1.

Figura 1 – Monitoramento do potencial matricial do solo com uso de tensímetro digital.



Fonte: próprio autor.

Tabela 1 – Tempo necessário para irrigação de acordo com a tensão de água no solo.

Tensão média	Tempo	Tensão média	Tempo
kPa <sup>1</sup>	horas	kPa	horas
11	1,0	22	9,5
12	2,0	24	10,5
13	3,0	26	11,5
14	4,0	28	12,5
15	5,0	30	13,0
16	6,0	32	13,5
17	7,0	34	14,0
18	7,5	36	14,5
19	8,0	38	15,0
20	8,5	40	15,5

<sup>1</sup>kPa: quilopascal

Fonte: Tabela fornecida pela Estação Experimental de Fruticultura de Clima Temperado da Embrapa, Vacaria-RS, de acordo com dados da curva de retenção de água no solo do experimento em São Joaquim-SC.

### 3.1.4 Colheita

A colheita total dos frutos foi realizada sempre na primeira quinzena do mês de abril, com base nos resultados dos testes de firmeza de polpa e iodo-amido, utilizando os parâmetros da cultivar Fuji, visto que a cultivar Kinkas ainda não tem esses parâmetros definidos em literatura. Durante a colheita, em cada safra avaliada, foi realizada a contagem do número de frutos por planta e a pesagem dos frutos de cada parcela. Nas safras 2015/16 e 2016/17 foram retiradas três amostras por parcela, de 10 frutos cada. Uma amostra foi utilizada para determinação dos parâmetros físico-químicos dos frutos logo após a colheita; as outras duas amostras foram armazenadas em câmara fria por 3 e 6 meses respectivamente, sendo que após estes períodos foram realizadas as avaliações físico-químicas. Os frutos foram armazenados em câmara fria com atmosfera controlada (AC) juntamente com frutos da cultivar Fuji, com temperatura de 1°C ( $\pm 0,5^\circ\text{C}$ ), umidade relativa 96% a 98%, pressão de O<sub>2</sub> 1,2%, pressão de CO<sub>2</sub> 1%. Na safra 2018/19, não houve armazenamento de frutos e a determinação dos parâmetros físico-químicos foi realizada somente logo após a colheita.

Os frutos colhidos foram classificados, com o uso de uma máquina classificadora, em classes (calibres) de acordo com suas massas (g), conforme Tabela 2.

Tabela 2 – Classificação dos tamanhos dos frutos em classes (calibres) e suas massas médias (g).

Classe	Massa limite inferior	Massa limite superior
60	279	
70	241	278
80	213	240
90	190	212
100	172	189
110	157	171
120	142	158
135	127	141
150	115	126
165	105	114
180	96	104
198	87	95
220	78	86
250	67	77
300	50	66

Fonte: GIRARD, C. L. et al, 2004.

As avaliações físico-químicas realizadas logo após a colheita foram: parâmetros de cor, firmeza de polpa, teor de sólidos solúveis (SS), acidez titulável (AT) e teste iodo-amido. A coloração dos frutos foi estimada visualmente, dividindo o fruto em quatro quadrantes, cada qual representando 25% do total. Os valores foram expressos em porcentagem de coloração vermelha em relação à superfície total do fruto. Foi utilizado também um colorímetro digital Minolta para quantificar a intensidade da cor na superfície mais colorida do fruto. Pelo colorímetro, o brilho da coloração é expresso pelo valor de 'L', que varia de 0° (preto) a 100° (branco), e quanto maior o valor, mais brilhosa é a cor. O ângulo 'hue' (°h) expressa a coloração básica relacionada ao comprimento de onda refletido, sendo 0° vermelho, 90° amarelo e 180° verde, ou seja, quanto menor o valor de °h, maior a intensidade da cor vermelha. A intensidade da cor (C; croma) varia de 0 (pouca cor) até 60 (cor intensa).

Para obtenção da firmeza de polpa, expressa em Newton (N), utilizou-se um penetrômetro automático para medir a resistência da polpa à inserção da ponteira de 11 mm de diâmetro. O teor de sólidos solúveis (SS), expresso em °Brix, foi obtido por meio de um refratômetro digital, utilizando-se algumas gotas de suco sobre o prisma de leitura. A determinação da acidez titulável (AT; % de ácido málico) foi realizada por titulometria de neutralização, utilizando-se 10 mL do suco e 3 gotas do indicador azul de bromotimol, sendo a titulação realizada com hidróxido de sódio 0,095 N. O teste iodo-amido foi realizado com a imersão da metade peduncular do fruto em iodo e comparando-se a área que reagiu (azul-

escura) com uma tabela padrão que varia de 1 a 9, cujo valor aumenta à medida que diminui o teor de amido na polpa (do azul escuro para o amarelo), sendo que o 1 representa fruto totalmente verde e o 9 representa fruto com maturação avançada, sem presença de amido.

Nas amostras refrigeradas, quantificou-se o teor de sólidos solúveis (SS), a acidez titulável (AT) e a firmeza de polpa, conforme metodologias descritas acima.

### **3.1.5 Análise química do solo**

No mês de julho de cada ano foram coletadas amostras de solo em cada unidade experimental (com quatro subamostras cada), utilizando trado de rosca, nas profundidades de 0-10 cm e 10-20 cm. Após a coleta, as amostras foram secas em estufa a 65°C, destorroadas, peneiradas em peneiras com malha de 2 mm e nelas foram determinados: pH em água (1:1) e em solução SMP, teor de argila P, K, Ca, Mg, e matéria orgânica (MO). A metodologia utilizada para realização das análises é a proposta por Tedesco et al. (1995), sendo a determinação do pH realizada em água (1:1), o teor de argila ( $\text{mg dm}^{-3}$ ) feito por densímetro, o P disponível ( $\text{mg dm}^{-3}$ ) e o K trocável ( $\text{mg dm}^{-3}$ ) por Melich-1, o Ca trocável ( $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ) e o Mg trocáveis ( $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ) por extração com KCl, e a matéria orgânica ( $\text{g kg}^{-1}$ ) por solução sulfocrômica com calor externo seguida por determinação espectrofotométrica do  $\text{Cr}^{+3}$ .

### **3.1.6 Análise química das folhas**

Nas safras 2015/16 e 2016/17 foram realizadas análises químicas das folhas. As amostras foram coletadas sempre na primeira quinzena de fevereiro. Foram coletadas folhas no terço médio dos ramos emitidos no ano, nos quatro quadrantes da planta, totalizando 40 folhas por amostra. As amostras foram secas em estufa a 65°C, moídas em moinho tipo Willey, e armazenadas em sacos plásticos. Para a determinação de K, P, Fe, Zn e Mn foi utilizado o método de digestão seca, pela queima em mufla a 500°C por 3 horas, (EMBRAPA, 2009). Para determinação de N, Ca e Mg, foram pesadas 0,200 g de amostra em tubo digestor, às quais foram adicionados 1 mL de  $\text{H}_2\text{O}_2$  e 2 mL de  $\text{H}_2\text{SO}_4$ . Na sequência as amostras foram colocadas em bloco digestor ajustado à temperatura de 350°C e digeridas por uma hora (Tedesco, 1995). Os teores de Fe, Zn e Mn foram determinados apenas na safra 2015/16.

### 3.1.7 Análise química da polpa

Durante as safras 2015/16 e 2016/17 foram avaliados os teores de N, P, K, Ca e Mg nos frutos. Para melhor avaliação da distribuição dos nutrientes na polpa dos mesmos, dividiu-se a avaliação em três partes: parte do fruto próxima ao pedúnculo (proximal), parte mediana do fruto, e parte inferior do fruto (distal). Foram cortadas fatias de 10 frutos por amostra, incluindo a casca, para posterior moagem em processador e digestão. A determinação de N, P e K foi realizada através de digestão úmida, em bloco digestor. Três gramas de cada amostra, incluindo casca e polpa, foram pesadas e transferidas para tubos de digestão, aos quais foram adicionados 2 mL de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> e 3 mL de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (30 volumes). Em seguida, os tubos foram transferidos para bloco digestor ajustado a uma temperatura inicial de 150°C, a qual foi sendo elevada gradativamente de 50°C em 50°C, a cada dez minutos, até atingir a temperatura final de 350°C. A partir desse momento, as amostras foram mantidas no bloco digestor por três horas, sendo que, na metade desse tempo, foram acrescentados 3 mL de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> em cada tubo. Ao término do processo de digestão, as amostras foram retiradas do bloco digestor e, após resfriarem, tiveram o volume completado para 20 mL com água destilada. A determinação de N foi realizada pelo método semi-micro-Kjeldahl conforme descrito por Tedesco et al (1995); o P foi determinado pelo método de Murphy & Riley (Murphy & Riley, 1962) e o K por espectrofotometria de absorção atômica. Ca e Mg foram digeridos por combustão seca, durante quatro horas, em mufla ajustada a 630 °C. Na sequência, adicionou-se HCl e realizou-se a determinação em espectrofotômetro de absorção atômica. Os resultados foram expressos em mg kg<sup>-1</sup> de polpa.

### 3.1.8 Análise estatística

Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e, quando significativos, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro ( $p \leq 0,05$ ). As análises foram realizadas através do Software R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2011).

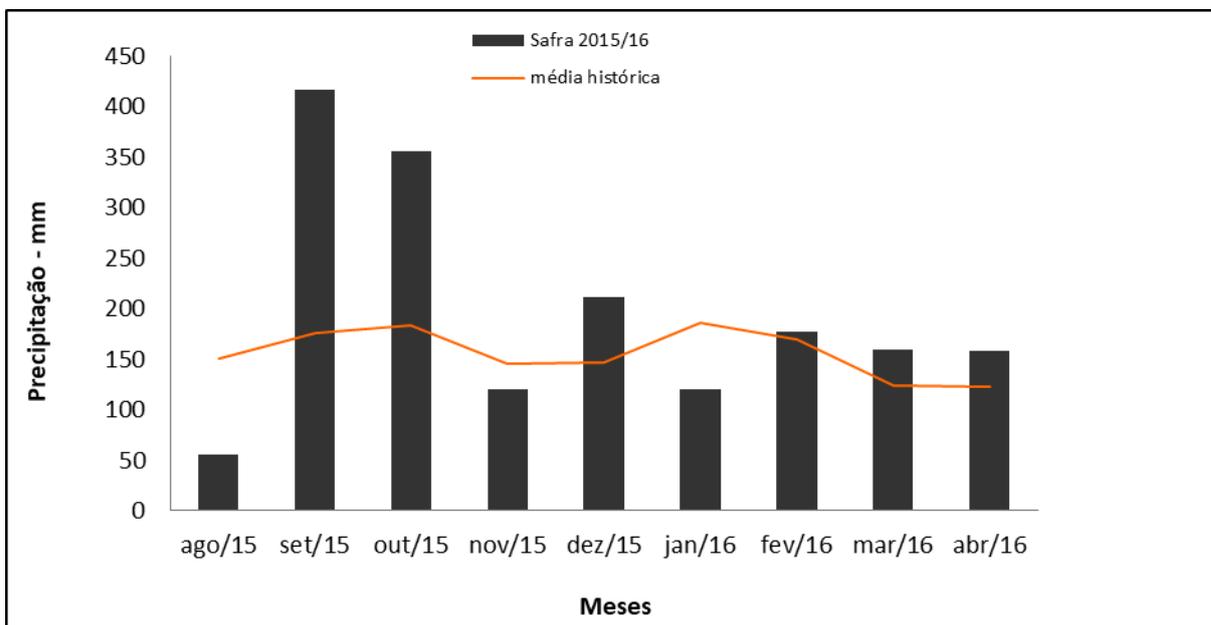
## 3.2 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.2.1 Monitoramento hídrico do solo

Nas Figuras 2, 3 e 4 está a distribuição da precipitação pluviométrica em São Joaquim durante os períodos produtivos de 2015/16, 2016/17 e 2018/19 respectivamente, assim como a média histórica da região, cujos dados fornecidos pela Epagri – Ciram. Na Figura 2 (safra 2015/16) observa-se que em apenas três períodos houve chuvas abaixo da média histórica. No mês de agosto, que corresponde ao início de brotação, houve um déficit hídrico de 100 mm em relação à média histórica; no mês de novembro, o déficit hídrico foi de 20 mm em relação à média, e no mês de janeiro, período onde ocorre o crescimento dos frutos, houve déficit hídrico de 66 mm em relação à média. Porém, mesmo com a quantidade de chuva sendo alta nos demais períodos, fez-se uso da irrigação, pois ocorreram volumes de chuva concentrados em poucos dias, deixando o solo com baixa tensão de água durante os períodos mais secos, que foram, na maior parte, nos meses de fevereiro, março e abril. Observa-se, também, que nos meses de setembro e outubro a precipitação pluviométrica foi muito maior que a média histórica, superando 400 mm, não havendo necessidade de irrigação. Durante todo o período avaliado ocorreu 368 mm de chuva a mais que a média histórica.

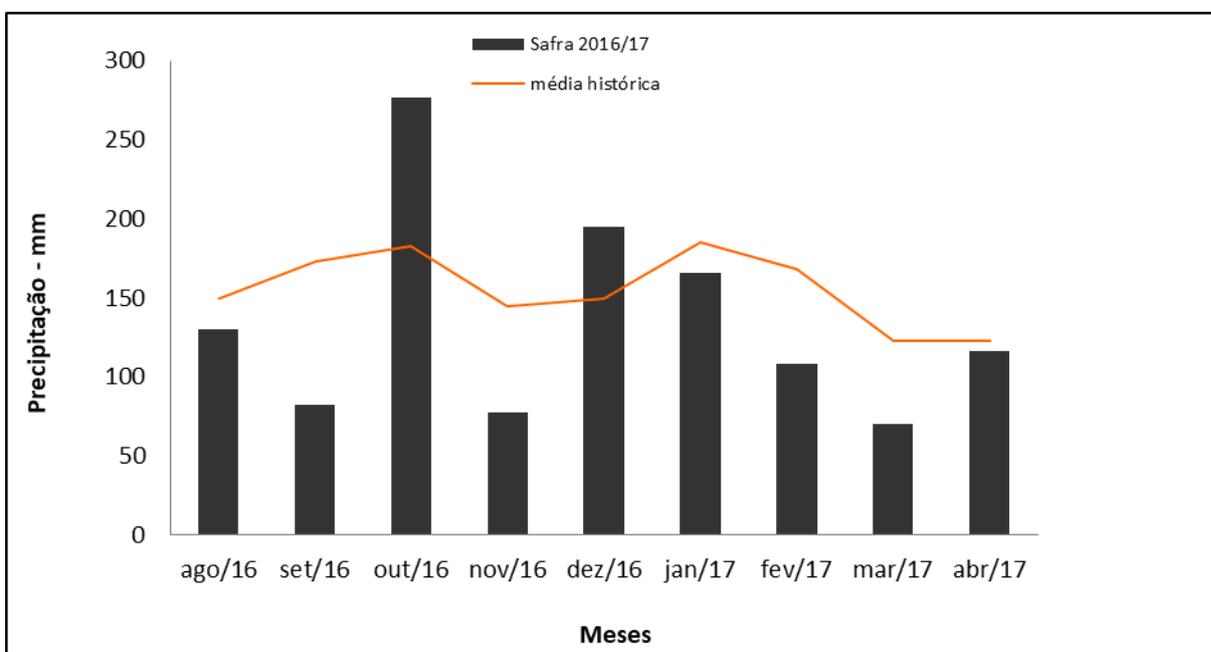
Na Figura 3, verifica-se que já no início da brotação, nos meses de agosto e setembro, ocorreram períodos com baixas precipitações pluviométricas, em torno de 90 mm abaixo da média histórica, assim como no período de crescimento dos frutos, nos meses de janeiro e fevereiro, com déficit hídrico em torno de 60 mm em relação à média histórica. Estes são períodos nos quais a cultura precisa de grande disponibilidade de água. Nesta safra ocorreu um déficit de 178 mm em relação à média histórica.

Figura 2 – Precipitação pluviométrica na região de São Joaquim durante o período produtivo 2015/16 em comparação com a média das precipitações nos últimos 30 anos.



Fonte: Epagri/Ciram  
Gráfico elaborado pela autora.

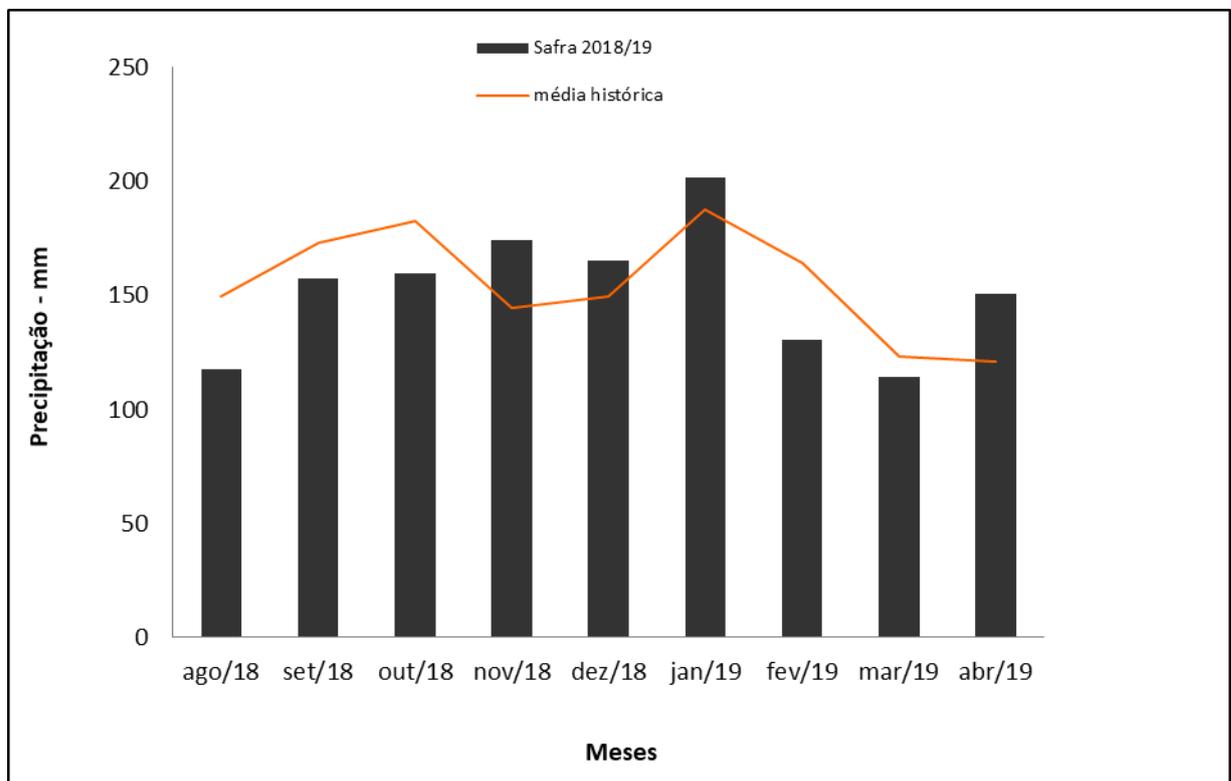
Figura 3 – Precipitação pluviométrica na região de São Joaquim durante o período produtivo 2016/17 em comparação com a média das precipitações nos últimos 30 anos.



Fonte: Epagri/Ciram  
Gráfico elaborado pela autora.

Na Figura 4 observa-se que a distribuição da precipitação pluviométrica na safra 2018/19 foi semelhante à da safra 2016/17 (Figura 3), porém com valores mais próximos da média histórica e com chuvas melhor distribuídas, o que pode ser observado também nas Figuras 5 e 6. Nesta safra, os valores da precipitação pluviométrica ficaram apenas 25 mm abaixo da média histórica. Em situações de déficit hídrico, o uso da irrigação ajuda a manter a umidade do solo adequada para o desenvolvimento das plantas e mesmo em períodos com elevada precipitação pluviométrica, em alguns momentos, fez-se necessário o uso da irrigação.

Figura 4 – Precipitação pluviométrica na região de São Joaquim durante o período produtivo 2018/19 em comparação com a média das precipitações dos últimos 30 anos.



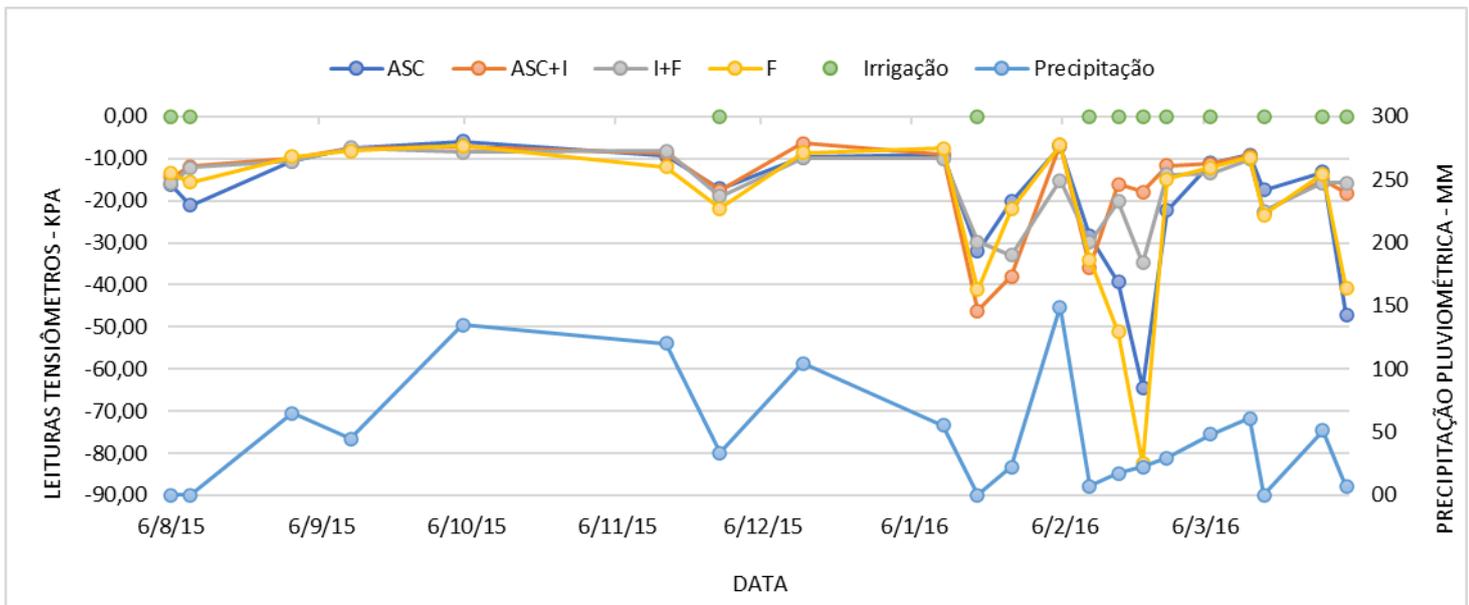
Fonte: Epagri/Ciram  
Gráfico elaborado pela autora.

Nas Figuras 5, 6 e 7 observa-se a tensão da água no solo e a necessidade de irrigação nos períodos de baixa precipitação pluviométrica, de acordo com as médias das leituras dos tensiômetros e do volume de chuvas.

Na safra 2015/16 (Figura 5), a precipitação pluviométrica foi melhor distribuída no início do ciclo do que nas safras 2016/17 (Figura 6) e 2018/19 (Figura 7), sendo necessário mais eventos com irrigação no período de crescimento dos frutos, nos meses de janeiro e

fevereiro. Neste período, observa-se que a tensão da água no solo, nos tratamentos sem irrigação (ASC e F), chegou a  $-80\text{kPa}$ , o que demonstra ter havido baixa disponibilidade de água no solo naquele momento. Mesmo tendo havido precipitação pluviométrica mensal acima da média histórica, em vários momentos ela não foi suficiente para manter a tensão ideal da água no solo próximo a  $-10\text{ kPa}$ , que é o valor da capacidade de campo para a cultura da macieira na região sul do Brasil (CONCEIÇÃO et al., 2011). Isso aconteceu devido à ocorrência de altas quantidades de chuvas em curtos períodos de tempo, o que gera um escoamento superficial pela rápida saturação do solo, fazendo com que a tensão da água no solo não se mantenha próxima ao ideal por muito tempo.

Figura 5 – Tensão de água no solo em Cambissolo Húmico na profundidade de 10 a 40 cm e precipitação pluviométrica durante o período produtivo 2015/16.



ASC: adubação sólida convencional; I: irrigação; F: fertirrigação.

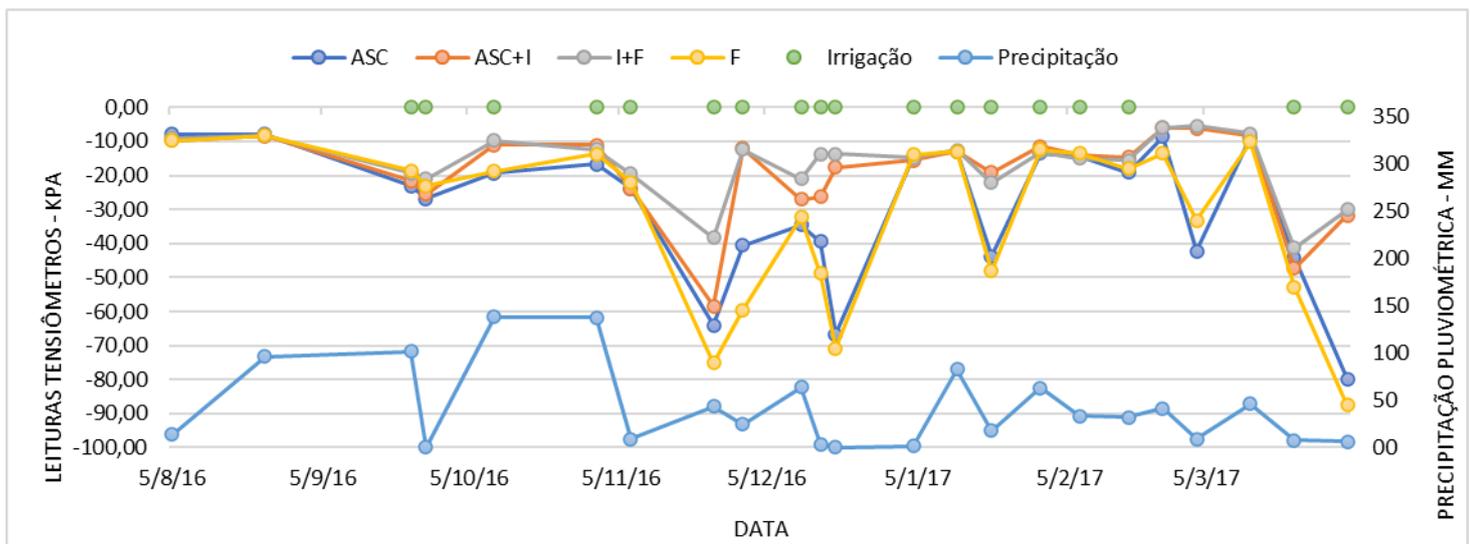
Fonte: elaborada pela autora.

Na Figura 6, observa-se que na safra 2016/17 a precipitação pluviométrica aconteceu com volumes mais baixos que o normal para a região e não foi tão bem distribuída, havendo a necessidade de vários eventos com irrigação durante todo o ciclo produtivo. Além disso, o tempo de irrigação de cada evento foi maior do que na safra anterior. Observa-se, também, que nos períodos em que a precipitação pluviométrica foi menor, a tensão da água no solo nos tratamentos sem irrigação, várias vezes passou de  $-60\text{kPa}$ . Nestes mesmos períodos, nos tratamentos irrigados, a tensão da água no solo manteve-se próxima a  $-10\text{kPa}$ ; quando essa

tensão baixou, foi possível retornar rapidamente a valores próximos ao ideal com o uso da irrigação.

Na safra 2018/19 (Figura 7), apesar de a distribuição da precipitação pluviométrica ter sido mais uniforme e com valores próximos a média histórica da região, verifica-se que essas chuvas tiveram volumes que não mantiveram a tensão da água no solo próxima de -10 kPa, o que levou à necessidade de muitos períodos com irrigação durante todo o ciclo produtivo da cultura. Nos momentos de menor precipitação pluviométrica, a tensão da água no solo nos tratamentos sem irrigação chegou a -30 kPa e -60 kPa. Assim como nas safras 2015/16 e 2016/17, com o uso da irrigação, foi possível manter a tensão da água no solo próxima a -10 kPa.

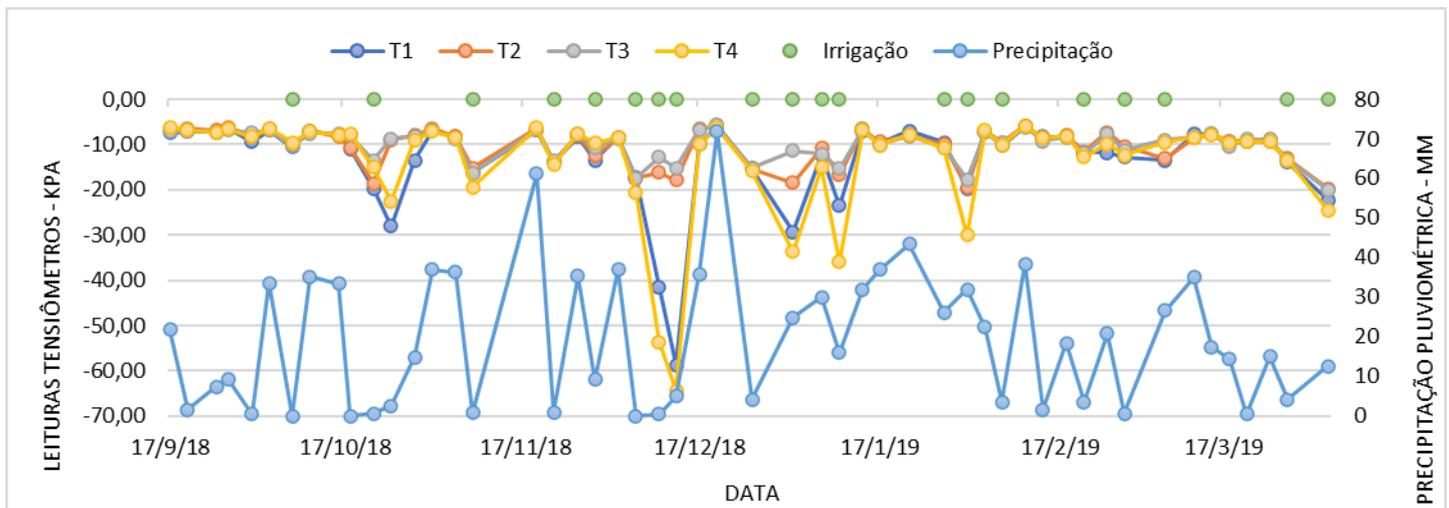
Figura 6 – Tensão de água no solo em Cambissolo Húmido na profundidade de 10 a 40 cm e precipitação pluviométrica durante o período produtivo 2016/17.



ASC: adubação sólida convencional; I: irrigação; F: fertirrigação.

Fonte: elaborada pela autora.

Figura 7 – Tensão de água no solo em Cambissolo Húmico na profundidade de 10 a 40 cm e precipitação pluviométrica durante o período produtivo 2018/19.



ASC: adubação sólida convencional; I: irrigação; F: fertirrigação.  
 Fonte: elaborada pela autora.

### 3.2.2 Avaliação química do solo

Os valores de pH, argila e matéria orgânica (MO) e os teores de nutrientes no solo nas amostras coletadas nas safras 2015/16 e 2016/17, respectivamente, para as camadas 0-10 cm e 10-20 cm são mostrados nas Tabela 3 e 4. Obteve-se valores médios para MO de 5,0% na camada 0-10 cm e 4,5% na camada 10-20 cm, e para argila 28% na camada 0-10 cm e 30% na camada 10-20 cm durante os dois períodos avaliados. Estes valores ocorrem em grande parte dos Cambissolos da região (SANTOS et al., 2015; DORTZBACH et al., 2016).

Na safra 2015/16 (Tabela 3), na camada de 0-10 cm de solo, não houve diferença significativa entre tratamentos para os parâmetros avaliados, obtendo as seguintes médias pH= 5,9, SMP = 5,7, Ca = 8,11  $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ , Mg = 4,69  $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ , P disponível = 18,1  $\text{mg dm}^{-3}$  e K trocável = 250  $\text{mg dm}^{-3}$ . Na camada de 10-20 cm, houve diferença para P disponível e K trocável, onde no tratamento com fertirrigação os valores foram 13,2 e 169  $\text{mg dm}^{-3}$  respectivamente, maiores em relação aos tratamentos ASC e ASC+I, cujos valores foram em média 8  $\text{mg dm}^{-3}$  para P disponível e 112  $\text{mg dm}^{-3}$  para K trocável. O movimento do P no solo é maior na fertirrigação do que na ausência da adição de água porque uma maior concentração em uma faixa estreita do solo satura mais rapidamente os sítios de fixação de P mais próximos ao ponto de aplicação do fertilizante. Este movimento também aumenta com o aumento do raio molhado (DOS SANTOS et al., 2012). De Souza et al. (2006), trabalhando com citrus

sobre um Argissolo distrófico, observaram que a fertirrigação favoreceu a movimentação do P disponível no perfil do solo, provavelmente pela maior saturação dos sítios de adsorção nos tratamentos fertirrigados. Estes mesmos autores também observaram alta concentração de K trocável nos tratamentos fertirrigados. Duenhas et al. (2002), trabalhando com citrus em um Neossolo quartzarênico, também observaram maiores valores de K trocável no solo nos tratamentos fertirrigados em relação aos demais.

De acordo com a Comissão de Química e Fertilidade do solo – RS/SC (2016), os teores de Ca e Mg estão altos nas duas camadas de solo analisadas, para todos os tratamentos, o que é considerado satisfatório. Os teores de K trocável estão altos no tratamento ASC e muito altos nos demais tratamentos na camada de 0-10 cm. Na camada de 10-20 cm os teores de K estão médios na ASC e ASC+I e altos na I+F e F. Os teores de P disponível na camada de 0-10 cm estão altos nos tratamentos sem o uso da irrigação (ASC e F) e médios para os tratamentos com uso de irrigação (ASC+I e I+F). Na camada de 10-20 cm os teores de P disponível estão médios no tratamento F e baixo nos demais tratamentos.

Tabela 3 – Valores de pH e teores de nutrientes em Cambissolo Húmico cultivado com macieiras ‘Kinkas’ em função da forma física de aplicação dos fertilizantes (convencional sólida ou fertirrigação) e da presença ou não de irrigação, na safra 2015/16.

Trat <sup>1</sup>	pH	SMP	Ca	Mg	P disponível	K trocável
			... cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> ...		.... mg dm <sup>-3</sup> ....	
			0-10 cm			
ASC	5,9 <sup>ns</sup>	5,6 <sup>ns</sup>	7,98 <sup>ns</sup>	5,48 <sup>ns</sup>	18,4 <sup>ns</sup>	233 <sup>ns</sup>
ASC+I	5,8	5,7	7,73	3,83	15,3	244
I+F	5,9	5,7	8,33	4,50	17,1	256
F	6,0	5,9	8,41	4,95	21,7	265
			10-20 cm			
ASC	5,7 <sup>ns</sup>	5,5 <sup>ns</sup>	6,51 <sup>ns</sup>	3,75 <sup>ns</sup>	8,8 b	112 b
ASC+I	5,7	5,6	6,40	3,98	7,5 b	112 b
I+F	5,6	5,7	6,61	3,98	10,0 ab	156 ab
F	5,7	5,7	7,21	4,50	13,2 a	169 a

<sup>1</sup>Trat: tratamentos; ASC: adubação sólida convencional; I: irrigação; F: fertirrigação.

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si em cada camada de solo analisada, pelo teste de Tukey (P=0,05) para cada atributo químico.

<sup>ns</sup>Não significativo para cada camada de solo avaliada.

Fonte: elaborada pela autora.

Na safra 2016/17 (Tabela 4), os valores médios de pH determinado em água foram de 5,5 nas duas camadas de solo, não diferindo entre os tratamentos. Os teores de Ca, na camada de 0-10 cm, foram maiores nos tratamentos I+F e F (em média 10 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>) em relação aos

tratamentos ASC e ASC+I (em média  $6,5 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ). Os teores médios de P disponível foram de  $17,8 \text{ mg dm}^{-3}$ , não havendo diferença significativa entre tratamentos. O tratamento com ASC apresentou teor de K trocável mais elevado em relação ao tratamento I+F, 299 e  $205 \text{ mg dm}^{-3}$  respectivamente. Na camada de 10-20 cm, não houve diferença significativa entre tratamentos para nenhum dos atributos avaliados. De acordo com a Comissão de Química e Fertilidade do solo – RS/SC (2016), os teores de Ca e Mg estão altos para as duas camadas analisadas; os teores de P na camada de 0-10 cm estão altos para ASC e F e médios para ASC+I e I+F. Na camada de 10-20 cm, os teores de P estão baixos. Os teores de K estão muito altos nos tratamentos ASC e ASC+I e altos nos tratamentos I+F e F na camada 0-10 cm. Na camada 10-20 cm, os teores de K estão altos em todos tratamentos.

Tabela 4 – Valores de pH e teores de nutrientes no solo cultivado com macieiras ‘Kinkas’ em função da forma física de aplicação dos fertilizantes (convencional sólida ou fertirrigação) e da presença ou não de irrigação, na safra 2016/17.

Trat <sup>1</sup>	pH	SMP	Ca	Mg	P disponível	K trocável
			... $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ...		.... $\text{mg dm}^{-3}$ ....	
			0-10 cm			
ASC	5,56 <sup>ns</sup>	5,52 <sup>ns</sup>	6,61 b	3,30 <sup>ns</sup>	19,0 <sup>ns</sup>	299 a
ASC+I	5,53	5,64	6,72 b	3,38	15,9	258 ab
I+F	6,04	5,94	10,85 a	4,91	17,2	205 b
F	5,99	5,86	11,05 a	4,84	19,2	234 ab
			10-20 cm			
ASC	5,57 <sup>ns</sup>	5,54 <sup>ns</sup>	5,73 <sup>ns</sup>	3,60 <sup>ns</sup>	10,3 <sup>ns</sup>	147 <sup>ns</sup>
ASC+I	5,52	5,62	7,33	3,88	7,3	130
I+F	5,65	5,61	7,85	3,96	8,4	147
F	5,63	5,56	8,61	4,15	10,7	128

Fonte: elaborada pela autora.

<sup>1</sup>Trat: tratamentos; ASC: adubação sólida convencional; I: irrigação; F: fertirrigação.

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si em cada camada de solo analisada, pelo teste de Tukey (P=0,05) para cada atributo químico.

<sup>ns</sup>Não significativo para cada camada de solo avaliada.

Observando o histórico da área, e considerando valores médios, o teor de Ca diminuiu de  $10 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ , na safra 2013/14 que foi a primeira avaliada após a correção do solo, para  $8 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ . O teor de Mg oscilou de  $3 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$  para  $5 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$  e para  $4 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ . O teor de P disponível aumentou de  $15 \text{ mg dm}^{-3}$  para  $18 \text{ mg dm}^{-3}$ , por ser um elemento de alta adsorção no solo o esperado é que seu incremento no solo seja pequeno. A concentração de K trocável aumentou de  $70 \text{ mg dm}^{-3}$  para  $250 \text{ mg dm}^{-3}$  ao longo das safras avaliadas.

### 3.2.3 Avaliação química das folhas

Os teores de macro e micronutrientes nas folhas na safra 2015/16 são apresentados na Tabela 5. Os teores de N nas folhas foram, em média, 23 g kg<sup>-1</sup> e não diferiram entre os tratamentos. O teor de Ca no tratamento ASC foi de 9,26 g kg<sup>-1</sup>, menor em relação aos demais, que foram em média de 13,5 g kg<sup>-1</sup>, mostrando que a presença de água favoreceu a absorção deste nutriente. No tratamento ASC+I o teor de Mg foi de 4,55 g kg<sup>-1</sup>, maior em relação aos tratamentos I+F e F, cujos valores foram 3,8 g kg<sup>-1</sup> e 3,55 g kg<sup>-1</sup> respectivamente. Para o P, não houve diferença significativa entre tratamentos, com teor médio de 1,9 g kg<sup>-1</sup>. Os tratamentos I+F e F proporcionaram maiores teores de K nas folhas, em média 15,0 g kg<sup>-1</sup> em relação aos tratamentos ASC e ASC+I que apresentaram média de 11,4 g kg<sup>-1</sup>. Segundo a Comissão de Química e Fertilidade do Solo – RS/SC (2016) e Novais et al. (2007), os teores de macronutrientes nas folhas estão na faixa normal para todos tratamentos. Quanto aos micronutrientes, os teores de Zn estão dentro da faixa considerada normal, que é de 20 a 100 mg kg<sup>-1</sup>. Os teores de Mn estão excessivos, pois são maiores que 300 mg kg<sup>-1</sup>. Os teores de Fe nos tratamentos ASC e ASC+I são considerados insuficientes, sendo menores do que 20 mg kg<sup>-1</sup>, em média 14 mg kg<sup>-1</sup>. Os mesmos apresentaram teores de Fe menores que os tratamentos I+F e F, cujos valores foram em torno de 24 g kg<sup>-1</sup>.

Tabela 5 – Teores de macro e micronutrientes nas folhas de macieiras ‘Kinkas’ na safra 2015/16 em função da forma física de aplicação dos fertilizantes (convencional sólida ou fertirrigação) e da presença ou não de irrigação.

Trat <sup>1</sup>	N	Ca	Mg	P	K	Fe	Mn	Zn
	..... g/kg .....				..... mg/kg .....			
ASC	22 <sup>ns</sup>	9,3 b	4,3 ab	1,9 <sup>ns</sup>	11,1 b	14,4 b	307,8 <sup>ns</sup>	40,9 <sup>ns</sup>
ASC+I	23	13,2 a	4,5 a	1,9	11,6 b	13,8 b	317,9	35,6
I+F	25	13,8 a	3,8 bc	2,0	15,5 a	24,1 a	332,9	38,6
F	23	13,6 a	3,5 c	1,9	15,5 a	28,6 a	331,3	39,2

Fonte: elaborada pela autora.

<sup>1</sup>Trat: tratamentos. ASC: adubação sólida convencional; I: irrigação; F: fertirrigação.

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey (P=0,05) para cada mineral avaliado. <sup>ns</sup>Não significativo.

Na avaliação de macronutrientes nas folhas coletadas na safra 2016/17 (Tabela 6) não houve diferença significativa para N, Ca e P, com teores médios de 20 g kg<sup>-1</sup>, 19 g kg<sup>-1</sup> e 6 g kg<sup>-1</sup> respectivamente. Os teores de Ca não diferiram entre tratamentos. O Mg apresentou

maiores teores nos tratamentos ASC e ASC+I, que foram em torno de 5,5 g kg<sup>-1</sup>, em relação ao I+F, que foi de 4,73 g kg<sup>-1</sup>. Já o teor de K foi afetado apenas pela forma de aplicação dos adubos, apresentando maior teor no tratamento I+F, com valor de 15,9 g kg<sup>-1</sup>, em relação a ASC+I que foi de 12,9 g kg<sup>-1</sup>. De acordo com a Comissão de Química e Fertilidade do Solo – RS/SC (2016) e Novais et al. (2007), os teores de N, Ca e K estão dentro do normal e os teores de Mg e P estão altos em todos tratamentos.

Tabela 6 – Teores de macronutrientes nas folhas de macieiras ‘Kinkas’ na safra 2016/17 em função da forma física de aplicação dos fertilizantes (convencional sólida ou fertirrigação) e da presença ou não de irrigação.

Trat <sup>1</sup>	N	Ca	Mg	P	K
	..... g kg <sup>-1</sup> .....				
ASC	22 <sup>ns</sup>	18,8 <sup>ns</sup>	5,8 a	6,2 <sup>ns</sup>	13,5 ab
ASC+I	22	17,9	5,6 a	6,1	12,9 b
I+F	22	19,8	4,7 b	5,9	15,9 a
F	21	20,1	5,2 ab	6,0	14,9 ab

Fonte: elaborada pela autora.

<sup>1</sup>Trat: tratamentos; ASC: adubação sólida convencional; I: irrigação; F: fertirrigação.

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey (P=0,05) para cada mineral avaliado. <sup>ns</sup>Não significativo.

### 3.2.4 Rendimento de frutos

Na safra 2015/16, a produtividade de frutos, média dos tratamentos, foi em 22,2 t ha<sup>-1</sup>, não havendo diferença entre eles (Tabela 7). Para os demais componentes do rendimento, também não houve diferença entre tratamentos, cujos valores médios foram de 14,9 kg por planta, 63 frutos por planta e 238 g por fruto. Essa foi uma safra com elevada precipitação pluviométrica, onde o uso da irrigação foi maior no final do ciclo, não sendo observado diferenças significativas.

Na safra 2016/17, assim como na 2015/16, não houve diferença entre os tratamentos para o rendimento e seus componentes (Tabela 8). A produtividade média foi de 24,9 t ha<sup>-1</sup>. A média de frutos por planta foi de 74, obtendo-se em média 16,8 kg por planta e 227 g por fruto.

Tabela 7 – Componentes do rendimento para os frutos de macieiras ‘Kinkas’ na safra 2015/16 em função da forma física de aplicação dos fertilizantes (convencional sólida ou fertirrigação) e da presença ou não de irrigação.

Trat <sup>1</sup>	Massa média/pl	Média frutos/pl	Massa média	Produtividade
	kg	un	g	t ha <sup>-1</sup>
ASC	14,7 <sup>ns</sup>	63 <sup>ns</sup>	231 <sup>ns</sup>	21,8 <sup>ns</sup>
ASC + I	15,3	68	226	22,7
I + F	14,5	60	242	21,5
F	15,4	62	252	22,9

Fonte: elaborada pela autora.

<sup>1</sup>Trat: tratamentos, ASC: adubação sólida convencional; I: irrigação; F: fertirrigação. pl: planta; fr: fruto; un: unidade. Não houve diferença estatística significativa entre os tratamentos para cada parâmetro avaliado, pelo teste de Tukey (P=0,05). <sup>ns</sup>Não significativo.

Tabela 8 – Componentes do rendimento para os frutos de macieiras ‘Kinkas’ na safra 2016/17 em função da forma física de aplicação dos fertilizantes (convencional sólida ou fertirrigação) e da presença ou não de irrigação.

Trat <sup>1</sup>	Massa média/pl <sup>2</sup>	Média frutos/pl	Massa média fr	Produtividade
	kg	un	g	t ha <sup>-1</sup>
ASC	16,1 <sup>ns</sup>	73 <sup>ns</sup>	222 <sup>ns</sup>	23,9 <sup>ns</sup>
ASC + I	16,4	73	225	24,3
I + F	18,2	79	230	26,9
F	16,7	72	232	24,7

Fonte: elaborada pela autora.

<sup>1</sup>Trat: tratamentos, ASC: adubação sólida convencional; I: irrigação; F: fertirrigação. <sup>2</sup>pl: planta; fr: fruto; un: unidade. Não houve diferença estatística significativa entre os tratamentos para cada parâmetro avaliado, pelo teste de Tukey (P=0,05). <sup>ns</sup>Não significativo.

Na safra 2018/19, o tratamento I+F proporcionou a maior produtividade de frutos, de 50,7 t ha<sup>-1</sup>, diferindo dos tratamentos com adubação convencional (ASC e ASC+I), cuja média foi de 40,3 t ha<sup>-1</sup> (Tabela 9). A massa média de frutos por planta também foi maior no tratamento I+F, com 34,2 kg por planta, em relação aos tratamentos com adubação convencional (ASC e ASC+I), cuja média foi 27,4 kg por planta. O tratamento I+F apresentou o maior número de frutos por planta (236), em relação aos tratamentos ASC e ASC+I, cuja média foi de 183 por planta. Na massa média dos frutos, não houve diferença entre os tratamentos, sendo em média de 149 g por fruto. O tratamento com uso apenas da fertirrigação (F) não diferiu dos demais para todos os componentes do rendimento. Nachtigall et al. (2014), avaliaram o efeito da irrigação e fertirrigação na cultivar Fuji Suprema, na região de Vacaria-RS, e encontraram resultados semelhantes aos desse trabalho para frutos de

maior calibre, o mesmo tendo sido obtido por Mašán et al. (2018) ao avaliarem ‘Fuji’ e ‘Gala’ usando irrigação e fertirrigação na Eslováquia.

Por ser um pomar em crescimento, houve aumento na média dos componentes do rendimento ao longo das quatro safras avaliadas, sendo que o maior incremento ocorreu no tratamento I+F. Dominguez & Robson (2015), trabalhando com cinco cultivares de maçãs em clima úmido nos EUA, observaram que a irrigação e a fertirrigação proporcionaram maior rendimento cumulativo ao longo de 5 anos do que o tratamento sem uso de nenhuma delas.

Considerando que o preço médio da maçã Fuji foi de R\$ 1,50/kg na safra 2018/19, a diferença de 10,1 t ha<sup>-1</sup> obtida no tratamento com fertirrigação mais irrigação proporcionaria aproximadamente R\$ 15.000,00 a mais de receita por hectare. Como o custo aproximado para instalação do sistema de irrigação é de R\$ 10.000,00 o valor seria pago em apenas uma safra, com este incremento na produção.

Tabela 9 – Componentes do rendimento para os frutos de macieiras ‘Kinkas’ na safra 2018/19 em função da forma física de aplicação dos fertilizantes (convencional sólida ou fertirrigação) e da presença ou não de irrigação.

Trat <sup>1</sup>	Massa média/pl <sup>2</sup>	Média frutos/pl	Massa média fr	Produtividade
	kg	un	g	t ha <sup>-1</sup>
ASC	27,5 b	180 b	151	40,2 b
ASC + I	27,4 b	186 b	147	40,6 b
I + F	34,2 a	236 a	146	50,7 a
F	29,3 ab	189 ab	154	43,4 ab

Fonte: elaborada pela autora.

<sup>1</sup>Trat: tratamentos, ASC: adubação sólida convencional; I: irrigação; F: fertirrigação.

<sup>2</sup>pl: planta; fr: fruto; un: unidade. Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey (P=0,05) para cada parâmetro avaliado.

### 3.2.5 Classificação dos frutos por categoria

Na safra 2015/16, mais de 75 % dos frutos estiveram na faixa de 160 a 220 g, os quais são considerados calibres médios para maçãs, de 110 a 80 (Tabela 10). Não houve diferença significativa no tamanho médio dos frutos entre os tratamentos, o que pode ser atribuído à ocorrência de poucos períodos de déficit hídrico durante essa safra, pois a precipitação pluviométrica no período foi em torno de 360 mm maior que a média histórica da região.

Tabela 10 – Média de frutos (%) de maçã ‘Kinkas’ com diferentes massas (g) na safra 2015/16 em função dos tratamentos com irrigação e fertirrigação, São Joaquim – SC.

Trat <sup>1</sup>	Massa de frutos (g)							
	>280	280	250	220	190	160	130	<130
	..... % .....							
ASC	0,5	3,4	6,2	14,0	28,3	35,4	8,2	4,0
ASC + I	0,5	2,4	5,8	12,6	29,1	36,2	7,5	5,9
I + F	1,0	4,5	8,5	17,2	28,0	30,5	6,1	4,3
F	0,7	3,5	7,9	14,7	27,9	32,7	6,7	5,8

Fonte: elaborada pela autora.

<sup>1</sup>Trat: tratamentos. ASC: adubação sólida convencional; I: irrigação; F: fertirrigação.

Não houve diferença estatística significativa entre os tratamentos para cada categoria, pelo teste de Tukey (P=0,05).

Na safra 2016/17, aproximadamente 90% dos frutos tiveram mais de 190g (Tabela 11), equivalentes aos calibres de 60 a 90, que são considerados grandes. Este foi um comportamento diferente das outras safras, cujas maiores concentrações de frutos ocorreram nas categorias de menor massa para todos os tratamentos. As diferenças entre os estádios fenológicos (abertura de flores) são mais acentuadas nos anos em que a temperatura do ar durante o período de início da brotação ao início do florescimento se mantém baixa, talvez devido ao acúmulo térmico satisfatório para cada evento ser mais gradual, estimulando o desenvolvimento fenológico (FRANCESCATTO et al., 2014). Nesta safra, a temperatura média do ar nos meses de setembro e outubro foi de 10,8 °C e 12,8 °C respectivamente, enquanto na safra 2015/16 a temperatura média do ar no mês de setembro foi 12,4 °C e em outubro foi de 14,3 °C. Na safra 2018/1, a temperatura média do ar em setembro foi de 13,5 °C e em outubro 13,3 °C.

Tabela 11 – Média de frutos (%) de maçã ‘Kinkas’ com diferentes massas (g) na safra 2016/17 em função dos tratamentos com irrigação e fertirrigação, São Joaquim – SC.

Trat <sup>1</sup>	Massa de frutos (g)							
	>280	280	250	220	190	160	130	<130
	..... % .....							
ASC	11,1	16,8	22,3	21,9	19,6	6,7	1,1	0,5
ASC + I	11,0	20,0	23,4	20,3	17,4	7,1	0,5	0,3
I + F	13,5	24,2	19,9	19,1	15,8	6,1	1,1	0,4
F	14,9	24,2	22,6	16,1	16,0	5,3	0,5	0,6

Fonte: elaborada pela autora.

<sup>1</sup>Trat: tratamentos, ASC: adubação sólida convencional; I: irrigação; F: fertirrigação.

Não houve diferença estatística significativa entre os tratamentos para cada categoria, pelo teste de Tukey (P=0,05).

Na safra 2018/19, aproximadamente 90% dos frutos tiveram entre 130g a 220g (Tabela 12), correspondendo aos calibres 90 a 135, que são considerados de tamanho médio para comercialização.

Tabela 12 – Média de frutos (%) de maçã ‘Kinkas’ com diferentes massas (g) na safra 2018/19 em função dos tratamentos com diferentes níveis de irrigação, São Joaquim – SC.

Trat <sup>1</sup>	Massa de frutos (g)							
	>280	280	250	220	190	160	130	<130
	..... % .....							
ASC	0,2 <sup>ns</sup>	1,5 a	4,0 <sup>ns</sup>	10,6 <sup>ns</sup>	34 <sup>ns</sup>	40,0 <sup>ns</sup>	7,5 <sup>ns</sup>	3,9 <sup>ns</sup>
ASC + I	0,1	0,7 ab	3,3	9,2	33,6	10,2	7,8	4,0
I + F	0,0	0,6 b	2,5	7,8	31,7	43,3	9,0	5,2
F	0,1	0,6 b	3,5	8,2	31,7	44,1	8,0	3,8

Fonte: elaborada pela autora.

<sup>1</sup>Trat: tratamentos, ASC: adubação sólida convencional; I: irrigação; F: fertirrigação.

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey (P=0,05) para cada mineral avaliado. <sup>ns</sup>Não significativo.

### 3.2.6 Parâmetros físico-químicos dos frutos

Nas avaliações realizadas logo após a colheita na safra 2015/16, a quantificação visual da cor não diferiu entre os tratamentos e foi em média de 84%, assim como o índice iodo-amido que foi em média de 6,8, na escala de 1-9 (dados não apresentados). Os dados de cor avaliados por meio do colorímetro, os SS, a AT e a firmeza de polpa são apresentados na Tabela 13. Nos parâmetros de cor houve diferença apenas para o brilho da coloração (L), que foi menor no tratamento ASC, com valor de 25,7 indicando cor mais escura, em relação aos demais tratamentos, cuja média foi de 34,1. A intensidade da cor vermelha (C, croma) não diferiu entre os tratamentos, sendo em média de 21,3, indicando que a cor não é muito intensa. O teor de SS, a AT e a firmeza de polpa avaliados na colheita não diferiram entre os tratamentos, com valores médios de 14 °Brix, 0,26 % de ácido málico e de 88 N respectivamente. Estes valores estão dentro dos parâmetros de colheita para a cultivar Fuji (EMBRAPA, 2004; Argenta et al., 1995; ARGENTA et al., 2010). Maşán et al. (2018) observaram teor de SS de 16,5 °Brix para frutos de ‘Fuji’ no tratamento sem irrigação e 15,75 °Brix no tratamento irrigação mais fertirrigação, na Eslováquia, em uma região de clima classificado como Cfb. Fallahi (2010) observou teor de 16 °Brix em maçãs “Fuji”, em tratamento com irrigação, em região de clima semiárido e solo arenoso nos EUA. Ambos observaram valores maiores de SS que os encontrados nas nossas condições de clima e solo.

Tabela 13 – Parâmetros físico-químicos para os frutos de macieiras ‘Kinkas’ na colheita na safra 2015/16 em função da forma física de aplicação dos fertilizantes (convencional sólida ou fertirrigação) e da presença ou não de irrigação.

Trat <sup>1</sup>	Cor			SST °Brix	Acidez % ácido málico	Firmeza de polpa N
	L	C	°h			
ASC	25,7 b	20,3 <sup>ns</sup>	32,0 <sup>ns</sup>	14,8 <sup>ns</sup>	0,25 <sup>ns</sup>	87 <sup>ns</sup>
ASC+I	33,3 a	21,8	32,8	14,2	0,25	87
I+F	34,4 a	21,4	34,7	14,0	0,27	89
F	34,5 a	21,8	34,6	13,7	0,26	90

Fonte: elaborada pela autora.

<sup>1</sup>Trat: tratamentos, ASC: adubação sólida convencional; I: irrigação; F: fertirrigação.

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey (P=0,05) para cada atributo físico-químico. <sup>ns</sup>Não significativo.

Após 3 meses de armazenamento não houve diferença entre os tratamentos para SS, AT e firmeza de polpa, cujos valores médios foram de 15,5 °Brix, 0,40 % de ácido málico e de 81 N (Tabela 14). Após 6 meses, houve diferença apenas para a firmeza da polpa, onde o tratamento F, com valor de 78 N, apresentou maior firmeza que os tratamentos ASC e ASC+I, cujos valores foram de 72 N e 73 N respectivamente. Os valores de SS e AT foram, em média, de 15 °Brix e 0,40 % de ácido málico respectivamente (Tabela 15).

Comparando-se a avaliação realizada na colheita com a realizada após o armazenamento observou-se redução na firmeza de polpa, sendo que para o tratamento ASC, a firmeza se manteve até os 3 meses de armazenamento.

Tabela 14 – Parâmetros físico-químicos para os frutos de macieiras ‘Kinkas’ na safra 2015/16 após três meses de armazenamento em função da forma física de aplicação dos fertilizantes (convencional sólida ou fertirrigação) e da presença ou não de irrigação.

Trat <sup>1</sup>	SST	Acidez	Firmeza de polpa
	°Brix	% ácido málico	N
ASC	16,2	0,39	83
ASC+I	15,2	0,38	80
I+F	15,4	0,40	81
F	15,2	0,42	81

Fonte: elaborada pela autora.

<sup>1</sup>Trat: tratamentos, ASC: adubação sólida convencional; I: irrigação; F: fertirrigação.

Não houve diferença estatística significativa entre os tratamentos para cada atributo físico-químico, pelo teste de Tukey (P=0,05).

Tabela 15 – Parâmetros físico-químicos para os frutos de macieiras ‘Kinkas’ na safra 2015/16 após seis meses de armazenamento em função da forma física de aplicação dos fertilizantes (convencional sólida ou fertirrigação) e da presença ou não de irrigação.

Trat <sup>1</sup>	SST	Acidez	Firmeza de polpa
	°Brix	% ácido málico	N
ASC	15,3 <sup>ns</sup>	0,24 <sup>ns</sup>	72 b
ASC+I	15,2	0,25	73 b
I+F	15,2	0,29	76 ab
F	15,4	0,28	78 a

Fonte: elaborada pela autora.

<sup>1</sup>Trat: tratamentos, ASC: adubação sólida convencional; I: irrigação; F: fertirrigação.

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey (P=0,05) para cada atributo físico-químico. <sup>ns</sup>Não significativo.

Nas avaliações realizadas logo após a colheita, na safra 2016/17, a quantificação visual da cor não diferiu entre os tratamentos e foi em média de 88% (Tabela16). No índice iodo-amido o tratamento F, com valor de 4,9, diferiu do ASC, cujo valor foi de 4,3, indicando que os frutos do tratamento F estavam em estágio mais avançado de maturação (dados não apresentados). Nos parâmetros de cor avaliados através do colorímetro houve diferença entre as formas de aplicação dos adubos, sendo que os tratamentos com adubação convencional (ASC e ASC+I) apresentaram maior intensidade de cor vermelha, em média 35,1, em relação aos tratamentos fertirrigados, cujos valores foram de 18,3 no I+F e de 23,9 no F. O teor de SS foi maior no tratamento ASC, com valor de 15,08 °Brix, em relação ao tratamento F, cujo valor foi de 13,9 °Brix. A AT foi maior no tratamento I+F, sendo de 0,56 % de ácido málico, em relação aos tratamentos ASC e F, cuja média foi de 0,47 % de ácido málico. Tomando-se por base os valores dos parâmetros de colheita para frutos da cultivar Fuji, todos os atributos da cultivar Kinkas foram superiores (EMBRAPA, 2004; ARGENTA et al., 1995; ARGENTA et al., 2010), indicando que os frutos desta cultivar tem maior firmeza de polpa e maior teor de sólidos solúveis do que a cultivar Fuji.

Tabela 16 – Parâmetros físico-químicos para os frutos de macieiras ‘Kinkas’ na safra 2016/17 logo após a colheita, em função da forma física de aplicação dos fertilizantes (convencional sólida ou fertirrigação) e da presença ou não de irrigação.

Trat <sup>1</sup>	Cor			SST	Acidez	Firmeza de polpa
	L	C	°h			
				°Brix	% ácido málico	N
ASC	35,3 a	24,2 a	26,0 b	14,3 ab	0,48 b	82 <sup>ns</sup>
ASC+I	34,9 a	22,7 a	27,6 b	15,1 a	0,49 ab	87
I+F	18,3 c	14,0 b	34,6 a	14,1 ab	0,56 a	87
F	23,9 b	14,8 b	31,7 a	13,9 b	0,47 b	86

Fonte: elaborada pela autora.

<sup>1</sup>Trat: tratamentos, ASC: adubação sólida convencional; I: irrigação; F: fertirrigação.

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey (P=0,05) para cada atributo físico-químico. <sup>ns</sup>Não significativo.

Após três meses de armazenamento, a AT foi maior no tratamento F, com valor de 0,51 %, em relação ao ASC, com valor de 0,43 %. O teor de SS foi em média de 16,2 °Brix, não havendo diferença entre tratamentos (Tabela 17). Após seis meses de armazenamento, não houve diferença entre os tratamentos para nenhum dos parâmetros avaliados, cujos valores médios foram de 15,3 °Brix para SS, de 0,30 % para AT e 73 N para a firmeza de polpa (Tabela 18). Esses resultados mostram que a cultivar Kinkas é uma boa opção para armazenamento em câmaras frias.

Comparando-se a colheita com os períodos de armazenamento, observa-se aumento no teor de SS, redução na firmeza da polpa já aos três meses, e redução da AT aos seis meses de armazenamento.

Tabela 17 – Parâmetros físico-químicos para os frutos de macieiras ‘Kinkas’ na safra 2016/17 após três meses de armazenamento, em função da forma física de aplicação dos fertilizantes (convencional sólida ou fertirrigação) e da presença ou não de irrigação.

Trat <sup>1</sup>	SST	Acidez	Firmeza de polpa
	°Brix	% ácido málico	N
ASC	16,8 <sup>ns</sup>	0,43 b	77 <sup>ns</sup>
ASC+I	16,0	0,48 ab	78
I+F	15,9	0,48 ab	76
F	16,0	0,51 a	76

Fonte: elaborada pela autora.

<sup>1</sup>Trat: tratamentos, ASC: adubação sólida convencional; I: irrigação; F: fertirrigação,

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey (P=0,05) para cada atributo físico-químico. <sup>ns</sup>Não significativo.

Tabela 18 – Parâmetros físico-químicos para os frutos de macieiras ‘Kinkas’ na safra 2016/17 após seis meses de armazenamento, em função da forma física de aplicação dos fertilizantes (convencional sólida ou fertirrigação) e da presença ou não de irrigação.

Trat <sup>1</sup>	SST	Acidez	Firmeza de polpa
	°Brix	% ácido málico	N
ASC	15,0 <sup>ns</sup>	0,32 <sup>ns</sup>	72 <sup>ns</sup>
ASC+I	15,6	0,28	75
I+F	15,3	0,30	73
F	15,2	0,31	72

Fonte: elaborada pela autora.

<sup>1</sup>Trat: tratamentos, ASC: adubação sólida convencional; I: irrigação; F: fertirrigação.

Não houve diferença estatística significativa entre os tratamentos para cada atributo físico-químico, pelo teste de Tukey (P=0,05). <sup>ns</sup>Não significativo.

Na avaliação dos parâmetros físico-químicos realizada na colheita, nos frutos da safra 2018/19, verifica-se maior intensidade da cor vermelha (C) nos frutos com ASC, com valor de 38,4, em relação aos frutos do tratamento I+F, cujo valor foi de 23,2, não diferindo dos demais tratamentos, com média de 23,9 (Tabela 19). Quanto ao brilho da cor (L), não houve diferença entre os tratamentos, cuja média foi de 37,5. O teor de SS foi maior no tratamento com ASC+I, com valor de 13,2 °Brix, em relação ao I+F, com valor de 12,5 °Brix, não diferindo dos demais, cuja média foi de 13 °Brix. Para a AT e a firmeza de polpa não houve diferença entre os tratamentos, sendo os valores médios de 0,36 % e 80 N respectivamente.

Tabela 19 – Parâmetros físico químicos para os frutos de macieiras ‘Kinkas’ na safra 2018/19, na colheita, em função da forma física de aplicação dos fertilizantes (convencional sólida ou fertirrigação) e da presença ou não de irrigação.

Trat <sup>1</sup>	Cor			SS	Acidez	Firmeza de polpa
	L	C	°h			
				°Brix	% ácido málico	N
ASC	38,4 <sup>ns</sup>	24,9 a	38,8 <sup>ns</sup>	13,0 ab	0,37 <sup>ns</sup>	81 <sup>ns</sup>
ASC+I	36,7	24,3 ab	34,2	13,2 a	0,35	78
I+F	38,1	23,2 b	38,3	12,5 b	0,36	80
F	37,1	23,5 ab	37,0	12,9 ab	0,37	81

Fonte: elaborada pela autora.

<sup>1</sup>Trat: tratamentos, ASC: adubação sólida convencional; I: irrigação; F: fertirrigação,

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey (P=0,05) para cada atributo físico-químico. <sup>ns</sup>Não significativo.

### 3.2.7 Avaliação mineral da polpa dos frutos

A quantificação da concentração de minerais na polpa das macieiras é importante para avaliar o equilíbrio nutricional nos frutos, o que pode prever a ocorrência de distúrbios fisiológicos durante o armazenamento. O teor de Ca nos frutos e as relações N/Ca, K/Ca e K+Mg/Ca afetam a capacidade de armazenamento dos frutos.

Os teores de macronutrientes na polpa fresca dos frutos colhidos na safra 2015/2016 são apresentados na Tabela 20. Na região proximal do fruto, a concentração de N foi influenciada pela forma de aplicação do adubo, sendo que no tratamento ASC, com valor de 474 mg kg<sup>-1</sup>, a concentração de N foi maior que no tratamento F, com valor de 182 mg kg<sup>-1</sup>. A maior concentração de Ca na região proximal do fruto ocorreu nos tratamentos ASC+I e F, cujos valores foram 68,5 mg kg<sup>-1</sup> e 68,9 mg kg<sup>-1</sup> respectivamente, em relação ao tratamento ASC, com valor de 60,0 mg kg<sup>-1</sup>, não diferindo do tratamento I+F, cujo valor foi de 66,0 mg kg<sup>-1</sup>. A concentração de Mg na região proximal do fruto foi maior nos tratamentos I+F e F, cuja média foi de 40,5 mg kg<sup>-1</sup>, em relação aos tratamentos ASC e ASC+I, cuja média foi de 25,0 mg kg<sup>-1</sup>. As concentrações de K e P não diferiram entre os tratamentos, sendo as médias de 1378 mg kg<sup>-1</sup> e 231 mg kg<sup>-1</sup> respectivamente.

Na região mediana do fruto (Tabela 20) ocorreu diferença apenas para o Mg, sendo os tratamentos fertirrigados (I+F e F) aqueles com a maior concentração desse mineral, em torno de 40,0 mg kg<sup>-1</sup>, e o tratamento ASC+I com a menor concentração de Mg, 19,6 mg kg<sup>-1</sup>. A concentração dos demais minerais foi, em média, de 1001 mg kg<sup>-1</sup> para N, 1328 mg kg<sup>-1</sup> para K, 303 mg kg<sup>-1</sup> para P, e 43 mg kg<sup>-1</sup> para Ca.

Na região distal do fruto (Tabela 20) a concentração de K foi maior nos tratamentos com fertirrigação (I+F e F), em média de 1548 mg kg<sup>-1</sup>, em relação ao tratamento ASC, com concentração de 1256 mg kg<sup>-1</sup>. A concentração de Mg foi influenciada pela forma de aplicação dos adubos, sendo maior nos tratamentos fertirrigados (I+F e F) em relação aos tratamentos com adubação convencional (ASC e ASC+I), cujas médias foram de 50 e 30 mg kg<sup>-1</sup> respectivamente. A concentração média de N, P e Ca foi de 884 mg kg<sup>-1</sup>, 405 mg kg<sup>-1</sup>, e 41 mg kg<sup>-1</sup> respectivamente.

Quando realizado o gradiente de concentração na polpa percebe-se, no geral, maior concentração de N nas regiões mediana e distal, P e Mg se concentraram na região distal e o Ca na região proximal do fruto. A concentração de K nas diferentes partes do fruto diferiu apenas no tratamento I+F, onde a maior concentração ocorreu na região distal do fruto.

Considerando os valores médios dos minerais na polpa fresca dos frutos, para cada tratamento, observa-se que a concentração de N foi muito acima do nível crítico, que deve ser menor que 500 mg kg<sup>-1</sup>, estando mais elevada no tratamento com ASC+I, com 1078 mg kg<sup>-1</sup>; nos demais tratamentos a média foi de 731 mg kg<sup>-1</sup>. A concentração de K, com média de 1056 mg kg<sup>-1</sup> também foi acima do recomendado, que é no máximo 950 mg kg<sup>-1</sup>. Os teores de P, com média de 312 mg kg<sup>-1</sup>, estavam adequados de acordo com o recomendado, que é acima de 100 mg kg<sup>-1</sup>. A concentração de Ca na polpa foi, em média, 49,5 mg kg<sup>-1</sup> o que é considerado adequado, pois o recomendado é acima de 40 mg kg<sup>-1</sup>. A concentração recomendada de Mg é abaixo de 40 mg kg<sup>-1</sup>, para os tratamentos ASC e ASC+I, cuja média foi 26 mg kg<sup>-1</sup>, ficou dentro do recomendado; no entanto, para os tratamentos I+F e F, cuja média foi de 44,2 mg kg<sup>-1</sup>, o teor ficou acima do recomendado (AMARANTE et al, 2012).

Tabela 20 – Teores de macronutrientes na polpa de maçãs ‘Kinkas’, em diferentes partes do fruto, na safra 2015/16 em função da forma física de aplicação dos fertilizantes (convencional sólida ou fertirrigação) e da presença ou não de irrigação.

Trat <sup>1</sup>	N	K	P	Ca	Mg
..... mg kg <sup>-1</sup> .....					
Proximal					
ASC	474 aB	1353 <sup>ns</sup>	221 <sup>ns</sup> C	60.0 bA	26.4 bB
ASC+I	403 abB	1389	255 B	68.5 aA	23.7 bB
I+F	233 abB	1360 B	227 C	66.0 abA	40.6 aB
F	182 bB	1413	223 C	68.9 aA	40.4 aB
Mediana					
ASC	985 <sup>ns</sup> A	1328 <sup>ns</sup>	316 <sup>ns</sup> B	43.0 <sup>ns</sup> B	27.3 bB
ASC+I	970 A	1264	305 B	45.8 B	19.6 cB
I+F	967 A	1304 B	302 B	41.0 B	39.4 aB
F	1085 A	1418	287 B	41.7 B	41.5 aB
Distal					
ASC	780 <sup>ns</sup> A	1256 b	402 <sup>ns</sup> A	41.8 <sup>ns</sup> B	32.6 bA
ASC+I	875 A	1417 ab	408 A	39.6 B	29.6 bA
I+F	933 A	1575 aA	411 A	41.4 B	52.8 aA
F	949 A	1521 a	398 A	40.5 B	50,5 aA

Fonte: elaborada pela autora.

<sup>1</sup>Trat: tratamentos. ASC: adubação sólida convencional; I: irrigação; F: fertirrigação.

Médias seguidas pela mesma letra, minúscula, não diferem entre si em cada parte do fruto, pelo teste de Tukey (P=0,05) para cada atributo químico. Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula, não diferem entre si quando se comparam partes diferentes do fruto analisadas, pelo teste de Tukey (P=0,05) para cada mineral. <sup>ns</sup>Não significativo para cada período avaliado.

Avaliando as relações entre os nutrientes observa-se que N/Ca e K/Ca estão acima dos valores máximos recomendados para manter a qualidade dos frutos durante o armazenamento. O recomendado para a relação N/Ca é que se tenha valores menores que 14 e para todos os tratamentos obteve-se valores acima do ideal, sendo que no tratamento ASC+I esse valor foi ainda maior que nos demais. Para a relação K/Ca o recomendado é que os valores fiquem abaixo de 24 e em todos os tratamentos obteve-se valores maiores. Para a relação K+Mg/Ca o ideal é que os valores sejam menores que 30 e todos tratamentos ficaram abaixo desse valor. Em todos os tratamentos foram observados distúrbios fisiológicos escaldadura e bitter pit tanto na colheita como após o armazenamento, porém não foram quantificados. Os teores de macronutrientes na polpa fresca dos frutos colhidos na safra 2016/2017 são apresentados na Tabela 21. Os minerais Ca e Mg foram avaliados apenas na região proximal do fruto e não houve diferença significativa entre os tratamentos, cujas médias foram de 37,4 mg kg<sup>-1</sup> e 32,7 mg kg<sup>-1</sup> respectivamente. Na região proximal do fruto não houve diferença entre os tratamentos para nenhum dos minerais avaliados, sendo que as médias para N, K e P foram de 1781 mg kg<sup>-1</sup>, 1572 mg kg<sup>-1</sup> e 129 mg kg<sup>-1</sup> respectivamente.

Na região mediana dos frutos (Tabela 21) a concentração de K foi maior no tratamento F, 1414 mg kg<sup>-1</sup>, em relação ao tratamento ASC, 1229 mg kg<sup>-1</sup>, não diferindo dos demais tratamentos. Para os minerais N e P não houve diferença entre os tratamentos e suas médias foram 1493 mg kg<sup>-1</sup> e 120 mg kg<sup>-1</sup> respectivamente.

Na região distal dos frutos (Tabela 21) a concentração de N foi maior no tratamento I+F, 2338 mg kg<sup>-1</sup>, em relação aos tratamentos com adubação convencional (ASC e ASC+I), cuja média foi 2018 mg kg<sup>-1</sup>. Potássio e P não diferiram entre os tratamentos e tiveram valores médios de 1309 mg kg<sup>-1</sup> e 149 mg kg<sup>-1</sup> respectivamente.

Na avaliação do gradiente de concentração para N a região distal do fruto apresentou maiores valores, assim como os tratamentos ASC+I e I+F na região proximal do fruto. A maior concentração de K ocorreu na região proximal do fruto. A diferença na concentração de P ocorreu somente no tratamento ASC+I, onde a menor concentração foi na região mediana do fruto.

As médias dos teores desses minerais na polpa dos frutos foi de 1796 mg kg<sup>-1</sup> para N, 1397 mg kg<sup>-1</sup> para K, 133 mg kg<sup>-1</sup> para P, 37,4 mg kg<sup>-1</sup> para Ca e 32,8 mg kg<sup>-1</sup> para Mg. Esses valores são considerados baixos para Ca, para o qual o nível crítico é 40 mg kg<sup>-1</sup>, adequado para Mg, que deve estar abaixo de 40 mg kg<sup>-1</sup>, adequado para P, que deve ser maior do que 100 mg kg<sup>-1</sup> e muito altos para N e K, para os quais o nível crítico é 500 mg kg<sup>-1</sup> e 950 mg kg<sup>-1</sup> respectivamente (AMARANTE et al., 2012).

Avaliando as relações entre os nutrientes, em todos os tratamentos os valores foram muito elevados, o que pode ter prejudicado o armazenamento, visto que foi observado a ocorrência de muitas podridões após a retirada dos frutos da câmara fria, porém sem quantificação. Frutos com altos teores de N e baixos teores de P apresentam baixo potencial de armazenamento em câmaras frias, apresentando maior risco de ocorrência de podridões (NEILSEN & NEILSEN, 2009).

Tabela 21 – Teores de macronutrientes na polpa de maçãs ‘Kinkas’, em diferentes partes do fruto, na safra 2016/17, em função da forma física de aplicação dos fertilizantes (convencional sólida ou fertirrigação) e da presença ou não de irrigação.

Trat <sup>1</sup>	N	K	P	Ca	Mg
..... mg kg <sup>-1</sup> .....					
Proximal					
ASC	1715 AB	1456 A	115	35,1	32,0
ASC+I	1761 A	1544 A	132 A	40,6	32,0
I+F	1994 A	1645 A	131	38,1	32,5
F	1626 B	1642 A	138	35,8	34,6
Mediana					
ASC	1474 B	1230 bB	114		
ASC+I	1377 B	1260 abB	106 B		
I+F	1554 B	1335 abB	129		
F	1572 B	1414 aB	133		
Distal					
ASC	2064 bA	1238 B	142		
ASC+I	1972 bA	1291 B	154 A		
I+F	2338 aA	1380 B	155		
F	2084 abA	1329 B	147		

Fonte: elaborada pela autora.

<sup>1</sup>Trat: tratamentos, ASC: adubação sólida convencional; I: irrigação; F: fertirrigação.

Médias seguidas pela mesma letra, minúscula, não diferem entre si em cada parte do fruto, pelo teste de Tukey (P=0,05) para cada atributo químico. Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula, não diferem entre si quando se comparam partes diferentes do fruto analisada, pelo teste de Tukey (P=0,05) para cada mineral. <sup>ns</sup>Não significativo.

### 3.3 CONCLUSÕES

Em duas das três safras avaliadas não houve diferença entre os tratamentos no rendimento de frutos. Em uma delas (2016/2017), o tratamento que recebeu conjuntamente irrigação e fertirrigação não diferiu do tratamento só com fertirrigação, mas produziu 10,8 %

a mais que os tratamentos com adubação sólida convencional, em função do maior número de frutos uma vez que a massa deles não foi afetada pelos tratamentos em nenhuma das safras. Em pomares adultos, portanto, o efeito positivo da irrigação e da fertirrigação na produtividade de maçãs 'Kinkas' é pouco consistente, mesmo em anos com deficiência hídrica em determinados períodos do ciclo de crescimento dos frutos.

## **4 Capítulo 2: INFLUÊNCIA DA QUANTIDADE DE ÁGUA USADA NA IRRIGAÇÃO NOS ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO, NO CRESCIMENTO E RENDIMENTO DE FRUTOS**

Durante a safra 2017/18 a adubação da área experimental foi realizada totalmente em cobertura, por erro humano. Por isso, os tratamentos com fertirrigações não foram realizados. Com o objetivo de aproveitar o ano, optou-se por avaliar o crescimento de frutos de acordo com a quantidade de água fornecida por meio da irrigação.

### **4.1 MATERIAL E MÉTODOS**

#### **4.1.1 Caracterização do experimento**

O presente trabalho foi desenvolvido na Estação Experimental da Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (Epagri) na cidade de São Joaquim (29° 16' 39" S e 49° 55' 56" W), a 1415 metros de altitude, durante a estação produtiva de 2017/18. O clima predominante nesta região é o Cfb, segundo a classificação de Köppen (PANDOLFO; BRAGA, 2002), ou seja, clima temperado úmido com verões amenos. A precipitação e a temperatura médias assim como o acúmulo de horas de frio (HF) do período avaliado foram, respectivamente, 128,2 mm, 15,6 °C e 458 HF.

O pomar foi implantado em 2011, sobre um Cambissolo húmico (SANTOS, 2013). A correção do solo e a adubação inicial foram feitas de acordo com as recomendações técnicas para a cultura da macieira da Comissão de Química e Fertilidade do Solo para RS e SC (2004). A quantidade de calcário dolomítico utilizada foi a recomendada para que o pH atingisse 6,0, visto que na análise inicial ele era 5,1. Em 2018 foi instalada tela antigranizo na área experimental, fornecida pela empresa Equipisca. A cultivar utilizada foi a Kinkas, sobre portaenxerto Marubakaido com interenxerto M-9. A polinizadora utilizada foi a cultivar Monalisa, que assim como a cultivar Kinkas, é resistente à sarna da macieira (*Venturia inaequales*), principal doença da cultura na região de estudo, e também à mancha da Gala (*Colletotrichum gloeosporioides*). As plantas foram conduzidas no sistema de líder central, com espaçamento entre plantas de 1,5 m e entre filas de 4,5 m, totalizando 1481 plantas por hectare. No experimento foram utilizadas 192 plantas, dentre elas 20 polinizadoras. O raleio

foi realizado manualmente, de forma uniforme em todas plantas, considerando o aumento produtivo potencial.

#### **4.1.2 Caracterização dos tratamentos**

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, com oito repetições para cada um dos três tratamentos, sendo eles: T1: sem irrigação; T2: com a quantidade de irrigação indicada, e T3: com o dobro da quantidade de irrigação do T2. No tratamento T2, utilizou-se uma mangueira com gotejadores para a irrigação, enquanto que no tratamento T3 foram utilizadas duas mangueiras com gotejadores para irrigação. As parcelas foram constituídas por seis plantas, sendo as quatro centrais utilizadas para as determinações.

Os tratamentos fitossanitários seguiram as recomendações para a cultura da macieira segundo Epagri (2006), exceto para o controle da sarna (*Venturia inaequalis*) devido a cultivar ser resistente à essa doença.

A adubação foi realizada em cobertura, na projeção da copa das plantas, na primeira quinzena de setembro, totalizando 100 kg ha<sup>-1</sup> de N, na forma de ureia, e 150 kg ha<sup>-1</sup> de K, na forma de KCl.

A irrigação foi realizada por gotejamento, sendo o espaçamento entre gotejadores de 0,6 m, totalizando 14 gotejadores por parcela, com vazão de 1,9 L h<sup>-1</sup> em cada gotejador. Deste modo o tratamento T2 recebeu 26,6 L h<sup>-1</sup> em cada parcela, enquanto que o tratamento T3 recebeu 53,2 L h<sup>-1</sup> em cada parcela.

#### **4.1.3 Determinação da necessidade hídrica do solo**

A determinação da necessidade e do tempo de irrigação foi realizada de acordo com as médias das leituras dos tensiômetros e com a curva de retenção de água no solo, determinada por Branco (2014), para que o potencial matricial do solo se mantivesse em -10 kPa, valor este próximo à capacidade de campo. O valor do coeficiente da cultura utilizado (Kc) foi 0,58, de acordo com Conceição et al. (2011). Em seis das oito parcelas de cada tratamento, entre as plantas úteis, inclusive nas parcelas sem irrigação, foram instalados dois tensiômetros de punção para monitoramento hídrico na região do bulbo molhado, sendo um a 15 cm e outro a 30 cm de profundidade, totalizando 36 tensiômetros no experimento, para monitoramento da tensão da água no solo nas faixas entre 5 a 25 cm e 20 a 40 cm de profundidade, respectivamente. No início da brotação das plantas, no mês de setembro,

iniciou-se o monitoramento dos tensiômetros, com o uso de um tensímetro digital, para determinar o potencial matricial do solo. Essas leituras foram realizadas de uma a duas vezes por semana, durante todo o período reprodutivo das plantas.

#### **4.1.4 Determinação do diâmetro dos frutos**

Em cada uma das quatro plantas de cada parcela foram marcados cinco frutos para realização das medidas de diâmetro vertical e horizontal, totalizando 20 frutos por parcela, 160 frutos por tratamento. Essas medidas foram realizadas com o auxílio de um paquímetro, quinzenalmente, de 30/11/2017 até 27/02/2018.

#### **4.1.5 Colheita dos frutos**

A colheita total dos frutos foi realizada na primeira quinzena de abril, com base nos resultados dos testes de firmeza de polpa e iodo-amido, utilizando os parâmetros da cultivar Fuji, visto que a cultivar Kinkas não tem ainda esses parâmetros definidos na literatura. Durante a colheita, foi realizada a contagem do número de frutos por planta e a pesagem dos frutos de cada parcela. Foram retiradas duas amostras de 10 frutos cada por parcela, uma para realização das avaliações físico-químicas logo após a colheita e outra para avaliação dos parâmetros físico-químicos após três meses de armazenamento em câmara fria com atmosfera controlada (AC) juntamente com frutos da cultivar Fuji, com temperatura de 1°C ( $\pm 0,5^\circ\text{C}$ ), umidade relativa 96% a 98%, pressão de O<sub>2</sub> 1,2%, e pressão de CO<sub>2</sub> 1%.

Os frutos colhidos foram classificados, com uso de uma máquina classificadora, em classes (calibres) de acordo com a massa (g).

As avaliações realizadas logo após a colheita foram: parâmetros de cor, firmeza de polpa, teor de sólidos solúveis (SS), acidez titulável (AT) e teste iodo-amido. A coloração dos frutos foi estimada visualmente, dividindo o fruto em quatro quadrantes, representando, cada um, 25% do total. Os valores foram expressos em porcentagem de coloração vermelha em relação à superfície total do fruto. Foi utilizado também um colorímetro para quantificar a intensidade da cor na superfície mais colorida do fruto. Pelo colorímetro, o brilho da coloração é expresso pelo valor de 'L', que varia de 0° (preto) a 100° (branco); quanto maior o valor, mais brilhosa a cor. O ângulo 'hue' (°h) expressa a coloração básica relacionada ao comprimento de onda refletido, sendo 0° vermelho, 90° amarelo e 180° verde, ou seja, quanto

menor o valor de  $^{\circ}h$ , maior a intensidade da cor vermelha. A intensidade da cor (C; cromat) varia de 0 (pouca cor) até 60 (cor intensa).

Para obtenção da firmeza de polpa (Newton – N), utilizou-se um penetrômetro automático para medir a resistência da polpa à inserção da ponteira de 11 mm de diâmetro. O teor de sólidos solúveis (SS), expresso em  $^{\circ}Brix$ , foi obtido por meio de um refratômetro digital, utilizando-se algumas gotas de suco sobre o prisma de leitura. A determinação da acidez titulável (AT; % de ácido málico) foi realizada por titulometria de neutralização, utilizando-se 10 mL do suco com 3 gotas do indicador azul de bromotimol e titulando com hidróxido de sódio 0,095 N. O teste iodo-amido foi realizado com a imersão da metade peduncular do fruto em iodo, comparando-se a área que reagiu (azul-escuro) com a tabela padrão, que varia de 1 a 9, onde o valor aumenta à medida que diminui o teor de amido na polpa (do azul escuro para o amarelo), sendo que o 1 representa fruto totalmente verde e o 9 representa fruto com maturação avançada, sem presença de amido.

Nas avaliações realizadas após o armazenamento dos frutos, foram quantificados o teor de sólidos solúveis (SS), a acidez titulável (AT) e a firmeza de polpa, conforme descrito acima.

#### **4.1.6 Análise química do solo**

No mês de julho, foram coletadas amostras de solo em cada unidade experimental (com quatro subamostras cada), utilizando trado de rosca, nas profundidades de 0-10 cm e 10-20 cm. Após a coleta, as amostras foram secas em estufa a 65°C, destorroadas, peneiradas em peneiras com malha de 2 mm e nelas foram determinados: pH em água (1:1) e em solução SMP, teor de argila, P, K, Ca, Mg, e matéria orgânica (MO). A metodologia utilizada para a realização das análises é a proposta por Tedesco et al. (1995). O teor de argila ( $mg\ dm^{-3}$ ) feito quantificado usando-se um densímetro, o P disponível ( $mg\ dm^{-3}$ ) e o K trocável ( $mg\ dm^{-3}$ ) foram quantificados pela metodologia de Melich-1, o Ca trocável ( $cmol_c\ dm^{-3}$ ) e o Mg trocável ( $cmol_c\ dm^{-3}$ ) foram extraídos com solução de KCl 1,0 mol L<sup>-1</sup> e quantificados por espectrofotometria de absorção atômica, e a matéria orgânica (g kg<sup>-1</sup>) pelo uso de solução sulfocrômica com calor externo, com determinação espectrofotométrica do Cr<sup>+3</sup>.

#### **4.1.7 Análise mineral da polpa**

Foram avaliados N, P, K, Ca e Mg na polpa dos frutos. Para isso, foram cortadas fatias de 10 frutos por amostra, incluindo a casca, para posterior moagem em processador e digestão. A determinação de N, P e K foi realizada através de digestão úmida em bloco digestor. Três gramas de cada amostra de tecido, incluindo casca e polpa, foram pesadas e transferidos para tubos de digestão, aos quais foram adicionados 2 mL de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> e 3 mL de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (30 volumes). Em seguida, os tubos foram transferidos para bloco digestor ajustado a uma temperatura inicial de 150°C, a qual foi sendo elevada gradativamente de 50°C em 50°C, a cada dez minutos, até atingir a temperatura final de 350°C. A partir desse momento, as amostras foram mantidas no bloco digestor por três horas, sendo que, na metade desse tempo, foram acrescentados 3 mL de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> em cada tubo. Ao término do processo de digestão, as amostras foram retiradas do bloco digestor e, após resfriarem, tiveram o volume completado para 20 mL com água destilada. A determinação de N foi realizada pelo método semi-micro-Kjeldahl descrito por Tedesco et al. (1995); o P foi determinado pelo método de Murphy & Riley (1962), e o K por espectrofotometria de absorção atômica. Cálcio e Mg foram digeridos por combustão seca, por queima em mufla ajustada a 630 °C, por 4 horas, e posterior adição de HCl, seguida de determinação em espectrofotômetro de absorção atômica. Os resultados são expressos em mg kg<sup>-1</sup> de polpa.

#### **4.1.8 Análise estatística**

Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e quando significativos, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro ( $p \leq 0,05$ ). As análises foram realizadas através do Software R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2011).

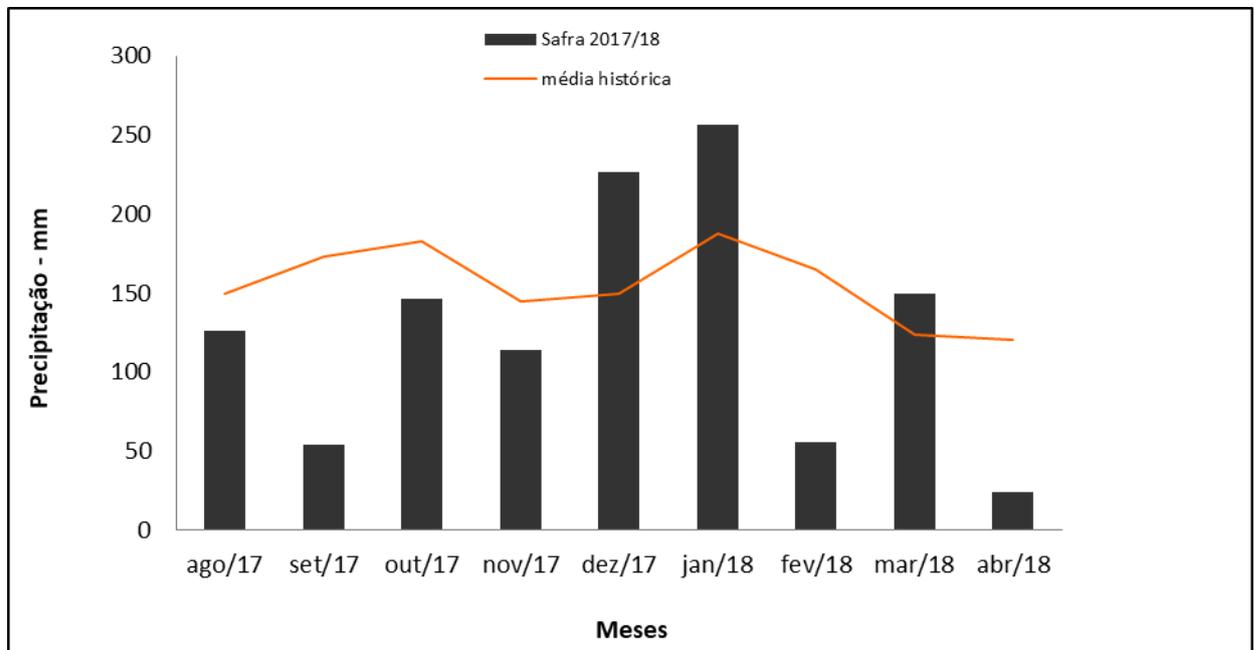
### **4.2 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

#### **4.2.1 Monitoramento hídrico do solo**

Na Figura 8, encontra-se a distribuição da precipitação pluviométrica em São Joaquim durante o período produtivo 2017/18, assim como a média histórica da região, fornecidos pela Epagri – Ciram. Observa-se que no período inicial do desenvolvimento dos frutos a precipitação pluviométrica ficou abaixo da média histórica da região, principalmente

no mês de setembro em que houve um déficit hídrico de aproximadamente 118 mm em relação à média histórica. Nos meses de outubro e novembro, o déficit hídrico foi em média 30 mm em relação à média histórica. Por outro lado, nos meses de dezembro e janeiro os valores da precipitação pluviométrica foram, em média, 35% maiores que a média histórica para esses meses. Porém no mês de fevereiro, que é um dos meses de grande crescimento dos frutos, a precipitação pluviométrica foi bem abaixo da média histórica, em torno de 109 mm a menos.

Figura 8 – Precipitação pluviométrica na região de São Joaquim, durante o período produtivo 2017/18 em comparação com a média das precipitações nos últimos 30 anos.

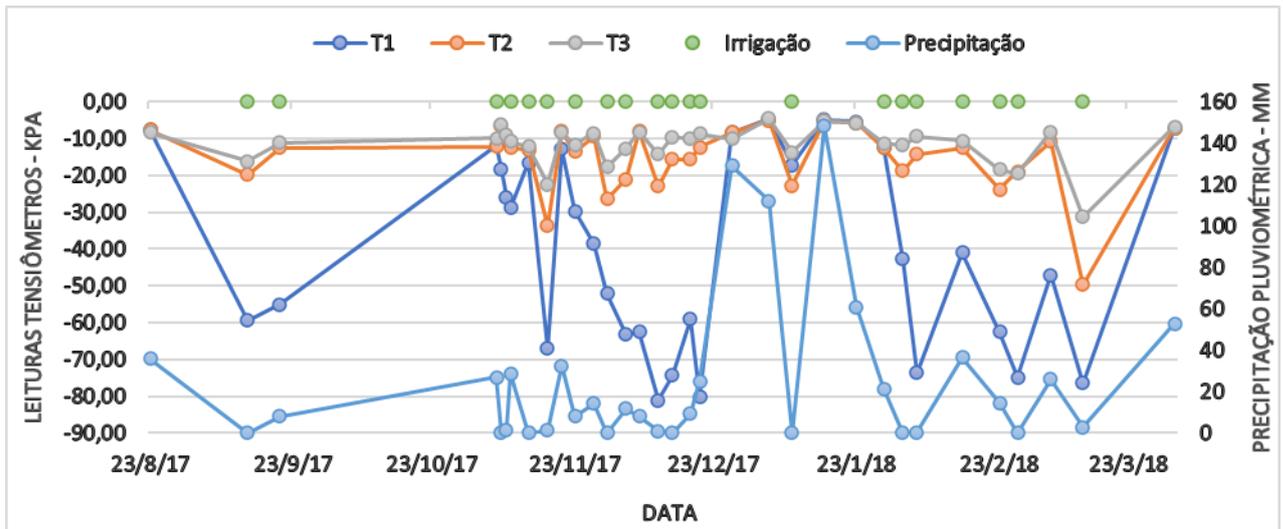


Fonte: Epagri/Ciram  
Gráfico elaborado pela autora.

Na Figura 9, observa-se a distribuição da tensão da água no solo, fator este que indica a necessidade ou não de irrigação. No mês de setembro, houve um período em que a tensão da água no solo no tratamento sem irrigação (T1) esteve maior que -50 kPa, requerendo o uso da irrigação. Nos meses de novembro, dezembro e fevereiro também se observaram períodos de alta necessidade de irrigação, com a tensão da água no solo chegando a -80 kPa. Nos tratamentos com uso de irrigação (T2 e T3), a tensão da água no solo esteve sempre menor em relação ao T1 (sem irrigação), e conseguiu-se mantê-la próxima a -10 kPa, que é o valor da capacidade de campo para a cultura da macieira na região sul do Brasil (CONCEIÇÃO et al., 2011). Pode-se observar que no tratamento T3 a tensão da água no solo

nos períodos críticos manteve-se mais próximo ao desejado do que no T2, indicando haver necessidade de reavaliar os parâmetros que determinam a necessidade de irrigação nos solos da região.

Figura 9 – Monitoramento da tensão de água no solo na profundidade de 10 a 40 cm e precipitação pluviométrica durante o período produtivo 2017/18.



#### 4.2.2 Avaliação mineral do solo

Os valores de pH, argila e matéria orgânica (MO) e os teores de nutrientes no solo na safra 2017/18 para as camadas 0-10 cm e 10-20 cm são mostrados na Tabela 22. O teor médio de argila na camada 0-10 cm foi de 26 % e o de MO de 4,8%. Na camada de 10-20 cm, o teor médio de argila foi de 28 % e o de MO de 4,2%. Não houve diferença entre os tratamentos para pH, SMP, Ca e Mg na camada de 0-10 cm e as médias foram: pH = 5,7, SMP = 5,6, Ca = 6,1  $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ , e Mg = 3,25  $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ . No tratamento sem irrigação (T1), na camada de 0-10 cm, o teor de P disponível foi maior, com valor de 18,3  $\text{mg dm}^{-3}$ , em relação ao tratamento com o dobro de irrigação (T3), que teve valor de 13,4  $\text{mg dm}^{-3}$ . A concentração de K trocável na camada de 0-10 cm foi maior no tratamento sem irrigação (T1) e no tratamento com irrigação (T2), cuja média foi 299  $\text{mg dm}^{-3}$ , em relação ao tratamento com o dobro de irrigação (T3), cujo valor foi de 217  $\text{mg dm}^{-3}$ . Na camada de 10-20 cm houve diferença apenas na concentração de K trocável, que foi maior no tratamento sem irrigação (T1), com valor de 180  $\text{mg dm}^{-3}$ , em relação aos demais tratamentos, cuja média foi de 136  $\text{mg dm}^{-3}$ , e

essa diferença pode ser devido à lixiviação do K pelo uso da irrigação ou pela maior absorção desse nutriente pelos frutos. Nos demais atributos avaliados não houve diferença entre os tratamentos e suas médias foram: pH = 5,6, SMP = 5,5, Ca = 5,27 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, Mg = 3,4 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> e P disponível = 7,5 mg dm<sup>-3</sup>. De acordo com a Comissão de Química e Fertilidade do solo – RS/SC (2016), os teores de Ca e Mg estão altos nas duas camadas de solo, para todos os tratamentos. Os teores de P disponível na camada de 0-10 cm estão altos no T1 e médios nos tratamentos T2 e T3. Na camada de 10-20 cm, os teores de P disponível estão baixos em todos os tratamentos. Os teores de K trocável na camada de 0-10 cm estão muito altos nos tratamentos T1 e T2 e alto no T3. Na camada de 10-20 cm os teores de K trocável estão altos em todos os tratamentos.

Tabela 22. Valores de pH e teores de nutrientes no solo cultivado com macieiras ‘Kinkas’ na safra 2017/18 em função da presença ou não de irrigação.

Trat <sup>1</sup>	pH	SMP	Ca	Mg	P	K
			... cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> ...		... mg dm <sup>-3</sup> ...	
			0-10 cm			
T1	5,6 <sup>ns</sup>	5,4 <sup>ns</sup>	5,90 <sup>ns</sup>	2,80 <sup>ns</sup>	18,3 a	310 a
T2	5,6	5,5	5,70	3,10	14,3 ab	289 a
T3	5,9	5,9	6,80	3,70	13,4 b	217 b
			10-20 cm			
T1	5,6 <sup>ns</sup>	5,4 <sup>ns</sup>	5,00 <sup>ns</sup>	3,20 <sup>ns</sup>	8,2 <sup>ns</sup>	180 a
T2	5,6	5,5	5,30	3,40	6,7	137 b
T3	5,6	5,4	4,90	3,30	7,7	135 b

Fonte: elaborada pela autora.

<sup>1</sup>Trat: tratamentos, ASC: adubação sólida convencional; I: irrigação; F: fertirrigação.

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, em cada camada de solo analisada, pelo teste de Tukey (P=0,05) para cada atributo químico. <sup>ns</sup>Não significativo para cada camada de solo avaliada.

### 4.2.3 Classificação dos frutos por categoria

Na Tabela 23 é apresentado o número médio de frutos de acordo com a massa. Observa-se que a maior concentração de frutos ocorreu na faixa entre 160 e 190 g, que correspondem à faixa de calibres entre 110 a 90. Nas categorias 220 g e 250 g houve maior número de frutos no tratamento T3, indicando que a maior quantidade de água aplicada proporcionou mais frutos com massa maior nestas categorias; nas demais categorias não houve diferença entre tratamentos.

Tabela 23 – Média (%) de frutos de maçã ‘Kinkas’ com diferentes massas (g) na safra 2017/18 em função da presença ou não de irrigação, São Joaquim – SC.

Trat <sup>1</sup>	Categoria (g)							
	>280	280	250	220	190	160	130	<130
	..... % de frutos .....							
T1	0,1 <sup>ns</sup>	1,0 <sup>ns</sup>	3,5 b	10,6 b	32,6 <sup>ns</sup>	41,4 <sup>ns</sup>	8,0 <sup>ns</sup>	2,9 <sup>ns</sup>
T2	0,2	1,1	4,5 b	11,8 b	33,3	40,1	6,9	2,1
T3	0,3	1,6	6,1 a	14,6 a	34,1	36,4	5,2	1,7

Fonte: elaborada pela autora. <sup>1</sup>Trat: tratamentos. T1: sem irrigação; T2: com irrigação; T3: dobro de T2. Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey (P=0,05) para cada categoria avaliada. <sup>ns</sup>Não significativo.

#### 4.2.4 Parâmetros físico-químicos dos frutos

Os resultados dos parâmetros de cor, iodo, SS, AT e firmeza de polpa são apresentados na Tabela 24. A avaliação da cor de forma visual não diferiu entre os tratamentos e teve média de 75 % de cor vermelha na superfície dos frutos. Os parâmetros de cor avaliados através do colorímetro também não apresentaram diferença entre os tratamentos e suas médias foram: L = 28,4, C = 20,3 e °h = 29,5. Observou-se que a cor de fundo dos frutos demorou mais para mudar, enquanto outros parâmetros já indicavam maturação dos frutos. Isto pode ter ocorrido devido ao predomínio de dias nublados durante o mês de março e início de abril, que é o período de amadurecimento dos frutos. A macieira é uma espécie que exige alta densidade de fluxo radiante na fase de maturação, pois a luz solar promove a síntese de antocianinas, tornando os frutos mais vermelhos (DOS SANTOS et al., 2007). O teor de SS foi em média de 14,3 °Brix e não houve diferença entre os tratamentos. A firmeza de polpa também não variou entre os tratamentos e foi, em média, de 80 N. A AT foi maior no tratamento com o dobro de irrigação (T3), com valor de 0,43 %, em relação aos demais tratamentos, cuja média foi de 0,37 %.

Após 3 meses de armazenamento, foram avaliados os parâmetros SS, AT e firmeza de polpa (Tabela 25). A acidez foi maior no tratamento sem irrigação (T1), com valor de 0,33 %, em relação ao tratamento com irrigação (T2), com valor de 0,27 %, não diferindo do tratamento com o dobro de irrigação (T3), cujo valor foi de 0,29 %. O teor de SS e a firmeza de polpa não diferiram entre os tratamentos e suas médias foram de 14,1 °Brix e de 75 N respectivamente.

Tabela 24 – Parâmetros físico-químicos para os frutos de macieiras ‘Kinkas’ na colheita, na safra 2017/18, em função da presença ou não de irrigação.

Trat <sup>1</sup>	Cor		Iodo amido	SS	AT	Firmeza de polpa	
	L	C					°h
				°Brix	% ácido málico	N	
T1	28,0 <sup>ns</sup>	19,8 <sup>ns</sup>	29,6 <sup>ns</sup>	7,2 b	14,4 <sup>ns</sup>	0,37 b	79 <sup>ns</sup>
T2	27,6	19,8	28,5	7,7 a	13,9	0,37 b	79
T3	29,6	21,2	30,3	7,7 a	14,6	0,43 a	81

Fonte: elaborada pela autora. <sup>1</sup>Trat: tratamentos. T1: sem irrigação; T2: com irrigação; T3: dobro de T2. Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey (P=0,05) para cada atributo avaliada. <sup>ns</sup>Não significativo.

Tabela 25 – Parâmetros físico químicos para os frutos de macieiras ‘Kinkas’ após três meses de armazenamento, na safra 2017/18, em função da presença ou não de irrigação.

Trat <sup>1</sup>	SS	AT	Firmeza de polpa
	°Brix	% ácido málico	N
ASC	14,5 <sup>ns</sup>	0,33 a	74 <sup>ns</sup>
ASC+I	13,8	0,27 b	74
I+F	14,1	0,29 ab	77

Fonte: elaborada pela autora.

<sup>1</sup>Trat: tratamentos, ASC: adubação sólida convencional; I: irrigação; F: fertirrigação. Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey (P=0,05) para cada atributo avaliada. <sup>ns</sup>Não significativo.

#### 4.2.5 Rendimento de frutos

Na avaliação do rendimento de frutos e de seus componentes, na safra 2017/18, não houve diferença entre os tratamentos para nenhum dos atributos avaliados (Tabela 26). Obteve-se uma produtividade média de 58,4 t/ha, sendo a massa média por planta de 39,4 kg, o número médio de frutos por planta de 204, e a massa média dos frutos de 193 g.

Tabela 26 – Componentes do rendimento para os frutos de macieiras ‘Kinkas’ na safra 2017/18 em função da presença ou não de irrigação.

Trat <sup>1</sup>	Massa média/pl <sup>2</sup>	Média frutos/pl	Massa média fr	Produtividade
	kg		g	t ha <sup>-1</sup>
T1	37,1 <sup>ns</sup>	194 <sup>ns</sup>	192 <sup>ns</sup>	55,0 <sup>ns</sup>
T2	38,7	202	192	57,4
T3	42,3	217	195	62,7

Fonte: elaborada pela autora.

<sup>1</sup>Trat: tratamentos, ASC: adubação sólida convencional; I: irrigação; F: fertirrigação.

<sup>2</sup>pl: planta; fr: fruto. Não houve diferença estatística significativa entre os tratamentos para cada parâmetro avaliado, pelo teste de Tukey (P=0,05). <sup>ns</sup>Não significativo.

#### 4.2.6 Crescimento dos frutos

Na avaliação da altura dos frutos (Tabela 27) observou-se que aqueles do tratamento com o dobro de irrigação (T3) apresentou crescimento maior na maioria das leituras. No dia 30/11/2017, os frutos que receberam a maior quantidade de água tiveram 36 mm, que foi maior do que os frutos do tratamento sem irrigação, com 35 mm. No dia 6/12/2017, o valor de T3 foi de 38,5 mm, sendo maior que o T1, cujo valor foi de 37,5 mm. No dia 20/12/2017, os frutos dos tratamentos T2 e T3 tiveram média de 42,9 mm, sendo maior que os do T1, com 41,7 mm. No dia 24/01/2018, os frutos do tratamento T3 também foram maiores do que os do T1, sendo os valores de 53,7 mm e 52,3 mm respectivamente.

Na avaliação realizada no dia 20/12/2017, o diâmetro horizontal dos frutos (Tabela 28) do tratamento sem irrigação (T1) mediram, em média, 48,8 mm, sendo menores em relação aos frutos do tratamento com o dobro de irrigação (T3), cujo valor médio foi de 50,8 mm. Os frutos do tratamento com irrigação (T2) não diferiram dos demais tratamentos e a média foi de 50,2 mm. Essa diferença entre ausência de irrigação e o dobro da quantidade recomendada de água na irrigação (tratamentos T1 e T3 respectivamente) também foi observada na última avaliação, no dia 27/02/2018, onde os frutos do T3 mediram 70,9 mm e os do T1 69 mm. A maior taxa de crescimento na avaliação do diâmetro horizontal dos frutos ocorreu de 20/12/2017 a 08/01/2018 em todos os tratamentos, e esse foi o período onde ocorreu o maior volume pluviométrico durante o período de avaliação, 196,2 mm de chuva.

Tabela 27 - Altura dos frutos de macieira Kinkas na safra 2017/18 em função da presença ou não da adição de água via irrigação.

Trat <sup>1</sup>	Data das avaliações						
	30/11/2017	06/12/2017	20/12/2017	08/01/2018	24/01/2018	07/02/2018	27/02/2018
	..... Altura (mm) .....						
T1	35.0 b	37.5 b	41.7 b	48.0 <sup>ns</sup>	52.3 b	55.7 <sup>ns</sup>	58.9 <sup>ns</sup>
T2	35.6 ab	38.0 ab	42.7 a	48.7	53.1 ab	56.2	59.5
T3	36.0 a	38.5 a	43.2 a	49.1	53.7 a	56.8	60.4

<sup>1</sup>Trat: tratamentos; T1: sem irrigação; T2: com irrigação; T3: com o dobro de irrigação de T2. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey (p=0,05) para cada data de avaliação.

<sup>ns</sup>Não significativo.

Fonte: elaborado pela autora.

Tabela 28 – Diâmetro horizontal dos frutos de macieira Kinkas na safra 2017/18 em função da presença ou não da adição de água via irrigação.

Trat <sup>1</sup>	Data das avaliações						
	30/11/2017	06/12/2017	20/12/2017	08/01/2018	24/01/2018	07/02/2018	27/02/2018
	..... Diâmetro (mm) .....						
T1	40.2	43.0	48.8 b	57.1	61.9	65.6	69.0 b
T2	40.9	43.7	50.2 ab	58.1	63.1	66.4	69.9 ab
T3	41.1	44.2	50.8 a	58.8	63.3	67.3	70.9 a

<sup>1</sup>Trat: tratamentos; T1: sem irrigação; T2: com irrigação; T3: com o dobro de irrigação de T2.

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey (p=0,05) para cada data de avaliação.

<sup>ns</sup>Não significativo.

Fonte: elaborado pela autora.

#### 4.2.7 Avaliação mineral da polpa

Os teores de macronutrientes na polpa fresca dos frutos colhidos na safra 2017/18 são apresentados na Tabela 29. Para N e Ca não houve diferença entre os tratamentos e as médias foram 414 mg kg<sup>-1</sup> e 78 mg kg<sup>-1</sup> respectivamente. Os maiores teores de K, P e Mg ocorreram no tratamento com o dobro de irrigação (T3) em relação aos outros dois tratamentos. No tratamento T3, o teor de K foi de 1325 mg kg<sup>-1</sup> e a média dos demais tratamentos foi de 1137 mg kg<sup>-1</sup>. O teor de P no T3 foi de 155 mg kg<sup>-1</sup>, que foi maior que os outros dois tratamentos, cuja média foi de 134 mg kg<sup>-1</sup>. O teor de Mg foi de 125 mg kg<sup>-1</sup> no T3 e a média dos demais tratamentos foi de 95,4 mg kg<sup>-1</sup>.

O teor de Ca nos frutos, assim como as relações N/Ca, K/Ca e K+Mg/Ca são importantes para predizer a ocorrência de distúrbios fisiológicos após o armazenamento. A

concentração de N na polpa dos frutos está abaixo do valor considerado máximo para esse mineral, que é  $500 \text{ mg kg}^{-1}$ . O teor de K está elevado em todos os tratamentos, pois concentrações de K acima de  $950 \text{ mg kg}^{-1}$  podem prejudicar o armazenamento. O teor de P deve estar acima de  $100 \text{ mg kg}^{-1}$  para melhor conservação dos frutos, o que pode ser observado em todos os tratamentos. A concentração de Ca deve ser maior que  $40 \text{ mg kg}^{-1}$ , e isso foi observado em todos os tratamentos. Entretanto, a concentração de Mg está muito elevada em todos os tratamentos, pois deveria estar abaixo de  $40 \text{ mg kg}^{-1}$ . Quando se considerou as relações entre os nutrientes observou-se que, mesmo com elevadas concentrações de K e Mg, as relações estão todas abaixo dos valores máximos recomendados, pois a concentração de Ca também foi elevada. Para melhor conservação dos frutos e menor aparecimento de distúrbios fisiológicos, a relação N/Ca deve ser menor que 14 e em todos os tratamentos foi menor do que 6; a relação K /Ca deve ser menor que 24 e em todos os tratamentos foi menor do que 18; e a relação K+Mg/Ca deve ser menor que 30 e em todos os tratamentos foi menor do que 19. Com base nesses resultados observa-se que o aumento na quantidade de água favoreceu a absorção dos nutrientes.

Tabela 29 – Teores de macronutrientes na polpa de maçãs ‘Kinkas’ na safra 2017/18 em função da presença ou não de irrigação.

Trat <sup>1</sup>	N	K	P	Ca	Mg
		..... $\text{mg kg}^{-1}$ .....			
T1	412	1120 b	135 b	76,9	97,4 b
T2	397	1155 b	132 b	80,3	93,4 b
T3	435	1325 a	155 a	78,1	125,6 a

Fonte: elaborado pela autora.

<sup>1</sup>Trat: tratamentos, ASC: adubação sólida convencional; I: irrigação; F: fertirrigação.

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $P=0,05$ ) para cada mineral avaliado. <sup>ns</sup>Não significativo.

### 4.3 CONCLUSÕES

O uso de maior volume de água na irrigação proporcionou frutos maiores do que nos demais tratamentos, sem influenciar a qualidade após o armazenamento e a produtividade.

A maior quantidade de água aplicada na irrigação proporcionou maior absorção de nutrientes, ocasionando maior concentração destes na polpa dos frutos.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os efeitos positivos da irrigação e da fertirrigação em um pomar adulto da cultivar Kinkas não foram consistentes tanto na produtividade como na qualidade dos frutos, pois em dois dos três anos avaliados os tratamentos não afetaram o rendimento de frutos, mesmo em anos com chuvas abaixo da média histórica. Somente em um dos anos, a irrigação em conjunto com a fertirrigação proporcionaram maior rendimento de frutos do que os tratamentos com adubação convencional, em função do maior número de frutos uma vez que a massa dos frutos não foi afetada em nenhuma das safras por qualquer dos tratamentos. O efeito dos tratamentos nos parâmetros que determinam a qualidade dos frutos foi pequeno e inconsistente ao longo dos anos, não permitindo nenhuma conclusão consistente. Há necessidade de serem conduzidos mais estudos, em vários solos e com diversas cultivares de macieira, antes que se possa recomendar com segurança o uso de irrigação ou de fertirrigação em pomares adultos de macieira.

## REFERÊNCIAS

- ALLEN, R. G. et al. **FAO Irrigation and Drainage Paper No. 56 - Crop Evapotranspiration**. n. January 1998, p. 327, 1998.
- AL-YAHYAI, R. **Managing irrigation of fruit trees using plant water status**. Agricultural Sciences. v. 03, n. 01, p. 35–43, 2012.
- AMARANTE, C. V. T. DO et al. **Composição mineral de maçãs “Gala” e “Fuji” produzidas no Sul do Brasil**. Pesquisa Agropecuária Brasileira. v. 47, n. 4, p. 550–560, 2012.
- ARGENTA, L. C. et al. **Padrões de maturação e índices de colheita de maçãs cvs. Gala, Golden Delicious e Fuji**. Pesquisa Agropecuária Brasileira. Brasília. v. 30. n. 10. 1995.
- ARGENTA, L. C. **Fisiologia pós-colheita: Maturação, colheita e armazenagem dos frutos**. In: A Cultura da Macieira. p. 691 a 725. Epagri. 2006.
- ARGENTA, L. C.; JOSÉ, M.; MARIA, A. **Validação de catálogos de cores como indicadores do estágio de maturação e do ponto de colheita de maçã**. Agropecuária Catarinense. v.23 n.3. 2010.
- ARGENTA, L. C.; MARTIN, M. S. DE. Manejo da frutas na colheita e após a colheita. In: EPAGRI (Ed.). **Sistema de produção para a cultura da macieira em Santa Catarina**. 1. ed. Florianópolis, SC. 136 p. 2018.
- ASSIS, J. S. DE, et al. Vida útil e qualidade pós-colheita de maçãs cvs. Eva e Princesa em armazenamento refrigerado. III Simpósio Brasileiro de Pós-colheita. Nova Friburgo, RJ. 2011.
- BAHADUR, B. et al. **Plant biology and biotechnology: Plant diversity, organization, function and improvement**. [s.l.] v. 1. 2015.
- BETINELLI, K. S. et al. **Estádio de maturação para colheita de maçãs ‘scs426 venice’**. Agropecuária Catarinense. Florianópolis. v.30 n.2 p. 57–62, 2017.
- BEUTLER, A. N. et al. **Retenção de água em dois tipos de latossolos sob diferentes usos**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 26, p. 829–834, 2002.
- BOLAND, A.-M.; ZIEHRL, A.; BEAUMONT, F. **Guide to best practice in water management**. 1. ed. State of Victoria. 2002.
- BRANCO, M. S. C. et al. **Efeito da irrigação e fertirrigação na composição mineral de folhas de macieira**. XXXIV Congresso Brasileiro de Ciência do Solo. Florianópolis. n. 1, p. 3–5, 2013.
- BRANCO, M. S. C., **Desenvolvimento inicial de macieiras submetidas a regimes de irrigação e fertirrigação em São Joaquim-SC**. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo). Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, 2014.

BRANCO, M. S. C.; NAVA, G.; ERNANI, P. R. **Crescimento inicial, produção e qualidade de frutos de macieiras submetidas a irrigação e fertirrigação.** Revista de Ciências Agroveterinárias, v. 15, n. 1, p. 34–41, 2016.

BRUNETTO, G. et al. **O cultivo da macieira na Itália: porta-enxertos, cultivares, adubação e irrigação.** Biotemas, v. 25, n. 4, p. 121–129, 2012.

BRUNETTO, G. et al. **The Role of Mineral Nutrition on Yields and Fruit Quality in Grapevine, Pear and Apple.** Revista Brasileira de Fruticultura, v. 37, n. 4, p. 1089–1104, 2015.

CECHINEL, J. H.; CIOTTA, M. N.; ERNANI, P. R. **Influência da Irrigação e Fertirrigação no Teor de Nutrientes no Solo e Folhas e Rendimento de Frutos de Macieiras ‘ Kinkas ’.** Reunião Sul Brasileira de Ciência do Solo, p. 1–3, 2016.

CHEN, J.; GABELMAN, W. H. **Morphological and physiological characteristics of tomato roots associated with potassium-acquisition efficiency.** Scientia Horticulturae, v. 83, n. 3–4, p. 213–225, mar. 2000.

CIOTTA, M. N.; NAVA, G.; CECHINEL, J. H. **Nutrientes no solo , rendimento e qualidade da maçã em sistemas de irrigação e adubação do solo.** Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, n. 1, p. 3–6, 2015.

COELHO, E. F.; OR, D.; SOUZA, V. F. DE. **Irrigação e fertirrigação em fruteiras e hortaliças. Aspectos básicos em fertirrigação.** Capítulo 6. Embrapa. 2005. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/55932/1/IRRIGACAO-e-FERTIRRIGACAO-cap6.pdf>

COELHO, E. F.; SOUZA, V. F. DE; PINTO, J. M. **Manejo de fertirrigação em fruteiras.** Pesquisa Agrícola, p. 67–70, 2003.

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

COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO (CQFS/RS e SC). **Manual de calagem e adubação para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina.** 11 ed. Porto Alegre, 376 p., 2016.

CONCEIÇÃO, M. A. F. **Balanco hídrico em fruteiras.** n. 1998, p. 1–12. Circular Técnica. Bento Gonçalves, RS. Embrapa. 2010.

CONCEIÇÃO, M. A. F. et al. **Demanda hídrica e coeficientes de cultura (Kc) para macieiras em Vacaria, RS.** Ciencia Rural, v. 41, n. 3, p. 459–462. 2011.

CONCEIÇÃO, M. A. F. et al. **Demanda hídrica e coeficientes de cultura (Kc) para macieiras em Vacaria, RS.** Ciência Rural, v. 41, n. 3, p. 459–462, 2011.

- DE SOUZA, T. R.; 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, v. 28, n. 3, p. 501–505, 2006.
- DOMINGUEZ, L. I.; ROBINSON, T. L. **Strategies to improve Early growth and yield of tall spindle apple plantings.** New York Fruit Quarterly. v. 23 n. 2. p. 5-10. 2015. Disponível em: <https://nyshs.org/wp-content/uploads/2015/07/Dominguez-Pages-5-10-NYFQ-Book-Summer-2015.pdf> Acesso em: 05/01/2021.
- DOS SANTOS, J. P.; WAMSER, A. F.; DENARDI, F. **Qualidade de frutos ensacados em diferentes genótipos de macieira.** Ciência Rural, v. 37, n. 6, p. 1614–1620, 2007.
- DOS SANTOS, M. R. et al. **Uso da reflectometria no domínio do tempo para avaliar a distribuição de fósforo em colunas de solos fertirrigados IDESIA (Chile) v. 30, n. 1. 2012.**
- DORTZBAH, D. et al. **Horizontes diagnósticos superficiais de Cambissolos e uso de  $\delta^{13}\text{C}$  como atributo complementar na classificação de solos.** Pesquisa Agropecuária Brasileira. v. 51 n. 9. 2016.
- DUENHAS, L. H. et al. **Fertirrigação com diferentes doses de NPK e seus efeitos sobre a produção e qualidade de frutos de laranja (Citrus sinensis O.) “Valência”.** Revista Brasileira de Fruticultura, v. 24, n. 1, p. 214–218, 2002.
- EMBRAPA. **Maçã: Pós-colheita.** 1. ed. 109 P. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho. Brasília: Embrapa informação tecnológica, 2004.
- EMBRAPA. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes.** Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 627p., 2009.
- EPAGRI. **A Cultura da Macieira.** 1. ed. Florianópolis, SC. 743 p. 2006.
- EPAGRI/CIRAM - Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina. **Centro de Informações de Recursos Ambientais e de Hidrometeorologia de Santa Catarina. Monitoramento online.** Disponível em: <https://ciram.epagri.sc.gov.br/agroconnect/>
- ERNANI, P. R. **Disponibilidade de Nitrogênio E Adubação Nitrogenada Para a Macieira.** Lages, SC. 76 p. 2003.
- ERNANI, P. R. **Química do solo e disponibilidade de nutrientes.** Lages, SC. 230 p. 2008.
- FALLAHI, E. et al. **Efficient irrigation for optimum fruit quality and yield in apples.** HortScience, v. 45, n. 11, p. 1616–1619, 2010.
- FALLAHI, E.; FALLAHI, B.; KIESTER, M. J. **Evapotranspiration-based irrigation systems and nitrogen effects on yield and fruit quality at harvest in fully mature ‘Fuji’ apple trees over four years.** HortScience, v. 53, n. 1, p. 38–43, 2018.

FAQUIN, V. **Nutrição Mineral De Plantas**. 186 p. UFLA. Lavras, MG. 2005. Disponível em:

[http://dcs.ufla.br/images/imagens\\_dcs/pdf/Prof\\_Faquin/Nutricao%20mineral%20de%20plantas.pdf](http://dcs.ufla.br/images/imagens_dcs/pdf/Prof_Faquin/Nutricao%20mineral%20de%20plantas.pdf)

FRANCESCATTO, P. et al. **Avaliação fenológica das diferentes estruturas de frutificação das macieiras “Gala” e “Fuji” na região de caçador-SC**. Revista Brasileira Fruticultura, Jaboticabal - SP, v. 37, n. 4, p. 913-923. 2014.

GIRARD, C.L. et al. **Fatores pré-colheita que interferem na qualidade da fruta**. In: Maçã: pós-colheita. p. 24 a 34. Brasília. Embrapa. 2004.

HAHN, L.; CIOTTA, M. N.; NACHTIGALL, G. R. Calagem, adubação e nutrição da macieira. In: NRS-SBCS (Ed.). . **Atualização sobre calagem e adubação em frutíferas**. Porto Alegre - RS: Gráfica e editora RJR, 2020. p. 278.

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

HUSSEIN-MOUNZER, O. et al. **Soil water content measured by FDR probes and thresholds for drip irrigation management in peach trees**. Agricultura técnica en México, v. 34, n. 3, p. 313–322, 2008.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Cidades - Lavoura permanente**. 2018. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sc/sao-joaquim/pesquisa/24/76693>.

IUCHI, V. L. Botânica e Fisiologia. In: **A Cultura da Macieira**. Epagri. Florianópolis, p.59-104, 2006.

KANBER, R. et al. **Effects of different irrigation programs on fruit, trunk growth rates, quality and yield of grapefruit trees**. Turkish Journal of Agriculture and Forestry, v. 23, n. 4, p. 401–411, 1999.

LAKSO, A. N. & GOFFINET, M. C. **Apple fruit growth**. New York Quaterly. v. 21 n. 1 2013.

MAGRIN, F. P. et al. **Índices de maturação para o ponto ideal de colheita de maçãs ‘SCS425 Luiza’**. Agropecuária Catarinense, Florianópolis, v.30, n.3, p.55-60. 2017.

MAŠÁN, V. et al. **Effects of irrigation and fertigation on yield and quality parameters of “Gala” and “Fuji” apple**. Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis, v. 66, n. 5, p. 1183–1190, 2018.

MOTTA, J. D. et al. **Índice De Cor E Sua Correlação Com Parâmetros Físicos E Físico-Químicos De Goiaba, Manga E Mamão**. Comunicata Scientiae, v. 6, n. 1, p. 74–82, 2015.

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,

- NACHTIGALL, G. R.; CARGNINO, C.; NAVA, G. **Efeito da Irrigação e Fertirrigação na Produtividade e Qualidade de Macieiras Royal Gala**. Fertbio. n. 1, p. 2006–2008, 2012.
- NACHTIGALL, G.; CARGNINO, C.; LIMA, C. M. DE. **Irrigação e fertirrigação na cultura da macieira na região de Vacaria, RS**. Embrapa Documentos 89. Bento Gonçalves, RS. 2014.
- NAVA, G. et al. **Fertilidade Do Solo E Nutrição na Produção integrada de Maçã**, 2002.
- NAVA, G. et al. **Produção Integrada de Maçãs no Brasil. Solos e Nutrição**. Embrapa 2003. (Versão eletrônica). Disponível em:  
<https://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Maca/ProducaoIntegradaMaca/so los.htm>
- NAVA, G. **Nutrição e rendimento da macieira em resposta às adubações nitrogenada e potássica e ao déficit hídrico**. Tese (Doutorado em Agronomia) Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiróz. Piracicaba. 2007.
- NAVA, G. **Produção e Crescimento Da Macieira ‘ Fuji ’ Em Resposta à Adubação Orgânica e manejo de plantas espontâneas**. Rev. Bras. Frutic., Jaboticabal - SP, v. 32, n. 4, p. 1231-1237. 2010.
- NAVA, G.; CIOTTA, M. N.; BRUNETTO, G. **“Fuji” Apple tree response to phosphorus fertilization**. Revista Brasileira de Fruticultura, v. 39, 2016.
- NEILSEN, D.; NEILSEN, G. **Fertigation of Deciduous Fruit Trees: Apple and Sweet Cherry**. International symposium on fertigation, p. 76–88, 2008.
- NEILSEN, D.; ROBERTS, T. L. **Potassium fertigation of high density apple orchards**. Better Crops, v. 80, n. 4, p. 12–13, 1996.
- NEILSEN, G. H. et al. **Drip-fertigation of apple trees affects root distribution and development of K deficiency**. Canadian Journal of Soil Science, v. 80, n. 2, p. 353–361, 2000.
- NEILSEN, G. H.; NEILSEN, D.; HERBERT, L. **Nitrogen fertigation concentration and timing of application affect nitrogen nutrition, yield, firmness, and color of apples grown at high density**. HortScience, v. 44, n. 5, p. 1425–1431, 2009.
- NEILSEN, G. H. et al. **Response of apple trees to fertigation-induced soil acidification**. Canadian journal of plant science, 1994.
- NETO, J. R. DO N. et al. **Formas de aplicação e doses de nitrogênio para o meloeiro amarelo no litoral do ceará**. Irriga. v. 17, n. 3, p. 364–375, Botucatu. 2012.
- NOVAIS, R. F. et al. **Fertilidade do Solo**. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. Viçosa, MG. 1 ed. 1017 p. 2007.
- PANDOLFO, C.; BRAGA, H. **Atlas climatológico do estado de Santa Catarina**. Florianópolis, SC. 2002.

PEREIRA, A. B.; VILLA NOVA, N. A.; ALFARO, A. T. **Necessidades Hídricas de Citrus E Macieiras a Partir Da Área Foliar e da Energia Solar.** Revista Brasileira de Fruticultura, p. 671–679. Jaboticabal, SP. 2009.

PETRI, J. L. et al. **Advances of the apple crop in Brazil.** Revista Brasileira de Fruticultura, v. 33, n. 1, p. 48–56, 2011.

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

R DEVELOPMENT CORE TEAM (2011). **R: A language and environment for statistical computing.** R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.Rproject.org/>

ROBINSON, T.; STILES, W. **Fertigation of apple trees in humid climates.** New york state horticultural society v. 12, n. 1, p. 32–38, 2004.

ROCHA, J. G. DA et al. **Cinética de absorção de nitrogênio e acúmulo de frações solúveis nitrogenadas e açúcares em girassol.** Pesquisa Agropecuária Tropical, v. 44, n. 4, p. 381–390, 2014.

SANTOS, H. G. DOS. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos.** Embrapa. Brasília, DF. 2013.

SCOLARO, A. M. T. et al. **Controle da maturação pré-colheita de maçãs “Royal Gala” pela inibição da ação ou síntese do etileno.** Revista Brasileira de Fruticultura, v. 37, n. 1, p. 38–47, 2015.

SOUZA, V. F. DE et al. **Produtividade do maracujazeiro amarelo sob diferentes níveis de irrigação e doses de potássio via fertirrigação.** Pesquisa Agropecuaria Brasileira, v. 38, n. 4, p. 497–504, 2003.

STANGER, M. C. et al. **Estádio de maturação para o período ideal de colheita de maçãs “Daiane” destinadas à armazenagem.** Revista Brasileira de Fruticultura, v. 35, n. 4, p. 977–989, 2013.

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

TEDESCO, M. J. et al. **Análise de solo, plantas e outros materiais.** 2. Ed. Porto Alegre-RS.

TORRES, J. L. R.; PEREIRA, M. G. **Dinâmica do potássio nos resíduos vegetais de plantas de cobertura no Cerrado.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 32, n. 4, p. 1609–1618, 2008.