

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
FACULDADE DE AGRONOMIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FITOTECNIA

**DESENVOLVIMENTO E PRODUÇÃO DE CITROS EM SISTEMA  
AGROFLORESTAL**

Mateus Pereira Gonzatto  
Engenheiro Agrônomo/UFRGS

Dissertação apresentada como um dos requisitos  
à obtenção do Grau de Mestre em Fitotecnia  
Ênfase Horticultura

Porto Alegre (RS), Brasil  
Junho de 2009

## Folha de Homologação

## **AGRADECIMENTOS**

À minha família pelo apoio incondicional.

Ao Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, especialmente à secretária Marisa pelo auxílio constante.

Ao meu orientador Sergio Francisco Schwarz pela amizade, parceria e compreensão. Pelas diversas histórias que temos pra contar.

Aos professores Paulo Vitor Dutra de Souza, Renar João Bender, Gilmar Arduino Bettio Marodin e Otto Carlos Koller pela contribuição na minha formação em fruticultura.

Ao Departamento de Horticultura e Silvicultura, especialmente aos funcionários Antônio Vieira Nunes e Idenir José de Conto, os motoristas pelas inúmeras viagens até Tupandã, Eldorado do Sul e Butiá.

À família Rohr: Seu Inácio, Dona Ivete, Vanda e Lucas. Por abrirem as portas de sua propriedade e família.

Aos colegas de pós-graduação. Às Colegas Flávia e Bruna pelo apoio e assessoramento na execução deste experimento.

Aos bolsistas de iniciação científica, principalmente ao aluno Alisson Pacheco Kovaleski, pela amizade, por ajudar a tornar viável este trabalho, pelos finais de semanas analisando frutos, comendo lasanha e dando risada. Aos bolsistas William Heintze, Bruno Casamali, Cristiane Salete Andreazza, e a outros que participaram em diversas fases deste experimento.

Ao pessoal do apartamento da Andradas: Cátia, Flávia e Paula. Pela amizade e por me aturarem todo esse tempo.

Aos amigos de casa do estudante. Ao pessoal do apartamento da Fernando Machado: Eduardo, Carla e Emerson. Por estarem me aturando agora.

À Estação Experimental Agronômica da UFRGS.

Aos tombos inumeráveis, meus e de tantos, que nos fizeram rir na saga épica de subir e descer o morro até os pomares agroflorestais do Inacinho.

A todos que de uma forma ou outra participaram desta longa jornada.

# DESENVOLVIMENTO E PRODUÇÃO DE CITROS EM SISTEMA AGROFLORESTAL<sup>1</sup>

Autor: Mateus Pereira Gonzatto  
Orientador: Sergio Francisco Schwarz

## RESUMO

A produção de plantas cítricas em sistemas agroflorestais (SAFs) pode ser uma alternativa interessante, principalmente pelos benefícios de níveis moderados de sombreamento a vários aspectos fisiológicos das plantas cítricas. Além disso, o incremento da diversidade biológica aos agroecossistemas, quando bem manejado, pode trazer inúmeros ganhos aos sistemas de produção orgânica. Com o objetivo de mensurar o efeito do SAF sobre diversos aspectos da produção de plantas cítricas em relação ao cultivo em pleno sol (SOL), avaliou-se SAFs de laranjeiras 'Valência' e 'Monte Parnaso' (*Citrus sinensis* (L.) Osb.) localizados no município de Tupandi-RS nas safras de 2007 e 2008, com dossel superior composto por angico-vermelho (*Parapiptadenia rigida* (Benth.) Brenan), onde ambos tratamentos encontram-se em cultivo orgânico. Para tanto, avaliou-se as condições micrometeorológicas dos ambientes de cultivo; o desenvolvimento vegetativo, comportamento produtivo e estado nutricional; o crescimento, ocorrência de doenças e a maturação dos frutos; a fenologia e características de qualidade da floração das laranjeiras. A redução da radiação propiciada pelo cultivo sob SAF foi em média de 36,2 %, não havendo alterações significativas da temperatura e umidade relativa do ar no nível dos frutos. O rendimento de frutos, na média das safras, foi superior sob SAF para a laranjeira 'Valência' e não houve alterações para a laranjeira 'Monte Parnaso'. A maturação interna dos frutos foi atrasada em ambas as variedades sob SAF, sendo que para a laranjeira 'Valência' houve um atraso de aproximadamente 20 dias, em ambas as safras. A queda pré-colheita foi incrementada no tratamento SOL. A ocorrência dos estádios fenológicos não foi afetada pelos tratamentos. Houve alterações na qualidade da floração da laranjeira 'Monte Parnaso', contudo não alterou-se a fixação de frutos. Alguns nutrientes tiveram seu teor foliar incrementado (Mn, Fe e N), enquanto outros foram reduzidos (B e P) devido ao cultivo sob SAF. Reduziu-se em 17 % a incidência e em 46 % a severidade de pinta-preta (*Guignardia citricarpa* Kiely) nos frutos no tratamento SAF, contudo houve uma maior ocorrência da queda prematura de frutos jovens (*Colletotrichum acutatum* Simmonds) nesse tratamento.

---

<sup>1</sup> Dissertação de Mestrado em Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil. (91p.) Junho, 2009.

## CITRUS DEVELOPMENT AND PRODUCTION IN AGROFORESTRY SYSTEM<sup>2</sup>

Author: Mateus Pereira Gonzatto  
Advisor: Sergio Francisco Schwarz

### ABSTRACT

The citrus production in agroforestry systems (SAFs) may be an interesting alternative, specially for the benefits of moderated shadow to various physiological aspects of those. Moreover, the increment of biological diversity to the agroecosystem, when handled properly, can bring uncountable gains to organic production systems. With the objective to measure the effect of SAF over many aspects in the citrus production in comparison to the cultivation in full sun (SOL), a SAF of 'Valencia' and 'Monte Parnaso' oranges (*Citrus sinensis* (L.) Osb.) located in the municipality of Tupandi (in the Rio Grande do Sul State – Brazil) during the harvesting seasons of 2007 and 2008, with the superior canopy composed by angico-vermelho (*Parapiptadenia rigida* (Benth.) Brenan) where both treatments were under organic cultivation, was studied. For that, were evaluated the micrometeorological conditions of the culture environment; the vegetative development; the productive behavior and nutritional state; the growth, occurrence of diseases and ripening of fruits; the phenology and the quality characteristics of the orange trees flowering. The radiation reduction by the SAF was 36,2 % mean, without significant alterations to the temperature and relative humidity of the air on the fruit level. The fruit income, in the harvesting seasons mean, was superior under SAF for 'Valencia' orange and had no alterations for 'Monte Parnaso' orange. The intern maturation of fruits was delayed in both varieties under SAF, having a 20 days delay for 'Valencia' orange in both years. The pre-harvesting fall was higher for SOL treatment. The occurrence of phenological states was not affected by the treatments. There were alterations on the quality of flowering for 'Monte Parnaso' orange, yet the fruit fixation wasn't influenced. Some nutrients had their leaf content raised (Mn, Fe and N), while others were reduced (B and P) due to the cultivation under SAF. The incidence and severity of the black-spot (*Guignardia citricarpa* Kiely) were reduced in 17 % and 46 % respectively on the fruits under SAF, having a greater occurrence of premature fruit drop (*Colletotrichum acutatum* Simmonds) in this treatment however.

---

<sup>2</sup> Master of Science Dissertation in Agronomy, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brazil. (91p.) June, 2009.

## SUMÁRIO

	Página
1 INTRODUÇÃO .....	01
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	03
2.1 Sistemas Agroflorestais (SAFs) .....	04
2.1.1 Classificação dos Sistemas Agroflorestais .....	04
2.1.2 Sistemas Agroflorestais e as plantas cítricas .....	07
2.1.2.1 Consorciação de plantas cítricas com outras plantas florestais ou de porte alto .....	08
2.1.2.2 Interação com quebra-ventos em pomares .....	09
2.1.2.3 Sistemas utilizando as plantas cítricas como “plantas de sombra” de outros cultivos agrícolas, sozinhas ou associadas com outras plantas com o mesmo fim .....	10
2.2 Efeitos do sombreamento artificial sobre plantas cítricas .....	11
3 MATERIAL E MÉTODOS .....	16
3.1 Caracterização da área experimental .....	16
3.2 Variáveis avaliadas .....	18
3.2.1 Condições micrometeorológicas .....	18
3.2.2 Desenvolvimento vegetativo e comportamento produtivo .....	20
3.2.3 Maturação dos frutos .....	22
3.2.4 Fenologia, qualidade da floração e fixação de frutos .....	24
3.2.5 Estado nutricional das laranjeiras .....	26
3.2.6 Ocorrência de doenças em frutos e ramos .....	26
3.2.7 Análise estatística .....	28
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	29
4.1 Condições micrometeorológicas .....	29
4.1.1 Graus-dia acumulados (GDA) .....	29
4.1.2 Radiação solar fotossinteticamente ativa (RFA) .....	30
4.1.3 Temperatura do ar (T) e umidade relativa (UR) .....	33
4.2 Desenvolvimento vegetativo e comportamento produtivo .....	37
4.2.1 Laranjeira ‘Valência’ .....	37
4.2.2 Laranjeira ‘Monte Parnaso’ .....	42
4.3 Maturação dos frutos .....	45
4.3.1 Laranjeira ‘Valência’ .....	45
4.3.1.1 Safra 2007 .....	45
4.3.1.2 Safra 2008 .....	52
4.3.2 Laranjeira ‘Monte Parnaso’ .....	61
4.3.2.1 Safra 2007 .....	61

4.3.2.2 Safra 2008 .....	66
4.4 Fenologia, qualidade da floração e fixação de frutos.....	67
4.5 Estado nutricional das laranjeiras .....	71
4.5.1 Laranjeira 'Valência' .....	71
4.5.2 Laranjeira 'Monte Parnaso' .....	76
4.6 Ocorrência de doenças.....	77
4.6.1 Pinta-preta.....	77
4.6.2 Queda anormal de frutos jovens .....	81
5 CONCLUSÕES .....	84
6 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	85

## RELAÇÃO DE TABELAS

	Página
1. Relação entre dias após a queda de pétalas (DAQP), data do ano e graus-dia acumulados (GDA) desde o período pós-floração de 2007 até a maturação da safra 2008, monitorado sob condição de pleno sol (SOL). Tupandi, RS.....	29
2. Altura (H), volume da copa (Vc), área da copa (Ac) e circunferência do tronco (CT) de laranjeiras ‘Valência’ cultivadas sob sistema agroflorestal (SAF) em relação ao cultivo a pleno sol (SOL). Tupandi, RS.....	38
3. Massa (M) e número de frutos (NF) produzidos por árvore, total (t) e no momento da colheita (f), e eficiência produtiva por unidade de volume (EPV) e de área (EPA) da copa de laranjeiras ‘Valência’ cultivadas sob sistema agroflorestal (SAF) em relação ao cultivo a pleno sol (SOL). Tupandi, RS.....	39
4. Altura (A), diâmetro (D), razão altura:diâmetro (A:D), massa média (M) e espessura da casca (EC) dos frutos da laranjeira ‘Valência’ cultivadas sob sistema agroflorestal (SAF) em relação ao cultivo a pleno sol (SOL). Tupandi, RS.....	40
5. Altura (H), volume da copa (Vc), área da copa (Ac) e circunferência do tronco (CT) de laranjeiras ‘Monte Parnaso’ cultivadas sob sistema agroflorestal (SAF) em relação ao cultivo a pleno sol (SOL). Tupandi, RS.....	42
6. Massa (M) e número de frutos (NF) produzidos por árvore, total (t) e no momento da colheita (f), e eficiência produtiva por unidade de volume (EPv) e de área (EPa) da copa de Laranjeiras ‘Monte Parnaso’ cultivadas sob sistema agroflorestal (SAF) em relação ao cultivo a pleno sol (SOL). Tupandi, RS.....	43
7. Altura (A), diâmetro (D), razão altura:diâmetro (A:D), massa média (M) e espessura da casca (EC) dos frutos de laranjeiras ‘Monte Parnaso’ cultivadas sob sistema agroflorestal (SAF) em relação ao cultivo a pleno sol (SOL). Tupandi, RS.....	44



8. Médias e análise estatística do conteúdo de suco (CS), sólidos solúveis totais (SST), acidez total titulável (ATT), índice de maturação (IM), cromaticidade (Cs) e ângulo de cor do suco (h<sup>º</sup>s) dos frutos de laranjeiras 'Valência' cultivadas sob sistema agroflorestal (SAF) em relação ao cultivo a pleno sol (SOL) durante a sua maturação na safra de 2008 (GDA, graus-dia acumulados). Tupandi, RS.....52
9. Equações ajustadas de variáveis (V) de qualidade do suco e de cor da casca ( Sólidos solúveis totais,SST; acidez total titulável,ATT; índice de maturação,IM; ácido ascórbico, AA; índice de cor da casca, ICC; cromaticidade, C; e ângulo de cor, h<sup>º</sup>) de frutos da laranjeira 'Valência' cultivada sob sistema agroflorestal (SAF) em relação ao cultivo a pleno sol (SOL) em função dos graus-dia acumulados (GDA) durante a maturação na safra 2008 (\*\*, P < 0,01). Tupandi, RS. ....54
10. Acúmulo de graus-dia (GDA), data do ano e dias após a plena queda de pétalas (DAQP) para o início do período ótimo de colheita, segundo dois critérios de início de maturação, IM = 6 (Sartori et al., 2002) e IM = 12 (Stenzel et al., 2006), 2007/2008. Tupandi, RS.....57
11. Conteúdo de suco (CS), teor de sólidos solúveis totais (SST), acidez total titulável (ATT), índice de maturação (IM), índice de cor da casca (ICC) e concentração de ácido ascórbico (AA) nos frutos de laranjeiras 'Monte Parnaso' sob sistema agroflorestal (SAF) em relação ao cultivo a pleno sol (SOL), em 16 de setembro de 2008. Tupandi, RS.....66
12. Data de ocorrência de alguns estádios fenológicos da floração e desenvolvimento dos frutos de laranjeiras 'Valência' e graus-dia acumulados a partir da plena floração (GDA, °C), segundo escala BBCH (Agustí et al., 1995), sob sistema agroflorestal (SAF) em relação ao cultivo em (SOL), nas florações de 2007 e 2008. Tupandi, RS.....67
13. Percentual de gemas ("nós") brotados (Brotação); percentual de brotos vegetativos (BV), brotos sem folhas (BSF), brotos sem folhas com uma flor isolada (BSF [0–1]), brotos mistos (BM) e brotos mistos com uma flor apical e mais de 2 folhas (BM [(≥2)–(1)]) em relação ao total de brotação no fluxo primaveril (setembro de 2007); percentual de fixação de frutos até o início da maturação (junho de 2008). Laranjeira 'Monte Parnaso'. Tupandi, RS.....69
14. Teor de macronutrientes no tecido foliar de laranjeiras 'Valência' cultivadas sob sistema agroflorestal (SAF) em relação ao cultivo a pleno sol (SOL) (n = 4). Tupandi, RS.. ....72
15. Teor de micronutrientes no tecido foliar de laranjeiras 'Valência' cultivadas sob sistema agroflorestal (SAF) em relação ao cultivo a pleno sol (SOL) (n = 4). Tupandi, RS .....73

16.	Características químicas do solo de pomar de laranjeiras 'Valência' cultivadas sob sistema agroflorestal (SAF) em relação ao cultivo a pleno sol (SOL), ano de 2008 (n = 4). Tupandi, RS.....	74
17.	Teor de macro e micronutrientes no tecido foliar de laranjeiras 'Monte Parnaso' cultivadas sob sistema agroflorestal (SAF) em relação ao cultivo a pleno sol (SOL), em 2009. Tupandi, RS.....	76
18.	Características químicas do solo de pomar de laranjeiras 'Monte Parnaso' cultivadas sob sistema agroflorestal (SAF) em relação ao cultivo a pleno sol (SOL), ano de 2008. Tupandi, RS.....	77
19.	Cálices retidos por ramo (CRr) e percentual de cálices retidos (CR) durante a queda fisiológica de frutos em 2008, em ramos de laranjeiras 'Valência' sob sistema agroflorestal (SAF) em relação ao cultivo em (SOL). Tupandi, RS.....	82

## RELAÇÃO DE FIGURAS

	Páginas
1. Radiação fotossinteticamente ativa incidente no topo das copas (RFA inc) de laranjeiras 'Valência' cultivadas sob sistema agroflorestal (SAF) em relação ao cultivo a pleno sol (SOL), em dois períodos no ano de 2008. Tupandi, RS.....	30
2. Relação entre a radiação fotossinteticamente ativa incidente no topo das copas (RFA inc) de laranjeiras 'Valência' cultivadas sob sistema agroflorestal (SAF) em relação ao cultivo a pleno sol (SOL), em dois períodos no ano de 2008 (período 1, 31/08-16/09; período 2, 1 <sup>o</sup> /09 – 5/12). Tupandi, RS.....	31
3. Média horária da radiação fotossinteticamente ativa incidente no topo das copas (RFA inc) e transmitida ao nível do solo (RFA t) em laranjeiras 'Valência' cultivadas sob sistema agroflorestal (SAF) em relação ao cultivo a pleno sol (SOL), 2008. Tupandi, RS .....	32
4. Média horária da radiação fotossinteticamente ativa transmitida ao nível dos frutos (RFA nf) em laranjeiras 'Valência' cultivadas sob sistema agroflorestal (SAF) em relação ao cultivo a pleno sol (SOL), 2008. Tupandi, RS.....	33
5. Comportamento da temperatura média (T med), da temperatura mínima (T min) e da temperatura máxima (T máx) do ar ao nível dos frutos em laranjeiras 'Valência' cultivadas sob sistema agroflorestal (SAF) em relação ao cultivo a pleno sol (SOL), no período de 18/09 a 30/10/2008 (ANOVA não-significativa). Tupandi, RS. ....	34
6. Comportamento das médias horárias de temperatura do ar ao nível dos frutos em laranjeiras 'Valência' cultivadas sob sistema agroflorestal (SAF) em relação ao cultivo a pleno sol (SOL). Temperatura média (T), temperatura mínima absoluta (T min) e temperatura máxima absoluta (T máx), no período de 18/09 a 31/09/2008 (ANOVA não-significativa). Tupandi, RS. ....	35
7. Comportamento da umidade relativa média do ar (UR) ao nível dos frutos em laranjeiras 'Valência' cultivadas sob sistema agroflorestal (SAF) em relação ao cultivo a pleno sol (SOL), no período de 18/09 a 31/09/2008 (ANOVA não-significativa). Tupandi, RS. ....	36

8.	Comportamento das médias horárias de umidade relativa ao nível dos frutos em laranjeiras ‘Valência’ cultivadas sob sistema agroflorestal (SAF) em relação ao cultivo a pleno sol (SOL). Umidade relativa média (UR), umidade relativa máxima absoluta (UR máx) e da umidade relativa mínima absoluta (UR min), no período de 18/09 a 31/09/2008 (ANOVA não-significativa). Tupandi, RS..	37
9.	Carga de frutos remanescentes de laranjeiras ‘Valência’ cultivadas sob sistema agroflorestal (SAF) em relação ao cultivo a pleno sol (SOL), durante a safra de 2007 (**, $P < 0,01$ ). Tupandi, RS.....	41
10.	Carga de frutos remanescentes de laranjeiras ‘Valência’ cultivadas sob sistema agroflorestal (SAF) em relação ao cultivo a pleno sol (SOL), na safra de 2008 (ANOVA não-significativa). Tupandi, RS.....	42
11.	Carga de frutos remanescentes de laranjeiras ‘Monte Paranaso’ cultivadas sob sistema agroflorestal (SAF) em relação ao cultivo a pleno sol (SOL), na safra de 2007 (*, $P < 0,05$ ; **, $P < 0,01$ ). Tupandi, RS.....	44
12.	Evolução do conteúdo de suco (CS) dos frutos de laranjeiras ‘Valência’ cultivadas sob sistema agroflorestal (SAF) em relação ao cultivo a pleno sol (SOL), na safra de 2007 (ANOVA não-significativa). Tupandi, RS.....	45
13.	Evolução do teor de sólidos solúveis totais (SST) dos frutos de laranjeiras ‘Valência’ cultivadas sob sistema agroflorestal (SAF) em relação ao cultivo a pleno sol (SOL), na safra de 2007 (*, $P < 0,05$ ; **, $P < 0,01$ ). Tupandi, RS.....	46
14.	Evolução da acidez total titulável (ATT) dos frutos de laranjeiras ‘Valência’ cultivadas sob sistema agroflorestal (SAF) em relação ao cultivo a pleno sol (SOL), na safra de 2007 (*, $P < 0,05$ ; *0,052, $P = 0,052$ ). Tupandi, RS.....	47
15.	Evolução do índice de maturação (IM) dos frutos de laranjeiras ‘Valência’ cultivadas sob sistema agroflorestal (SAF) em relação ao cultivo a pleno sol (SOL), na safra de 2007 (*, $P < 0,05$ ; **, $P < 0,01$ ; *0,074, $P = 0,074$ ). Tupandi, RS.....	48
16.	Evolução do índice de cor da casca (ICC) dos frutos de laranjeiras ‘Valência’ cultivadas sob sistema agroflorestal (SAF) em relação ao cultivo a pleno sol (SOL), na safra de 2007 (*, $P < 0,05$ ). Tupandi, RS.....	49
17.	Evolução da cromaticidade (C) da casca dos frutos de laranjeiras ‘Valência’ cultivadas sob sistema agroflorestal (SAF) em relação ao cultivo a pleno sol (SOL), na safra de 2007 (*, $P < 0,05$ , *0,073, $P = 0,073$ ). Tupandi, RS.....	50

18.	Evolução do ângulo de cor ( $h^{\circ}$ ) da casca dos frutos de laranjeiras 'Valência' cultivadas sob sistema agroflorestal (SAF) em relação ao cultivo a pleno sol (SOL), na safra de 2007 (*, $P < 0,05$ ). Tupandi, RS.....	51
19.	Evolução do teor de sólidos solúveis totais (SST) do suco dos frutos de laranjeiras 'Valência' cultivadas sob sistema agroflorestal (SAF, —) em relação ao cultivo a pleno sol (SOL, - -) em função dos graus-dia acumulados, na safra de 2008. Tupandi, RS.....	53
20.	Evolução da acidez total titulável (ATT) do suco dos frutos de laranjeiras 'Valência' cultivadas sob sistema agroflorestal (SAF, —) em relação ao cultivo a pleno sol (SOL, - -) em função dos graus-dia acumulados, na safra de 2008. Tupandi, RS.....	55
21.	Evolução do índice de maturação (IM) do suco dos frutos de laranjeiras 'Valência' cultivadas sob sistema agroflorestal (SAF, —) em relação ao cultivo a pleno sol (SOL, - -) em função dos graus-dia acumulados (GDA), na safra de 2008. Tupandi, RS. ....	56
22.	Evolução do teor de ácido ascórbico (AA) no suco dos frutos de laranjeiras 'Valência' cultivadas sob sistema agroflorestal (SAF, —) em relação ao cultivo a pleno sol (SOL, - -) em função dos graus-dia acumulados, na safra de 2008 (*, $P < 0,05$ ; *0,051, $P = 0,051$ ). Tupandi, RS.....	58
23.	Evolução do índice de cor da casca (ICC) dos frutos de laranjeiras 'Valência' cultivadas sob sistema agroflorestal (SAF, —) em relação ao cultivo a pleno sol (SOL, - -) em função dos graus-dia acumulados, na safra de 2008 (*, $P < 0,05$ ; *0,054, $P = 0,054$ ). Tupandi, RS.....	59
24.	Evolução da cromaticidade (C) da casca dos frutos de laranjeiras 'Valência' cultivadas sob sistema agroflorestal (SAF, —) em relação ao cultivo a pleno sol (SOL, - -) em função dos graus-dia acumulados, safra de 2008 (*, $P < 0,05$ ; *0,06, $P = 0,06$ ). Tupandi, RS.....	60
25.	Evolução do ângulo de cor ( $h^{\circ}$ ) da casca dos frutos de laranjeiras 'Valência' cultivadas sob sistema agroflorestal (SAF, —) em relação ao cultivo a pleno sol (SOL, - -) em função dos graus-dia acumulados, na safra de 2008 (*, $P < 0,05$ ). Tupandi, RS.....	60
26.	Conteúdo de suco (%) ao longo da maturação dos frutos de laranjeiras 'Monte Parnaso' cultivadas sob sistema agroflorestal (SAF) em relação ao cultivo a pleno sol (SOL), na safra de 2007 (ANOVA não-significativa). Tupandi, RS.....	62
27.	Teor de sólidos solúveis totais (SST) ao longo da maturação dos frutos das laranjeiras 'Monte Parnaso' cultivadas sob sistema agroflorestal (SAF) em relação ao cultivo a pleno sol (SOL), na safra de 2007 (ANOVA não-significativa). Tupandi, RS. ....	62

28.	Acidez total titulável (ATT) ao longo da maturação dos frutos de laranjeiras 'Monte Parnaso' cultivadas sob sistema agroflorestal (SAF) em relação ao cultivo a pleno sol (SOL), na safra de 2007 (*, P < 0,05). Tupandi, RS.....	63
29.	Índice de maturação (IM) ao longo da maturação dos frutos de laranjeiras 'Monte Parnaso' cultivadas sob sistema agroflorestal (SAF) em relação ao cultivo a pleno sol (SOL), na safra de 2007 (*, P < 0,05). Tupandi, RS.....	64
30.	Índice de cor da casca (ICC) ao longo da maturação dos frutos de laranjeiras 'Monte Parnaso' cultivadas sob sistema agroflorestal (SAF) em relação ao cultivo a pleno sol (SOL), na safra de 2007 (*, P < 0,05; **, P < 0,01). Tupandi, RS. ....	65
31.	Comportamento da queda natural de frutos, expressa em frutos remanescentes, a partir do início da queda natural de frutos (estádio 73 BBHC, 09/11/2007, 63 DAQP) da laranjeira 'Valência' cultivada sob sistema agroflorestal (SAF, —) em relação ao cultivo a pleno sol (SOL, - -), na primavera de 2007 (ANOVA não significativa; DAQNF = dias após ao início da queda natural de frutos - estágio 73). Tupandi, RS.....	68
32.	Crescimento do volume dos frutos (Vf) da laranjeiras 'Valência' cultivadas sob sistema agroflorestal (SAF) em relação ao cultivo a pleno sol (SOL) em função de dias após a plena queda de pétalas (DAQP), 2007/2008 (†, P < 0,07; *, P < 0,05; **, P < 0,01). Tupandi, RS.....	70
33.	Crescimento do volume dos frutos (Vf) de laranjeiras 'Monte Parnaso' cultivadas sob sistema agroflorestal (SAF) em relação ao cultivo a pleno sol (SOL), 2007/2008(*0,069, P = 0,069). Tupandi, RS.....	71
34.	Incidência de sintomas de pinta-preta em frutos de laranjeiras 'Valência' cultivadas sob sistema agroflorestal (SAF) em relação ao cultivo a pleno sol (SOL), na safra 2008 (*0,073, P = 0,073; *0,081, P < 0,081; *, P < 0,05; **, P < 0,01). Tupandi, RS.....	78
35.	Severidade de sintomas de pinta-preta em frutos de laranjeiras 'Valência' cultivadas sob sistema agroflorestal (SAF) em relação ao cultivo a pleno sol (SOL), na safra 2008 (*0,077, P = 0,077; *, P < 0,05; **, P < 0,01). Tupandi, RS. ....	78
36.	Incidência de sintomas de pinta-preta em frutos de laranjeiras 'Valência' cultivadas sob sistema agroflorestal (SAF, —) em relação ao cultivo a pleno sol (SOL, - -) em função do índice de cor da casca (ICC), na safra 2008. Tupandi, RS. ....	80

37. Severidade de sintomas de pinta-preta em frutos de laranjeiras 'Valência' cultivadas sob sistema agroflorestal (SAF, —) em relação ao cultivo a pleno sol (SOL, - -) em função do índice de cor da casca (ICC), na safra 2008. Tupandi, RS.....81

## RELAÇÃO DE SÍMBOLOS

DPVFA	Déficit de pressão de vapor folha-ar.
DAP	Diâmetro a altura do peito (1,30 m), em cm.
$H_f$	Altura do fuste, em m.
SAF	Sistema agroflorestal.
SOL	Pleno sol.
$M_t$	Massa total de frutos produzidos, em $\text{kg.árvore}^{-1}$ .
$M_f$	Massa de frutos colhidos, em $\text{kg.árvore}^{-1}$ .
$NF_f$	Número de frutos colhidos, em $\text{n}^\circ.\text{árvore}^{-1}$ .
$NF_t$	Número total de frutos produzidos, em $\text{n}^\circ.\text{árvore}^{-1}$ .
H	Altura da copa, em m.
$D_l$	Diâmetro da copa longitudinal às linhas de plantio, em m.
$D_t$	Diâmetro da copa transversal às linhas de plantio, em m.
$V_c$	Volume nominal da copa, em $\text{m}^3$ .
$A_c$	Área nominal da copa, em $\text{m}^2$ .
$EPA_t$	Eficiência de produção total por área, em $\text{kg.m}^2$ .
$EPA_f$	Eficiência de produção final por área, em $\text{kg.m}^2$ .
$EPV_t$	Eficiência de produção total por volume, em $\text{kg.m}^3$ .
$EPV_f$	Eficiência de produção final por volume, em $\text{kg.m}^3$ .
CS	Conteúdo de suco, em %.
SST	Sólidos solúveis totais, em %.



ATT	Acidez total titulável, em % de equivalente ácido cítrico.
IM	Índice de maturação.
L	Luminosidade da cor.
a	Componente verde/vermelho da cor.
b	Componente azul/amarelo da cor.
ICC	Índice de cor da casca.
C	Cromaticidade.
h°	Ângulo de cor.
D	Diâmetro do fruto, em mm.
A	Altura do fruto, em mm.
EC	Espessura da casca, em mm.
V <sub>f</sub>	Volume do fruto, em cm <sup>3</sup> .
d <sub>1</sub> , d <sub>2</sub>	diâmetros do fruto perpendiculares entre si, em cm.
h	altura do fruto, em cm.
I	Incidência de sintomas de pinta-preta em frutos, em %.
S	Severidade sintomas de pinta-preta em frutos, em %.
T <sub>med</sub>	Temperatura média diária do ar, em °C.
T <sub>M</sub>	Temperatura máxima diária do ar, em °C.
T <sub>m</sub>	Temperatura mínima diária do ar, em °C.
GD	Graus-dia, em °C.dia <sup>-1</sup> .
GDA	Graus-dia acumulados, em °C.
T <sub>b</sub>	Temperatura base inferior, em °C.
T <sub>B</sub>	Temperatura base superior, em °C.
T	Temperatura média do ar ao nível dos frutos, em °C.
T máx	Temperatura máxima absoluta do ar ao nível dos frutos, em °C.

T min	Temperatura mínima absoluta do ar ao nível dos frutos, em °C.
UR	Umidade relativa do ar ao nível dos frutos, em %.
UR máx	Umidade relativa máxima absoluta do ar ao nível dos frutos, em %.
UR min	Umidade relativa mínima absoluta do ar ao nível dos frutos, em %.
RFA	Radiação solar fotossinteticamente ativa, em $\text{MJ.m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$ ou $\text{cal.cm}^{-2}.\text{min}^{-1}$ .
RFAinc	Radiação solar fotossinteticamente ativa incidente no topo da copa, em $\text{MJ.m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$ ou $\text{cal.cm}^{-2}.\text{min}^{-1}$ .
RFA <sub>t</sub>	Radiação solar fotossinteticamente ativa transmitida ao solo, em $\text{MJ.m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$ ou $\text{cal.cm}^{-2}.\text{min}^{-1}$ .
RFA <sub>n</sub>	Radiação solar fotossinteticamente ativa transmitida ao nível dos frutos, em $\text{MJ.m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$ ou $\text{cal.cm}^{-2}.\text{min}^{-1}$ .
RFA <sub>int</sub>	Radiação solar fotossinteticamente ativa interceptada, em $\text{MJ.m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$ ou $\text{cal.cm}^{-2}.\text{min}^{-1}$ .
ANOVA	Análise de variância.
BV	Brotações vegetativas.
BSF	Brotações sem folhas (apenas flores).
BSF [0-1]	Brotações sem folhas com apenas uma flor isolada.
BM	Brotações mistas (folhas e flores).
BM [(≥2)-(1)]	Brotações mistas com 1 flor e 2 ou mais folhas.
CR <sub>r</sub>	Número de cálices fixados por ramo.
CR	percentual de cálices fixados.

## 1 INTRODUÇÃO

Sistemas agroflorestais (SAF) podem ser conceituados, simplificadamente, como “a arte e a ciência do cultivo de árvores (...), em associação com cultivos agrícolas ou animais” (Torquebiau, 2000), ou “(...) combinações do elemento arbóreo com herbáceas e/ou animais organizados no espaço e/ou no tempo” (Lundgren, 1982); ou ainda, mais detalhadamente, como “(...) um nome coletivo para sistemas de uso da terra e das tecnologias onde plantas perenes (...) são usadas deliberadamente na mesma unidade de manejo do solo com cultivos agrícolas e/ou animais, em alguma forma de arranjo espacial ou sequência temporal. Em sistemas agroflorestais, há tanto interações ecológicas como econômicas entre os diferentes componentes” (Lundgren & Raintree, 1982). Contudo nenhum desses conceitos, nem os diversos outros existentes, consegue abarcar toda a complexidade de possibilidades de sistemas agroflorestais. Tal situação também pode abranger a associação entre plantas frutíferas com outros entes arbóreos, sendo necessário neste caso acrescentar as plantas frutíferas arbóreas como o componente de interesse agrícola, por meio da produção de frutos.

A necessidade da realização de estudos de caráter científico que visem compreender as interações fitossociológicas e ecofisiológicas de plantas arranjadas em sistemas agroflorestais, bem como o desenvolvimento de metodologias capazes de caracterizar essas relações de uma forma não simplista-reducionista dos

fenômenos são desafios postos à pesquisa, na busca de parametrizar o futuro desenho de sistemas de produção tão complexos e diversos como as agroflorestas (Nair, 1998). Isso se torna mais urgente em se tratando de plantas frutíferas, como no caso das plantas cítricas, onde os trabalhos sobre os efeitos de consorciação com plantas arbóreas (tendo os citros como a cultura de maior importância econômica no sistema) são raros e foram realizados em outros contextos edafoclimáticos e em outros arranjos de sistemas de produção (principalmente nos continentes africano e asiático).

Outro fator que justifica a pesquisa nessa área com plantas cítricas, é a busca de incremento de diversidade, tanto biológica como de atividades econômicas nas pequenas propriedades rurais, que concentram a produção de citros no estado do Rio Grande do Sul, onde o clima, principalmente, devido ao efeito de uma maior amplitude de temperatura dia-noite durante o período de maturação dos frutos, propicia frutas com características qualitativas diferenciadas externa (cor) e internamente (maior concentração de açúcares, maior acidez) que as qualificam na comercialização para consumo *in natura*. Além disso, a busca por uma maior gama de alternativas tecnológicas para a produção orgânica de frutos cítricos motiva esse trabalho.

O presente trabalho teve como objetivo principal avaliar o comportamento fisiológico e fitotécnico de laranjeiras (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck) 'Valência' e 'Monte Parnaso' cultivadas no sub-bosque de um sistema agroflorestal, constituído por um dossel superior de angicos-vermelhos (*Parapiptadenia rigida* (Benth.) Brenan).

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Características como o sistema radicial superficial e a grande área foliar, indicam hábito mesófito (habitats com disponibilidade hídrica) e levaram Kriedmann & Barrs (1981) a sugerirem que a proveniência dos parentais das plantas cítricas atuais fosse o sub-bosque de florestas tropicais. Essa suposição também encontra fundamento ao se analisar que a máxima taxa de assimilação líquida de CO<sub>2</sub> da maioria das cultivares de citros satura em baixas irradiâncias (600-700  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) o que ocorre em 30 a 35% da máxima irradiância solar (1500-2200  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ), sendo que esse excesso de radiação pode provocar fotoinibição, estresse por calor e fechamento estomático, que provocarão redução na assimilação líquida, e por conseqüência, reduzindo a acumulação de sólidos solúveis totais (SST) (Syvertsen, 1984). Por esse motivo, é provável que o sombreamento provocado no cultivo de citros em sub-bosque tenda a ter efeito benéfico sobre a produção e a qualidade dos frutos das plantas cítricas.

Os sistemas agroflorestais têm como princípio a sustentabilidade do sistema de produção, através da diversidade de espécies vegetais, favorecendo a reciclagem de nutrientes por meio da decomposição dos restos vegetais, a diversidade de microrganismos no solo, e o controle biológico. Em se tratando de exploração agrícola, este sistema pode permitir ganhos diretos e indiretos ao produtor, por favorecer a redução de insumos, possibilitar a extração de madeira,

frutas e demais produtos oriundos do mesmo, e principalmente, favorecer a biodiversidade (Mcneely & Schroth, 2006).

As árvores nos sistemas agroflorestais fornecem sombra, abrigo, alimento e energia entre outros bens e serviços, os quais podem ser fatores determinantes da prosperidade da produção agrícola, principalmente em ambientes tropicais (Mcneely & Schroth, 2006). Segundo Rao *et al.* (1998), a chave para a compreensão de sistemas agroflorestais está na compreensão das interações entre as plantas de produção agrícola e as árvores.

## **2.1 Sistemas Agroflorestais (SAFs)**

### **2.1.1 Classificação dos Sistemas Agroflorestais**

A classificação dos sistemas agroflorestais é motivo de bastante controvérsia na literatura existente sobre o assunto, principalmente devido aos critérios de classificação e a adequação dos sistemas reais às classificações, e a diversa nomenclatura utilizada em textos científicos, como: agrosilvicultura, sistemas silvipastoris, sistemas agri-hortícolas, etc. (Torquebiau, 2000). Outros problemas de nomenclatura são ainda relatados, como a distinção entre os termos *sistema de uso da terra* e *sistema agrícola*, e os termos *tecnologia* e *prática* (Sinclair, 1999).

Apesar da dificuldade de unificação de nomenclatura, muitos autores têm tentado classificar os sistemas agroflorestais (Torquebiau, 2000). Segundo Nair (1993), os principais critérios utilizados na classificação de sistemas agroflorestais são:

- Critério estrutural: Refere-se à natureza dos componentes do sistema, incluindo o arranjo espacial do componente arbóreo, a estratificação vertical e o arranjo temporal de todos os componentes do sistema;

- Critério funcional: refere-se ao principal papel ou função do componente arbóreo do sistema. Contudo, para Torquebiau (2000) pode ser um aspecto relacionado a todos os componentes do sistema;

- Critério sócio-econômico: refere-se ao nível de dependência de insumos externos (“inputs”) ou a intensidade ou escala de manejo e destinação dos produtos (subsistência, comercial, intermediário);

- Critério ecológico: refere-se às condições ambientais e adequabilidade ambiental dos sistemas, baseado no pressuposto de que certos tipos de sistemas são mais apropriados para certas condições ecológicas.

Nair (1985) classifica primariamente os sistemas agroflorestais em quatro classes quanto à natureza dos componentes (critério estrutural): sistemas agrissilviculturais, sistemas silvipastoris, agrossilvipastoris e outros.

- Sistemas agrissilviculturais: compostos de cultivos (incluindo arbustos e lianas) e árvores;

- Sistemas silvipastoris: composto de animais em pastejo e árvores;

- Sistemas agrossilvipastoris: composto de cultivos, animais em pastejo e árvores; e

- Outros sistemas: outros sistemas que não são classificados pelas três classes anteriores, como plantios de árvores de diversas espécies na mesma área, apicultura com árvores, aquacultura com árvores, etc.

Posteriormente, no sistema de classificação proposto por Nair (1985), ainda dentro do critério estrutural, pode-se classificar quanto ao *arranjo dos componentes* (principalmente o arbóreo) dentro do sistema, *no espaço e no tempo*. Podendo ser subdivididos em:

- No espaço: a) Mistos: densos (ex.: jardins) e esparsos (ex.: arvores com pastagens); b) Em faixas (com largura da faixa maior que uma linha de árvores); c) Em contornos (Com árvores no contorno de glebas);

- No Tempo: a) Coincidente; b) Concomitante; c) Intermitente; d) Interpolado; e) Em sobreposição; d) Em sucessão.

Ainda no critério estrutural, Nair (1985) classifica os sistemas agroflorestais quanto à *função*, que é subdividida principalmente em função *produtiva* (produção de alimento, forragem, lenha, madeira, etc.) e *protetiva* (quebra-ventos, proteção de ventos; refúgio, “sheltherbelt”; sombreamento; conservação do solo, etc. ).

Já na classificação dentro do critério ecológico (ou de adaptabilidade ambiental), Nair (1985) baseia-se em inventário de sistemas agroflorestais produzido a partir do Projeto de inventário de sistemas agroflorestais do ICRAF (International Concil for Research in Agroforestry), o qual tem ênfase em ambientes tropicais (Nair, 1993).

Quanto à classificação no critério sócio-econômico (ou de nível de manejo), Nair (1985) subdivide-o quanto ao nível de dependência de entradas (“inputs”) de insumos ou “tecnologias”, e quanto à dependência de relações de custo/benefício (sistema comercial, subsistência ou intermediário).

O *sistema de classificação de práticas agroflorestais* de Sinclair (1999) baseia-se no de Nair (1985), contudo critica a sua abordagem, terminologia e pressupostos. Este sistema propõe uma dupla classificação, a primária baseada em critérios de manejo e natureza dos componentes do sistema, enquadrando de melhor forma a classe primária “Outros sistemas” de Nair (1985), e a secundária baseada em critérios estrutural, de arranjo no espaço e no tempo.



Torquebiau (2000) propõe um sistema de classificação do sistema agroflorestal em seis categorias ditas “estruturais”: *Cultivos sob cobertura de árvores*; *Agrofloresta*; *Agrofloresta em arranjo linear*; *Agrofloresta com animais*; *Agrofloresta seqüencial*; e *Outros sistemas*, e uma segunda classificação baseada no arranjo espacial e temporal dos componentes do sistema.

### **2.1.2 Sistemas Agroflorestais e as plantas cítricas**

Há poucos trabalhos avaliando plantas frutíferas em sistemas agroflorestais. Menos trabalhos ainda existem enfocando a frutífera como a principal cultura econômica do sistema. Entre os trabalhos existentes sobre plantas frutíferas de destacada importância econômica, cultivadas em sistemas agroflorestais, pode-se citar Vivan (2002) com Bananeira cv. Prata (*Musa* spp.) no litoral do estado do RS, e Bos *et al.* (2007), com Cacaueiro (*Theobroma cacao* L.) na Indonésia. Em trabalhos com outras culturas perenes de reconhecida importância econômica, destaca-se o cultivo do cafeeiro em sistemas agroflorestais (Soto-Pinto *et al.*, 2000; Ricci *et al.*, 2006)

No caso de plantas do gênero *Citrus*, os trabalhos são escassos e geralmente tratam de consorciação de plantas cítricas com outras plantas florestais ou de porte alto; de interação com quebra-ventos em pomares; e de sistemas utilizando as plantas cítricas como “plantas de sombra” de outros cultivos agrícolas, sozinhas ou associadas com outras plantas com o mesmo fim, como será destacado a seguir.

### 2.1.2.1 Consorciação de plantas cítricas com outras plantas florestais ou de porte alto

Nesta área os trabalhos concentram-se na Ásia (Valsamma-Mathew *et al.*, 1987; Hanamashetti *et al.*, 1987) e no oriente médio (Hussein *et al.*, 1988).

Valsamma-Mathew *et al.* (1987), na Índia, observaram após 5 anos de instalação uma sobrevivência de limeiras ácidas (*Citrus aurantiifolia*) plantadas entre coqueiros (*Cocos nucifera*) de apenas 12,4%, enquanto 'Vadalapudi' (*Citrus maderaspatana*) e limoeiros 'Malta' (*Citrus limon*) obtiveram plena sobrevivência, indicando um possível efeito prejudicial do sombreamento parcial sobre as limeiras ácidas.

Hanamashetti *et al.* (1987), avaliando o crescimento de tangerineiras consorciadas com espécies florestais, também na Índia, após o terceiro ano de plantio, obtiveram produções equivalentes entre o monocultivo e o consórcio com *Grevillea robusta*, seguido do consórcio com *Casuarina equisetifolia*, no entanto observou-se redução no rendimento quando as tangerineiras foram consorciadas com *Eucalyptus tereticornis*. Nesse mesmo trabalho, observou-se que as plantas enxertadas sobre o citrangeiro 'Troyer' proporcionaram melhores resultados quando comparadas com as enxertadas sobre *Poncirus trifoliata*, em todas as situações.

Hussein *et al.* (1988), no Iraque, avaliando laranjeiras (*C. sinensis*) consorciadas com tamareiras (*Phoenix dactylifera* L.) submetidas a diversos níveis de poda, observaram um aumento do crescimento de ramos principais das laranjeiras com o incremento de intensidade de poda aplicada na tamareira, bem como um aumento do tamanho e massa média de frutos e redução do número de folhas desenvolvidas no fluxo de primavera, do teor de sólido solúveis totais (SST), da acidez total titulável (ATT) e do rendimento de suco.

Mele & Chien (2004) relatam o plantio intercalar de sapoti (*Manilkara zapota* L.) em pomares de várias espécies de citros, por parte de agricultores do Vietnam, contudo este consórcio não teria dado bons resultados.

### **2.1.2.2 Interação com quebra-ventos em pomares**

Os estudos da interação de pomares de plantas cítricas com quebra-ventos geralmente concentram-se em quantificar o efeito do sombreamento decorrente dos quebra-ventos instalados sobre o rendimento e qualidade dos frutos (Ghawade *et al.*, 2000; Shoubo & Furui, 2007), os danos por vento e por frio (Shoubo & Furui, 2007), e a disseminação de doenças, principalmente quanto à bactéria agente causal do cancro cítrico, *Xanthomonas axonopodis* pv. *citri* (Graham *et al.*, 2004).

Em um trabalho de Ghawade *et al.* (2000), na Índia, o sombreamento parcial dos citros devido ao quebra-vento, em relação às plantas completamente sombreadas, gerou frutos com maior diâmetro. No entanto, plantas completamente sombreadas pelo quebra-vento produziram frutos com maior rendimento de suco, maior teor de sólidos solúveis totais (SST) e de ácido ascórbico.

Já Shoubo & Furui (2007), avaliando dois pomares na China (latitude 31,5 °N), com quebra-ventos formados por *Viburnum awabuki*, *Metasequoia glyptostroboides* e *Cunninghamia lanceolata*, locados perpendicularmente formando retângulos de 30 x 50 m, observaram reduções de 6,5 a 25,7 % no índice de injúria por frio nos frutos e na taxa de desfolhamento das plantas cítricas, bem como aumento na altura das plantas, e na produção de 38-72 % e 20-30 %, respectivamente, nas plantas protegidas por árvores em relação às não protegidas.

### **2.1.2.3 Sistemas utilizando as plantas cítricas como “plantas de sombra” de outros cultivos agrícolas, sozinhas ou associadas com outras plantas com o mesmo fim**

A principal espécie sombreada com plantas do gênero *Citrus* em sistemas agroflorestais parece ser o cafeeiro (*Coffea arabica* L.). Segundo Hanamashetti *et al.* (1987), na Índia, tangerineiras (*Citrus reticulata* Blanco) são utilizadas como árvores de sombra em cafezais, juntamente com outras plantas florestais.

Escamila-Prado *et al.* (1997) avaliaram um sistema agroflorestal composto de cafeeiro cv. Garnica, como cultura principal, associada à bananeira (*Musa acuminata*), à laranjeira (*C. sinensis*) e ao ingazeiro (*Inga* spp) em relação ao monocultivo de cafeeiro, durante dois anos (1995 e 1996) em Veracruz, México. Neste trabalho, observou-se um decréscimo na produção de café no sistema agroflorestal em relação ao monocultivo, todavia o sistema agroflorestal gerou uma produção total maior e conseqüentemente um maior índice de eficiência de uso da terra, além de todos os outros benefícios associados a esse sistema.

No entanto, Mogollon *et al.* (1997) através de experimentos monitorando o nitrogênio disponível no solo entre alguns sistemas de consorciação de café na Venezuela, caracterizou o consórcio café-citros como um sistema “distrófico” devido à rápida exaustão da reserva de N orgânico no solo por esse duplo sistema de produção, aconselhando a introdução de leguminosas e uma maior preocupação com a questão nutricional nesses sistemas agroflorestais.

Patiram *et al.* (1996) citam entre vários sistemas agroflorestais a ocorrência de sistemas “agri-hortícolas” em que se utilizam culturas intercalares em pomares de tangerineiras na região de Sikkim, Índia.

Trabalhos avaliando sistemas agroflorestais compostos por citros são encontrados principalmente na Ásia e na África. Entre os sistemas encontrados na literatura pode-se citar: cardamomo (*Elettaria cardamomum*), pimenta-do-reino (*Piper nigrum*), tangerineira e cafeeiro cv. Canephora, na Índia (Korikanthimath *et al.*, 1997); o sistema agroflorestal cajueiro (*Anacardium occidentale*) – coqueiro, associados a diversas outras plantas, principalmente frutíferas (entre as quais várias espécies de citros, principalmente laranjeiras) no Kenya (Aiyelaagbe, 1994); e sistemas de cultivos intercalares mistos (como especiarias, leguminosas anuais, entre outros) em pomares de tangerineiras, na Índia (Singh *et al.*, 1991).

## **2.2 Efeitos do sombreamento artificial sobre plantas cítricas**

Vários trabalhos, na última década, foram dedicados ao estudo do efeito do sombreamento artificial sobre plantas cítricas por meio do uso de telas refletivas com atenuação da radiação entre 30 e 70 %. Estes trabalhos foram realizados principalmente em Israel (Cohen *et al.*, 1997; Raveh *et al.*, 2003; Cohen *et al.*, 2005), na Flórida (Jifon & Syvertsen, 2001, 2003; García-Sánchez *et al.*, 2006), na Itália (Germana *et al.*, 2001, 2003) e no Brasil (Medina *et al.*, 2002). Tais pesquisas foram estimuladas devido a vários fatores que dão às folhas das plantas cítricas uma maior adaptação a ambientes de sombra, como o fato de que sua taxa máxima de assimilação de CO<sub>2</sub> ( $A_{CO_2}$ ), em geral menor que  $12 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ , ser baixa em relação às outras plantas C<sub>3</sub> ( $A_{CO_2}$  entre  $20\text{-}30 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ), ocorrendo em densidades de fluxo fotossintético de fótons de 30 a 35% menores que as condições de pleno sol (Syvertsen, 1984); o intenso controle estomático e a temperatura foliar até 10°C superior à temperatura do ar em condições de plena radiação; e os altos

teores de clorofila em condições de sombreamento (Spiegel-Roy & Goldschmidt, 1996).

Além disso, outros trabalhos têm mostrado uma redução na radiação solar que chega à superfície terrestre (“global dimming”) de cerca de  $0,51 \pm 0,05 \text{ W. m}^{-2} \cdot \text{ano}^{-1}$ , nos últimos 50 anos devido a reduções na transmitância da atmosfera, ocasionando um aumento na fração difusa da radiação global, sendo que os experimentos em condições de sombreamento, de forma parcial, podem ajudar a simular condições futuras de intensificação desse processo (Stanhill & Cohen, 2001; Roderick et al., 2001).

Os trabalhos que se dedicam ao estudo do efeito do sombreamento sobre as plantas cítricas demonstram reduções da temperatura foliar e do déficit de pressão de vapor folha-ar (DPVFA), acompanhado de aumento do potencial da água nas folhas, da condutância estomática e da taxa máxima de assimilação líquida de  $\text{CO}_2$ , da eficiência de uso da água, sendo a transpiração pouco afetada pelo sombreamento (Cohen et al, 1997; Jifon & Syvertsen, 2001; Raveh et al., 2003; Cohen et al., 2005), além das telas utilizadas poderem reduzir em 40% a velocidade do vento no dossel (Tanny & Cohen, 2003).

Devido à redução do excesso de radiação, ocorre com o sombreamento uma maior eficiência do processo fotossintético, bem como uma menor fotoinibição (Medina et al., 2002; Jifon & Syvertsen, 2003). Quanto à produção de frutos, o sombreamento tende a não causar grandes alterações, sendo que quando iniciado anteriormente à definição da carga de frutos (queda fisiológica) podem causar incremento na abscisão de frutinhos e redução da carga de frutos (Germana et al., 2003; Cohen et al., 2005).

Cohen et al. (1997), trabalhando com limoeiro 'Villafranca' (*Citrus limon* (L.) Burm.f.) enxertado sobre limoeiro 'Volkameriano' (*Citrus volkameriana* Ten. & Pasq.) em Israel, com dois níveis de sombreamento, esparso (27% de redução) e denso (53% de redução), observaram reduções na temperatura de folha e na condutância estomática para ambos níveis de sombreamento. Houve redução do fluxo de seiva diário total (6-7%) e do fluxo de seiva mensurado na máxima demanda evaporativa da atmosfera (10-11%), apenas para o tratamento de sombreamento denso. Da mesma forma um incremento de 0,2 e 0,1 MPa em 1994 e 1995, respectivamente, no potencial de água da folha mensurado na máxima demanda evaporativa da atmosfera, só ocorreu nesse tratamento. Os mesmos autores demonstraram, também, que a já conhecida habilidade das plantas cítricas em ajustar a condutância estomática para obter transpirações similares entre ambientes com demandas evaporativas diferentes (Levy & Syvertsen, 1981), é válida para grandes mudanças no balanço de radiação.

Jifon & Syvertsen (2001) avaliaram, nas condições da Flórida, o efeito de sombreamento com telas refletivas (60% de atenuação da radiação incidente) sobre o pomeleiro 'Ruby Red' (*C. paradisi* L.) enxertado sobre o citrangeiro 'Carrizo' (*C. sinensis* X *Poncirus trifoliata* (L.) Raf.) e sobre a laranjeira 'Hamlin' (*C. sinensis*) enxertada sobre citrumeleiro 'Swingle' (*C. paradisi* X *P.trifoliata*) em quatro épocas diferentes: *sombreamento contínuo*, após a florada até a colheita (de abril até a colheita); *sombreamento precoce*, após a florada até depois da plena queda natural de frutinhos (definição da carga de frutos, "fruit set") (de abril até junho); *sombreamento tardio*, após a plena queda natural de frutos até a colheita, durante crescimento e maturação de frutos (de agosto até a colheita); e *controle*, sem sombreamento. Nesse trabalho, a temperatura foliar do pomeleiro e da laranjeira

foram reduzidas pelo sombreamento em 6,3 e 2,7 °C, respectivamente, sendo que para ambas o tratamento a pleno sol (controle) atingiu temperaturas acima de 35 °C, as quais reduzem a atividade fotossintética (Spiegel-Roy & Goldschmidt, 1996). Conseqüentemente, ocorre um aumento no DPVFA, na condutância estomática, na  $A_{CO_2}$  e na eficiência de uso da água (EUA). Quanto às características fitotécnicas, no caso do pomeleiro 'Ruby Red', o melhor desempenho foi obtido pelo sombreamento tardio o qual, no ano de 1999, obteve rendimento de frutos superior ao controle e obtendo também bom desempenho nas características de qualidade do fruto com exceção do teor de SST, onde o controle foi superior. Contudo no ano de 2000, não houve efeito dos tratamentos. Já para a laranjeira 'Hamlin' houve poucas distinções entre os tratamentos, evidenciando apenas um efeito negativo do sombreamento contínuo, da mesma forma que para o pomeleiro 'Ruby Red'.

Em outro trabalho, Jifon & Syvertsen (2003) observaram novamente, para o pomeleiro 'Ruby Red' e para a laranjeira 'Hamlin', que a redução na  $A_{CO_2}$  nas plantas sombreadas se deve pouco à redução da abertura estomática (menor condutância estomática a pleno sol) e mais a fatores não-estomáticos. Esses fatores não-estomáticos seriam o excesso de energia resultante da excessiva radiação incidente associada às altas temperaturas foliares (principalmente às maiores que 35°C) que propiciariam redução na máxima eficiência fotoquímica do fotossistema II, e conseqüentemente gerariam um quadro de fotoinibição. Os autores observaram um grau de fotoinibição maior para as plantas em pleno sol entre as 10 h e as 16 h, sendo que nesse período o grau de fotoinibição foi superior a 7 %, atingindo um máximo por volta de 16 % ao meio-dia. Enquanto isso, as folhas das plantas sombreadas mantiveram-se sempre com uma fotoinibição menor que 6 %. Dados



semelhantes foram obtidos por Medina et al. (2002) com mudas de laranjeira em estufa sombreada por telas refletivas.

Cohen et al. (2005), trabalhando em Israel com pomeleiro 'Marsh Seedless' enxertados sobre limoeiro 'Volkameriano', avaliaram o efeito de dois níveis de sombreamento (30 e 60 % de atenuação da radiação incidente) sobre diversas características. O efeito dos tratamentos sobre temperatura foliar, condutância estomática,  $A_{CO_2}$  e potencial de água na folha foram bastante similares a Cohen et al. (1997). Nos três anos avaliados (1999-2001), apenas houve diferenças quanto ao rendimento de frutos no ano de 2000, onde se destacou o controle. O sombreamento, da mesma forma que em Jifon & Syvertsen (2001), incrementou o tamanho médio dos frutos nos 3 anos avaliados. Houve uma redução na concentração de SST nos tratamentos sombreados, da mesma forma que em outro trabalho avaliando o pomeleiro 'Ruby Red' (Jifon & Syvertsen, 2001). Outras características de qualidade de frutos tiveram seu comportamento atrelado ao ano de produção.

Buscando avaliar a interação entre o sombreamento e o estresse salino, García-Sánchez et al. (2006) observou que o sombreamento não incrementa a tolerância à salinidade de porta-enxertos, contudo a salinidade elimina os efeitos positivos do sombreamento, em plantas sobre porta-enxertos sensíveis à salinidade.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Caracterização da área experimental

O experimento foi conduzido em um pomar de laranjeiras 'Valencia' e em um pomar de laranja 'Monte Parnaso' (*Citrus sinensis* (L.) Osb.), ambos enxertados sobre *Poncirus trifoliata* (L.) Raf., durante as safras de 2007 e 2008. Os pomares em questão encontram-se implantados na propriedade do Sr. Inácio Rohr, na comunidade de São Benedito, município de Tupandi/RS, nas coordenadas geográficas 29° 30' 40" S e 51° 25' 54" W, a 150 metros de altitude.

A média anual (de setembro de 2007 a setembro de 2008) das temperaturas médias, máximas e mínimas observadas para a área experimental foram de 18,6 °C, 25,2 °C e 13,5 °C, respectivamente.

O pomar de laranjeiras 'Valência' possui exposição sul, sendo que as linhas de plantas se encontram na direção leste-oeste, possuindo o terreno declividade entre 10 e 15%. O espaçamento é de 4 metros nas linhas e 5 metros nas entrelinhas, perfazendo uma população de 500 árvores.ha<sup>-1</sup>. As árvores de laranja 'Valência' possuem 16 anos de idade.

O pomar de laranjeiras 'Monte Parnaso' possui exposição oeste, sendo que as linhas de plantas se encontram na direção norte-sul, possuindo o terreno declividade média de 10%. O espaçamento é de 3,5 metros nas linhas e 5 metros

nas entrelinhas, perfazendo uma população de 572 árvores.ha<sup>-1</sup>. As árvores de laranja 'Monte Parnaso' possuem 10 anos de idade.

Ambos os pomares são cultivados em sistema orgânico de produção, e, além disso, não se utiliza nenhum tipo de produto para controle fitossanitário desde 2003, sendo que anteriormente a esse período era utilizada somente calda bordalesa nos pomares. O pomar de laranja 'Valência' não recebe nenhum tipo de adubação desde 1996. O pomar de laranja 'Monte Parnaso' recebeu adubação apenas na implantação. Ambos os pomares recebem 3 a 4 roçadas anualmente.

Os pomares de laranja estudados, de ambas cultivares, estavam cultivados sob: sistema agroflorestal (SAF) e cultivo a pleno sol (SOL).

As laranjeiras que estavam sob SAF se encontravam no sub-bosque de árvores nativas. As árvores nativas emergiram espontaneamente após a implantação dos pomares e foram selecionadas e conduzidas pelo produtor. A principal espécie que ocorre é o angico-vermelho (*Parapiptadenia rigida* (Benth.) Brenan), contudo, também ocorrem espécies arbóreas como gerivá (*Syagrus romanzoffiana*) e cedro rosa (*Cedrela odorata*), e algumas outras culturas frutíferas implantadas pelo produtor como bananeira (*Musa* sp.) e mangueira (*Mangifera indica* L.). As árvores de angico-vermelho encontravam-se, aproximadamente, junto às linhas de laranjeiras, sendo que as áreas selecionadas pelo delineamento experimental eram afetadas apenas por angicos-vermelhos.

Em maio de 2009, os angicos-vermelhos encontravam-se com uma população de 440 árvores.ha<sup>-1</sup>, tendo diâmetro médio a altura do peito (DAP) igual a 14,98 ± 2,84 cm, altura de fuste (H<sub>f</sub>) 3,32 ± 0,79 m e um volume total médio de madeira (considerando-se apenas o fuste) de 26,4 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup>. Cada planta possuía uma copa, acima do fuste, estruturada com 2 a 4 braçadas, sendo que o produtor

realizou podas nas plantas com o intuito de não sombrear excessivamente as laranjeiras. Além disso, a altura do dossel dos angicos-vermelhos encontrava-se entre 7 e 9 metros, sendo que o enfolhamento da copa inicia a partir de 3,5 a 4,0 metros de altura.

As laranjeiras cultivadas a pleno sol (SOL) possuíam uma grande quantidade de gramíneas espontâneas nas suas entrelinhas.

O delineamento experimental implantado foi o completamente casualizado, com dois tratamentos (SAF e SOL). No pomar de laranjeiras 'Valência' utilizou-se 4 repetições por tratamento e 4 plantas por unidade experimental, enquanto que para a laranjeira 'Monte Parnaso' foram utilizadas 4 repetições por tratamento e 3 plantas por unidade experimental.

O solo é classificado como Argissolo (EMBRAPA-CNPS, 1999), com teor médio de argila de  $350 \text{ g.kg}^{-1}$ .

## **3.2 Variáveis avaliadas**

### **3.2.1 Condições micrometeorológicas**

Ao longo das duas safras avaliadas, monitorou-se, no tratamento a pleno sol (SOL), de forma contínua a temperatura por meio de termopar conectado a datalogger CR 200 (Campbell®), acumulando-se os valores médios a cada 30 minutos. A partir dos dados obtidos, calculou-se as temperaturas média ( $T_{med}$ ), máxima ( $T_M$ ) e mínima ( $T_m$ ) diárias. Estes dados foram utilizados, no experimento com a laranjeira 'Valência' para o cálculo do acúmulo de graus-dia (GDA) desde a queda de pétalas (07/09/2007), de acordo com as equações descritas a seguir (Ometto, 1981):

a) Quando:  $T_m > 12,8^{\circ}\text{C}$  e  $T_M < 36^{\circ}\text{C}$

$$GD = \frac{(T_M + T_m)}{2} - T_b$$

b) Quando:  $T_m < 12,8^{\circ}\text{C}$  e  $T_M < 36^{\circ}\text{C}$

$$GD = \frac{(T_M - T_b)^2}{2(T_M - T_m)}$$

c) Quando:  $T_m > 12,8^{\circ}\text{C}$  e  $T_M > 36^{\circ}\text{C}$

$$GD = 2 \frac{(T_M - T_m)(T_m - T_b) + (T_M - T_m)^2 - (T_M - T_B)^2}{2(T_M - T_m)}$$

sendo GD expresso em  $^{\circ}\text{C}.\text{dia}^{-1}$ , e tendo como temperaturas base inferior ( $T_b$ ) e base superior ( $T_B$ ),  $12,8^{\circ}\text{C}$  e  $36^{\circ}\text{C}$ , respectivamente (Stenzel et al, 2006).

Para caracterização preliminar das alterações provocadas pelo sistema agroflorestal nas condições micrometeorológicas das laranjeiras 'Valência', monitorou-se durante a primavera-verão de 2008 a radiação solar fotossinteticamente ativa (RFA), a temperatura do ar e a umidade relativa do ar (UR). Estas variáveis foram monitoradas de forma contínua, armazenando-se os dados médios a cada 15 minutos em datalogger.

A radiação solar fotossinteticamente ativa foi mensurada por meio de conjuntos de sensores formados por cinco células fotovoltaicas de silício amorfo, ligadas em paralelo e montados em barras de alumínio de um metro de comprimento, com cobertura de acrílico transparente. Tais sensores foram dispostos da seguinte ordem: três barras foram colocadas acima da copa; duas barras foram dispostas a altura de 1,5 metros, a partir da borda para dentro da copa, junto aos frutos; e duas barras foram dispostas abaixo da copa, junto ao solo. Esta disposição

teve como intuito monitorar a radiação solar fotossinteticamente ativa incidente sobre as laranjeiras ( $RFA_{inc}$ ), transmitida ao nível dos frutos ( $RFA_{nf}$ ) e a transmitida ao nível do solo ( $RFA_t$ ). Através destes dados calculou-se a radiação solar fotossinteticamente ativa interceptada pelas laranjeiras ( $RFA_{int}$ ) através da fórmula

$$RFA_{int} = RFA_{inc} - RFA_t$$

Também, calculou-se a redução da radiação solar fotossinteticamente ativa incidente em cada um dos tratamentos, através da razão entre as  $RFA_{inc}$  nos tratamentos SAF e SOL, e por meio do coeficiente angular gerado pelo ajuste linear entre os dois parâmetros.

As mensurações de temperatura e umidade relativa do ar foram realizadas com psicrômetros constituídos por pares termoeletrônicos de cobre-constantan. Os psicrômetros foram colocados a 1,5 metros de altura, em número de dois por tratamento, na borda da copa das laranjeiras.

### **3.2.2 Desenvolvimento vegetativo e comportamento produtivo**

A colheita de frutos da laranjeira 'Valência' foi realizada em 03/10/2007 e 08/10/2008, enquanto a colheita da laranjeira 'Monte Parnaso' foi realizada em 24/09/2007 e 16/09/2008.

Na safra de 2007 e de 2008, monitorou-se a queda de frutos a partir de 08/08/2007 e 15/05/2008, respectivamente até a colheita. Quando da colheita, foi realizada a contagem e pesagem dos frutos produzidos, obtendo-se o número final de frutos (NFf) e massa final de frutos (Mf). Em cada safra, o número final de frutos somado ao número de frutos caídos em pré-colheita gerou o número total de frutos

(NFt), e da mesma forma, a massa final de frutos (Mf) somada a massa estimada de frutos caídos em pré-colheita gerou a massa total de frutos (Mt).

Após o fluxo vegetativo de verão, em janeiro de 2008 e em janeiro de 2009, mensurou-se o diâmetro longitudinal ( $D_l$ ) e transversal ( $D_t$ ) da copa às linhas de cultivo, bem como a altura (H). Com esses parâmetros, calculou-se o volume nominal da copa ( $V_c$ ), através da equação (Mourão Filho *et al.*, 2007),

$$V_c = \left(\frac{\pi}{6}\right) D_l D_t H$$

e a área nominal da copa ( $A_c$ ), também conhecida como área de projeção da copa, através da equação (Schäfer *et al.*, 2001):

$$A_c = \pi \left(\frac{D_l + D_t}{4}\right)^2$$

Com os valores de Mf e Mt e com os valores de  $V_c$  e  $A_c$ , calculou-se a eficiência produtiva por unidade de volume (EPV,  $\text{kg.m}^{-3}$ ) e por unidade de área (EPA,  $\text{kg.m}^{-2}$ ), da produção total e final, através das equações:

$$EPV_f = \frac{Mf}{V_c}$$

$$EPV_t = \frac{Mt}{V_c}$$

$$EPA_f = \frac{Mf}{A_c}$$

$$EPA_t = \frac{Mt}{A_c}$$

Em janeiro de 2008, foi mensurada, também, a circunferência do tronco 5 cm acima do ponto de enxertia (CT).

### **3.2.3 Maturação dos frutos**

Monitorou-se a evolução da maturação dos frutos da laranjeira 'Valência' na safras de 2007 e de 2008, e da laranjeira 'Monte Parnaso' na safra 2007. Na safra 2008 da laranjeira 'Monte Parnaso', analisou-se os frutos apenas no momento da colheita.

O monitoramento das características físicas e químicas internas e externas dos frutos ao longo da maturação iniciou em 8 de agosto na safra de 2007 e em 11 de junho na safra de 2008. Em cada uma das datas de coleta, amostrou-se entre 8 e 10 frutos por unidade experimental, com exceção das amostragens de colheita no experimento com laranjeira 'Valência' em que se amostrou 40 frutos por unidade experimental (10 frutos por planta).

As características avaliadas foram conteúdo de suco (CS), teor de sólidos solúveis totais (SST), acidez total titulável (ATT), índice de maturação (IM), e a cor da casca.

O conteúdo de suco foi calculado através da razão massa de suco:massa de frutos, e expressa em valor percentual; o teor de sólidos solúveis totais foi medido por refratometria e também expresso em valor percentual; a acidez total titulável foi obtida através de titulometria com NaOH 0,1M até pH 8,1, e posteriormente, expressa em percentual em equivalente ácido cítrico. O índice de maturação foi obtido pela razão SST:ATT.



A cor da casca foi avaliada através da exposição dos frutos coletados ao colorímetro CR-400 (Minolta ®) na faixa do equador do fruto, obtendo-se, através da média de três medidas por fruto, os parâmetros  $L$ ,  $a$  e  $b$ . Estes parâmetros são usados no cálculo de três índices: índice de cor da casca (ICC), cromaticidade e ângulo de cor.

Os termos  $L$ ,  $a$  e  $b$ , são parâmetros da escala de cores oponentes de Hunter Lab. O parâmetro  $L$  mede a claridade da cor variando de  $L = 100$  quando perfeitamente branco para  $L = 0$  quando perfeitamente negro. Os parâmetros  $a$  e  $b$  são chamados dimensões de cromaticidade, sendo que o parâmetro  $a$  representa cores vermelhas quando positivo e verdes quando negativo, e o parâmetro  $b$  representa cores amarelas quando positivo e azuis quando negativo. Todos os parâmetros representam cor cinza quando nulos.

O índice de cor da casca (ICC) é calculado pela fórmula (Jimenez-Cuesta et al., 1981):

$$ICC = \frac{1000a}{Lb}$$

Este índice expressa, quando negativo, cores verdes e, quando positivo, cores amareladas-alaranjadas, refletindo, quando varia positivamente, a mudança de cores esverdeadas para colorações amareladas-alaranjadas.

A cromaticidade ( $C$ ) reflete a pureza da cor em relação ao cinza, sendo que quanto maior o seu valor, mais pura é a cor. É calculada através da equação (Jifon & Syvertsen, 2001):

$$C = \sqrt{(a^2 + b^2)}$$

O ângulo de cor ( $h^\circ$ ), ou ângulo de cromaticidade, representa a cor ocupada entre as diversas possibilidades de cor ( $h^\circ=0$  ou  $360$ , vermelho;  $h^\circ=90$ , amarelo;  $h^\circ=180$ , verde;  $h^\circ=270$ , azul). O ângulo de cor é calculado pela equação (Lozano & Ibarz, 1997):

$$h^\circ = \arctan\left(\frac{b}{a}\right)$$

No plano de cores formado pelas coordenadas retangulares  $a$  e  $b$  ( $a;b$ ), a cromaticidade e o ângulo de cor são as coordenadas polares ( $C;h^\circ$ ).

Em 2008, avaliou-se o teor de ácido ascórbico ao longo da maturação bem como a cor do suco. O teor de ácido ascórbico foi determinado através do método fotocolorimétrico da degradação do corante 2,6-diclorofenol indofenol (AOAC, 2002). Já a cor do suco foi mensurada por meio do colorímetro CR-400 (Minolta®) calculando-se os índices ICC, C e  $h^\circ$  para o suco.

Nas amostragens realizadas nas colheitas das safras 2007 e 2008, realizou-se a avaliação morfométrica dos frutos através dos parâmetros diâmetro (D, medida transversal do fruto), altura (A, medida longitudinal do fruto), relação A:D, espessura da casca (EC) e a massa média dos frutos.

### **3.2.4 Fenologia, qualidade da floração e fixação de frutos**

Em ambos os anos determinou-se a ocorrência da plena floração (estádio fenológico 65), da plena queda de pétalas (estádio fenológico 67) o início e o fim da queda fisiológica de frutos (estádios fenológico 73 e 74, respectivamente), baseado na escala BBCH, descrita por Agustí et al.(1995).

Para a laranjeira ‘Monte Parnaso’, a qualidade da floração foi avaliada através da marcação de quatro ramos por planta (dispostos nos quadrantes norte, sul, leste e oeste), selecionados no início da brotação de primavera de 2007. A partir disso, em 2007, no surto vegetativo primaveril, baseando-se na escala fenológica BBCH (Agustí et al. 1995) foram contados o número de gemas (ou “nós”) sem brotar, número de gemas brotadas e o número de brotes desenvolvidos, classificando-os segundo seu número de folhas e flores (Agustí & Almela, 1991) em: percentual de brotos vegetativos (BV); percentual de brotos sem folhas, somente com flores (BSF); percentual de brotos sem folhas com uma flor (BSF [0-1]), percentual de brotos mistos, com pelo menos uma folha e uma flor (BM); e percentual de brotos mistos com uma flor apical e com duas ou mais folhas (BM [ $(\geq 2)-(1)$ ]). Avaliou-se também a percentagem de frutos fixados a partir do número de flores produzidas em cada ramo marcado.

Além desses parâmetros quanto à qualidade da florada e fixação de frutos, monitorou-se a queda fisiológica de frutinhos em 2007 e o crescimento dos frutos em tamanho. Para tanto, avaliou-se os frutos fixados em quatro ramos por planta (dispostos nos quadrantes norte, sul, leste e oeste), mensurando-os transversalmente (diâmetro, duas medidas perpendiculares entre si:  $d_1$  e  $d_2$ ) e longitudinalmente (altura,  $h$ ). Com estes dados em mãos, calculou-se o volume nominal dos frutos ( $V_f$ ), através da adaptação da equação do esferóide:

$$V_f = \left(\frac{\pi}{6}\right) d_1 d_2 h$$

### 3.2.5 Estado nutricional das laranjeiras

Para a avaliação do estado nutricional das laranjeiras, realizou-se, nos meses de março de 2008 e em janeiro de 2009, segundo metodologia descrita por SBCS/CQFS (2004), a coleta de amostras foliares para determinação de macro e micronutrientes no tecido foliar. Posteriormente à coleta, as amostras foram analisadas junto ao Laboratório de Análise de Solos e de Tecidos do Departamento de Solos da Faculdade de Agronomia (UFRGS).

No mês de novembro de 2008 também se realizou a coleta de amostras de solo para a determinação das condições de sua fertilidade na camada de 0-20 cm, com o uso de trado holandês, procedendo-se a amostragem segundo SBCS/CQFS (2004). No experimento com a laranjeira 'Valência', realizou-se todas as coletas (tecido foliar em 2008 e 2009 e solo em 2008), constando de uma amostra por unidade experimental (n=4). Já no experimento com a laranjeira 'Monte Parnaso', realizou-se as coletas de solo em 2008 e de tecido foliar em 2009 (uma repetição por tratamento).

### 3.2.6 Ocorrência de doenças em frutos e ramos.

Na safra de 2008, ao longo da maturação dos frutos da laranjeira 'Valência' (5 épocas) e na colheita da laranjeira 'Monte Parnaso', avaliou-se a ocorrência de sintomas de pinta-preta nos frutos, doença causada por *Guinardia citricarpa* Kiely [*Phyllosticta citricarpa* (McAlp) van der Aa.], a qual é enquadrada como praga quarentenária A2 (BRASIL, 1999).

Para avaliar a ocorrência desta doença em frutos, mensurou-se a incidência de frutos com pelo menos um sintoma da doença (*I*), através da observação visual de 20 frutos por unidade experimental (com exceção da colheita onde foram

avaliados todos os frutos colhidos de cada árvore, NFf), sendo esta variável expressa em valor percentual.

Juntamente a isso, mensurou-se a severidade dos sintomas em frutos (*S*). Para tanto, desenvolveu-se uma escala descritiva, por meio de notas que variaram de 0 a 5, onde: 0 = ausência de sintomas; 1: ocorrência de até duas manchas; 2: ocorrência de 2 a 4 manchas; 3: ocorrência de até 4 a 8 manchas; 4: ocorrência de 8 a 16 manchas; 5: ocorrência de número de machas superiores a 16.

Nos frutos da laranjeira 'Valência', a severidade e a incidência foram observadas nos mesmos frutos ao longo da maturação (meses de junho a outubro).

Avaliou-se também, no mês de novembro de 2008, na laranjeira 'Valência', a presença de sintomas da queda anormal de frutos jovens (também conhecida como podridão floral e como estrelinha), causada por *Colletotrichum acutatum* Simmonds. Através da contagem dos sintomas (cálices retidos) por ramos (CRr) e ao cálculo do percentual de cálices retidos em relação ao total de frutos existentes previamente no ramo (CR), através da fórmula:

$$CR = 100 \times \frac{CRr}{(CRr + F_r)}$$

onde CRr é o número de cálices retidos por ramo; (CRr +F<sub>r</sub>) é o número estimado de frutos existentes previamente por ramo, em que F<sub>r</sub> é o número de frutos jovens remanescente. Os parâmetros acima citados foram avaliados em quatro ramos por planta, um em cada quadrante (norte, sul, leste e oeste) de todas as plantas do experimento (n = 16).

### **3.2.7 Análise estatística**

Para análise das variáveis mensuradas, realizou-se análises de variâncias (ANOVAs) paramétricas e não paramétricas (teste de Kruskal-Wallis). Realizou-se também análise de regressão para variáveis de maturação dos frutos e de ocorrência de pinta-preta, em função do acúmulo de graus-dia (GDA) e da cor dos frutos, respectivamente.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Condições micrometeorológicas

#### 4.1.1 Graus-dia acumulados (GDA)

O acúmulo de graus-dia a partir da plena queda de pétalas de 2007 (07/09/2007), calculado segundo Ometo (1981), foi utilizado para explicar a evolução das características qualitativas do suco e da cor da casca dos frutos da laranjeira 'Valência' na safra de 2008 (item 4.3.1.2). O acúmulo de graus-dia (GDA) relacionado com as datas do ano e com os dias após a plena queda de pétalas (DAQP) é apresentado na Tabela 1.

TABELA 1. Relação entre dias após a queda de pétalas (DAQP), data do ano e graus-dia acumulados (GDA) desde o período pós-floração de 2007 até a maturação da safra 2008, monitorado sob condição de pleno sol (SOL). Tupandi, RS.

DAQP	Data	GDA (°C)
0	07/09/2007	0
30	07/10/2007	220,6
60	06/11/2007	432,1
90	06/12/2007	694,5
120	05/01/2008	1037,3
150	04/02/2008	1362,2
180	05/03/2008	1711,9
210	04/04/2008	2015,4
240	04/05/2008	2189,0
270	03/06/2008	2327,9
300	03/07/2008	2374,6
330	02/08/2008	2489,8
360	1º/09/2008	2594,2
390	1º/10/2008	2716,4
420	31/10/2008	2907,3

#### 4.1.2 Radiação solar fotossinteticamente ativa (RFA)

A radiação fotossinteticamente ativa incidente sobre o topo das copas (RFA inc), teve um comportamento crescente ao longo dos períodos avaliados (período 1, de 31 de agosto a 16 de setembro de 2008; período 2, 1º de novembro a 5 de dezembro de 2008) no tratamento a pleno sol (SOL) (Figura 1), o que é explicado pela variação na declinação solar durante a primavera, enquanto a RFA inc no tratamento sob SAF manteve-se estável, com redução da amplitude dos valores entre os dois períodos subseqüentes (Figura 1). O valor máximo de RFA incidente observado durante os períodos monitorados, no tratamento SOL, ocorreu no dia 27 de novembro de 2008 e foi  $9,97 \text{ MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$ . No tratamento SAF, durante os dois períodos avaliados, a RFA incidente foi sempre inferior a  $6,0 \text{ MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$  (Figura 1).

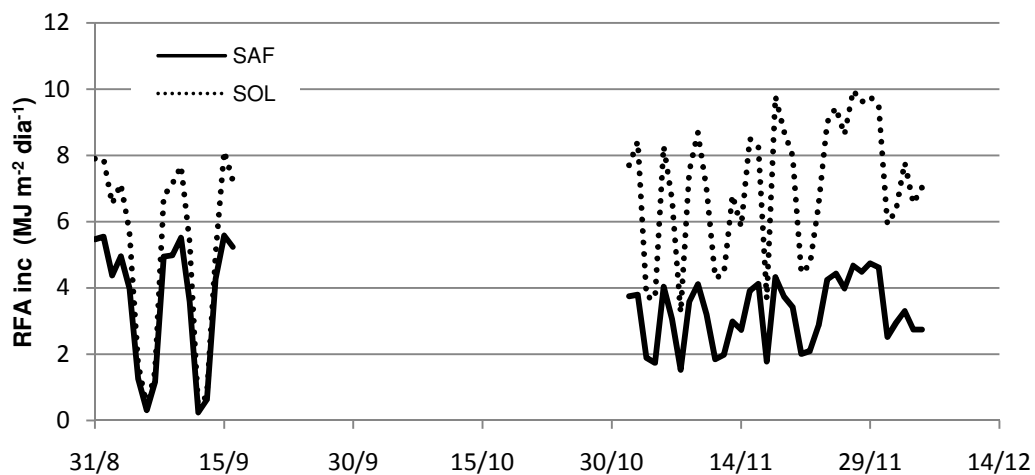


FIGURA 1. Radiação fotossinteticamente ativa incidente no topo das copas (RFA inc) de laranjeiras 'Valência' cultivadas sob sistema agroflorestal (SAF) em relação ao cultivo a pleno sol (SOL), em dois períodos no ano de 2008. Tupandi, RS.

A RFA incidente no topo das copas das laranjeiras 'Valência' sob SAF foi, em média, 70,69 % e 45,96 % daquela observada no topo das copas das laranjeiras em SOL. Isto demonstra uma redução na RFA inc no tratamento SAF em 29,31 % no período 1 e em 54,04 % no período 2 avaliados (Figura 2).



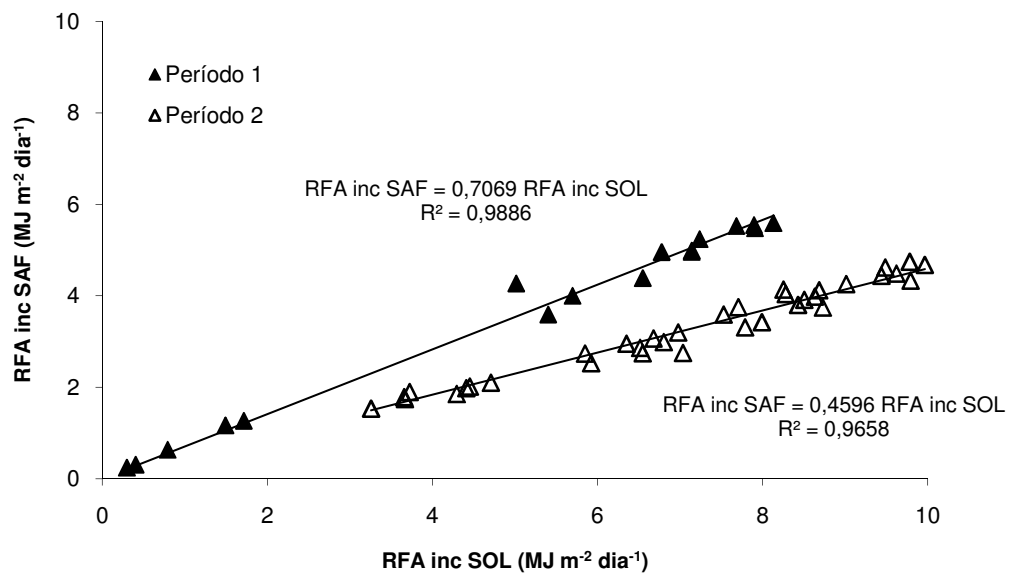


FIGURA 2. Relação entre a radiação fotossinteticamente ativa incidente no topo das copas (RFA inc) de laranjeiras 'Valência' cultivadas sob sistema agroflorestal (SAF) em relação ao cultivo a pleno sol (SOL), em dois períodos no ano de 2008 (período 1, 31/08-16/09; período 2, 1º/09 – 5/12). Tupandi, RS.

Esta redução na RFA incidente no tratamento SAF, está diretamente relacionada ao fluxo de brotação do dossel superior de angicos-vermelhos, os quais ao aumentar sua área foliar incrementam a interceptação da radiação, reduzindo desta forma sua transmitância.

Vieira *et al.* (2003) trabalhando com a cultura da erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.) em sistema agroflorestal com araucárias (*Araucaria angustifolia*), conseguiram distinguir cinco níveis diferentes de redução da RFA incidente (9 %, 12 %, 38 %, 61 % e 78 %) do sistema agroflorestal em relação ao pleno sol, para o período de junho a novembro de 2000, conforme a densidade de árvores existentes.

Já Soto-Pinto *et al.* (2000) estudando o efeito de sistemas agroflorestais sobre a produção de cafezeiros no sub-bosque, no México, com dossel superior composto por diversas plantas, sendo 21,7 % *Inga parvoniana* Donn. e 10,4 % *Chamaedorea cataractarum* Liebm., obtiveram reduções de radiação solar entre 20 e 70 %.

Tomando-se os dois períodos avaliados em conjunto e calculando-se a média horária, obteve-se a Figura 3. Nela pode-se observar uma redução entre os tratamentos na RFA incidente no topo da copa das laranjeiras (RFA inc), a qual é em SAF, em média, 36,2 % inferior daquela na condição de pleno sol (SOL). Na mesma figura, observa-se também que a radiação solar fotossinteticamente ativa transmitida ao nível do solo (RFA t) não difere entre os tratamentos, situando-se em torno de  $0,05 \text{ cal cm}^{-2} \text{ min}^{-1}$ , entre as 10 h e as 16 h.

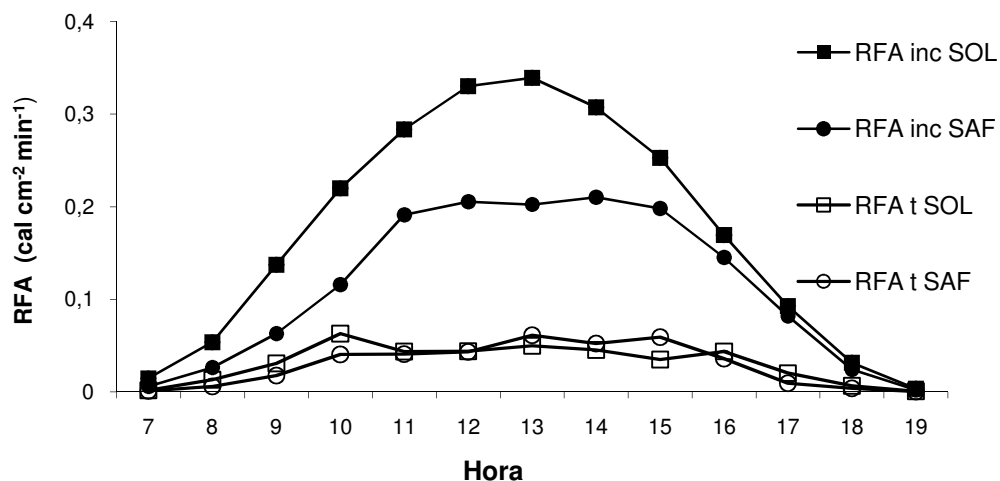


FIGURA 3. Média horária da radiação fotossinteticamente ativa incidente no topo das copas (RFA inc) e transmitida ao nível do solo (RFA t) em laranjeiras 'Valência' cultivadas sob sistema agroflorestal (SAF) em relação ao cultivo a pleno sol (SOL), 2008. Tupandi, RS.

Quanto à radiação transmitida ao nível dos frutos (RFA nf) pode-se perceber uma redução em média de 31,7 % no tratamento SAF em relação ao SOL, considerando-se os valores médios horários para o período 1 (Figura 4). Essa alteração do balanço de radiação nos frutos nas plantas sob SAF pode ajudar a explicar as alterações na sua maturação (item 4.3.1).

A fração interceptada da radiação solar fotossinteticamente ativa (RFA int) pelas copas das laranjeiras 'Valência', em relação à RFA inc de cada tratamento, foi

bastante similar entre os tratamentos, sendo em média 23,9 % em SAF e 18,5 % em SOL.

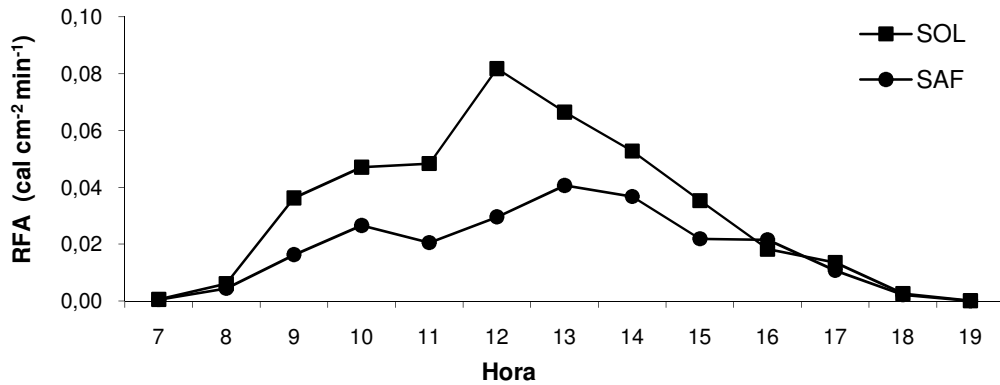


FIGURA 4. Média horária da radiação fotossinteticamente ativa transmitida ao nível dos frutos (RFA nf) em laranjeiras 'Valência' cultivadas sob sistema agroflorestal (SAF) em relação ao cultivo a pleno sol (SOL), 2008. Tupandi, RS.

#### 4.1.3 Temperatura do ar (T) e umidade relativa (UR)

As temperaturas média (T), máxima (T máx) e mínima (T min) e as umidades relativas média (UR), máxima (UR máx) e mínima (UR min) ao nível dos frutos foram monitoradas no período 18 de setembro a 30 de outubro de 2008 (43 dias), sendo que nenhum desses parâmetros avaliados sofreu efeito significativo dos tratamentos, seja considerando-se a média do período ou as médias horárias das variáveis (Figuras 5, 6, 7 e 8).

A temperatura média diária no nível dos frutos (T) variou de 13 °C em 18 de setembro a 25,8 °C em 22 de outubro, durante o período avaliado, tendo um comportamento médio de crescimento (Figura 5). Não se observou diferenças significativas para este parâmetro entre os tratamentos. Os valores médios do período, ao nível dos frutos nos tratamentos SAF e SOL foram, respectivamente, 17,7 °C e 17,9 °C.

Na cultura da erva-mate submetida a cinco níveis de sombreamento (de 22% a 91 % da RFA do cultivo a pleno sol) em sistema agroflorestal com araucária, no planalto médio do RS, observou-se uma diferença na temperatura média do ar de 0,5 °C entre o SAF e o cultivo a pleno sol (Vieira *et al.*,2003), dados um pouco superiores aos observados no período avaliado do presente trabalho (0,2 °C).

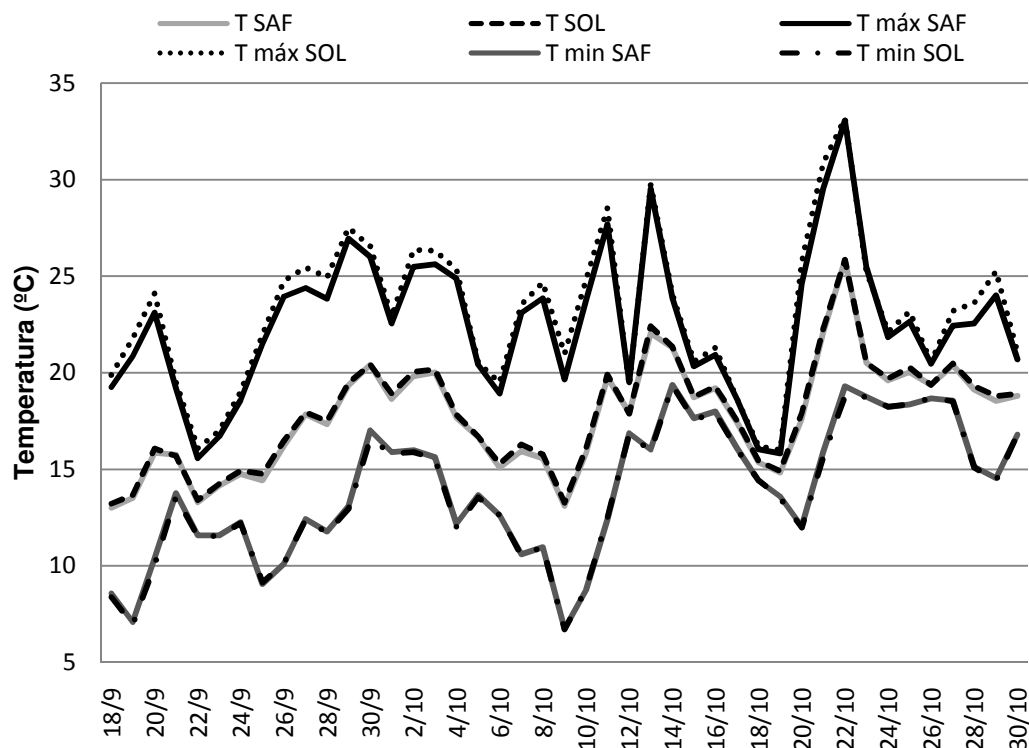


FIGURA 5. Comportamento da temperatura média (T med), da temperatura mínima (T min) e da temperatura máxima (T máx) do ar ao nível dos frutos em laranjeiras 'Valência' cultivadas sob sistema agroflorestal (SAF) em relação ao cultivo a pleno sol (SOL), no período de 18/09 a 30/10/2008 (ANOVA não-significativa). Tupandi, RS.

As médias horárias da temperatura do ar no nível dos frutos (T) também foram bastante similares, sendo que as maiores diferenças foram observadas nos horários da máxima demanda evaporativa da atmosfera. No horário das 13 h, houve uma redução média de 0,8 °C na temperatura ao nível dos frutos das laranjeiras sob SAF em relação às cultivadas em SOL (Figura 6).

No período avaliado, a amplitude dos valores de T máx foi para os tratamentos SAF e SOL, respectivamente, 17,5 °C e 17,2 °C, enquanto para os valores de amplitude de T min foi, em ambos os tratamentos, 12,6 °C. Esses valores aproximam-se dos obtidos por Vieira *et. al.* (2003), no mês de dezembro, para a cultura da erva-mate sombreada por araucárias em 38 % de redução da RFA.

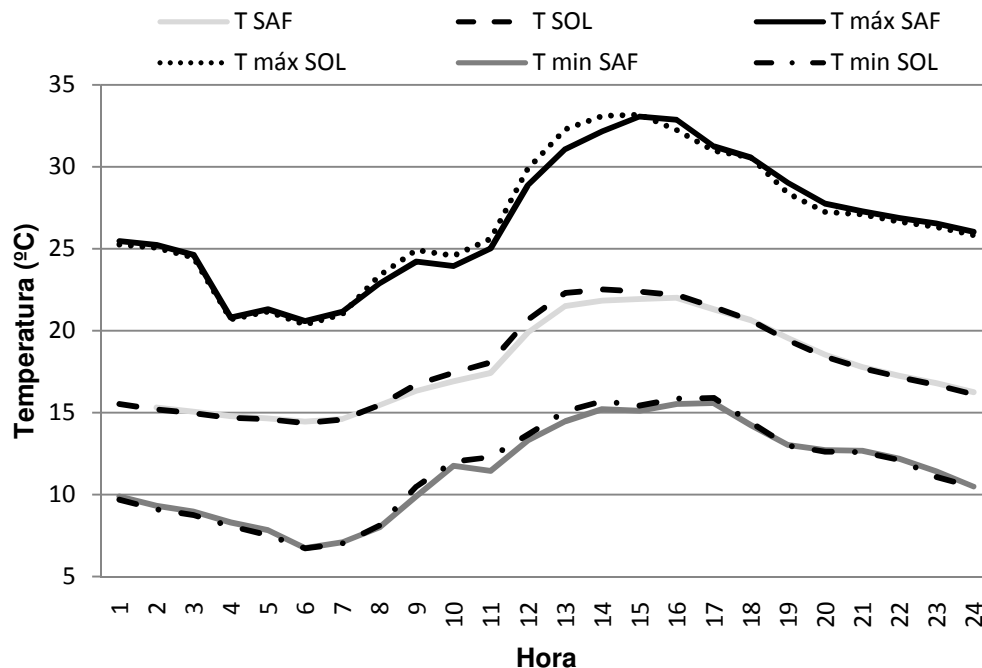


FIGURA 6. Comportamento das médias horárias de temperatura do ar ao nível dos frutos em laranjeiras 'Valência' cultivadas sob sistema agroflorestal (SAF) em relação ao cultivo a pleno sol (SOL). Temperatura média (T), temperatura mínima absoluta (T min) e temperatura máxima absoluta (T máx), no período de 18/09 a 31/09/2008 (ANOVA não-significativa). Tupandi, RS.

A umidade relativa média diária ao nível dos frutos (UR) variou no período avaliado de 68 % a 100% (Figura 7).

Não houve para UR diferenças significativas entre os tratamentos, sendo que para o período avaliado os valores médios dos tratamentos SAF e SOL foram, respectivamente, 86,5 % e 87,1 %. Este resultado destoa do obtido por Vieira *et. al.* (2003) para o final do mês de dezembro de 2002, onde a UR sob SAF foi mais de 20 % superior às condições de pleno sol. Contudo, no inverno de 2001, os mesmos

autores obtiveram dados bastante similares entre os tratamentos, em níveis de 36 % a 22 % de reduções da RFA.

Para as médias horárias, as maiores diferenças entre os tratamentos ocorreram entre as 14 h e as 20 h (Figura 8), sendo que nesse período a média de redução da UR no sistema agroflorestal foi de 1,0 % (80,3 % e 79,3 %, nos tratamentos SOL e SAF, respectivamente).

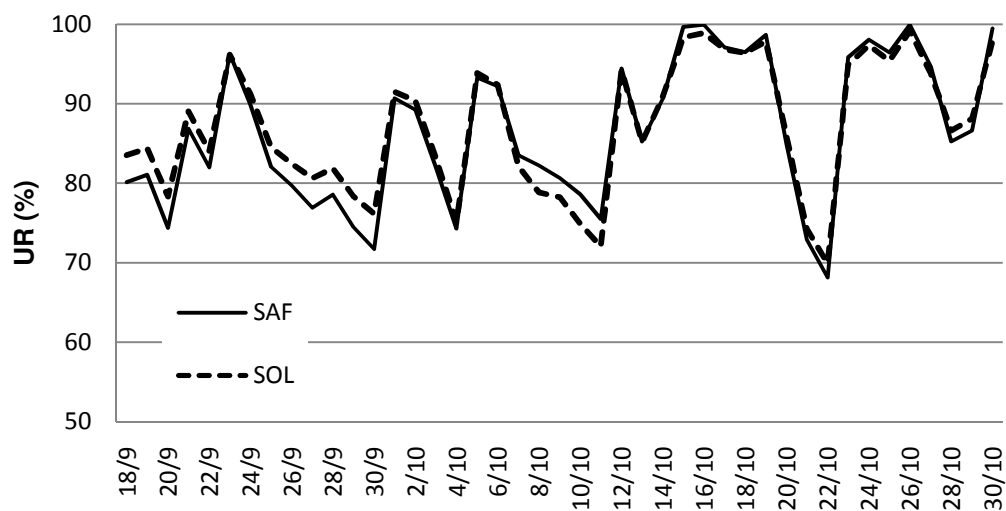


FIGURA 7. Comportamento da umidade relativa média do ar (UR) ao nível dos frutos em laranjeiras 'Valência' cultivadas sob sistema agroflorestal (SAF) em relação ao cultivo a pleno sol (SOL), no período de 18/09 a 31/09/2008 (ANOVA não-significativa). Tupandi, RS.

A amplitude dos dados de UR máx e UR mín foram maiores no tratamento SAF que no SOL (53,7 % e 46,6 % para UR max, e 17,0 % e 14,2 % para UR min, respectivamente). Essa maior amplitude obtida no SAF pode ser observada na Figura 8, principalmente entre 12 e 14 h.

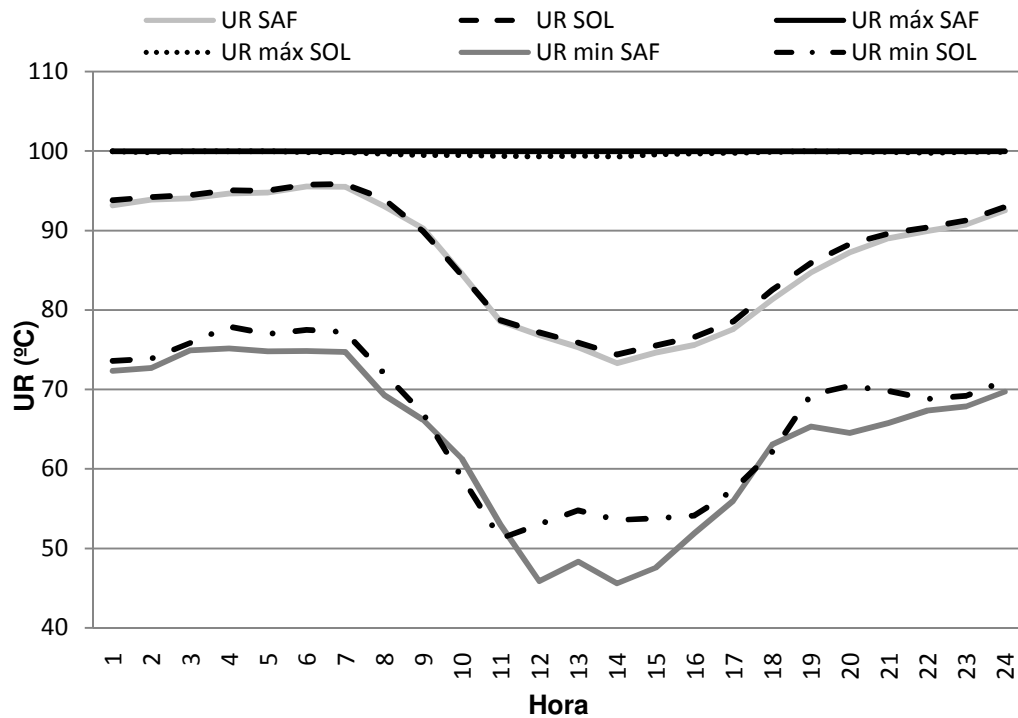


FIGURA 8. Comportamento das médias horárias de umidade relativa ao nível dos frutos em laranjeiras 'Valência' cultivadas sob sistema agroflorestal (SAF) em relação ao cultivo a pleno sol (SOL). Umidade relativa média (UR), umidade relativa máxima absoluta (UR máx) e da umidade relativa mínima absoluta (UR min), no período de 18/09 a 31/09/2008 (ANOVA não-significativa). Tupandi, RS.

## 4.2 Desenvolvimento vegetativo e comportamento produtivo

### 4.2.1 Laranjeira 'Valência'

As árvores de laranjeira 'Valência' cultivadas sob sistema agroflorestal (SAF) apresentavam altura, volume e área de copa e circunferência de tronco maiores que as cultivadas em pleno sol (SOL), nas medições realizadas nos anos 2007 e 2008 (Tabela 2). No ano de 2007, a altura de copa (H) era aproximadamente 30% maior sob SAF em relação a SOL, enquanto o volume (Vc) e a área (Ac) da copa e a circunferência de tronco (CT) das árvores em SAF, eram 170 %, 87 % e 32 % superiores aos valores em SOL, respectivamente. No ano de 2008, a razão destas variáveis, entre os tratamentos, teve uma leve redução (Tabela 2).

Apesar das laranjeiras do tratamento SAF possuírem copas maiores, a transmitância da radiação foi bastante similar entre os tratamentos (item 4.1.2), o que indica a existência de um menor índice de área foliar nas plantas deste tratamento.

TABELA 2. Altura (H), volume da copa (Vc), área da copa (Ac) e circunferência do tronco (CT) de laranjeiras 'Valência' cultivadas sob sistema agroflorestal (SAF) em relação ao cultivo a pleno sol (SOL). Tupandi, RS.

Ano	Tratamentos	H --- m ---	Vc --- m <sup>3</sup> ---	Ac --- m <sup>2</sup> ---	CT --- cm ---
2007	SAF	3,64	29,74	12,15	41,72
	SOL	2,55	11,04	6,49	31,56
	P>F	**	**	**	**
2008	SAF	3,88	30,92	14,19	
	SOL	2,78	15,44	8,33	
	P>F	**	**	**	

\*\* , P<0,01; nd, não determinado.

A massa e o número de frutos no momento da colheita (Mf e NFf, respectivamente), bem como a produção total de frutos (Mt e NFt) foram muito superiores nas plantas cultivadas sob SAF em relação às laranjeiras cultivadas em SOL, na safra de 2007. Já na safra seguinte, os tratamentos não tiveram efeitos sobre essas características, sendo que as plantas cultivadas em SOL obtiveram valores para essas variáveis bastante similares aos da safra 2007, enquanto as plantas cultivadas sob SAF demonstraram uma grande redução nos valores destas variáveis (massa total de frutos, Mt, reduziu em 79 %) demonstrando uma considerável alternância de produção, a qual não foi visível nas plantas cultivadas em SOL (Tabela 3).

A maior produção observada no tratamento SAF contraria o padrão geral do efeito do sombreamento sobre cultivos em agrofloresta, que em ampla revisão realizada por RAO *et al.* (1998) tem um efeito neutro sobre a produção em climas



semiáridos e um pequeno e grande efeito negativo em climas subúmidos e úmidos, respectivamente.

Avaliando o pomeleiro 'Ruby Red', Jifon & Syvertsen (2001) com sombreamento artificial (redução de 60 % da radiação solar) observaram, da mesma forma que o presente trabalho, maiores produções em cultivo sombreado (durante o crescimento e maturação dos frutos) em relação ao cultivo em pleno sol no ano de 1999. Contudo na safra de 2000 o efeito não permaneceu.

TABELA 3. Massa (M) e número de frutos (NF) produzidos por árvore, total (t) e no momento da colheita (f), e eficiência produtiva por unidade de volume (EPV) e de área (EPA) da copa de laranjeiras 'Valência' cultivadas sob sistema agroflorestal (SAF) em relação ao cultivo a pleno sol (SOL). Tupandi, RS.

Ano	Tratamento	Mt	Mf	NFt	NFf	EPVt	EPVf	EPA <sub>t</sub>	EPA <sub>f</sub>
		--- kg.árvore <sup>-1</sup> ---		-- frutos.árvore <sup>-1</sup> --		----- kg.m <sup>-3</sup> -----		----- kg.m <sup>-2</sup> -----	
2007	SAF	65,35	55,88	481,5	413,3	2,20	1,85	5,34	4,52
	SOL	14,12	8,44	94,0	54,4	1,28	0,74	2,17	1,27
	P>F	**	**	**	**	**	**	**	**
2008	SAF	13,62	12,64	72,3	67,3	0,37	0,34	0,95	0,88
	SOL	14,42	13,00	77,7	70,1	0,99	0,89	1,80	1,63
	P>F	ns	ns	ns	ns	**	**	*	*

\*, P < 0,05; \*\*, P < 0,01; ns, não significativo (P>0,05)

No mesmo trabalho de Jifon & Syvertsen (2001), a laranjeira 'Hamlin' foi afetada negativamente quanto à produção devido ao sombreamento contínuo (da florada até a colheita). Da mesma forma, em um dos anos avaliados (1999 a 2001) o pomeleiro 'Marsh Seedless' sombreado artificialmente obteve menores produções (Cohen *et al.*, 2005).

Todas as características de eficiência produtiva calculadas (EPV<sub>t</sub>, EPV<sub>f</sub>, EPA<sub>t</sub> e EPA<sub>f</sub>) foram afetadas pelos tratamentos em ambas as safras. Na safra de 2007, as plantas sob SAF destacaram-se em relação às plantas cultivadas em SOL, seguindo

o comportamento do rendimento de frutos apesar do maior tamanho de suas copas. Já na safra de 2008, o comportamento foi inverso devido a não ter havido efeito dos tratamentos sobre as variáveis de rendimento de fruto e ao maior tamanho das árvores sob SAF (Tabelas 2 e 3).

A altura (A) e diâmetro (D) dos frutos foram afetados pelos tratamentos apenas na safra de 2008, sendo os frutos das plantas cultivadas sob SAF os de maiores valores, seguindo o comportamento observado em Cohen *et al.* (2005). Já, a razão altura:diâmetro (A:D) não foi afetada pelos tratamentos (Tabela 4).

TABELA 4. Altura (A), diâmetro (D), razão altura:diâmetro (A:D), massa média (M) e espessura da casca (EC) dos frutos da laranjeira 'Valência' cultivadas sob sistema agroflorestal (SAF) em relação ao cultivo a pleno sol (SOL). Tupandi, RS.

Ano	Tratamentos	A	D	A:D	M	EC
		--- mm ---	---mm---		----- g -----	---mm---
2007	SAF	59,5	65,5	0,924	139,5	2,92
	SOL	61,7	65,8	0,937	155,1	2,76
	P>F	ns	ns	ns <sup>p=0,053</sup>	*	**
2008	SAF	71,3	72,6	0,983	202,0	4,66
	SOL	68,9	70,2	0,981	185,2	4,27
	P>F	**	**	ns	**	**

\*, P < 0,05; \*\*, P < 0,01; ns, não significativo.

Quanto ao tamanho e formato dos frutos, as variáveis massa média dos frutos (M) e espessura da casca (EC) foram afetadas pelos tratamentos nas duas safras. A massa média dos frutos (M) foi superior nas laranjeiras sob SAF em 2008, da mesma forma que observado em sombreamento artificial com pomeleiros (Cohen *et al.*, 2005). As diferenças do comportamento da massa média dos frutos (M) parecem estar inversamente relacionadas a carga de frutos produzidas em cada ano, ao menos no tratamento SAF (Tabela 4)

A espessura da casca (EC) foi sempre superior no tratamento SAF, sendo significativamente maior entre os anos avaliados (Tabela 4).

Na safra de 2007, a carga de frutos remanescente em relação ao total (NFt), expressando a queda pré-colheita, foi inferior nas laranjeiras cultivadas em SOL em relação as sob SAF em todas as datas avaliadas (Figura 9), o que demonstra uma maior queda pré-colheita de frutos das plantas cultivadas em SOL. Essa maior queda pré-colheita está diretamente correlacionada com a maior incidência e severidade de pinta-preta nos frutos de laranjeiras 'Valência' cultivadas em SOL (ítem 4.6)

Já na safra de 2008 a queda de frutos não foi significativamente diferente entre os tratamentos (Figura 10). Esse comportamento se deve a pequena carga de frutos observada nessa safra (Tabela 3).

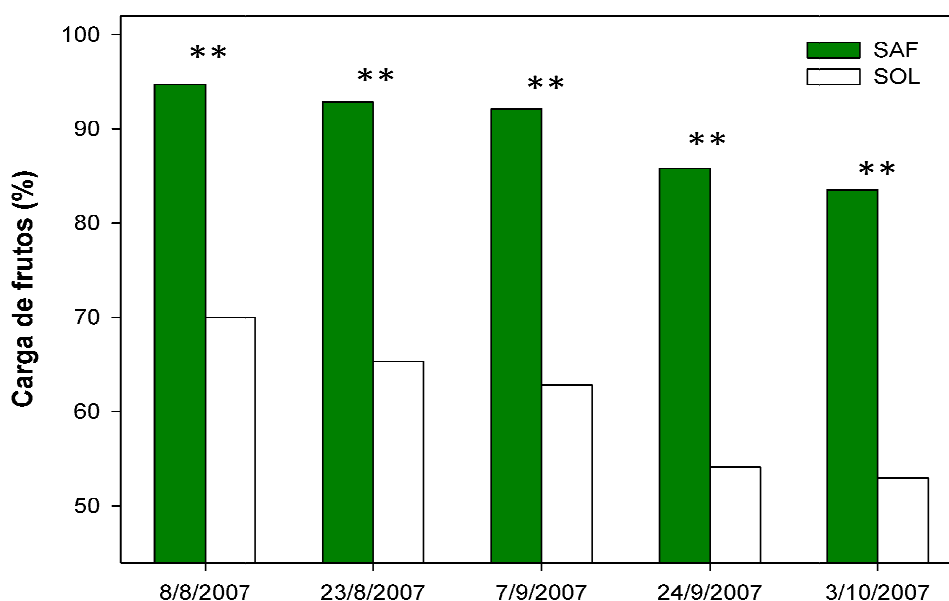


FIGURA 9. Carga de frutos remanescentes de laranjeiras 'Valência' cultivadas sob sistema agroflorestal (SAF) em relação ao cultivo a pleno sol (SOL), durante a safra de 2007 (\*\*,  $P < 0,01$ ). Tupandi, RS.

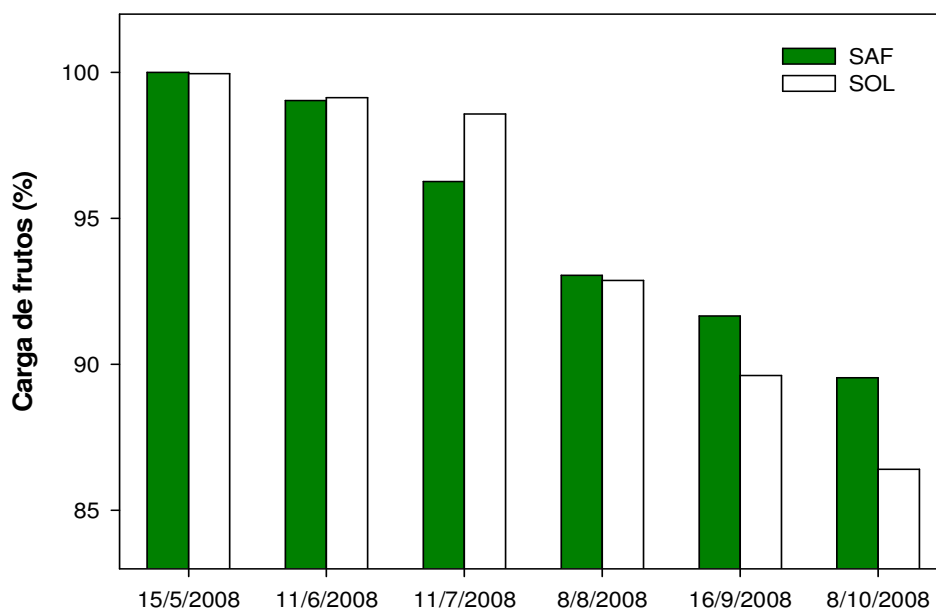


FIGURA 10. Carga de frutos remanescentes de laranjeiras 'Valência' cultivadas sob sistema agroflorestal (SAF) em relação ao cultivo a pleno sol (SOL), na safra de 2008 (ANOVA não-significativa). Tupandi, RS.

#### 4.2.2 Laranjeira 'Monte Parnaso'

Para a laranjeira 'Monte Parnaso', não houve efeito dos tratamentos sobre as características de altura, volume e área da copa, nem para a circunferência do tronco nos anos avaliados (Tabela 5).

TABELA 5. Altura (H), volume da copa (Vc), área da copa (Ac) e circunferência do tronco (CT) de laranjeiras 'Monte Parnaso' cultivadas sob sistema agroflorestal (SAF) em relação ao cultivo a pleno sol (SOL). Tupandi, RS.

Ano	Tratamentos	H --- m ---	Vc --- m <sup>3</sup> ---	Ac --- m <sup>2</sup> ---	CT --- cm ---
2007	SAF	2,63	8,69	4,91	23,96
	SOL	2,50	8,28	4,79	24,07
	P>F	ns	ns	ns	ns
2008	SAF	2,78	12,15	6,51	
	SOL	2,59	11,19	6,20	
	P>F	ns	ns	ns	

ns, não significativo.

Os tratamentos não afetaram as variáveis de rendimento de frutos em ambas as safras avaliadas (Tabela 6), fato que é observado na literatura para pomeleiros e

laranjeira 'Hamlin' sob sombreamento artificial (Jifon & Syvertsen, 2001; Cohen *et al.*, 2005).

TABELA 6. Massa (M) e número de frutos (NF) produzidos por árvore, total (t) e no momento da colheita (f), e eficiência produtiva por unidade de volume (EPv) e de área (EPa) da copa de Laranjeiras 'Monte Parnaso' cultivadas sob sistema agroflorestal (SAF) em relação ao cultivo a pleno sol (SOL). Tupandi, RS.

Ano	Tratamento	Mt --- kg.árvore <sup>-1</sup> ---	Mf	NFt - frutos.árvore <sup>-1</sup> -	NFf	EPVt ----- kg.m <sup>-3</sup> -----	EPVf	EPAf ----- kg.m <sup>-2</sup> -----	EPAf
2007	SAF	18,64	12,32	70,4	46,1	2,20	1,42	3,74	2,44
	SOL	17,21	8,60	61,0	30,6	2,15	1,01	3,50	1,68
	P>F	ns	ns	ns	ns	ns	*	ns	*
2008	SAF	2,01	1,64	5,0	4,1	0,17	0,14	0,32	0,26
	SOL	3,32	2,25	9,7	6,4	0,32	0,19	0,51	0,31
	P>F	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

\*, P < 0,05, ns, não significativo.

Já para os parâmetros de eficiência de produção, somente houve efeito dos tratamentos sobre aqueles que consideraram os frutos colhidos (EPVf e EPAf) na safra 2007, onde as árvores sob SAF obtiveram valores superiores. Este fato se deve à menor queda pré-colheita deste sistema de produção, em relação às plantas cultivadas em SOL. Percebe-se, entre as safras 2007 e 2008, uma grande redução de 89 % e 81% na massa total de frutos produzidos (Mt) nos tratamentos SAF e SOL, respectivamente. Esta redução se deve a uma visível alternância de produção em ambos os tratamentos (Tabela 6).

Quanto ao tamanho e formato dos frutos, não houve efeito sobre nenhum dos parâmetros avaliados na laranjeira 'Monte Parnaso' na safra de 2007. Na safra de 2008, as árvores sob SAF produziram frutos com um maior diâmetro (Tabela 7). As outras variáveis analisadas nessa safra não foram afetadas pelos tratamentos (P < 0,05) (Tabela 7).

Pode-se perceber ainda, devido à grande redução na produção entre as safras 2007 e 2008 (Tabela 6), que ocorre paralelamente a um incremento de A e D

em 10 mm e, em M um incremento em 100 g, aproximadamente, para ambos os tratamentos (Tabela 7).

TABELA 7. Altura (A), diâmetro (D), razão altura:diâmetro (A:D), massa média (M) e espessura da casca (EC) dos frutos de laranjeiras 'Monte Parnaso' cultivadas sob sistema agroflorestal (SAF) em relação ao cultivo a pleno sol (SOL). Tupandi, RS.

Ano	Tratamentos	A	D	A:D	M	EC
		-- mm --	-- mm --		----- g -----	-- mm --
2007	SAF	76,6	81,0	0,947	273,5	3,80
	SOL	77,0	81,5	0,946	279,1	3,82
	P>F	ns	ns	ns	ns	ns
2008	SAF	87,9	91,7	0,960	388,0	5,27
	SOL	87,2	88,3	0,989	355,7	5,16
	P>F	ns	*	ns <sup>p=0,062</sup>	ns <sup>p=0,053</sup>	ns

\*, P < 0,05, ns, não significativo.

A queda de frutos em pré-colheita foi maior (menor carga de frutos remanescente) em todas as datas avaliadas nas laranjeiras cultivadas em SOL em relação às sob SAF (Figura 11), de forma análoga à laranjeira 'Valência' (Figura 9).

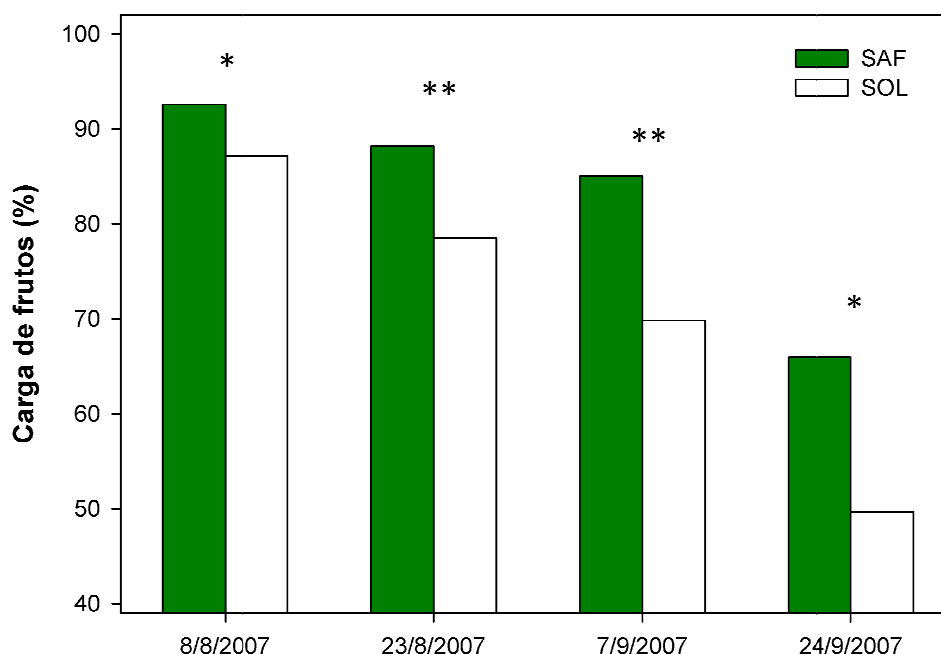


FIGURA 11. Carga de frutos remanescentes de laranjeiras 'Monte Parnaso' cultivadas sob sistema agroflorestal (SAF) em relação ao cultivo a pleno sol (SOL), na safra de 2007 (\*, P < 0,05; \*\*, P < 0,01). Tupandi, RS.

Na safra de 2008, da mesma forma que a laranjeira 'Valencia' não houve diferenças significativas entre os tratamentos para esta característica, muito em função da baixa carga de frutos total (NFt) produzida naquele ano.

### 4.3 Maturação dos frutos

#### 4.3.1 Laranjeira 'Valência'

##### 4.3.1.1 Safra 2007

Durante a maturação dos frutos na safra de 2007, o conteúdo de suco não foi afetado pelos tratamentos, mantendo-se sempre superior a 50 %, o qual é um requisito mínimo de qualidade de colheita para laranjeira própria para suco como a 'Valência' (Sartori *et al.*, 2002), não afetando o período de colheita entre as datas avaliadas (Figura 12).

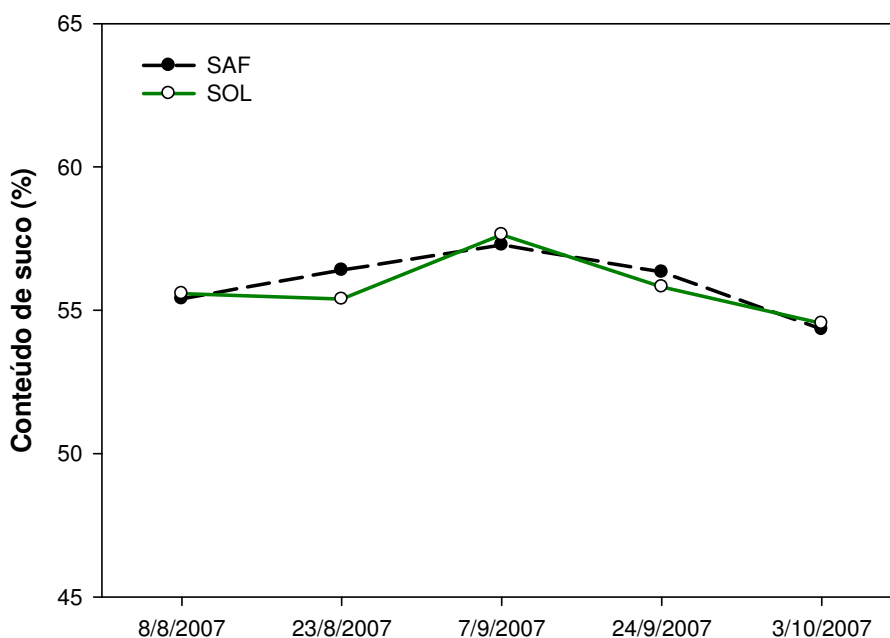


FIGURA 12. Evolução do conteúdo de suco (CS) dos frutos de laranjeiras 'Valência' cultivadas sob sistema agroflorestal (SAF) em relação ao cultivo a pleno sol (SOL), na safra de 2007 (ANOVA não-significativa). Tupandi, RS.

O teor de sólidos solúveis totais (SST), nessa safra, manteve-se praticamente estável entre os períodos avaliados, demonstrando um pequeno crescimento ao longo do tempo para ambos os tratamentos, contudo não tão característico como é observado em análises que abrangem toda a maturação (Volpe *et al.*, 2000; Sartori *et al.*, 2002). Esta característica foi afetada pelos tratamentos em praticamente todas as datas de avaliação durante a maturação dos frutos, onde as árvores cultivadas em SOL apresentaram maiores teores de SST em relação às laranjeiras sob SAF (Figura 13), sendo que nos tratamentos SOL e SAF as laranjeiras apresentaram uma variação no teor de SST de 11,3 a 12,0 e de 10,6 a 11,1, respectivamente, ao longo do período avaliado.

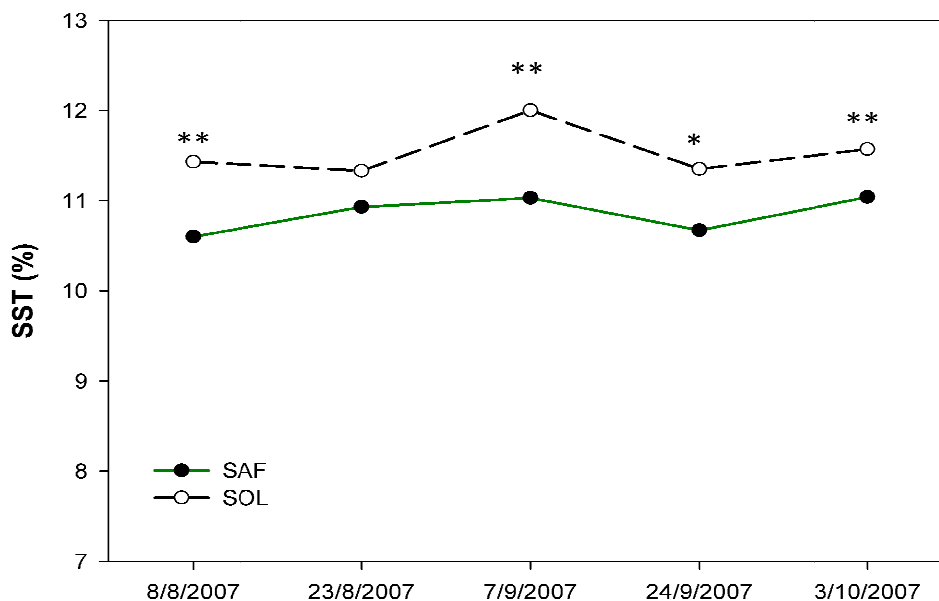


FIGURA 13. Evolução do teor de sólidos solúveis totais (SST) dos frutos de laranjeiras 'Valência' cultivadas sob sistema agroflorestal (SAF) em relação ao cultivo a pleno sol (SOL), na safra de 2007 (\*,  $P < 0,05$ ; \*\*,  $P < 0,01$ ). Tupandi, RS.

A acidez total titulável (ATT) dos frutos foi afetada pelos tratamentos apenas no início do período avaliado, porém os valores médios sempre foram superiores para as plantas sob SAF. Seu comportamento ao longo do progresso da maturação



dos frutos foi decrescente, como é esperado no caso de frutos cítricos (Harding et al., 1940 *apud* Davies & Albrigo, 1994; Monselise, 1986; Volpe *et al.*, 2000; Sartori *et al.*, 2002). Os valores variaram de 1,3 % a 0,9 % e de 1,1 % a 0,8 %, respectivamente, para os tratamentos SAF e SOL, ao longo do período avaliado (Figura 14).

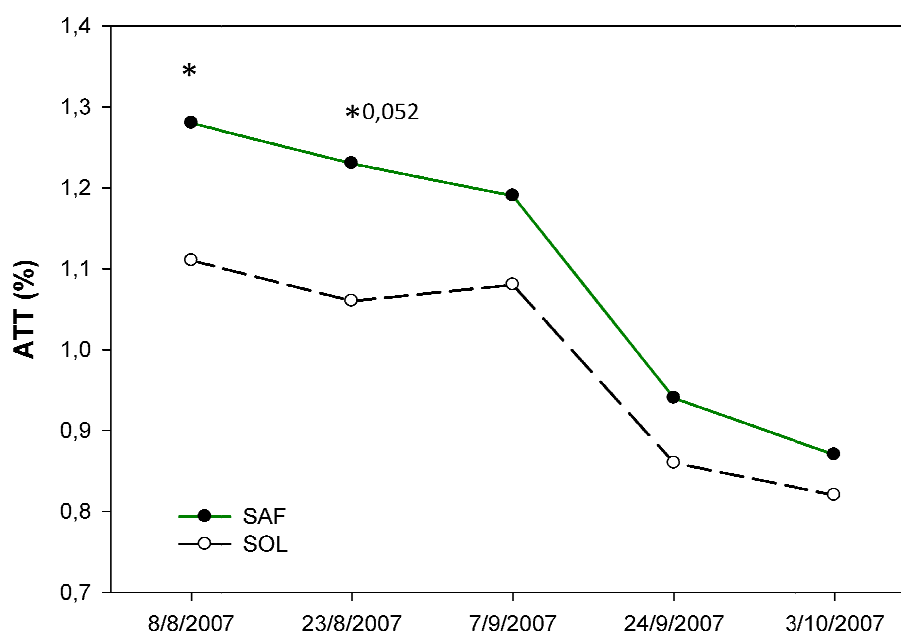


FIGURA 14. Evolução da acidez total titulável (ATT) dos frutos de laranjeiras 'Valência' cultivadas sob sistema agroflorestal (SAF) em relação ao cultivo a pleno sol (SOL), na safra de 2007 (\*,  $P < 0,05$ ; \*0,052,  $P = 0,052$ ). Tupandi, RS.

O índice de maturação (IM), por sua vez, foi afetado pelos tratamentos em todo o período avaliado, sendo que os frutos de laranjeiras cultivadas em SOL foram sempre superiores aos sob SAF em mais de um ponto percentual (Figura 15), provocando um deslocamento da colheita em média de 20 dias.

No início das avaliações (08/08/2007) o IM já se encontrava superior a 6, e portanto todos os frutos já estavam aptos para serem colhidos. Tal fato demonstra uma maior precocidade da maturação em relação aos dados de Sartori *et al.* (2002), referentes a seis anos de análise, onde o início da época de colheita inicia na 1ª

quinzena de setembro para a laranjeira 'Valência' nas condições da Depressão Central do RS.

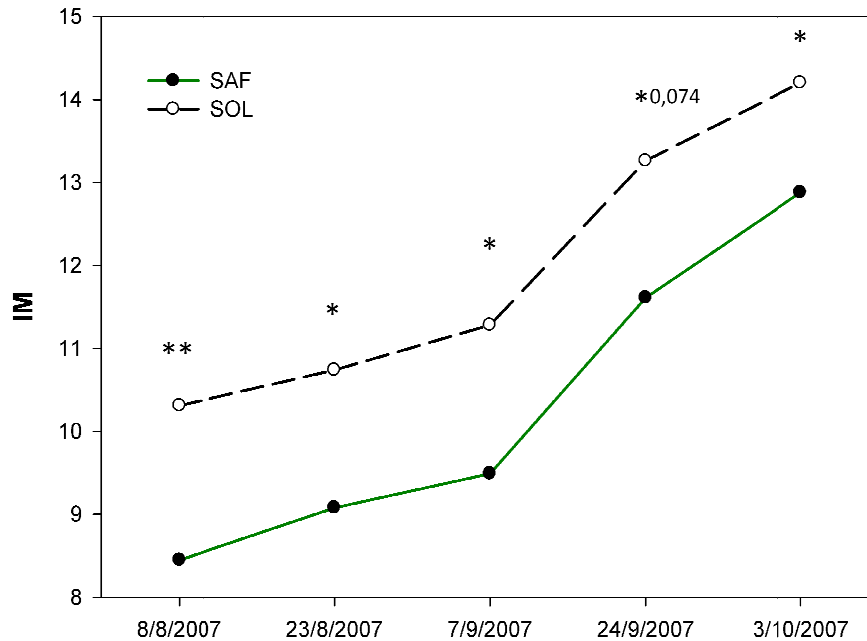


FIGURA 15. Evolução do índice de maturação (IM) dos frutos de laranjeiras 'Valência' cultivadas sob sistema agroflorestal (SAF) em relação ao cultivo a pleno sol (SOL), na safra de 2007 (\*,  $P < 0,05$ ; \*\*,  $P < 0,01$ ; \* $^{0,074}$ ,  $P = 0,074$ ). Tupandi, RS.

O fato das avaliações terem iniciado em momento já apto para a colheita (IM > 6) explica o crescimento pouco expressivo nos valores de SST (Figura 13).

Por outro lado, os valores de IM em todo o período avaliado mantiveram-se abaixo do limite máximo de colheita (IM > 16), onde o sabor do fruto torna-se insípido e impróprio para o consumo *in natura* (Sartori et al., 2002).

Quanto às características de cor (ICC, C e  $h^{\circ}$ ), obteve-se algum efeito dos tratamentos. O índice de cor da casca (ICC) manteve-se praticamente estável até meados de setembro, com uma coloração amarelo-alaranjada ( $6 \leq ICC \leq 8$ ), a partir de onde houve um crescimento mais acentuado, chegando-se a cores mais alaranjadas ( $11 \leq ICC \leq 12$ ) no início de outubro. Apesar das médias do ICC dos

frutos das laranjeiras cultivadas em SOL sempre serem nominalmente superiores ao das laranjeiras sob SAF, apenas ocorreram diferenças significativas no início do período avaliado (fim de agosto/início de setembro), sendo que no final do período avaliado ambos os tratamentos demonstraram o mesmo comportamento (Figura 16).

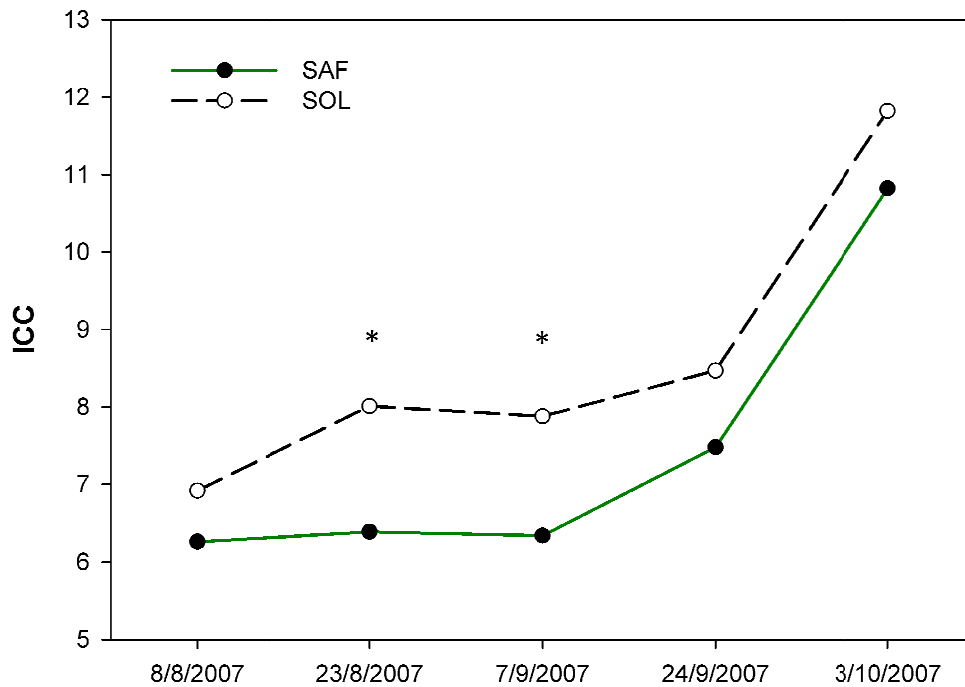


FIGURA 16. Evolução do índice de cor da casca (ICC) dos frutos de laranjeiras 'Valência' cultivadas sob sistema agroflorestal (SAF) em relação ao cultivo a pleno sol (SOL), na safra de 2007 (\*,  $P < 0,05$ ). Tupandi, RS.

Quanto à cromaticidade (C), os frutos sob SAF demonstraram uma maior pureza na cor da casca, a qual pode estar diretamente relacionada com a menor severidade e incidência de sintomas da doença pinta preta em frutos neste tratamento (conforme demonstrado no item 4.6) (Figura 17). Tais resultados são opostos aos obtidos, para laranjeira 'Hamlin' sob sombreamento artificial contínuo (60 % de redução da radiação solar) e para pomeleiro 'Ruby Red' em sombreamento durante o crescimento dos frutos e a maturação, por Jifon & Syvertsen (2001).

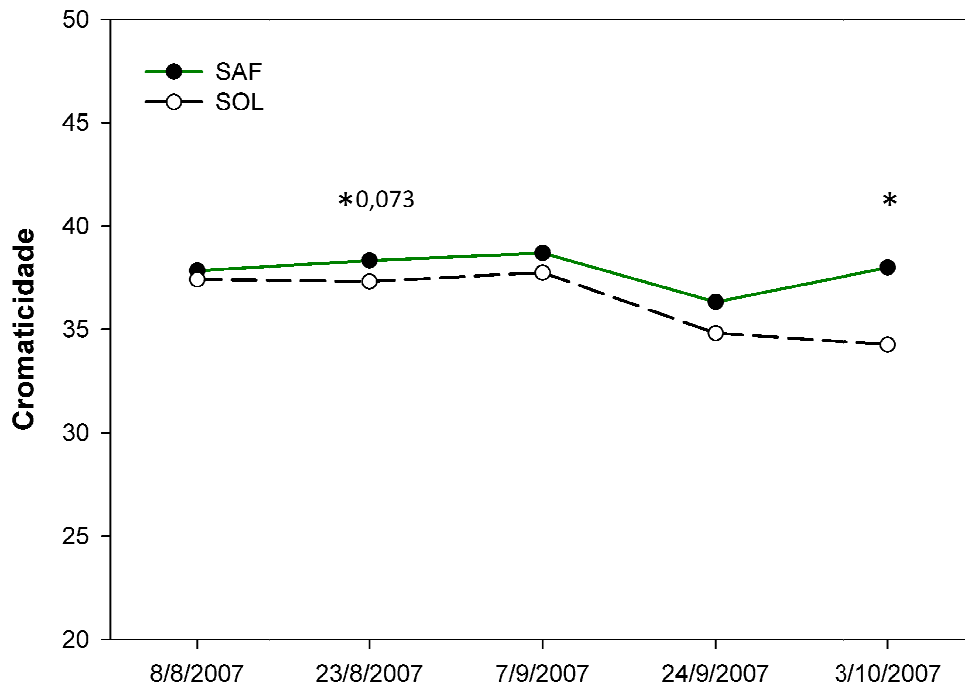


FIGURA 17. Evolução da cromaticidade (C) da casca dos frutos de laranjeiras 'Valência' cultivadas sob sistema agroflorestal (SAF) em relação ao cultivo a pleno sol (SOL), na safra de 2007 (\*,  $P < 0,05$ ,  $^{*0,073}$ ,  $P = 0,073$ ). Tupandi, RS.

Já para o parâmetro ângulo de cor ( $h^{\circ}$ ) segue o mesmo comportamento do ICC atingindo cores mais alaranjadas quando da colheita (Figura 18). Para este parâmetro ( $h^{\circ}$ ) os autores Jifon & Syvertsen (2001) não encontram diferenças em pomeleiro 'Ruby Red', e para a laranja 'Hamlin' encontram cores levemente mais alaranjadas para frutos provenientes de laranjeiras de tratamento de sombreamento contínuo, de forma oposta aos dados do presente estudo.

Poucos estudos tem avaliado a influência do sombreamento sobre a cor da casca dos frutos. Trabalhos como de Sites & Reitz et al. (1950) *apud* Jifon & Syvertsen (2001) avaliando frutos expostos e frutos no interior da copa de laranjeiras 'Valência', corroboram a idéia de que a cor da casca dos frutos sombreados é mais esverdeada. Sabe-se também que várias espécies têm a expressão de gens

envolvidos com a biossíntese de carotenóides (que estão altamente relacionados com a sua acumulação) mediada por fatores ambientais como a luz (Kato *et al.*, 2004), apesar dela não ser muito clara para o flavedo (exocarpo) de plantas do gênero *Citrus* sp.

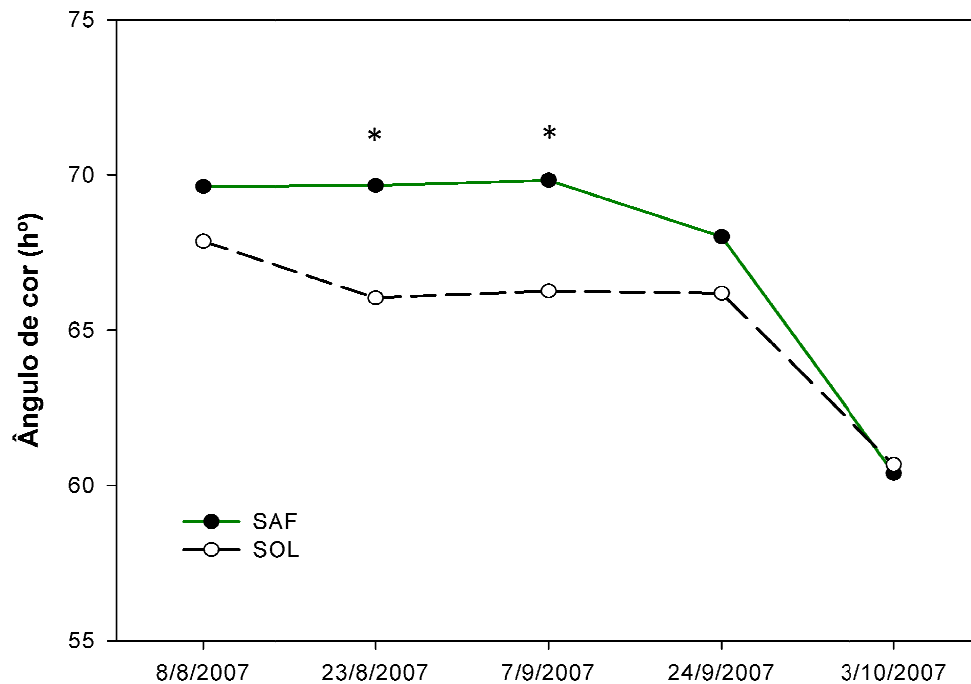


FIGURA 18. Evolução do ângulo de cor (hº) da casca dos frutos de laranjeiras 'Valência' cultivadas sob sistema agroflorestal (SAF) em relação ao cultivo a pleno sol (SOL), na safra de 2007 (\*,  $P < 0,05$ ). Tupandi, RS.

Contudo, parece que a característica ambiental mais importante para a evolução da cor da casca seja a temperatura, onde altas temperaturas favorecem a degradação da clorofila e baixas temperaturas o acúmulo de carotenóides (Davies & Albrigo, 1994). No entanto, temperaturas altas ( $\geq 35$  °C) impedem severamente a síntese de carotenóides (Davies & Albrigo, 1994), temperaturas estas que são facilmente observadas em tecido foliar de plantas cítricas cultivadas em pleno sol (Jifon & Syvertsen, 2001; Cohen *et al.*, 2005), e que são reduzidas em condição de sombreamento devido à maior condutância estomática (Cohen *et al.*, 1997; Jifon &

Syvertsen, 2001; Cohen *et al.*, 2005), fato este que pode explicar de forma parcial os resultados.

#### 4.3.1.2 Safra 2008

O conteúdo de suco (CS), durante a maturação de 2008, foi pouco afetado pelos tratamentos, com valores médios fluando em torno de 50 % em todo o período (Tabela 8).

TABELA 8. Médias e análise estatística do conteúdo de suco (CS), sólidos solúveis totais (SST), acidez total titulável (ATT), índice de maturação (IM), cromaticidade (Cs) e ângulo de cor do suco (h°s) dos frutos de laranjeiras 'Valência' cultivadas sob sistema agroflorestal (SAF) em relação ao cultivo a pleno sol (SOL) durante a sua maturação na safra de 2008 (GDA, graus-dia acumulados). Tupandi, RS.

Data	GDA (°C)	Tratamento	CS ----- % -----	SST	ATT	IM	Cs	h°s
11/06	2343,8	SAF	53,2	9,8	1,88	5,2	9,1	112,6
		SOL	47,6	9,3	1,54	6,1	10,5	112,2
		P>F	*	ns	ns	ns <sup>p=0,054</sup>	**	ns
11/07	2417,5	SAF	50,7	10,7	1,53	7,1	12,1	106,7
		SOL	51,6	11,4	1,29	8,9	11,6	108,8
		P>F	ns	*	*	*	ns	*
08/08	2499,1	SAF	50,4	10,6	1,09	9,7	12,5	109,6
		SOL	51,9	11,4	0,98	11,8	13,2	110,0
		P>F	ns	**	ns	*	ns	ns
23/08	2556,9	SAF	52,9	10,6	0,97	11,0	13,4	107,5
		SOL	51,8	11,2	0,87	12,8	13,2	108,1
		P>F	ns	ns	ns	*	ns	ns
16/09	2643,3	SAF	50,6	10,8	0,90	12,0	15,0	108,2
		SOL	49,7	11,9	0,97	12,3	13,8	109,3
		P>F	ns	**	ns	ns	ns	ns
08/10	2747,9	SAF	48,9	12,2	0,83	14,8	nd	nd
		SOL	50,9	12,1	0,79	15,4	nd	nd
		P>F	ns	ns	ns	ns	-	-

\*, P < 0,05; \*\*, P < 0,01; ns, não significativo; nd, não determinado.

Os teores de sólidos solúveis totais (SST) foram afetados pelos tratamentos na maior parte das amostragens realizadas, onde os frutos provenientes do tratamento SOL obtiveram valores superiores aos do tratamento SAF, sendo que no fim do período avaliado não houve diferenças entre os dois tratamentos (Tabela 8). O comportamento dos SSTs foi, para ambos os tratamentos, crescente em relação ao acúmulo de graus-dia (GDA) (Figura 19), onde o melhor ajuste foi obtido com equação polinomial de terceira ordem inversa (Tabela 9).

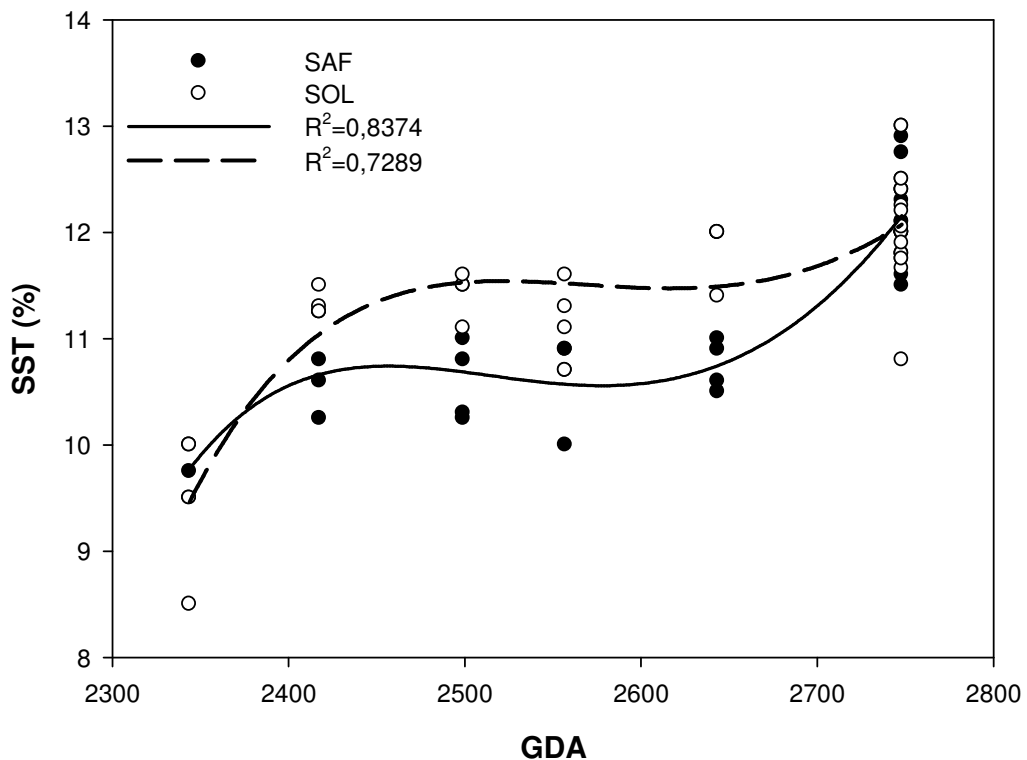


FIGURA 19. Evolução do teor de sólidos solúveis totais (SST) do suco dos frutos de laranjeiras 'Valência' cultivadas sob sistema agroflorestal (SAF, —) em relação ao cultivo a pleno sol (SOL, - -) em função dos graus-dia acumulados, na safra de 2008. Tupandi, RS.

Para esta variável geralmente os melhores ajustes são obtidos através de equações polinomiais quadráticas (Volpe *et al.*, 2000; Sartori *et al.*, 2002; Stenzel *et al.*, 2006). No entanto, em Stenzel *et al.* (2006) o comportamento quadrático dos

SST em relação aos GDA mostrou máximo logo após ao início do período ótimo de colheita considerado pelos autores, nas condições do estado do Paraná, como  $IM \geq 12$ .

TABELA 9. Equações ajustadas de variáveis (V) de qualidade do suco e de cor da casca (Sólidos solúveis totais, SST; acidez total titulável, ATT; índice de maturação, IM; ácido ascórbico, AA; índice de cor da casca, ICC; cromaticidade, C; e ângulo de cor,  $h^0$ ) de frutos da laranja 'Valência' cultivada sob sistema agroflorestal (SAF) em relação ao cultivo a pleno sol (SOL) em função dos graus-dia acumulados (GDA) durante a maturação na safra 2008 (\*\*,  $P < 0,01$ ). Tupandi, RS

V	Trat.	Equação	R <sup>2</sup> **
SST	SAF	$SST = 3,3 \cdot 10^3 - 2,5 \cdot 10^7 / GDA + 6,3 \cdot 10^{10} / GDA^2 - 5,2 \cdot 10^{13} / GDA^3$	0,8374
	SOL	$SST = 2,7 \cdot 10^3 - 2,0 \cdot 10^7 / GDA + 5,2 \cdot 10^{10} / GDA^2 - 4,5 \cdot 10^{13} / GDA^3$	0,7289
ATT	SAF	$ATT = 0,424e^{(464,2/GDA-2035,7)}$	0,9173
	SOL	$ATT = 0,497e^{(319,0/GDA-2064,6)}$	0,8477
IM	SAF	$IM = -47,87 + 0,023 GDA$	0,9004
	SOL	$IM = -39,55 + 0,020 GDA$	0,8190
AA	SAF	$IM = 135,71 - 0,038 GDA$	0,6595
	SOL	$IM = 108,25 - 0,027 GDA$	0,5237
ICC	SAF	$ICC = (1 - 0,0004 GDA) / (0,0463 - 2,40 \cdot 10^{-5} GDA)$	0,9533
	SOL	$ICC = (1 - 0,0004 GDA) / (0,0543 - 2,74 \cdot 10^{-5} GDA)$	0,9697
C	SAF	$C = 13,52 + \frac{25,897}{\left(1 + e^{-\left(\frac{GDA-2180,26}{71,67}\right)}\right)}$	0,9329
	SOL	$C = 13,96 + \frac{24,607}{\left(1 + e^{-\left(\frac{GDA-2177,08}{53,78}\right)}\right)}$	0,9355
$h^0$	SAF	$h^0 = 71,97 + \frac{51,0}{\left(1 + e^{\left(\frac{GDA-2362,8}{30,53}\right)}\right)}$	0,9824
	SOL	$h^0 = 69,65 + \frac{53,23}{\left(1 + e^{\left(\frac{GDA-2343,5}{43,15}\right)}\right)}$	0,9840

A acidez total titulável (ATT) foi afetada pelos tratamentos somente na avaliação realizada no início de julho, onde os frutos do tratamento SAF tiveram os maiores valores (Tabela 8). O comportamento foi decrescente em relação ao



acúmulo de graus-dia (GDA) (Figura 20), onde o melhor ajuste foi obtido com equações de decaimento exponencial com três parâmetros (Tabela 9). Para esta variável, da mesma forma que para o SST, geralmente os melhores ajustes são obtidos através de equações polinomiais quadráticas (Volpe *et al.*, 2000; Sartori *et al.*, 2002; Stenzel *et al.*, 2006)

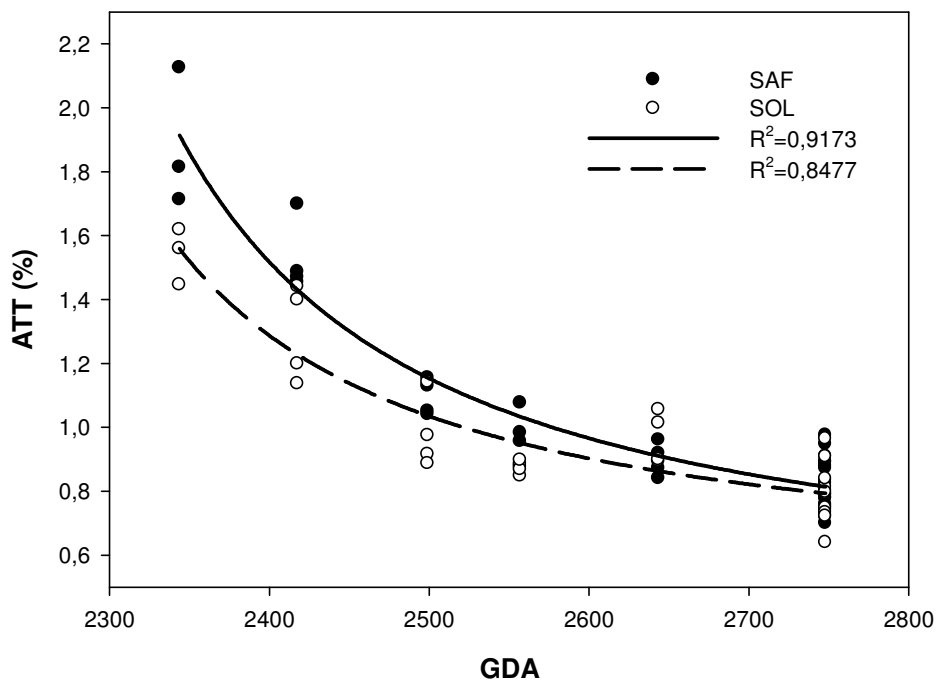


FIGURA 20. Evolução da acidez total titulável (ATT) do suco dos frutos de laranjeiras 'Valência' cultivadas sob sistema agroflorestal (SAF, —) em relação ao cultivo a pleno sol (SOL, - -) em função dos graus-dia acumulados, na safra de 2008. Tupandi, RS.

Os frutos de laranjeiras sob SAF obtiveram os menores valores para índice de maturação (IM) em relação aos provenientes do cultivo em SOL, apenas não havendo diferenças significativas no fim do período avaliado (Tabela 8). O comportamento foi crescente em relação ao acúmulo de graus-dia (GDA) (Figura 21), onde o melhor ajuste foi obtido com equações lineares (Tabela 9). Da mesma forma que o presente trabalho, para Volpe *et al.* (2002) trabalhando com vários anos de dados para laranjeira 'Valência' e 'Natal', e Stenzel *et al.* (2006) trabalhando com

a laranjeira 'Folha Murcha' sob diferentes porta-enxertos, as equações lineares foram as de melhor ajuste para IM em relação aos GDA, para laranjeira 'Valência'.

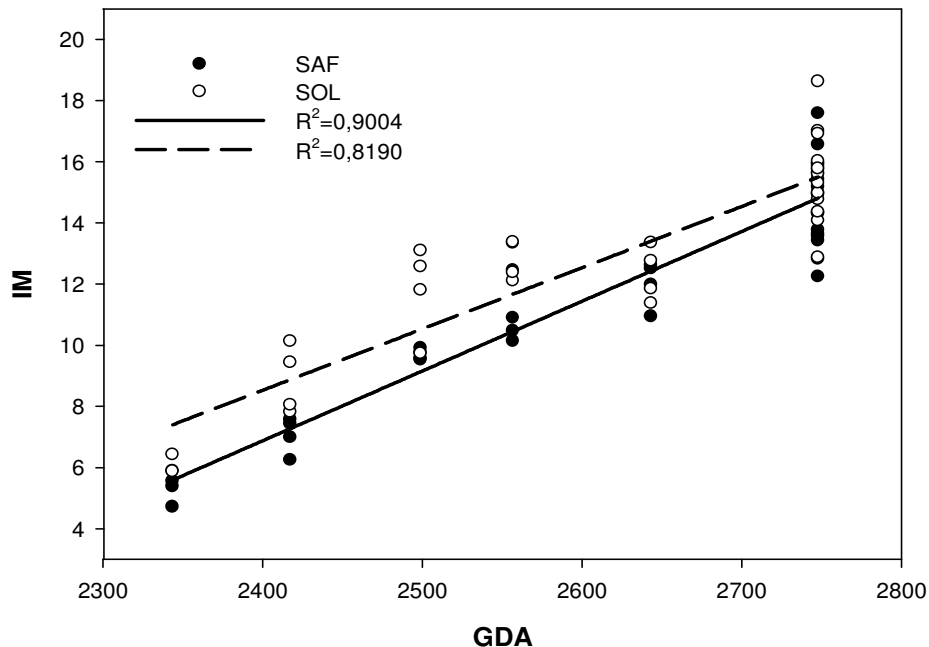


FIGURA 21. Evolução do índice de maturação (IM) do suco dos frutos de laranjeiras 'Valência' cultivadas sob sistema agroflorestal (SAF, —) em relação ao cultivo a pleno sol (SOL, - -) em função dos graus-dia acumulados (GDA), na safra de 2008. Tupandi, RS.

Pode-se observar que o início do período de colheita no tratamento SAF em relação ao SOL foi postergado em 19 dias, ocorrendo em 09/06/2008 em SAF e em 21/05/2008 em SOL. Estes dados destoam dos observados para a média de seis anos obtidos por Sartori *et al.*(2002) que propõe como início da maturação para a laranjeira 'Valência' a primeira quinzena de setembro para a Depressão Central do RS, e também da recomendação de Schwarz (2006) para a segunda quinzena de agosto. Esse comportamento também é visto nos dados da mesma variedade de laranjeira na safra de 2007 (item 4.3.1.1, Tabela 15) onde na primeira avaliação, na primeira quinzena de agosto o IM se encontra entre 8,5 em SAF e 10,3 em SOL.

A cor do suco, avaliada através de sua cromaticidade (Cs) e do ângulo de cor ( $h^{\circ}s$ ), demonstrou ser pouco afetada pelos tratamentos, sofrendo pouca variação ao longo do tempo (Tabela 8).

O acúmulo de GDA desde a plena queda de pétalas nos tratamentos SAF e SOL foram 2.342,2 °C e 2.277,5 °C, respectivamente (Tabela 10)

O IM de 12 foi atingido para laranjeira ‘Folha Murcha’ entre os diversos porta-enxertos, no estado do Paraná, no município de Paranaíba, entre 4400 e 4800 °C acumulados desde a plena floração, e no mesmo trabalho, no município de Londrina, ocorreu entre 4890 e 5100 °C (Stenzel *et al.*, 2006). Já no presente trabalho os dados para os tratamentos SAF e SOL o acúmulo de graus-dia (GDA) desde a queda de pétalas foi de 2.603,0 °C e 2.577,5 °C (Tabela 10).

TABELA 10. Acúmulo de graus-dia (GDA), data do ano e dias após a plena queda de pétalas (DAQP) para o início do período ótimo de colheita, segundo dois critérios de início de maturação, IM = 6 (Sartori *et al.*, 2002) e IM = 12 (Stenzel *et al.*, 2006), 2007/2008. Tupandi, RS.

Tratamentos	Data	Data (DAQP)	Data (DAQP)	GDA até IM = 6	GDA até IM = 12
	Queda de pétalas	IM = 6	IM = 12		
SAF	07/09/2007	09/06/2008 (276)	02/09/2008 (361)	2.342,2	2.603,0
SOL	07/09/2007	21/05/2008 (257)	28/08/2008 (357)	2.277,5	2.577,5

A concentração de ácido ascórbico foi afetada praticamente apenas no fim do período avaliado (colheita), sendo os frutos provenientes do tratamento SOL superiores aos do tratamento SAF. Esta característica teve um comportamento decrescente, acompanhando a ATT (Harding *et al.*, 1940 *apud* Davies & Albrigo, 1994), em relação ao acúmulo de graus-dia (GDA) (Figura 22), sendo o melhor ajuste obtido com equações lineares (Tabela 9).

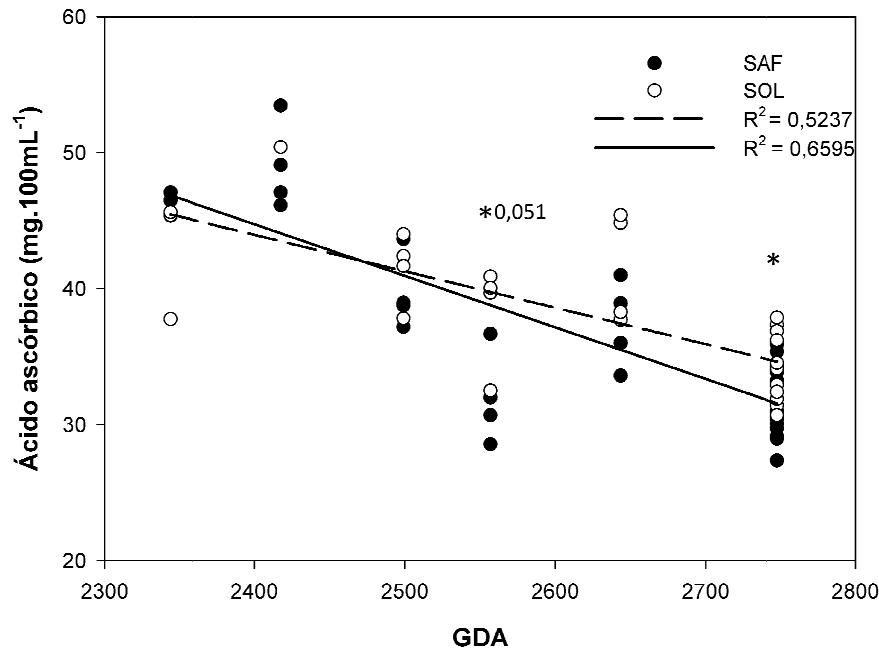


FIGURA 22. Evolução do teor de ácido ascórbico (AA) no suco dos frutos de laranjeiras 'Valência' cultivadas sob sistema agroflorestal (SAF, —) em relação ao cultivo a pleno sol (SOL, - -) em função dos graus-dia acumulados, na safra de 2008 (\*,  $P < 0,05$ ;  $*0,051$ ,  $P = 0,051$ ). Tupandi, RS.

O índice de cor da casca (ICC) foi pouco afetado pelos tratamentos, apesar dos valores serem sempre superiores para os frutos do tratamento SOL em relação aos frutos do tratamento SAF (Figura 23), diferentemente do que ocorreu na safra de 2007 com a mesma variedade (item 4.3.1.1, Figura 16). A cor da casca variou de verde-escuro ( $20 < ICC < 15$ ) até tons amarelo-alaranjados ( $ICC = 5$ ), durante o período avaliado (Figura 23), sendo que o melhor ajuste foi obtido com equações de crescimento racional, com três parâmetros (Tabela 9).

A cromaticidade (C) da casca dos frutos apresentou um crescimento ao longo do tempo até estabilizar a partir de  $GDA = 2400$  °C (julho de 2008) para ambos os tratamentos, entre 38 e 40. Esta variável foi afetada pelos tratamentos apenas no fim do período avaliado (setembro e outubro de 2008), onde os frutos das laranjeiras sob SAF demonstraram uma maior pureza na cor que os provenientes de laranjeiras cultivadas sob SOL (Figura 24), da mesma forma que na safra anterior (item 4.3.1.1,

Figura 17). O melhor ajuste obtido para esta variável foi por meio de ajuste sigmoidal com quatro parâmetros (Tabela 9)

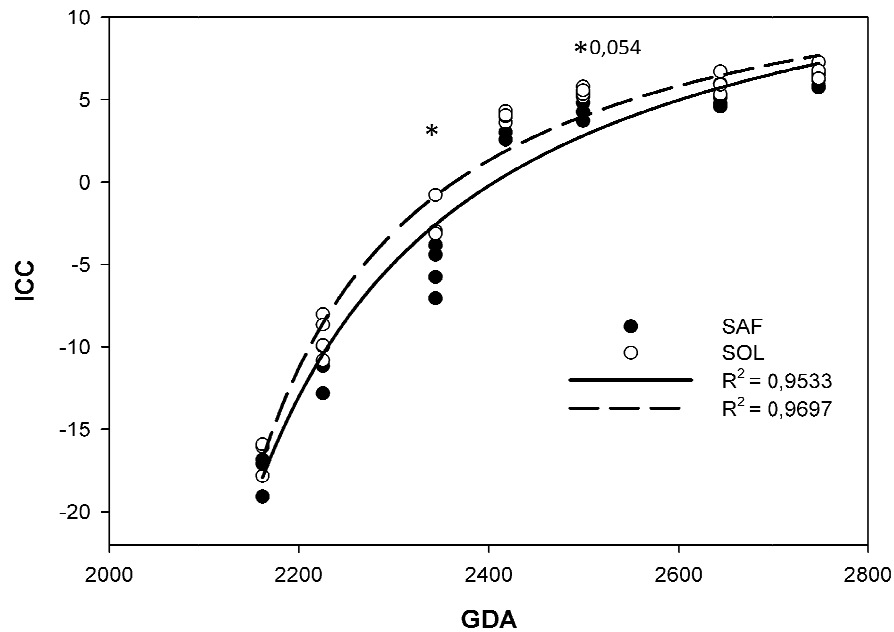


FIGURA 23. Evolução do índice de cor da casca (ICC) dos frutos de laranjeiras 'Valência' cultivadas sob sistema agroflorestal (SAF, —) em relação ao cultivo a pleno sol (SOL, - -) em função dos graus-dia acumulados, na safra de 2008 (\*,  $P < 0,05$ ;  $*0,054$ ,  $P = 0,054$ ). Tupandi, RS.

O ângulo de cor ( $h^\circ$ ) da casca dos frutos provenientes de SAF demonstraram maiores valores que os provenientes de laranjeiras cultivadas em SOL, apenas no início do período avaliado. O ângulo de cor da casca comportou-se de forma decrescente para ambos os tratamentos até  $GD = 2500$  (agosto de 2008), onde os valores estabilizaram em torno de  $70^\circ$  (Figura 25). O melhor ajuste obtido para esta variável foi por meio de ajuste sigmoidal com quatro parâmetros (Tabela 9).

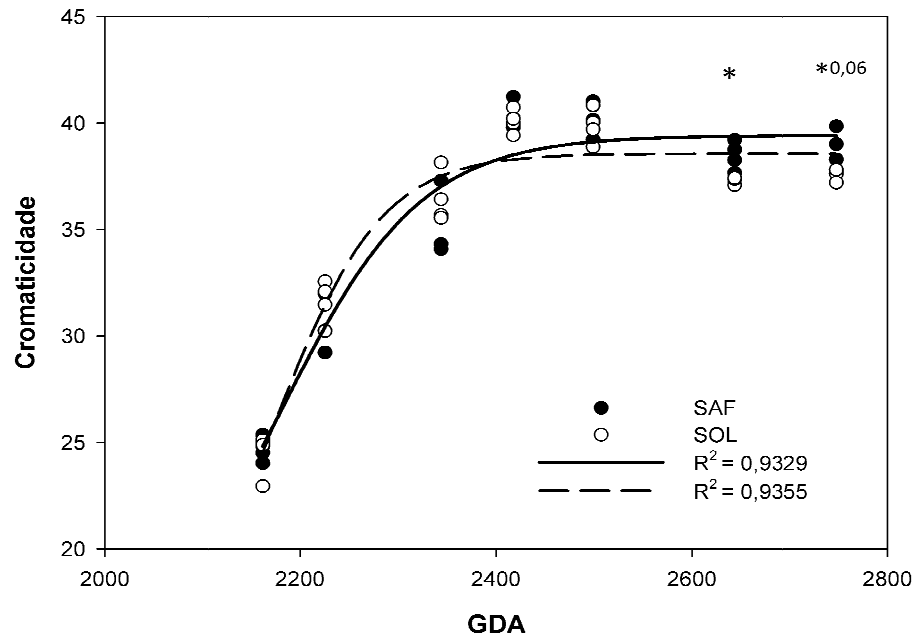


FIGURA 24. Evolução da cromaticidade (C) da casca dos frutos de laranjeiras 'Valência' cultivadas sob sistema agroflorestal (SAF, —) em relação ao cultivo a pleno sol (SOL, - -) em função dos graus-dia acumulados, safra de 2008 (\*,  $P < 0,05$ ;  $^{*0,06}$ ,  $P = 0,06$ ). Tupandi, RS.

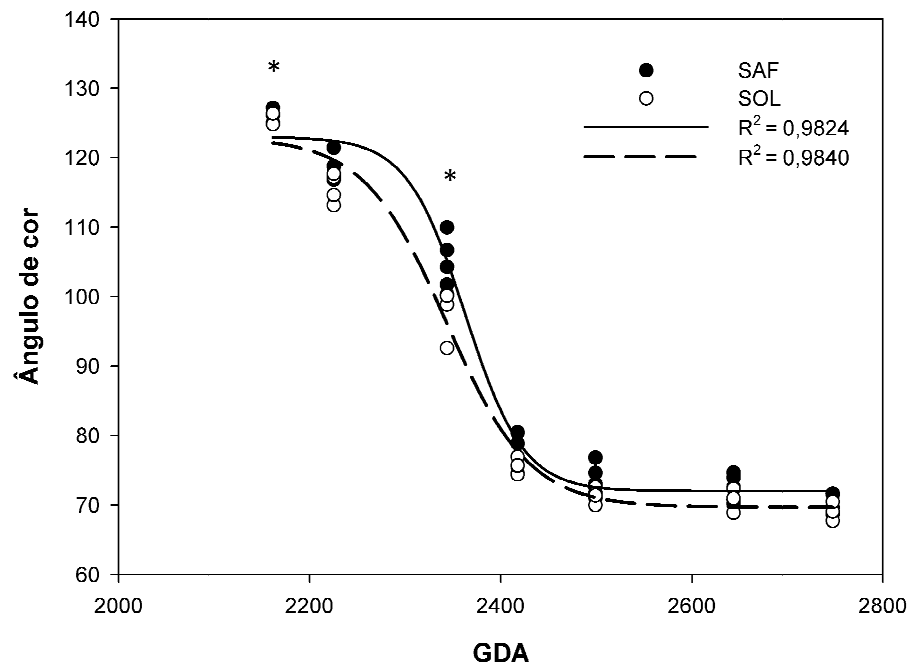


FIGURA 25. Evolução do ângulo de cor ( $h^\circ$ ) da casca dos frutos de laranjeiras 'Valência' cultivadas sob sistema agroflorestal (SAF, —) em relação ao cultivo a pleno sol (SOL, - -) em função dos graus-dia acumulados, na safra de 2008 (\*,  $P < 0,05$ ). Tupandi, RS.

Através do comportamento do ângulo de cor em relação aos GDA pode-se observar mais facilmente a “virada” de cor entre o verde e o laranja que ocorre no ponto de inflexão das curvas ajustadas ( $h^{\circ} = 90^{\circ}$ , amarelo) que corresponde a aproximadamente  $GDA = 2350^{\circ}C$ .

Através da análise das curvas de IM e de  $h^{\circ}$ , pode-se perceber o desacoplamento entre a maturação interna (endocarpo) dos frutos cítricos, a qual é progressiva e de crescimento linear, e a maturação da casca (flavedo, exocarpo), a qual tem comportamento mais brusco quando da “virada” de cor, fazendo com que a literatura considere que estes dois tecidos componentes do mesmo órgão sejam considerados, devido ao comportamento fisiológico durante a maturação, dois órgãos distintos (Spiegel-Roy & Goldschmidt, 1996).

#### **4.3.2 Laranjeira ‘Monte Parnaso’**

##### **4.3.2.1 Safra 2007**

No progresso da maturação dos frutos da laranjeira ‘Monte Parnaso’, o conteúdo de suco dos frutos (CS) não foi afetado pelos tratamentos. No mês de agosto até o início de setembro, os valores de CS variaram de 48 % a 51 %, sendo que, quando da colheita no fim do mês de setembro o CS reduziu para aproximadamente 45 % (Figura 26). Devido a se tratar de uma variedade para o consumo estritamente *in natura*, os valores encontram-se dentro de limites mínimos adequados de qualidade (35 %) para laranjas de umbigo (ESPANHA, 1993).

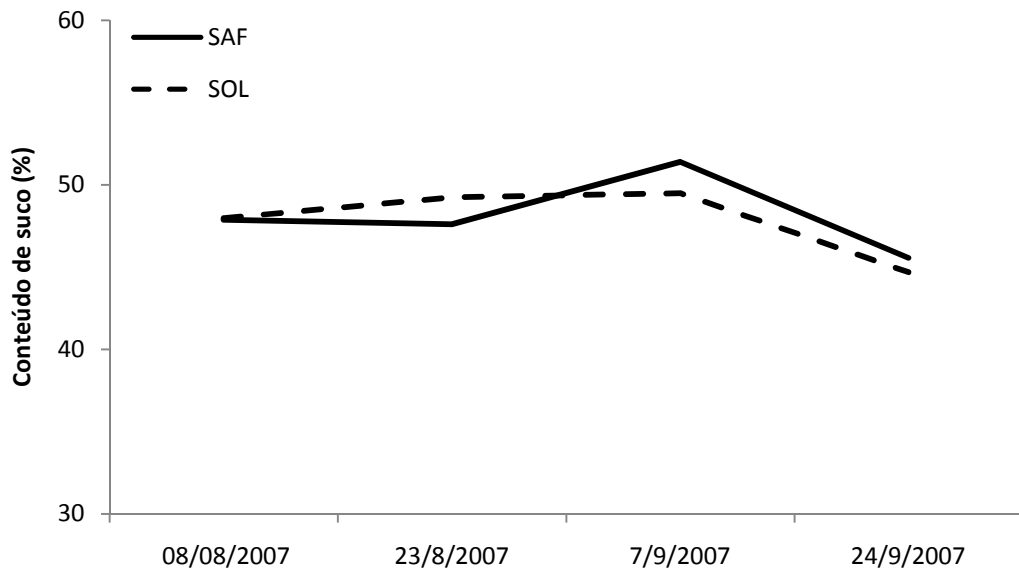


FIGURA 26. Conteúdo de suco (%) ao longo da maturação dos frutos de laranjeiras 'Monte Parnaso' cultivadas sob sistema agroflorestal (SAF) em relação ao cultivo a pleno sol (SOL), na safra de 2007 (ANOVA não-significativa). Tupandi, RS.

O teor de sólidos solúveis totais (SST) também não foi afetado pelos tratamentos ao longo do período de maturação dos frutos, tendo seus valores sempre entre 10,5 % e 11,2 % (Figura 27).

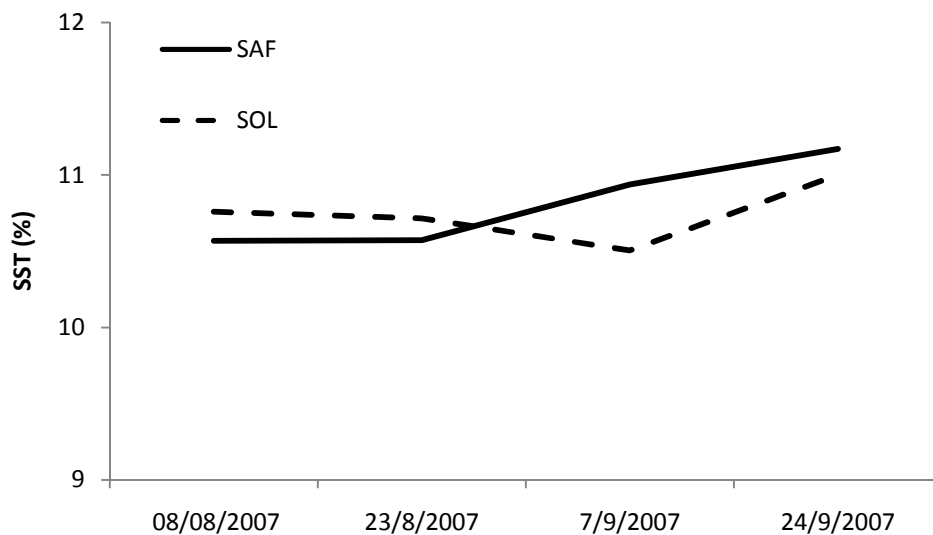


FIGURA 27. Teor de sólidos solúveis totais (SST) ao longo da maturação dos frutos das laranjeiras 'Monte Parnaso' cultivadas sob sistema agroflorestal (SAF) em relação ao cultivo a pleno sol (SOL), na safra de 2007 (ANOVA não-significativa). Tupandi, RS.



A variável acidez total titulável (ATT) foi afetada pelos tratamentos apenas no final do período avaliado, no entanto, os frutos das laranjeiras sob SAF foram, em média, mais ácidos em todo o período (Figura 28). Este comportamento foi similar com o da laranjeira 'Valência' em ambas as safras avaliadas (2007 e 2008), sendo que as diferenças significativas entre os tratamentos na laranjeira 'Valência' ocorrem geralmente no início da maturação. Os valores obtidos (0,9 % a 0,5 %) para esta variável na laranjeira 'Monte Parnaso' se devem a maturação estar já bastante adiantada quando do início das avaliações, segundo o critério de Sartori *et al.*(2002),  $6 < IM < 16$ .

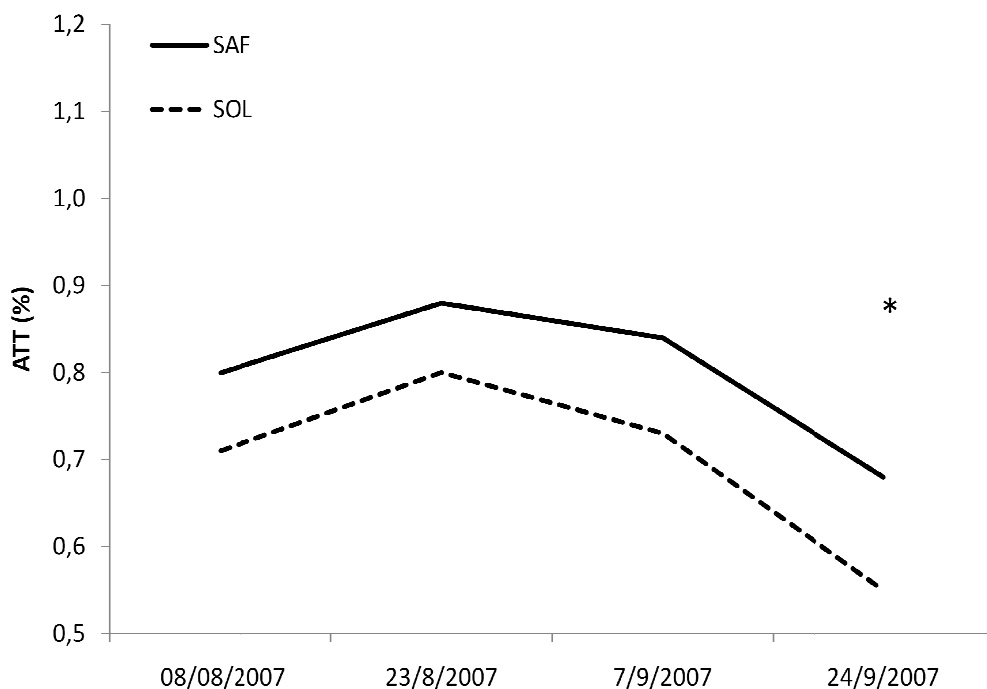


FIGURA 28. Acidez total titulável (ATT) ao longo da maturação dos frutos de laranjeiras 'Monte Parnaso' cultivadas sob sistema agroflorestal (SAF) em relação ao cultivo a pleno sol (SOL), na safra de 2007 (\*,  $P < 0,05$ ). Tupandi, RS.

O índice de maturação (IM), da mesma forma que a ATT, só apresentou diferenças significativas entre os tratamentos no fim do período avaliado, quando da colheita. Os valores entre o início de agosto até a metade de setembro se

mantiveram estáveis (12 IM 14 no tratamento SAF, 14 IM 16 no tratamento SOL), onde os frutos das árvores cultivadas no tratamento SOL sempre se mantiveram pelo menos um ponto percentual superior ao das árvores sob SAF. No fim de setembro, os valores desta variável eram excessivamente altos (IM > 16) em ambos os tratamentos (Figura 29). Estes dados destoam, da mesma forma que os da laranjeira ‘Valência’ para as safras 2007 e 2008, das recomendações propostas por Schwarz (2006), onde o início da colheita ocorreria na primeira quinzena de agosto para a variedade ‘Monte Parnaso’.

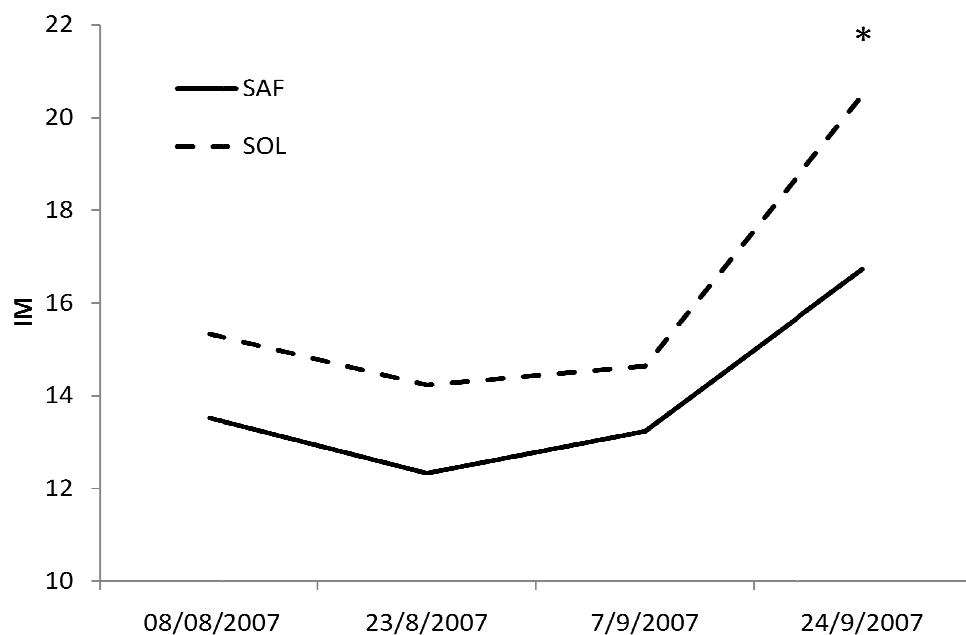


FIGURA 29. Índice de maturação (IM) ao longo da maturação dos frutos de laranjeiras ‘Monte Parnaso’ cultivadas sob sistema agroflorestal (SAF) em relação ao cultivo a pleno sol (SOL), na safra de 2007 (\*,  $P < 0,05$ ). Tupandi, RS.

A pequena variação em SST ao longo do tempo (Figura 27) deve-se, da mesma forma que a laranjeira ‘Valência’ na safra de 2007 (item 4.3.1.1, Figura 13), à maturação já estar avançada quando do início das avaliações.

O índice de cor da casca (ICC) apresentou diferenças significativas entre os tratamentos no fim do período avaliado, sendo superior nos frutos provenientes do tratamento SAF em relação aos do tratamento SOL (Figura 30).

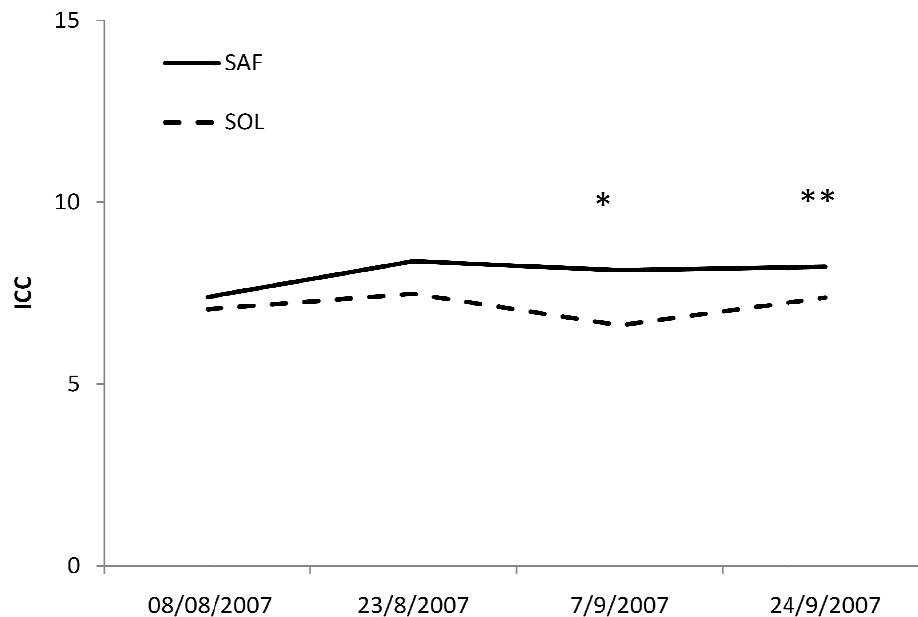


FIGURA 30. Índice de cor da casca (ICC) ao longo da maturação dos frutos de laranjeiras 'Monte Parnaso' cultivadas sob sistema agroflorestal (SAF) em relação ao cultivo a pleno sol (SOL), na safra de 2007 (\*,  $P < 0,05$ ; \*\*,  $P < 0,01$ ). Tupandi, RS.

O ICC nos frutos da laranjeira 'Monte Parnaso' variou muito pouco no período avaliado ( $6,5 < IM < 8,5$ ), sendo que se manteve estável no tratamento SOL e cresceu menos de um ponto percentual entre o início e o fim do período avaliado (Figura 30). O ICC comportou-se de forma oposta nos frutos de laranjeira 'Valência', na safra 2007, onde o tratamentos SOL mostrou valores superiores ao SAF no início do período avaliado (Figura 16)

#### 4.3.2.2 Safra 2008

Na colheita da safra 2008, o conteúdo de suco (CS), o teor de sólidos solúveis totais (SST), a acidez total titulável (ATT), o índice de maturação (IM) e a concentração de ácido ascórbico (AA) não foram afetados pelos tratamentos (Tabela 11).

TABELA 11. Conteúdo de suco (CS), teor de sólidos solúveis totais (SST), acidez total titulável (ATT), índice de maturação (IM), índice de cor da casca (ICC) e concentração de ácido ascórbico (AA) nos frutos de laranjeiras 'Monte Parnaso' sob sistema agroflorestal (SAF) em relação ao cultivo a pleno sol (SOL), em 16 de setembro de 2008. Tupandi, RS.

Tratamentos	CS	SST	ATT	IM	ICC	AA
	----- % -----					(mg 100mL <sup>-1</sup> )
SAF	40,6	11,4	0,59	19,3	6,8	32,6
SOL	41,4	11,8	0,56	22,2	6,1	34,9
P>F	ns	ns	ns	ns	**	ns

\*\* , P < 0,01; ns, não significativo.

A não diferenciação entre os tratamentos quanto ao IM foi resultado da similaridade entre a ATT dos frutos da laranjeira 'Monte Parnaso' em ambos os tratamentos (Tabela 11). O valores similares de ATT entre os tratamentos demonstram uma maturação mais adiantada dos frutos sob SAF neste ano em relação à safra anterior (Figuras 28).

O índice de cor da casca (ICC) foi maior nos frutos provenientes de das laranjeiras sob SAF em relação aos de laranjeiras cultivadas em SOL (Tabela 11), conforme também ocorreu na safra 2007 (Figuras 30). Contudo, da mesma forma que naquela safra não houve diferenças visuais na cor da casca dos frutos.

#### 4.4 Fenologia, qualidade da floração e fixação de frutos

O comportamento fenológico dos tratamentos avaliados foi similar quanto à plena floração (estádio 65), plena queda de pétalas (estádio 67) e início da queda fisiológica de frutos (estádio 73), segundo a escala BBCH (Agustí *et al.*, 1995), ocorrendo no ano de 2007, nas datas 30/08, 07/09 e 09/11, respectivamente para a laranjeira 'Valência' (Tabela 12).

Os tratamentos se distinguiram quanto ao fim da queda fisiológica de frutos (estádio 74, frutos com 40 % do tamanho final) através do gráfico de acompanhamento de queda de frutos pós-florada (Figura 31) e do crescimento dos frutos, sendo que este ocorreu nos dias 08/03/2008 nas plantas do tratamento SOL e 13/03/2008 nas plantas sob SAF (Tabela12).

TABELA 8. Data de ocorrência de alguns estádios fenológicos da floração e desenvolvimento dos frutos da laranjeiras 'Valência' e graus-dia acumulados a partir da plena floração (GDA, °C), segundo escala BBCH (Agustí *et al.*, 1995), sob sistema agroflorestal (SAF) em relação ao cultivo em (SOL), nas florações de 2007 e 2008. Tupandi, RS.

Ano	Tratamento	Estádio Fenológico			
		65 <sup>a</sup>	67 <sup>b</sup>	73 <sup>c</sup>	74 <sup>d</sup>
		----- data (°C) -----			
2007	SAF	30/08	07/09 (61,2)	09/11 (528,1)	13/03/2008 (1799,8)
	SOL				08/03/2008 (1748,1)
2008		25/08	02/09 (40,3)	31/10 (302,2)	nd

<sup>a</sup> plena floração;

<sup>b</sup> plena queda de pétalas;

<sup>c</sup> início da queda fisiológica (natural) de frutos;

<sup>d</sup> fim da queda fisiológica (natural) de frutos.

nd, não determinado.

No ano de 2008, a plena floração, a plena queda das pétalas e o início da queda fisiológica dos frutos foram adiantados em relação ao ano de 2007, muito provavelmente devido a um maior acúmulo de frio no inverno (Agustí & Almela, 1991) (Tabela 12).

A duração dos sub-períodos *plena floração – plena queda de pétalas* e *plena floração – início da queda fisiológica de frutos* não parece estar correlacionado com o acúmulo de graus-dia (GDA) (Tabela 12).

O acompanhamento fenológico da laranjeira ‘Monte Parnaso’ que foi realizado para os estádios 65, 67 e 73 BBCH coincidiu com os mesmos valores da Tabela 12 para a laranjeira ‘Valência’, não sendo distintos os tratamentos quanto a esse parâmetro.

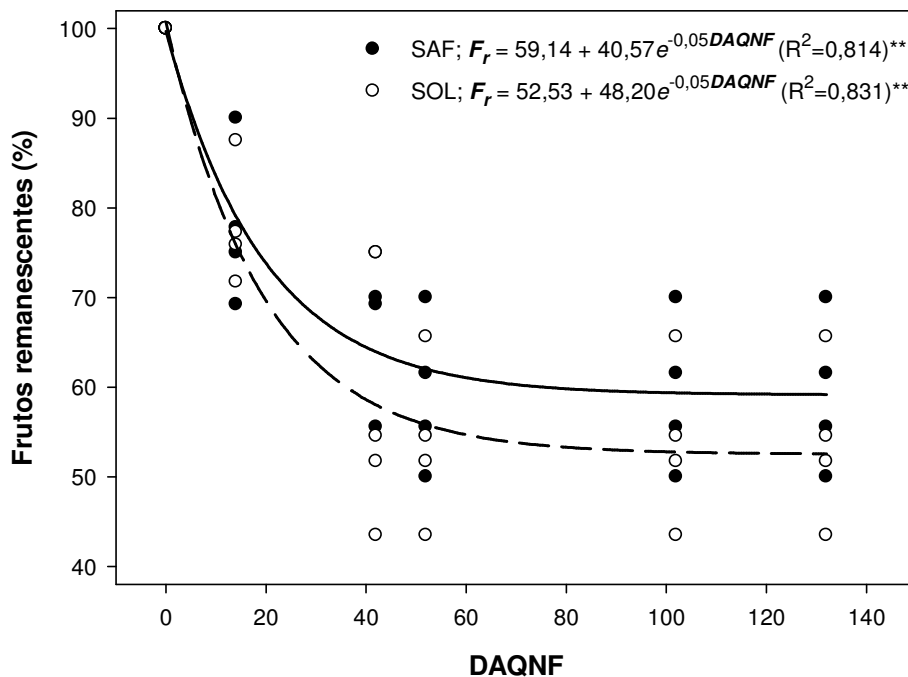


FIGURA 31. Comportamento da queda natural de frutos, expressa em frutos remanescentes, a partir do início da queda natural de frutos (estádio 73 BBHC, 09/11/2007, 63 DAQP) da laranjeira ‘Valência’ cultivada sob sistema agroflorestal (SAF, —) em relação ao cultivo a pleno sol (SOL, - -), na primavera de 2007 (ANOVA não significativa; DAQNF = dias após ao início da queda natural de frutos - estágio 73). Tupandi, RS.

A qualidade da brotação e floração, bem como a fixação de frutos da laranjeira ‘Monte Parnaso’ referente a plena floração de setembro de 2007, pode ser visualizada na Tabela 13.

As plantas em SAF geraram um maior percentual de brotações vegetativas (BV) que as plantas do tratamento SOL, e um menor percentual de brotações sem folhas (somente com flores, BSF). Também se pode distinguir um efeito de redução nas brotações mistas (BM) em SAF a 5,5% de significância (Tabela 13). O percentual de brotações sem folhas com uma flor isolada (BSF [0–1]) e de brotações mistas com uma flor apical e duas ou mais folhas (BM  $[(\geq 2)-(1)]$ ) não foram afetados pelos tratamentos.

TABELA 13. Percentual de gemas (“nós”) brotados (Brotação); percentual de brotos vegetativos (BV), brotos sem folhas (BSF), brotos sem folhas com uma flor isolada (BSF [0–1]), brotos mistos (BM) e brotos mistos com uma flor apical e mais de 2 folhas (BM  $[(\geq 2)-(1)]$ ) em relação ao total de brotação no fluxo primaveril (setembro de 2007); percentual de fixação de frutos até o início da maturação (junho de 2008). Laranjeira ‘Monte Parnaso’. Tupandi, RS.

Variável (%)	SAF	SOL	P>F <sup>a</sup>
Brotação	17,0	18,5	ns
BV	68,6	57,2	**
BSF	20,4	28,0	*
BSF [0–1]	12,0	14,8	ns
BM	11,0	14,8	ns <sup>p=0,055</sup>
BM $[(\geq 2)-(1)]$	3,9	3,5	ns
Fixação de frutos	1,07	0,62	ns

<sup>a</sup>ANOVA não-paramétrica (teste de Kruskal-Wallis)

A fixação de frutos da mesma forma não foi afetada pelos tratamentos, obtendo-se valores bastante baixos (0,62 % e 1,07 %). Contudo, variedades com frutos sem sementes, como ‘Monte Parnaso’, têm percentuais de fixação de frutos inferiores a 10 % podendo-se chegar a valores tão baixos como 0,1 % (Agustí & Almela, 1991), principalmente após anos de alta produção em ciclos de alternância, como no caso do presente estudo (Item 4.2.2, Tabela 6).

Durante o crescimento dos frutos em volume, no caso da laranjeira ‘Valência’, destacaram-se os frutos das laranjeiras sob SOL em relação aos das laranjeiras

cultivadas em SAF. No entanto, no momento da colheita os frutos de ambos os tratamentos se encontravam com volumes similares ( $V_f = 160 \text{ cm}^3$ ) (Figura 32).

A grande exportação de reservas devido à grande produção na safra 2007 pode ter influenciado o crescimento dos frutos. Apesar de não haver diferenças na produção total de frutos (Mt e Nft) em 2008, os frutos do tratamento SAF obtiveram maior massa (M) e tamanho (A e D) (item 4.2.1, Tabela 4).

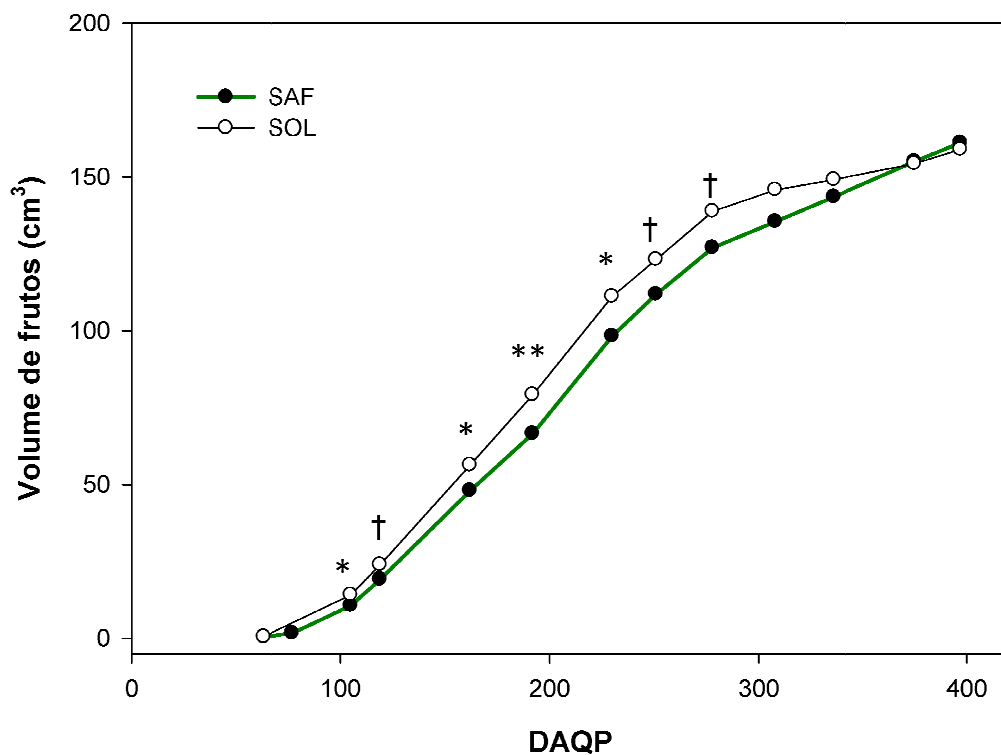


FIGURA 32. Crescimento do volume dos frutos ( $V_f$ ) da laranjeiras 'Valência' cultivadas sob sistema agroflorestal (SAF) em relação ao cultivo a pleno sol (SOL) em função de dias após a plena queda de pétalas (DAQP), 2007/2008 (†,  $P < 0,07$ ; \*,  $P < 0,05$ ; \*\*,  $P < 0,01$ ). Tupandi, RS.

No caso da laranjeira 'Monte Parnaso', ao longo da maturação os tratamentos não se diferenciaram quanto ao volume dos frutos ( $V_f$ ). Somente houve diferenças no momento da colheita (última avaliação), onde os frutos das plantas sob SAF obtiveram valores maiores em relação aos das plantas cultivadas em SOL, à 6,9 %



de probabilidade de erro ( $P = 0,069$ ), sendo eles  $392,5 \text{ cm}^3$  e  $359,8 \text{ cm}^3$ , respectivamente (Figura 33)

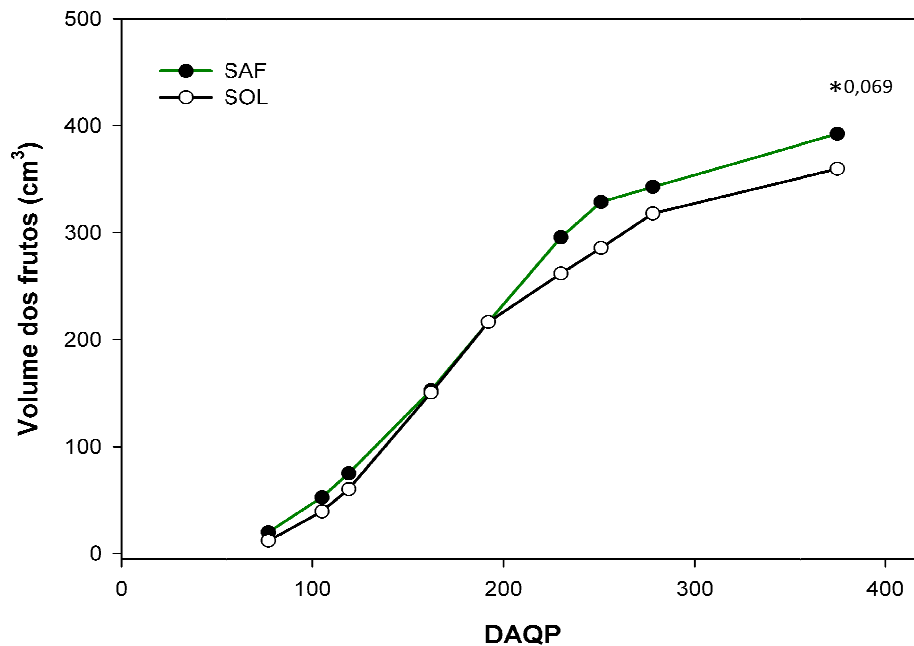


FIGURA 33. Crescimento do volume dos frutos ( $V_f$ ) de laranjeiras ‘Monte Parnaso’ cultivadas sob sistema agroflorestal (SAF) em relação ao cultivo a pleno sol (SOL), 2007/2008 (\* $0,069$ ,  $P = 0,069$ ). Tupandi, RS.

## 4.5 Estado nutricional das laranjeiras

### 4.5.1 Laranjeira ‘Valência’

Os únicos macronutrientes a terem seus teores foliares afetados pelos tratamentos foram o fósforo (P), em ambos os anos de avaliação, e o nitrogênio (N) em 2009 (Tabela 14).

Baseando-se nos intervalos de valores adequados (“Padrão”) propostos para o estado de São Paulo (GRUPO PAULISTA..., 1994; Quaggio et al., 1997), pode-se classificar como nutrientes em níveis abaixo do ótimo, em ambos os anos avaliados, apenas o N e o potássio (K). Já o cálcio (Ca) e o magnésio (Mg) sempre mantiveram

valores superiores ao padrão e P e enxofre (S) apresentaram valores dentro do padrão ou superiores a ele (Tabela 14).

TABELA 14. Teor de macronutrientes no tecido foliar de laranjeiras 'Valência' cultivadas sob sistema agroflorestal (SAF) em relação ao cultivo a pleno sol (SOL) (n = 4). Tupandi, RS.

Ano	Tratamentos	N	P	K	Ca	Mg	S
-----g.kg <sup>-1</sup> -----							
2008	SAF	14,5	1,1	4,4	45,7	4,8	2,0
	SOL	13,8	2,5	4,4	47,3	5,4	2,0
	P>F	ns	**	ns	ns	ns	ns
2009	SAF	18,3	1,4	5,6	66,0	5,1	3,9
	SOL	16,0	3,2	5,2	68,3	5,4	3,3
	P>F	*	**	ns	ns	ns	ns
Padrão <sup>a</sup>		23-27	1,2-1,6	10-15	35-45	3-4	2-3

\*, P < 0,05; \*\*, P < 0,01; <sup>a</sup>, Intervalo adequado (GRUPO PAULISTA...,1994; Quaggio et al. ,1997).

Os teores foliares de N no ano de 2009 obtiveram comportamento similar ao encontrado por Srivastava *et al.* (2007) em pomares de tangerineira (*C. reticulata*) consorciados com outras culturas, em especial soja e grão-de-bico, na Índia. Contudo, no mesmo trabalho, observou-se um incremento de P nas plantas cítricas consorciadas.

Nota-se também que os valores de todos os macronutrientes tiveram um crescimento considerável entre os anos (Tabela 14). No caso do tratamento SAF, pode-se explicar esse fato devido à grande redução da exportação de nutrientes devido a redução na produção total (Mt) entre as safras 2007 e 2008.

Quanto aos teores de micronutrientes no tecido foliar também houve um incremento entre os anos avaliados (Tabela 15).

As concentrações foliares de micronutrientes foram afetadas pelos tratamentos em ambos os anos avaliados, sendo afetados em 2008 os teores de ferro (Fe) e de manganês (Mn), e em 2009 os teores de Mn e Boro (B), se considerado um nível de significância de 5% (P < 0,05). Se considerar-se um nível de significância de 7% (P < 0,07) também será possível se ver diferenças no ano de

2008 nos teores de B, e no ano de 2009 nos teores de cobre (Cu) e de Fe (Tabela 15).

TABELA 15. Teor de micronutrientes no tecido foliar de laranjeiras 'Valência' cultivadas sob sistema agroflorestal (SAF) em relação ao cultivo a pleno sol (SOL) (n = 4). Tupandi, RS.

Ano	Tratamentos	Cu	Zn	Fe	Mn	B	Na
----- mg.kg <sup>-1</sup> -----							
2008	SAF	3,75	11,75	148,5	17,50	108,3	nd
	SOL	3,50	11,50	118,8	12,75	119,0	nd
	P>F	ns	ns	*	**	ns <sup>p=0,061</sup>	-
2009	SAF	5,75	20,25	213,8	22,50	162,8	254,3
	SOL	7,25	20,25	174,8	15,50	195,0	224,0
	P>F	ns <sup>p=0,069</sup>	ns	ns <sup>p=0,059</sup>	*	**	ns
Padrão <sup>a</sup>		4,1 - 10	35 - 50	50 - 120	35 - 50	50 - 100	-

\*, P < 0,05; \*\*, P < 0,01; <sup>a</sup>, Intervalo adequado (GRUPO PAULISTA...,1994; Quaggio et al. ,1997); nd, não determinado.

Os teores de zinco não foram afetados pelos tratamentos, estando em ambos os tratamentos e anos abaixo do nível adequado (Tabela 15).

Os teores de Mn foram superiores no tratamento sob SAF em relação ao teores foliares das laranjeiras cultivadas em SOL, apesar dos níveis para este nutriente terem se mantido abaixo do intervalo ótimo (Tabela 15), sendo esses valores correlacionados com os teores disponíveis de Mn no solo (Tabela 16). Em algumas laranjeiras do tratamento SOL observou-se, como conseqüência do menor teor de Mn nas folhas, sintomas de deficiência de Mn.

Os teores de B em folhas do tratamento SOL apresentaram tendência de serem maiores no tecido foliar de laranjeiras do tratamento SOL em ambos os anos avaliados, apesar dos valores disponíveis no solo não apresentarem diferenças significativas (Tabela 16). Os valores para esse nutriente sempre foram superiores aos níveis adequados propostos pela literatura paulista (GRUPO PAULISTA...,1994; Quaggio et al. ,1997), sendo que no ano de 2009 os valores enquadraram-se como excessivos (> 150 mg.kg<sup>-1</sup>) (Tabela 15).

TABELA 16. Características químicas do solo de pomar de laranjeiras 'Valência' cultivadas sob sistema agroflorestal (SAF) em relação ao cultivo a pleno sol (SOL), ano de 2008 (n = 4). Tupandi, RS.

Tratamentos	pH	Índice SMP	CTC	Saturação de Bases		Al <sup>3+</sup>
				cmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup>	%	
SAF	5,4	5,8	24,1	72,8	0,35	0,35
SOL	5,9	6,2	23,8	84,3	0,00	0,00
P>F	*	ns	ns	ns	Ns	Ns
	MO	P	K	Ca	Mg	
	g.kg <sup>-1</sup>	mg.dm <sup>-3</sup>		cmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup>		
SAF	26	8,9	88	11,5	6,1	
SOL	29	9,3	69	14,0	5,9	
P>F	ns	ns	ns	ns	Ns	
	S	Cu	Zn	Mn	B	
	mg.dm <sup>-3</sup>					
SAF	13,2	4,6	4,8	136	0,6	
SOL	12,3	4,9	4,2	89	0,5	
P>F	ns	ns	ns	ns	Ns	

\*, P < 0,05, ns, não significativo.

Os teores de Fe foram superiores no tecido foliar das laranjeiras sob SAF (Tabela 15) mantendo-se acima do intervalo ótimo, contudo não atingindo a faixa de excesso (GRUPO PAULISTA...,1994; Quaggio et al. ,1997).

Os teores de Cu foram classificados como baixos no ano de 2008, todavia no ano de 2009 adequaram-se ao intervalo ótimo (Tabela 15). No ano de 2009, as concentrações de Cu no tecido foliar no tratamento SOL foram superiores aos observados no tratamento SAF (P = 0,069). Apesar de não haver diferença estatística significativa, os teores de Cu no solo mostram o mesmo comportamento (Tabela 16).

Da mesma forma que o presente trabalho Srivastava *et al.* (2007) encontrou no tecido foliar de tangerineiras maiores teores foliares de Fe naquelas consorciadas com soja, grão-de-bico e *Tagetes erecta* L. e maiores teores de Mn em consórcios com soja e grão-de-bico. Da mesma forma estes autores não encontraram diferenças em teores de Zn e Cu (P < 0,05) entre os tratamentos.

Os rendimentos observados na laranjeira 'Valência', apesar de serem baixos para um pomar comercial, foram bastante interessantes, principalmente no tratamento SAF, devido a não ocorrer nenhuma forma de adubação (química ou orgânica) em qualquer dos tratamentos há mais de 10 anos. Isso possibilita supor que haja algum tipo de aporte de nutrientes devido à interação com o angico-vermelho (componente arbóreo do sistema), já que este é uma leguminosa nativa, a qual possivelmente esteja aportando N ao sistema.

Além disso, pode-se supor que ocorra transferência de nutrientes entre plantas cultivadas em consórcio, fenômeno observado por diversos autores (Chiariello *et al.*, 1982; Caldwell *et al.*, 1985). Possivelmente, as plantas de angico-vermelho, por apresentarem um nicho de absorção de nutrientes do solo diferente das plantas cítricas (provavelmente em camadas mais profundas), possam estar reciclando nutrientes que seriam perdidos por lixiviação (Zhou *et al.*, 2009)

Da mesma forma, os maiores teores de P observados nas laranjeiras a pleno sol, podem estar associados às plantas que compõem a entrelinha e/ou a micorrizas (Chiariello *et al.*, 1982)

Quanto a fertilidade do solo a única variável com diferenças significativas foi o pH, o qual foi superior no tratamento SOL (Tabela 16). Os valores superiores de pH no tratamento SOL determinaram a não detecção de alumínio trocável ( $Al^{3+}$ ) nesse tratamento, enquanto isso o pH do tratamento SAF foi inferior, em média, a 5,5 possibilitando o surgimento de espécies tóxicas de alumínio ( $Al^{3+}$ ) na solução do solo (Meurer, 2000)

#### 4.5.2 Laranjeira ‘Monte Parnaso’

Os teores foliares de N, Zn e Mn, avaliados em 2009, foram inferiores ao intervalo adequado (GRUPO PAULISTA...,1994; Quaggio et al. ,1997), enquanto os teores foliares de K, Ca, Mg, S, Cu e B mantiveram-se dentro do intervalo adequado (Tabela 17).

A concentração de Fe em tecido foliar de ambos os tratamentos e de P no tratamento SOL atingiram valores considerados excessivos ( $Fe > 200 \text{ mg.kg}^{-1}$  e  $P > 2,0 \text{ mg.kg}^{-1}$ ) (GRUPO PAULISTA...,1994; Quaggio et al. ,1997).

Na laranjeira ‘Monte Parnaso’ os teores de Mn e Fe foram muito similares entre os tratamentos, diferentemente do que ocorreu para a laranjeira ‘Valência’ (item 4.5.1, Tabela 15)

TABELA 17. Teor de macro e micronutrientes no tecido foliar de laranjeiras ‘Monte Parnaso’ cultivadas sob sistema agroflorestal (SAF) em relação ao cultivo a pleno sol (SOL), em 2009. Tupandi, RS.

Tratamentos	N	P	K	Ca	Mg	S
	-----g.kg <sup>-1</sup> -----					
SAF	19	1,3	13	41	3,1	2,0
SOL	17	2,8	13	39	3,6	1,9
Padrão <sup>a</sup>	23 - 27	1,2 - 1,6	10 - 15	35 - 45	3 - 4	2 - 3
	Cu	Zn	Fe	Mn	B	Na
	-----mg.kg <sup>-1</sup> -----					
SAF	6	20	242	20	79	197
SOL	6	19	241	19	83	192
Padrão <sup>a</sup>	4,1 - 10	35 - 50	50 - 120	35 - 50	50 - 100	-

<sup>a</sup>, Intervalo adequado (GRUPO PAULISTA...,1994; Quaggio et al. ,1997).

A condição química do solo do experimento com laranjeiras ‘Monte Parnaso’ foi bastante similar ao do com laranjeiras ‘Valência’, a não ser pela ausência de alumínio trocável e pelos maiores teores de P (Tabela 18), os quais explicam, neste caso, os maiores teores de P no tecido foliar (Tabela 17).

TABELA 18. Características químicas do solo de pomar de laranjeiras 'Monte Parnaso' cultivadas sob sistema agroflorestal (SAF) em relação ao cultivo a pleno sol (SOL), ano de 2008. Tupandi, RS.

Tratamentos	pH	Índice SMP	CTC cmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup>	Saturação de Bases	Al <sup>3+</sup> cmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup>
				%	
SAF	5,5	5,9	26,5	81	0
SOL	5,7	6,0	24,7	82	0
	MO g.kg <sup>-1</sup>	P ----- mg.dm <sup>-3</sup> -----	K	Ca	Mg
				----- cmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup> -----	
SAF	2,3	4,8	117	13,3	7,9
SOL	3,2	11,0	73	14,0	6,0
	S	Cu	Zn	Mn	B
			----- mg.dm <sup>-3</sup> -----		
SAF	7,1	3,4	2,5	86	0,5
SOL	13	4,7	4,5	110	0,7

## 4.6 Ocorrência de doenças

### 4.6.1 Pinta-preta

Tanto a incidência (*I*) como a severidade (*S*) dos sintomas de pinta-preta em frutos de laranjeira 'Valência' foram afetados em praticamente todo o período avaliado (Figuras 34 e 35). Sendo que no momento da colheita (08/10/2008), os frutos das laranjeiras 'Valência' sob SAF e cultivado em SOL encontravam-se com incidências de 75,4 % e 91,2 %, respectivamente, reduzindo-se em mais de 17 % a incidência de sintomas de pinta-preta ao cultivar-se sob SAF (Figura 34).

Da mesma forma, a severidade foi sempre inferior entre os frutos provenientes do tratamento SAF, sendo que no momento da colheita, em uma escala de 0 a 5, a nota média de severidade dos frutos do tratamento SAF foi 1,9, enquanto nos frutos do tratamento SOL foi 3,5, obtendo o cultivo sob SAF a redução da severidade em 46 % (Figura 35).

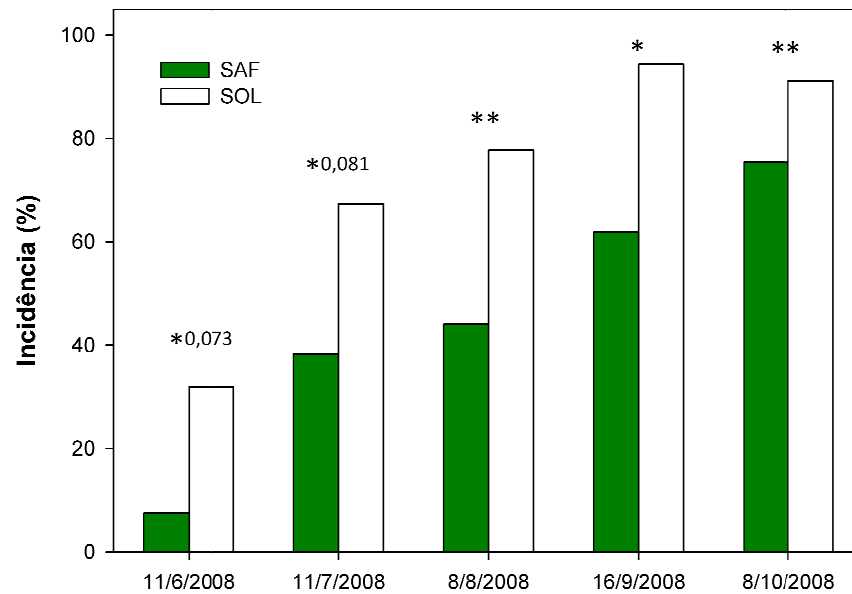


FIGURA 34. Incidência de sintomas de pinta-preta em frutos de laranjeiras 'Valência' cultivadas sob sistema agroflorestal (SAF) em relação ao cultivo a pleno sol (SOL), na safra 2008 (\*<sup>0,073</sup>, P = 0,073; \*<sup>0,081</sup>, P < 0,081; \*, P < 0,05; \*\*, P < 0,01). Tupandi, RS.

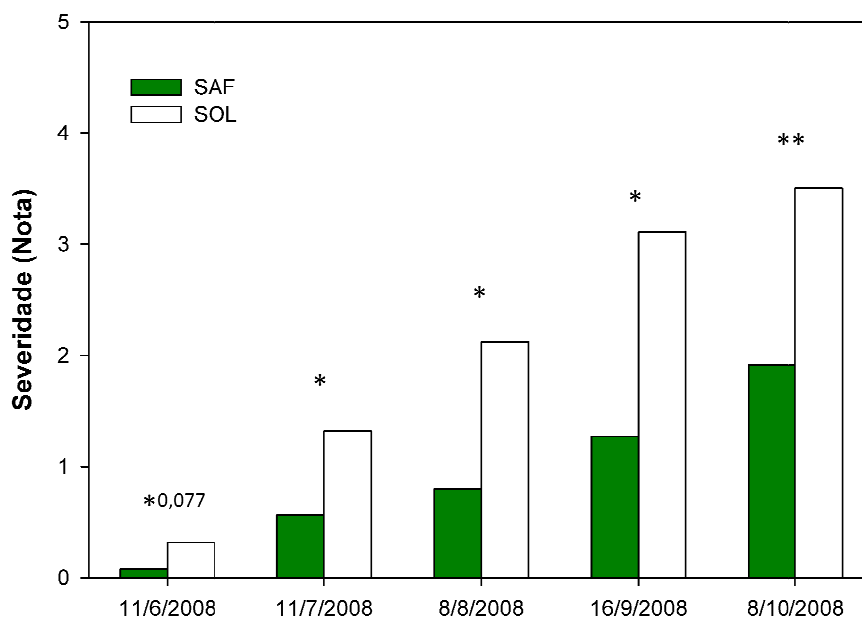


FIGURA 35. Severidade de sintomas de pinta-preta em frutos de laranjeiras 'Valência' cultivadas sob sistema agroflorestal (SAF) em relação ao cultivo a pleno sol (SOL), na safra 2008 (\*<sup>0,077</sup>, P = 0,077; \*, P < 0,05; \*\*, P < 0,01). Tupandi, RS.



A incidência de sintomas de pinta-preta em frutos (*I*), na cultivar ‘Monte Parnaso’, medida na colheita de 2008, não variou entre os tratamentos significativamente. O valor médio da incidência nos frutos das laranjeiras sob SAF foi de 79,6 % e no tratamento SOL foi 82,2 %.

O efeito do cultivo sob o sistema agroflorestal (SAF) resulta em uma menor queda pré-colheita de frutos (item 4.2.1, Figura 9), já que um dos principais danos desta doença é o incremento de queda pré-colheita de frutos, quando ocorre ataque em níveis severos (Rossetti, 2001).

As grandes incidências observadas na laranjeira ‘Valência’ (Figura 34), bem como na laranjeira ‘Monte Parnaso’ são devidas a não adoção de medidas de controle específicas, na condição em que se encontrava o experimento. Contudo, Sposito *et al.* (2004) obteve para laranjeiras ‘Valência’, ‘Hamlin’ e ‘Pêra’ valores de incidência acima de 80 %, em condições de alta pressão de inóculo, em Mogi Guaçu, SP.

O efeito do sistema agroflorestal (SAF) sobre a redução dos sintomas da pinta-preta em frutos se deve à atenuação da radiação solar transmitida ao nível dos frutos diretamente sobre os mesmos (item 4.1.2, Figura 4), devido ao sombreamento dos angicos sobre a copa da planta cítrica, já que a expressão de sintomas desta doença é favorecida por radiação solar intensa diretamente sobre o fruto (Feichtenberger, 1996)

Além disso, há um efeito indireto devido ao processo de maturação mais tardio que ocorre nos frutos de laranjeira ‘Valencia’ sob SAF. Este efeito se dá sobre as características de evolução da maturação externa dos frutos, já que o fungo *G. citricarpa* permanece na região subcuticular na forma de um micélio quiescente,

posteriormente a infecção (Feichtenberger, 1996) e os sintomas da doença, em frutos, restringem-se apenas ao flavedo (Cardoso Filho, 2003).

A partir disso ajustou-se, para as variáveis incidência ( $I$ ) e severidade ( $S$ ), equações de crescimento exponencial em função do índice de cor da casca (ICC). Obteve-se para variável incidência ( $I$ ) coeficientes de determinação ( $R^2$ ) de 0,7700 e 0,7774, nos tratamentos SOL e SAF, respectivamente (Figuras 36). Já para a variável severidade ( $S$ ) os coeficientes de determinação ( $R^2$ ) para o tratamento SAF foi de 0,6899 e 0,8467 para o tratamento SOL (Figuras 37).

Trabalhando com laranjeiras ‘Valência’, ‘Hamlin’ e ‘Pêra’, Sposito *et al.* (2004) ajustou equações polinomiais quadráticas para incidência e severidade em função da cor da casca (ICC), com coeficientes de determinação sempre superiores ( $R^2$ ) a 0,90.

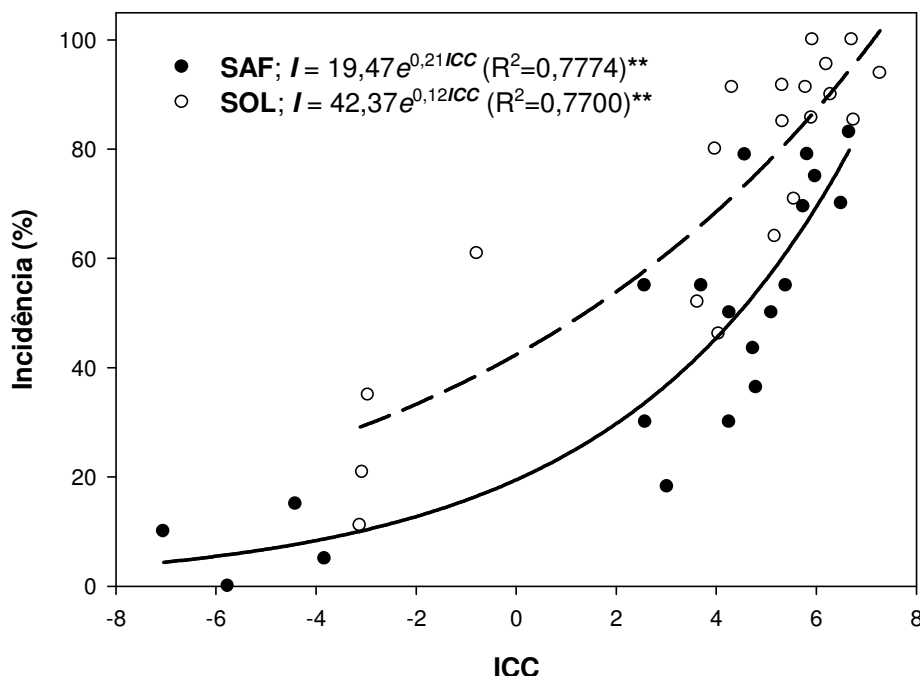


FIGURA 36. Incidência de sintomas de pinta-preta em frutos de laranjeiras ‘Valência’ cultivadas sob sistema agroflorestal (SAF, —) em relação ao cultivo a pleno sol (SOL, - -) em função do índice de cor da casca (ICC), na safra 2008. Tupandi, RS.

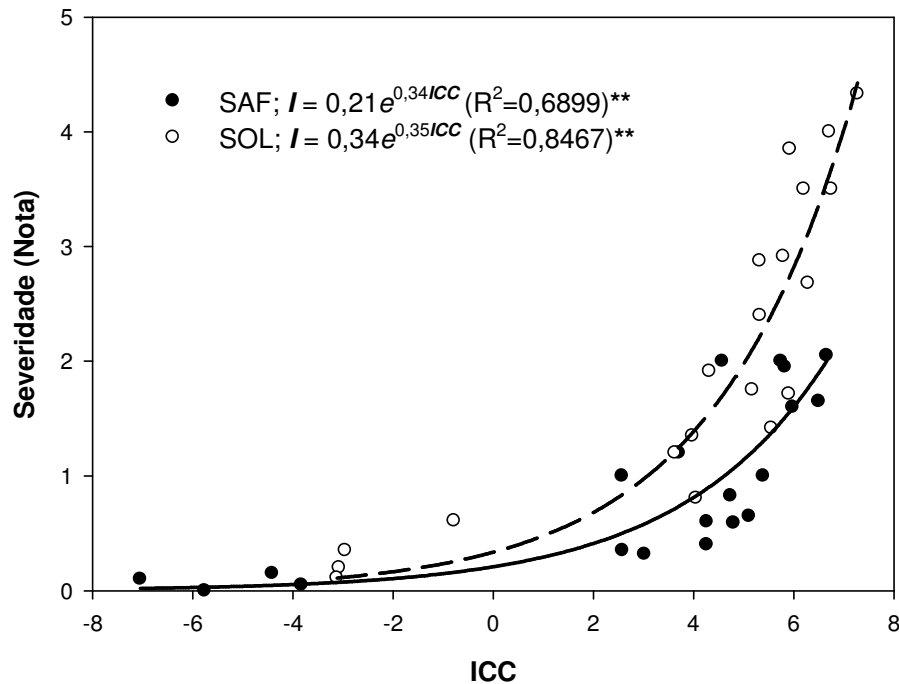


FIGURA 37. Severidade de sintomas de pinta-preta em frutos de laranjeiras 'Valência' cultivadas sob sistema agroflorestal (SAF, —) em relação ao cultivo a pleno sol (SOL, - -) em função do índice de cor da casca (ICC), na safra 2008. Tupandi, RS.

Diferentemente do presente trabalho, os valores de intensidade de doença (intensidade e severidade) tenderam a um máximo já em valores de ICC negativos, tendo um comportamento de crescimento em taxas decrescentes (coeficiente angular negativo) dentro do domínio avaliado pelos autores ( $-12 \leq ICC \leq 8$ ) para as variedades 'Valência' e 'Pera'. Já para a laranjeira 'Hamlin', apesar de um ajuste quadrático, tiveram um comportamento de crescimento próximo ao linear (Sposito *et al.*, 2004).

#### 4.6.2 Queda anormal de frutos jovens

No início de novembro de 2008, avaliou-se, em ambos os tratamentos, a retenção de cálices de frutos caídos (Tabela 19). Obteve-se nos ramos marcados

das árvores sob SAF as maiores quantidades de cálices retidos por ramo e maior porcentagem de cálices retidos (Tabela 19).

Estas variáveis são importantes, pois, a manutenção do cálice de um fruto caído evidencia uma queda não-fisiológica do fruto, se tratando muito provavelmente de um sintoma da queda anormal de frutos jovens, também conhecida como podridão floral ou por estrelinha, causada por *Colletotrichum acutatum* Simmonds (Rossetti, 2001; Laranjeira *et al.*, 2005).

TABELA 19. Cálices retidos por ramo (CRr) e percentual de cálices retidos (CR) durante a queda fisiológica de frutos em 2008, em ramos de laranjeiras 'Valência' sob sistema agroflorestal (SAF) em relação ao cultivo em (SOL). Tupandi, RS.

Tratamento	CRr (nº)	CR (%)
SAF	56,3	34,9
SOL	13,3	14,0
P>F	*	*

\*, P < 0,05.

Esta doença está muito associada a períodos longos de molhamento foliar (10 a 12 h) e temperatura entre 24 °C e 28 °C, sendo disseminada principalmente por respingos de água da chuva (Rossetti, 2001; Laranjeira *et al.*, 2005), e o fato das plantas sob SAF apresentarem um maior percentual de cálices retidos (CR) está, provavelmente, associada a um maior período de molhamento foliar neste tratamento, devido à menor radiação incidente nas copas das laranjeira e a possíveis prolongamentos de precipitação decorrentes da interceptação pelo dossel superior (angicos-vermelhos) característico deste tratamento. Outro fator que pode contribuir para explicar tal resultado é a maior presença de inóculo nas plantas sob SAF, principalmente devido ao principal sintoma (“estrelinhas”) que ocorrem em

maior quantidade (Tabela 19) neste tratamento, os quais permitem a sobrevivência do patógeno por períodos prolongados (Feichtenberger et al., 1997).

## 5 CONCLUSÕES

O cultivo de laranjeiras em sistema agroflorestal caracterizado pela redução da RFA incidente sobre as plantas cítricas, não altera significativamente a temperatura e a umidade relativa do ar no nível dos frutos.

O rendimento de frutos cítricos em sistema agroflorestal é maior em laranjeira 'Valência' e similar em 'Monte Parnaso', na média das safras, em relação ao cultivo em pleno sol.

O processo de maturação interna dos frutos cítricos é alterado pelo cultivo sob sistema agroflorestal, no qual é mais tardio.

A mudança na coloração da casca dos frutos é atrasada em laranjeira 'Valência' pelo cultivo em SAF.

A ocorrência dos estádios fenológicos ligados à floração e ao desenvolvimento de fruto, bem como o intervalo entre eles não foi alterado pelos sistemas de cultivo (SAF e SOL).

O estado nutricional das plantas cítricas é afetado pelo cultivo em sistema agroflorestal, havendo incremento de absorção em alguns nutrientes (Mn, Fe e N) e redução de outros (B e P), em relação ao cultivo em pleno sol.

A evolução da intensidade e severidade dos sintomas de pinta-preta (*Guignardia citricarpa* Kiely) em frutos, ao longo de sua maturação, é atenuada pelo cultivo em sistema agroflorestal, reduzindo a queda pré-colheita de frutos e melhorando a aparência externa dos frutos. Por outro lado, há um favorecimento da ocorrência de sintomas da queda prematura de frutos jovens (*Colletotrichum acutatum* Simmonds) nesse sistema de cultivo.

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUSTÍ, M.; ALMELA, V. **Aplicación de fitorreguladores en citricultura**. Barcelona: AEDOS, 1991. 263 p.

AGUSTÍ, M.; ZARAGOZA, S.; BLEIHOLDER, H.; BUHR, L.; HACK, H.; KLOSE, R.; STAUB, R. Escala BBCH para la descripción de los estadios fenológicos del desarrollo de los agrios (Gén. Citrus). **Levante Agrícola**, Valencia, v. 332, p. 189 – 199, 1995.

AIYELAAGBE, I.O.O. Fruitcrops in the cashew-coconut system of Kenya: their use, management and agroforestry potential. **Agroforestry Systems**, Nairobi, v.27, n.1, p.1-16, 1994.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa DAS 38, de 14 de outubro de 1999. Estabelece a lista de pragas quarentenárias A1, A2 e as não quarentenárias regulamentadas. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 26 outubro de 1999. Disponível em: <[http://www.institutohorus.org.br/download/Marcos\\_legais/Instrucao\\_Normativa\\_SDA\\_n\\_38\\_de\\_14\\_de\\_Outubro\\_de\\_1999.htm](http://www.institutohorus.org.br/download/Marcos_legais/Instrucao_Normativa_SDA_n_38_de_14_de_Outubro_de_1999.htm)>. Acesso em: 14 abr. 2009.

BOS, M.M.; STEFFAN-DEWENTER, I.; TSCHARNTKE, T. Shade tree management affects fruit abortion, insect pests and pathogens of cacao. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, Zurich, v.120, p.201–205, 2007.

CALDWELLI, M.M.; EISSENSTAT, D.M.; RICHARDS, J.H.; ALLEN, M.F. Competition for phosphorus differential uptake from dual-isotope-labeled soil interspaces between shrub and grass. **Science**, Washington, v. 229, p. 384-386, 1985.

CARDOSO FILHO, J.A. **Efeito de extratos de albedo de laranja (*Citrus sinensis*) e dos indutores de resistência ácido salicílico, acilbenzolar-s-metil e *Saccharomyces cerevisiae* no controle de *Phyllosticta citricarpa* (teleomorfo: *Guignardia citricarpa*)**. 125 f. 2003. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

CHIARIELLO, N.; HICKMAN, J.C.; MOONEY, H. A. Endomycorrhizal role for interspecific transfer of phosphorus in a community of annual plants. **Science**, Washington, v. 217, p. 941–943, 1982.

COHEN, S.; MORESHET, S.; LE GUIOLLOU, L.; SIMON, J-C.; COHEN, M. Response of citrus tree to modified radiation regime in semi-arid conditions. **Journal of Experimental Botany**, Lancaster, v.48, n. 306, p. 35-44, 1997.

COHEN, S.; RAVEH, E.; LI, Y.; GRAVA, A.; GOLDSCHMIDT, E. E. Physiological responses of leaves, tree growth and fruit yield of grapefruit trees under reflective shade screens. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v.107, p. 25-35, 2005.

DAVIES, F.S.; ALBRIGO, L.G.; **Citrus**. Wallingford, UK: CAB International, 1994. 254p.

EMBRAPA-CNPS. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro: EMBRAPA-CNPS, 1999. 412 p.

ESCAMILA-PRADO, E. et al. Evaluacion integral de dos sistemas de producción de café en Veracruz, México. SIMPOSIO LATINOAMERICANO DE CAFEICULTURA, 18. San José, Costa Rica, 1997. **Memoria**. San José, Costa Rica: IICA Miscellaneous Publication, 1997. p. 135-139.

ESPAÑA. Ministerio de Agricultura, Pesca e Alimentação, Secretaria de Pesca e Alimentação. **Normas de calidad para cítricos**. Madrid, 1993. 43 p. (Folleto Interpretativo)

FEICHTENBERGER, E. Mancha preta dos citros no Estado de São Paulo. **Laranja**, Cordeirópolis, v.17, p. 93-108, 1996.

FEICHTENBERGER, E.; MULLER, G.W.; GUIRADO, N. Doenças dos citros. In: KIMATI, H.; AMORIM, L., BERGAMIN FILHO, A.; CAMARGO, L.E.A.; REZENDE, J.A.M. (Ed.). **Manual de Fitopatologia**. 3.ed. São Paulo: Ceres, 1997. Vol. 2, cap. 25, p. 261-296

GARCÍA-SÁNCHEZ, F.; SYVERTSEN, J. P.; MARTÍNEZ, V.; MELGAR, J. C. Salinity tolerance of 'Valencia' orange trees on rootstock with contrasting salt tolerance is not improved by moderate shade. **Journal of Experimental Botany**, Lancaster, v.57, n. 14, p. 3697–3706, 2006.

GERMANA, C.; CONTINELLA, A.; TRIBULATO, E. Bio-agronomic effects of net shading on 'Primosole' mandarin. **Acta Horticulture**, Wageningen, v. 559, p. 293-300, 2001.

GERMANA, C.; CONTINELLA, A.; TRIBULATO, E. Net shading influence on floral induction on citrus trees. **Acta Horticulture**, Wageningen, v. 614, p. 527-533, 2003.

GHAWADE, S.M. et al. Effect of shade by Windbreak and direction of fruits on tree on fruit quality in Nagpur mandarin (*Citrus reticulata* Blanco). **Agricultural Science Digest**, Akola, v.20, n.2, p. 78-80, 2000.



GRAHAM, J. H. et al. *Xanthomonas axonopodis* pv. *citri*: factors affecting successful eradication of citrus canker. **Molecular Plant Pathology**, Bristol, v.5, n.1, p.1–15, 2004.

HANAMASHETTI, S.I.; NADAGOUDAR, B.S.; DEVARANAVADAGI, S.B.; NALWADI, U.G.; HULMANI, N.C. Effects of different fast growing forest species on growth and yield of interplanted mandarins (*Citrus reticulata* Blanco). **South Indian Horticulturae**, Dharwad, v. 35, n.3, p.266-267, 1987.

HARDING, P.L.; WINSTON, J.R.; FISHER, D.F. **Seasonal changes in florida oranges**. Washinton, D.C. : USDA, 1940. (USDA technical Bulletin, nº 753)

HUSSEIN, F.A.; BADER, S.M.; AL QUADI, M.T.; SAMARMED, E.N. Vegetative growth and fruiting characteristics of orange, *Citrus sinensis* (L.) Osbeck, interplanted with date palm tree subjected to various levels of pruning. **Date Palm Journal**, Bagdad, v.6, n.2, p.295-296, 1988.

JIFON, J. L.; SYVERTSEN, J.P. Effects of moderate shade on citrus leaf gas exchange, fruit yield, and quality. **Proceedings of the Florida State Horticultural Society**, Lake Alfred, v.114, p. 177-181, 2001.

JIFON, J. L.; SYVERTSEN, J.P. Moderate shade can increase net gas exchange and reduce photoinhibition in citrus leaves. **Tree Physiology**, Lancaster, v.23, p. 119-127, 2003.

JIMENEZES-CUESTA, M.; CUQUERELLA, J.; MARTINEZ-JÁVAGA. Determination of a color index for Citrus fruit degreening. **Proceedings of the International Society of Citriculture**, Tokyo, v.2, p.750-753, 1981.

KATO, M.; IKOMA, Y.; MATSUMOTO, H.; SUGIURA, M.; HYODO, H; YANO, M. Accumulation of carotenoids and expression of carotenoids biosynthetic genes during maturation in citrus fruit, **Plant Physiology**, Rockville Pike, Bethesda, v. 134, p. 824-837, 2004.

KORIKANTHIMATH, V.S. et al. Coffee-cardamom, black pepper and mandarin mixed cropping system – a case study. **Journal of Spices and Aromatic Crops**, Karnataka, v.6, n.1, p.1-7, 1997.

KRIEDEMANN, P.E.; BARRS, H.D. Citrus Orchards. In: KOZLOWSKI, T. T. (ed.) **Water Deficits and Plant Growth**. New York : Academic Press, 1981. Vol. 6, p. 325-417.

LARANJEIRA, F.F.; AMORIN, L.; BERGAMIN FILHO, A.; AGUILAR-VILDOSO, C.I.; DELLA COLETTA FILHO, H. Fungos, procariotos e doenças abióticas. In: MATTOS JÚNIOR, D.; DE NEGRI, J.D.; PIO, R.M.; POMPEU JÚNIOR, J. **Citros**. Campinas: Instituto Agrônômico : Fundag, 2005. Cap. 18, p. 509-566

LEVY, Y.; SYVERTSEN, J.P. Water relations of citrus in climates with different evaporative demands. **Proceedings of the International Society for Citriculture**, Tokyo, v. 2, p. 501-503, 1981.

LUNDGREN, B. Introduction. **Agroforestry Systems**, Nairobi, v. 1, p.3-6, 1982.

LUNDGREN, B.O.; RAIN TREE, J.B.; Sustained agroforestry. In: NESTEL, B.; (Ed.) **Agricultural Research for Development: potentials and challenges in Asia**. The Hague: ISNAR, 1982. p. 37–49.

LOZANO, J.E.; IBARZ, A. Colour changes in concentrated pulp heating at high temperatures. **Journal of Food Engineering**, Davis, v. 31, 365-373, 1997.

MEDINA, C. L., SOUZA, R. P.; MACHADO, E. C.; RIBEIRO, R. V.; SILVA, J. A. B. Photosynthetic response of citrus grown under reflective aluminized polypropylene shading nets. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v.96, p. 115-125, 2002.

MELE, P.VAN; CHIEN, H. VAN Farmers, biodiversity and plant protection: developing a learning environment for sustainable tree cropping systems. **International Journal of Agricultural Sustainability**, Surrey, v. 2, n. 1, p. 67-76, 2004.

MEURER, E. (Ed.). **Fundamentos de química do solo**. Porto Alegre: Genesis, 2000. 174 p.

MCNEELY, J.A.; SCHROTH, G. Agroforestry and biodiversity conservation – traditional practices, present dynamics, and lessons for the future. **Biodiversity and Conservation**, Dordrecht, v. 15, p.549–554, 2006.

MOGOLLON, J.P. et al. Potentially available nitrogen from under soils of coffee plantation with different shade trees. **Agronomia Tropical Maracay**, Coro Edo. Falcom, v.47, n.1, p.87-102, 1997.

MONSELISE, S. P. Citrus. In: MONSELISE, S. P. (Ed.) **Handbook of fruit set and development**. Boca Raton, FLC: CRC Press, 1986. p. 87-108.

MOURÃO FILHO, F.A.A.; ESPINOZA-NÚÑEZ, E.; STUCHI, E.S.; ORTEGA, E.M.M.; Plant growth, yield, and fruit quality of ‘Fallglo’ and ‘Sunburst’ mandarins on four rootstocks. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, 114, p. 45-49, 2007.

OMETTO, J.C. **Bioclimatologia vegetal**. São Paulo: Ed. Agronômica Ceres, 1981. 425p.

PATIRAM et al. Agroforestry practices in hill farming of Sikkim. **Indian Forester**, Gangtok (Sikkim), v. 122, n.7, p.621-630, 1996.

QUAGGIO, J.A.; RAIJ, B. van; TOLEDO PIZA JÚNIOR, C. Frutíferas. In. RAIJ, B. VAN et al. (Ed.). **Recomendação de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**, 2ªed. Campinas: Instituto Agronômico : Fundação IAC, 1997. p.121-153.

NAIR, P.K.R. Classification of agroforestry systems. **Agroforestry Systems**, Nairobi, v. 3, p. 97 – 128, 1985.

NAIR, P.K.R. **An introduction to Agroforestry**, Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 1993. 499 p.

NAIR, P.K.R. Directions in tropical agroforestry research: past, present, and future. **Agroforestry Systems**, Nairobi, v.38, p.223–245, 1998.

RAO, M.R.; NAIR, P.K.R.; ONG, K. Biophysical interactions in tropical agroforestry systems. **Agroforestry Systems**, Nairobi, v.38, p.3–50, 1998.

RAVEH, E.; COHEN, S.; RAZ, T.; YAKIR, D.; GOLDSCHMIDT, E. E. Increased growth of young citrus trees under reduced radiation load in a semi-arid climate. **Journal of Experimental Botany**, Lancaster, v.54, n. 381, p. 365-373, 2003.

RICCI, M.S.F.; COSTA, J.R.; PINTO, A.N.; SANTOS, V.L.S. Cultivo orgânico de cultivares de café a pleno sol e sombreado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.41, n.4, p.569-575, 2006.

RODERICK, M. L.; FARQUHAR, G. D.; BERRY, S. L.; NOBLE, I. R. On the direct effect of clouds and atmospheric particles on the productivity and structure of vegetation. **Oecologia**, Marburg, v.129, p. 21–30, 2001.

ROSSETTI, V.V. **Manual ilustrado de doenças de citros**. Piracicaba: Fealq : Fundecitrus, 2001. 207 p.

SBCS/CQFS - Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Comissão de Química e Fertilidade do Solo. **Manual de adubação e de calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. 10.ed. Porto Alegre : SBCS/CQFS, 2004. 400 p.

SARTORI, I.A.;KOLLER, O.C; SCHWARZ, S.F.; BENDER, R.J.; SCHÄFER, G. Maturação de seis cultivares de laranjas-doces na Depressão Central do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.24, n.2, p. 364-369, 2002.

SCHÄFER, G.; PANZENHAGEN, N.V.; SARTORI, I.A.; SCHWARZ, S.F.; KOLLER, O.C. Produção e desenvolvimento da tangerineira 'Montenegrina' propagada por enxertia e estaquia, no Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 23, n. 3, p. 668-672, 2001.

SHOUBO, H.; FURUI, H. Study on the effects of shelter forests in citrus orchards. In: AGROFOREST Systems in China. 1997. Disponível em: <[http://archive.idrc.ca/library/document/090916/chap27\\_e.html](http://archive.idrc.ca/library/document/090916/chap27_e.html)>. Acesso em: 17 de setembro de 2007.

SINCLAIR, F.L. A general classification of agroforestry practice. **Agroforest Systems**, Nairobi, v. 46, p. 161-180, 1999.

SINGH, K.A. et al. Agroforestry systems in Sikkim hills. **Indian Farming**, Gangtok, v.41, n.3, p.7-10, 1991.

SITES, J.W.; REITZ, H.J. The variation in individual Valencia oranges from different locations of the tree as a guide to sampling methods and spot-picking quality. II. Tritatable acid and soluble solids/tritatable acid ratio of the juice. **Proceedings of American Society for Horticultural Science**, Geneva, NY, v. 55, p. 73-80, 1950.

SCHWARZ, S.F. Melhoramento genético e variedades. In: KOLLER, O.C. (Org.). **Citricultura**: 1. Laranja: tecnologia de produção, pós-colheita, industrialização e comercialização. Porto Alegre: Cinco Continentes, 2006. p. 41-54.

SOTO-PINTO, L.; PERFECTO, I.; CASTILLO-HERNANDEZ, J.; CABALLERO-NIETO, JAVIER. Shade effect on coffee production at the northern Tzeltal zone of the state of Chiapas, Mexico. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, Zurich, v.80, p. 61-69, 2000.

SPIEGEL-ROY, P.; GOLDSCHMIDT, E. E. **Biology of Horticultural Crops: biology of citrus**. Cambridge : Cambridge University Press, 1996. 230 p.

SPÓSITO, M.B.; BASSANEZI, R.B.; AMORIM, L. Resistência à mancha preta dos citros avaliada por curvas de progresso da doença. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v.29, p. 532-537. 2004.

SRIVASTAVA, A.K., HUCHCHE, A.D., LALLAN RAM, SHYAM SINGH. Yield prediction in intercropped versus monocropped citrus orchards. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 114, p. 67-70, 2007.

STANHILL, G.; COHEN, S. Global dimming: a review of the evidence for a widespread and significant reduction in global radiation with discussion of its probable causes and possible agricultural consequences. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v.107, p. 255–278, 2001.

STENZEL, N.M.C., NEVES, C.S.V., MARUR, C.J., SCHOLZ, M.B.S, GOMES, J.C. Maturation curves and degree-days accumulation for fruits of 'Folha Murcha' orange trees. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 63, n. 3, p. 219-225, 2006.

SYVERTSEN, J.P. Light acclimation in citrus leave. II. CO<sub>2</sub> assimilation and light, water, and nitrogen use efficiency. **Journal of American Society for Horticulture Science**, Palo Alto, v. 109, p. 812 – 817, 1984.

TANNY, J.; COHEN, S. The effect of a small shade net on the properties of wind and selected boundary layer parameter above and within a citrus orchard. **Biosystems Engineering**, Northants, v.84, n. 1, p. 57-67, 2003.

TORQUEBIAU, E.F. A renewed perspective on agroforestry concepts and classification. [Comptes Rendus de l'Academie des Sciences Series III, Sciences de la Vie](#), Paris, v. 323, p. 1009-1017, 2000.

VALSAMMA-MATHEW; ARAVINDAKSHAN, M.; VALSALAKUMARI, P.K.; PARAMESWARAN, N.K. Performance of *Citrus* species under partial shade in coconut garden. **Agricultural Research Journal of Kerala**, Trichur, v.25, n.1, p.122-123, 1987.

VIEIRA, A.R.R.; SUERTEGARAY, C.E.O; HELDWEIN, A.B.; MARASCHIN, M.; SILVA, A.L. da. Influência do microclima de um sistema agroflorestal na cultura da erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil). **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 11, n. 1, p. 91-97, 2003

VIVAN, J. L. Bananicultura em sistemas agroflorestais no Litoral Norte do RS. **Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável**, Porto Alegre, v. 3, n.2, 2002.

VOLPE, C.A.; SCHÖFFEL, E.R.; BARBOSA, J.C. Influência de algumas variáveis meteorológicas sobre a qualidade dos frutos das laranjeiras 'Valência' e 'Natal'. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 8, n. 1, p. 85-94, 2000.

VOLPE, C.A.; SCHÖFFEL, E.R.; BARBOSA, J.C. Influência da soma térmica e da chuva durante o desenvolvimento de laranjas 'Valência' e 'Natal' na relação entre sólidos solúveis e acidez e no índice tecnológico do suco. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 24, n. 2, p. 436-441, 2002.

ZHOU, W.-J.; ZANG, Y.-Z.; WANG, K.-R.; LI, H.-S.; HAO, Y.-J.; LIU, X. Plant Phosphorus Uptake in a Soybean-Citrus Intercropping System in the Red Soil Hilly Region of South China. **Pedosphere**, Nanjing, v.19, n. 2, p.244–250, 2009.