

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU

**“EFICIÊNCIA NO USO DE ÁGUA E DE POTÁSSIO NO CULTIVO E NA
PRODUÇÃO DO MORANGUEIRO”**

EDILSON RAMOS GOMES

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP-Campus de Botucatu, para obtenção do título de Mestre em Agronomia (Irrigação e Drenagem).

BOTUCATU - SP

Agosto – 2013

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU

**“EFICIÊNCIA NO USO DE ÁGUA E DE POTÁSSIO NO CULTIVO E NA
PRODUÇÃO DO MORANGUEIRO”**

EDILSON RAMOS GOMES

Orientador: Prof. Dr. Antônio de Pádua Sousa

Coorientador: Dr. Valdemício Ferreira de Sousa

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP-Campus de Botucatu, para obtenção do título de Mestre em Agronomia (Irrigação e Drenagem).

BOTUCATU - SP

Agosto – 2013

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO - SERVIÇO TÉCNICO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - UNESP - FCA - LAGEADO - BOTUCATU (SP)

G633e Gomes, Edilson Ramos, 1985-
Eficiência no uso de água e de potássio no cultivo e na produção do morangueiro / Edilson Ramos Gomes.- Botucatu : [s.n.], 2013
xiv, 99 f., il. color., grafs., tabs.

Dissertação (Mestrado)- Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2013
Orientador: Antônio de Pádua Sousa
Coorientador: Valdemício Ferreira de Sousa
Inclui bibliografia

1. Manejo da irrigação. 2. Morango. 3. Fertirrigação - Potássio. 4. *Fragaria L.* I. Sousa, Antônio de Pádua. II. Sousa, Valdemício Ferreira de. III. Universidade Estadual Paulista. "Júlio de Mesquita Filho" (Campus de Botucatu). Faculdade de Ciências Agrônômicas. IV. Título.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU

CERTIFICADO DE PROVAÇÃO

TÍTULO: "EFICIÊNCIA NO USO DE ÁGUA E DE POTÁSSIO NO CULTIVO E NA
PRODUÇÃO DO MORANGUEIRO"

ALUNO: EDILSON RAMOS GOMES

ORIENTADOR: PROF. DR. ANTÔNIO DE PÁDUA SOUSA

COORIENTADOR: PROF. DR. VALDEMÍCIO FERREIRA DE SOUSA

Aprovado pela Comissão Examinadora



PROF. DR. ANTÔNIO DE PÁDUA SOUSA



PROF. DR. FERNANDO BROETTO



PROF. DR. EDSON EIJI MATSURA

Data da Realização: 01 de agosto de 2013.

DEDICO

Aos meus pais, Severino Ramos Gomes e Leonice Raimunda de Lima Gomes, pelo amor, cuidado, dedicação, carinho, incentivo e compreensão em todos os momentos da minha vida.

OFEREÇO

Ao meu irmãos Vanilson Ramos Gomes e José Edson de lima Gomes pelo apoio e motivação. À minha namorada, Lígia Renata Almeida da Silva, pelo amor incondicional, incentivo, companheirismo, apoio e momentos de alegria. Meus familiares pela torcida e incentivo.

" Tudo tem o seu tempo determinado, e há tempo para todo o propósito debaixo do céu."
Eclesiastes 3:1

AGRADECIMENTOS

À Deus, pela saúde, força e determinação para enfrentar os obstáculos encontrados durante essa jornada, com os quais venho aprendendo e amadurecendo.

Aos meus pais, Severino Ramos Gomes e Leonice Raimunda de Lima Gome, pelo carinho, incentivo, amor e entusiasmo.

À Faculdade de Ciências Agrônômicas (FCA/UNESP) e ao Departamento de Engenharia Rural, pela oportunidade de realização do curso e qualificação profissional.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPQ, pela concessão da bolsa de estudo.

À minha namorada, Lígia Renata Almeida da Silva, pelo amor, companheirismo e incentivo. Aos meus irmãos, Vanilson Ramos Gomes e José Edson de Lima Gomes, pelo apoio e motivação.

Aos meus orientadores, Prof. Dr. Antônio de Pádua Sousa (Pai) e Coorientador Dr. Valdemício Ferreira de Sousa, pelos ensinamentos, carinho, atenção e dedicação, além da minha grande admiração pelo profissionalismo.

Ao Prof. Dr Fernando Broetto, pela dedicação e atenção em todos os momentos em que foram solicitados esclarecimentos ou sugestões.

Aos Prof. Dr.(a) João Carlos Cury Saad, Antônio Evaldo Klar, João Luís Zocoler, Regina Marta Evangelista, Rodrigo Máximo Sánchez Román dentre outros.

Ao Dr. Luiz Andrade, à frente da Petroisa, pelo apoio na minha pesquisa e ensinamentos.

Aos amigos, Ramilos Brito, Franciana Sousa, Clescy Oliveira, Raimundo Nonato e Dayanne Bressan pelos momentos de descontração e apoio para que eu pudesse seguir.

Aos colegas e amigos do Departamento de Engenharia Rural, João Queluz, Rafael Pombo, Rigléia Braue, Ana Guirra, Marcio Lanza, Milena Lozano, Alexandra Ferreira e Hugo Amancio pelos momentos acadêmicos vividos juntos.

Aos funcionários, Djair, Marcia, Gilberto, Rafaela e Seu Adão por me ajudar na minha pesquisa com tanto carinho e eficiência.

Ao meu amigo Franklin Oliveira pelo tempo dedicado a correção da minha dissertação.

A todos que, de alguma forma, contribuíram para que este objetivo fosse alcançado.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	x
LISTA DE FIGURAS	xii
RESUMO	1
SUMMARY	2
1 INTRODUÇÃO.....	3
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	6
2.1 Cultura do morangueiro	6
2.2 Produção em ambiente protegido	8
2.3 Irrigação localizada	9
2.4 Manejo da irrigação por tensiometria.....	10
2.5 Adubação potássica	12
2.6 Efeito da Salinidade do solo.....	13
2.7 Atividade enzimática nas plantas	15
2.7.1 Superóxido dismutase (SOD; E.C 1.15.1.1)	16
2.7.2 Peroxidase (POX; EC 1.11.1.7).....	17
2.8 Qualidade pós-colheita do fruto	19
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	22
3.1 Caracterização da área experimental.....	22
3.2 Caracterização do delineamento experimental.....	25
3.3 Caracterização do sistema de irrigação	26
3.4 Plantio e adubação da cultura.....	26
3.5 Manejo de irrigação.....	29
3.6 Monitoramento do teor de água no solo.....	31
3.7 Extração da solução do solo	33
3.7.1 Condutividade elétrica e pH na solução do solo.....	33
3.8 Características morfológicas e fisiológicas avaliadas na planta.....	34
3.8.1 Área foliar	34
3.8.2 Matéria seca	34
3.8.3 Teor relativo de água na planta.....	35

3.8.4 Análise foliar.....	36
3.9 Análises bioquímicas.....	36
3.9.1 Proteínas solúveis totais.....	36
3.9.2 Atividade específica da enzima peroxidase (POX; EC 1.11.1.7)	37
3.9.3 Atividade específica da enzima superóxido dismutase (SOD; E.C 1.15.1.1).....	37
4 Análise da qualidade pós-colheita.....	38
4.1.1 Massa média dos frutos.....	38
4.1.2 Número de frutos por planta	38
4.1.3 Comprimento e diâmetro do fruto	38
4.1.4 Acidez total titulável.....	38
4.1.5 Sólidos solúveis totais.....	39
4.1.6 pH.....	39
4.1.7 Teor de vitamina C	39
4.1.8 Açúcares redutores.....	39
4.2 Produtividade total de frutos	39
4.3 Eficiência do uso da água no morangueiro	39
4.4 Análise estatística.....	40
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	41
5.1 Tensões e lâminas de irrigação aplicadas.....	41
5.2 Condutividade elétrica (C.E) na solução do solo	42
5.3 pH na solução do solo	45
5.4 Área foliar total	48
5.5 Matéria seca e teor relativo de água nas plantas	50
5.6 Análise foliar.....	53
5.7 Análises bioquímicas.....	55
5.7.1 Atividade da enzima SOD	55
5.7.2 Atividade da enzima POX	57
5.8 Análise da qualidade pós-colheita.....	58
5.8.1 Produtividade total de frutos.....	62
5.8.2 Massa média dos frutos (MMF).....	63
5.8.3 Número médio de frutos por planta (NMFP).....	64
5.8.4 Comprimento médio dos frutos (CMF)	65
5.8.5 Diâmetro médio dos frutos (DMF)	67

5.8.6 Acidez total titulável (ATT).....	68
5.8.7 Sólidos solúveis totais (SST)	70
5.8.8 pH.....	73
5.8.9 Teor de vitamina C (Ácido ascórbico -AAS)	75
5.9 Açúcares redutores (AR).....	77
6. Eficiência no uso da água no morangueiro	79
7 CONCLUSÕES	81
8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	83

LISTA DE TABELAS

	Página
Tabela 1. Caracterização química do solo da área experimental.....	23
Tabela 2. Caracterização física do solo da área experimental.....	23
Tabela 3. Valores dos parâmetros do modelo de Van Genuchten na camada 0 a 0,20 m. ..	33
Tabela 4. Tratamentos utilizados, tensões média de água no solo, lâminas aplicadas antes da diferenciação dos tratamentos (Inicial), e após a diferenciação dos tratamentos (Irrigação), lâmina total (Total), turno de rega (TR) e número de irrigações (NI).....	41
Tabela 5. Valores da análise foliar em relação aos valores nutricionais de macronutrientes em função de níveis de água e diferentes tipos de doses potássica nas plantas do morangueiro, cv. Oso Grande.....	53
Tabela 6. Atividade da superóxido dismutase ($U \mu g$ de $Prot^{-1}$) em função de lâminas de irrigação: Controle (100 % da tensão do solo kPa); Excesso (125% da tensão do solo kPa); 75% da tensão do solo kPa; 50% da tensão do solo kPa; 25% da tensão do solo kPa e adubação potássica: Dose-1 (sem adubação potássio); Dose-2 (300 kg ha^{-1} de potássio); Dose-3 (900 kg ha^{-1} de potássio) ao longo dos estádios fenológico do morangueiro, cv. Oso Grande.	55
Tabela 7. Atividade da enzima peroxidase ($\mu Kat \mu g$ de $Prot^{-1}$) em função de lâminas de irrigação: Controle (100 % da tensão do solo kPa); Excesso (125% da tensão do solo kPa); 75% da tensão do solo kPa; 50% da tensão do solo kPa; 25% da tensão do solo kPa e adubação potássica: Dose-1 (sem adubação de potássio); Dose-2 (300 kg ha^{-1} de potássio); Dose-3 (900 kg ha^{-1} de potássio) ao longo dos estádios fenológico do morangueiro, cv. Oso Grande.	58
Tabela 8. Resumo da análise de variância do efeito de diferentes lâminas de irrigação e doses de potássio sobre as características de produção do morangueiro cv. Oso Grande...	59
Tabela 9. Valores médios de características de produção sob diferentes lâminas de irrigação e doses de potássio na cultura do morangueiro cv. Oso Grande.	60
Tabela 10. Comparação de médias ($P < 0,05$) de valores de pH em função de doses de potássio e lâminas de irrigação para cv. Oso Grande.	60
Tabela 11. Comparação de médias ($P < 0,05$) de valores de SST em função de doses de potássio e lâminas de irrigação para cv. Oso Grande.	61

Tabela 12. Comparação de médias ($P < 0,05$) de valores de Acidez total titulável em função de doses de potássio e de lâminas de irrigação para cv. Oso Grande.....	61
Tabela 13. Comparação de médias ($P < 0,05$) de valores de ácido ascórbico em função de doses de potássio e de lâminas de irrigação para cv. Oso Grande.....	61
Tabela 14. Comparação de médias ($P < 0,05$) de valores de açúcar redutor em função de doses de K e de lâminas de irrigação para cv. Oso Grande.....	62

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Vista frontal da estufa do Departamento de Engenharia Rural em Botucatu-SP.	22
Figura 2. Curva de retenção de água no solo da área experimental de cultivo do morangueiro.....	23
Figura 3. Coleta dos dados de temperatura e de umidade do ar com termo higrômetro digital.....	24
Figura 4. Valores de Umidade relativa do ar máxima (UR max), umidade relativa do ar média (UR média), umidade relativa do ar mínima (UR min) e temperatura máxima (T °C max), temperatura média (T °C média), temperatura mínima (T °C min) no período de avaliação da cultura.	24
Figura 5. Área experimental com delineamento detalhado onde: L1 - 25% tensão do solo; L2 - 50% tensão do solo; L3 - 75% tensão do solo; L4 - 100% tensão do solo; L5 - 125% tensão no solo, D1- sem potássio; D2-300 kg ha ⁻¹ ; D3-900 kg ha ⁻¹ , B1-Bloco 1; B2-bloco 2; B3-bloco 3; B4-bloco 4, R1 - repetição 1; R2 - repetição 3; R3 – repetição 3 e R4 - repetição 4.....	25
Figura 6. Vista geral do sistema de irrigação do morangueiro.....	26
Figura 7. Vista geral das linhas de plantio do morangueiro e sistema de irrigação.	27
Figura 8. Fertirrigação do morangueiro.....	28
Figura 9. Cobertura dos canteiros com filme agrícola (mulching).....	28
Figura 10. Controle de estolhos na cultura do morangueiro.....	29
Figura 11. Distribuição dos tensiômetros em torno da planta de morangueiro.....	32
Figura 12. Comportamento das tensões de água no solo em função dos tratamentos no ciclo da cultura na profundidade de 0,20 m.	42
Figura 13. Valores de condutividade elétrica de solução do solo em função de lâminas de água: 25% tensão do solo (●); 50% tensão do solo (○); 75% tensão do solo (▼); 100% tensão do solo (Δ) e 125% tensão de água no solo (■) com manejo de fertirrigação sem potássio (A), adubação potássio de 300 kg há ⁻¹ (B) e 900 kg há ⁻¹ (C) ao longo do ciclo da cultura do morangueiro na profundidade de 0,20 m.....	44
Figura 14. O pH de solução do solo em função de lâminas de água: 25% tensão do solo (●); 50% tensão do solo (○); 75% tensão do solo (▼); 100% tensão do solo (Δ) e 125%	

tensão de água no solo (■) com manejo de fertirrigação sem potássio (A), adubação potássio de 300 kg há ⁻¹ (B) e 900 kg há ⁻¹ (C) ao longo do ciclo da cultura do morangueiro na profundidade de 0,20 m.	47
Figura 15. Efeito de lâminas de irrigação na área foliar total cv. Oso Grande.....	48
Figura 16. Área foliar em função de lâminas de água (L1: 151,53 mm ciclo ⁻¹ ; L2: 194,25 mm ciclo ⁻¹ ; L3: 251,97 mm ciclo ⁻¹ ; L4: 314,09 mm ciclo ⁻¹ e L5: 388,95 mm ciclo ⁻¹) com manejo de fertirrigação em doses diferentes de adubação potássica: dose 1- sem potássio (■), dose 2 - adubação tradicional (●) e dose 3 - superdose (Δ) ao longo do ciclo da cultura na profundidade de 0,20 m.	49
Figura 17. Teor relativo de água e de matéria seca em função de lâminas de água com fertirrigação sem adubação potássica (Dose-1) no morangueiro para cv. Oso Grande.....	50
Figura 18. Teor relativo de água e de matéria seca em função de lâminas de água com fertirrigação para adubação potássica de 300 kg há ⁻¹ (Dose-2) no morangueiro para cv. Oso Grande.	51
Figura 19. Teor relativo de água e de matéria seca em função de lâminas de água com fertirrigação para adubação potássica de 900 kg há ⁻¹ no morangueiro para cv. Oso Grande.	52
Figura 20. Produtividade das plantas de morangueiro cv. Oso Grande em função de diferentes lâminas de água no ciclo.....	63
Figura 21. Peso médio dos frutos de morangueiro cv. Oso Grande em função de diferentes lâminas de água no ciclo.....	64
Figura 22. Número médio de frutos por planta de morangueiro cv. Oso Grande em função de diferentes lâminas de água no ciclo.	65
Figura 23. Comprimento médio frutos de morangueiro cv. Oso Grande em função de diferentes lâminas de água no ciclo.....	66
Figura 24. Diâmetro médio dos frutos de morangueiro cv. Oso Grande em função de diferentes lâminas de água no ciclo.....	67
Figura 25. Acidez total titulável dos frutos de morangueiro cv. Oso Grande em função de diferentes lâminas de água no ciclo.....	69
Figura 26. Comparação de médias de acidez total titulável em função de doses de K (D1-sem K; D2-300 kg há ⁻¹ K; D3-900 kg há ⁻¹ K) e lâminas de irrigação para cv. Oso Grande.	70

Figura 27. Sólidos solúveis totais de frutos de morangueiro cv. Oso Grande em função de diferentes lâminas de água no ciclo.....	71
Figura 28. Comparação de médias de sólidos solúveis totais em função de doses de K (D1-sem K; D2-300 kg há ⁻¹ K; D3-900 kg há ⁻¹ K) e lâminas de irrigação para cv. Oso Grande.	72
Figura 29. O pH dos frutos de morangueiro cv. Oso Grande em função de diferentes lâminas de água no ciclo.....	74
Figura 30. Comparação de médias do pH em função das doses de K (D1-sem K; D2-300 kg há ⁻¹ K; D3-900 kg há ⁻¹ K) e lâminas de irrigação para cv. Oso Grande.....	75
Figura 31. Ácido ascórbico dos frutos de morangueiro cv. Oso Grande em função de diferentes lâminas de água no ciclo.....	76
Figura 32. Comparação de médias do AAS em função das doses de K (D1-sem K; D2-300 kg ha ⁻¹ K; D3-900 kg ha ⁻¹ K) e lâminas de irrigação para cv. Oso Grande.....	77
Figura 33. Açúcar redutor dos frutos de morangueiro cv. Oso Grande em função de diferentes lâminas de água no ciclo.....	78
Figura 34. Comparação de médias do açúcar redutor em função de doses de K (D1-sem K; D2-300 kg há ⁻¹ K; D3-900 kg há ⁻¹ K) e lâminas de irrigação para cv. Oso Grande.	79
Figura 35. Eficiência no uso da água em diferentes lâminas de irrigação na cultura do morangueiro.....	80

EFICIÊNCIA NO USO DE ÁGUA E DE POTÁSSIO NO CULTIVO E NA PRODUÇÃO DO MORANGUEIRO. Botucatu, 2013. 99 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia / Irrigação e Drenagem) - Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista.

Autor: EDILSON RAMOS GOMES

Orientador: ANTÔNIO DE PÁDUA SOUSA

Coorientador: VALDEMÍCIO FERREIRA DE SOUSA

RESUMO

O morangueiro é uma cultura de clima temperado que demanda práticas culturais elaboradas para viabilizar seu cultivo. Dentre estas práticas, a irrigação fornecida por gotejamento visa suprir as necessidades hídricas da planta, em caráter total ou suplementar. Por outro lado, a adubação empregada no cultivo do morango é um dos insumos que gera alto custo na produção. O objetivo do presente estudo foi avaliar as necessidades hídricas da cultura de morango e seu manejo, visando elevar sua produtividade. Além disso, estudou-se a nutrição potássica da cultura, através da aplicação de diferentes doses do nutriente via fertirrigação em combinação com lâminas de irrigação (125%, 100%, 75%, 50% e 25% com base na tensão de água no solo), com o finalidade de elevar a qualidade dos frutos. O experimento foi conduzido em estufa de forma convencional. Em relação à nutrição potássica, foram aplicados três doses na forma K_2SO_4 as quais consistiram de uma adubação convencional (300 kg ha^{-1}), uma superdose do nutriente equivalente a 3 vezes a dose recomendada (900 kg ha^{-1}) e ausência completa de adubo potássico. Os tratamentos foram dispostos em delineamento experimental em blocos casualizados, com parcelas subdivididas com quatro repetições. A boa disponibilidade de água relacionada com a adubação potássica recomendada proporcionou a maior produtividade, crescimento das plantas e maiores frutos. Quando associadas menor disponibilidade de água e maior adubação potássica as características químicas dos frutos apresentaram melhores resultados. Entretanto, a menor disponibilidade de água e maior adubação potássica proporcionaram problemas fisiológicos e bioquímicos nas plantas.

Palavras chave: Manejo da irrigação, *Fragaria* L, Fertirrigação com Potássio.

EFFICIENCY OF WATER AND POTASSIUM USE ON STRAWBERRY CROP PRODUCTION. Botucatu, 2013. 99 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia / Irrigação e Drenagem) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista.

Author: EDILSON RAMOS GOMES

Adviser: ANTÔNIO DE PÁDUA SOUSA

Co adviser: VALDEMICIO FERREIRA DE SOUSA

SUMMARY

Strawberry is a culture of temperate climate that requires cultural practices developed to make possible its cultivation. Among these practices, the drip irrigation aims to supply the plant water needs, on a full or supplementary way. On the other hand, the fertilizer used in the strawberry cultivation is one of the inputs that generate high cost in production. The aim of this study was to evaluate the strawberry crop water requirements and its management in order to increase the productivity. In addition, we studied the potassium nutrition of the crop using the application of different concentrations of the nutrient by fertigation combined with irrigation water depths (125%, 100%, 75%, 50% and 25% based on the soil water tension) with the purpose of increasing the quality of the fruit. The experiment was conducted in a greenhouse in a conventional way. Regarding to the potassium nutrition, three doses were applied in the K_2SO_4 form according to the following manners: 1) conventional fertilization (300 kg ha^{-1}); 2) overdose of the nutrient equivalent to three times the recommended dose (900 kg ha^{-1}); 3) absence of potassium fertilizer. The treatments were arranged in a randomized complete block design with split plot with four replications. The good water availability correlated with the recommended dose of potassium fertilizer provided the highest productivity, greater plant growth and larger fruits. When associated the lower water availability with the higher potassium fertilization dose the chemical characteristics of the fruits showed the better results. However, the lower availability of water and the higher potassium fertilization dose have caused physiological and biochemical problems in the plants.

Keywords: Irrigation management, *Fragaria* L, Potassium fertigation.

1 INTRODUÇÃO

O morangueiro (*Fragaria L.*) é uma cultura cultivada comercialmente em vários países. Dentre eles, destaca-se os Estados Unidos da América, Espanha, Turquia, Egito, México, Rússia, Japão e o Brasil como os maiores produtores mundiais (FAO, 2011). É uma planta da família das Rosaceae, nativa das terras temperadas da Europa, mas que hoje em dia é cultivada com sucesso em grande parte do mundo.

A propagação do morangueiro é realizada por estolhos, gerados da planta mãe em condições de fotoperíodo longo e temperatura elevada, formando novas mudas que enraízam em torno da planta matriz e posteriormente comercializadas como mudas de raízes (COCCO et al., 2010). Para obtenção de uma elevada produtividade de frutos, o vigor e a sanidade da muda são pré-requisitos essenciais (ANTUNES e COCCO, 2012).

Na América do Sul os maiores produtores de morango são Colômbia, Venezuela, Chile, Peru, Argentina, Brasil, Bolívia, Paraguai e Equador. A Colômbia é o maior produtor e o Brasil aparece em sexto lugar conforme dados da FAO (2011).

No Brasil, os principais estados produtores de morango são: Minas Gerais, Rio Grande do Sul, Paraná, São Paulo, Espírito Santo, Distrito Federal e Santa Catarina. O estado de Minas Gerais ocupa o primeiro lugar com uma produção de 40 mil toneladas sendo que o estado de São Paulo aparece em quarto com uma produção de 5 mil toneladas no ano de 2006 segundo dados do IBGE (2006). Essa produção se destaca em função da sua importância social devido à grande absorção de mão de obra e ao fato de ser

conduzida, principalmente, em pequenas propriedades de base familiar, proporcionando uma melhoria sensível na geração de empregos e renda e conseqüentemente, na qualidade de vida das famílias produtoras (DIAS et al., 2007).

A produção brasileira de morango tem sido concentrada nas regiões Sul e Sudeste, evidenciando os estados de Minas Gerais, Rio Grande do Sul e São Paulo (ANTUNES; REISSER JÚNIOR, 2007). Na comercialização do fruto 70 % da produção é destinada ao processamento (geléias, doces, sucos) e 30 % para o consumo in natura.

Segundo Donadelli et al. (2011), o estado de São Paulo apresenta uma produção de morango significativa, o que contribui positivamente na composição da renda na agricultura familiar, encontrando-se bem distribuída em vários municípios paulistas. O cultivo do morangueiro é uma atividade que passa pelo processo de adoção de novas tecnologias e de variedades mais produtivas e resistentes às pragas e doenças.

Nas regiões produtoras de morango, o cultivo do morangueiro irrigado por gotejamento tem crescido, mas os principais problemas estão atrelados aos aspectos do manejo inadequado da irrigação, ou seja, o momento oportuno de irrigar e conseqüentemente a quantidade de água a ser aplicada (AGUIAR e SILVA et al., 2005).

Observa-se que as maiores dificuldades que os produtores de morango têm encontrado é a falta de informações específicas de como realizar o manejo de irrigação. Assim sendo, na maioria das vezes, a irrigação por gotejamento é baseada somente no senso prático do irrigante, podendo resultar em um aumento dos custos de produção e queda da produtividade ou qualidade dos frutos.

A fertirrigação é uma prática agrícola de fertilização das culturas através da água de irrigação. É o melhor e mais eficiente método de adubação das culturas, pois combina a água e os nutrientes importantes para o desenvolvimento e a produção das culturas (TRANI et al., 2011).

Entre os nutrientes necessários ao crescimento e desenvolvimento do morangueiro destaca-se o potássio, pois a adubação com esse nutrientes podem estar relacionados aos níveis de alguns compostos orgânicos nas plantas devido à influência que exercem sobre processos bioquímicos e fisiológicos. A deficiência de potássio prejudica a produção, qualidade dos frutos e pode retardar a frutificação (ERNANI et al., 2007; MALAVOLTA et al., 1997).

Dentre os vários métodos existentes para o manejo da irrigação, a tensiometria é um instrumento pouco usada pelos produtores, pois esta técnica auxilia com

exatidão o momento certo de irrigar Saad et al. (1992). A utilização dessa técnica resulta na redução dos gastos de energia e água, proporcionando maior viabilidade ao cultivo da cultura.

Espera-se, com este estudo, desenvolver e aprimorar as técnicas do manejo de irrigação, com a maximização da produção, eficiência do uso da água e uma adubação potássica adequada para que possa reduzir os custos na produção da cultura do morango.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Cultura do morangueiro

O morangueiro comercial foi obtido de cruzamento entre as espécies *Fragaria chiloensis*, *Fragaria virginiana* e *Fragaria ovalis*, oriundas do continente americano (PASSOS, 1991). É uma planta herbácea e estolonífera, perene e rasteira, da família Rosaceae. Possui caule curto e fibroso, denominado coroa, de onde se desenvolve, no topo, as folhas e as gemas axilares que permanecem dormentes ou transformam-se em botões florais ou perfilhos (estolhos), dependendo das condições climáticas, nutricionais e da planta.

As flores do morangueiro são bissexuais e auto férteis (CRANE e WALKER, 1984) e os morangos resultam do desenvolvimento do receptáculo floral. Flores completamente fertilizadas resultam em frutos bem formados, de bom tamanho e maturação precoce, sendo o seu peso proporcional ao número de óvulos fecundados (CHAGNON et al., 1989). A polinização das flores de morangueiro resulta da ação combinada da gravidade e do vento (CONNOR, 1970). Entretanto, a taxa de polinização dos aquênios raramente supera 60%, se não houver transporte de pólen pelos insetos (CHAGNON et al., 1993).

Os frutos do morangueiro são do tipo não climatéricos, dessa forma após a colheita não ocorre amadurecimento e suas características organolépticas não melhoram, entretanto há aumento na atividade respiratória. Colhido verde, permanecerá

como tal, sem que aconteça a melhoria de sua qualidade comestível (CANTILLANO, 2006).

O morangueiro é uma cultura que é cultivada em todo o mundo por apresentar um sabor que é resultado de uma mistura complexa de numerosos compostos voláteis, açúcares e ácidos orgânicos, combinados com características, como a textura. A qualidade nutricional do morango está intimamente correlacionada com a presença de açúcares solúveis, ácidos orgânicos, aminoácidos e alguns metabólitos secundários.

Esses compostos desempenham um papel importante na manutenção da qualidade dos frutos e valor nutritivo, por essa razão, a análise da composição dos frutos é de interesse para os químicos de alimentos. Ácidos fenólicos e seus derivados são muitas vezes conjugados com açúcares e têm sido frequentemente relatado em frutos de morango (ZHANG et al., 2011).

As cultivares Dover, IAC Campinas, Guarani, AGF-80, Sequóia, Princesa Isabel, Oso Grande, Chandler e Lassen são as mais comercializadas, com isso tem-se uma maior demanda nos plantios. Mais recentemente, têm sido utilizadas a cultivar Toyonoka, introduzida do Japão, que apresenta alta produtividade de frutos mais doces.

O cultivar Oso Grande caracteriza-se por ser de dias curtos e de grande adaptabilidade, sendo sua origem na Universidade da Califórnia, EUA (1987). A planta apresenta folhas grandes, elevada capacidade produtiva, coloração verde-escura e com ciclo mediano. Produz morangos de tamanho grande, doce, polpa com textura firme no início da produção e mediana ao fim da colheita. Tem boa aceitação por sua coloração vermelho-clara e por ser extremamente aromática e com sabor subácido.

Os morangos são consumidos in natura ou aproveitados para fabricação de iogurtes, sucos, geléias, bolos, etc. A comercialização é feita ao natural, congelada (frutos inteiros ou polpa) e polpa desidratada (SANTOS, 1999).

O interesse comercial pelo morangueiro é grande em muitos países. Sua coloração, aroma e sabor, assim como suas propriedades nutritivas, fazem do morango um produto muito apreciado pelos consumidores (ALMEIDA et al., 1999).

A produção do morango é voltada para pequenos e médios produtores. Sua produção ocorre, predominantemente, em propriedades familiares, uma vez que grandes áreas dificultam o manejo e exigem muita mão-de-obra. O cultivo do morangueiro é uma atividade econômica de grande importância devido à sua boa aceitação de mercado e alta produtividade (SANTOS, 1999).

2.2 Produção em ambiente protegido

A produção de produtos agrícolas é uma atividade de que apresenta um alto risco, uma vez que o homem não tem controle sobre os elementos climáticos (ROMANINI et al., 2010). Uma agricultura para ser moderna, segundo Araújo et al. (2009), deve produzir de forma sustentável com o menor grau de risco possível, por meio do uso intensivo de técnicas apropriadas, como o cultivo protegido e a irrigação. Mary et al. (2007), relatam sobre a importância do cultivo em ambiente protegido, que é um técnica que tem contribuído para a modernização da agricultura.

O ambiente protegido possibilita produtividades superiores às de campo. De acordo com Cermeño (1990) a produtividade dentro do ambiente protegido pode ser duas ou três vezes maior que as no campo e com qualidade superior. Além do controle parcial das condições edafoclimáticas, o ambiente protegido permite a realização de cultivos em épocas que normalmente não seriam escolhidas para a produção ao ar livre.

Outro bom motivo para produzir em ambiente protegido é o melhor aproveitamento dos recursos de produção (nutrientes, luz solar e CO₂), resultando em precocidade de produção (redução do ciclo da cultura) e redução do uso de insumos, como fertilizantes (fertirrigação) e defensivos.

O ambiente protegido possibilita o crescimento e desenvolvimento das culturas nas épocas em que os elementos climáticos, no ambiente externo são limitantes (HELDWEN et al., 2010), maior proteção quanto aos fatores climáticos (excesso de chuvas, diminuição da temperatura noturna, etc.), proteção do solo contra a lixiviação, redução dos custos com fertilizantes e defensivos, e produção maior em comparação ao cultivo em ambiente aberto. O que se espera em um cultivo em determinado ambiente é o alto rendimento e qualidade dos produtos, desde que sejam dadas as condições para a cultura utilizar da forma mais eficiente possível, os fatores determinantes da produção, quer sejam genéticos, bióticos ou abióticos (SGANZERLA, 1997).

O aumento da temperatura do ar influencia o potencial de florescimento, diminuindo o número de dias para o início da floração. Estudo realizado por Nascimento (2008) mostra que isso ocorre devido ao seu efeito nos processos metabólicos internos da planta. Tem-se observado reduções em torno de 60% na evapotranspiração das culturas em casa de vegetação coberta com plástico, em comparação com cultivos a céu aberto (MARTINS; GONZALEZ, 1995). De acordo com Farias et al.

(1994), a cobertura de plástico reduz a demanda evaporativa atmosférica, especialmente em razão da atenuação da radiação e da diminuição da velocidade do vento, considerados como fatores mais importantes na demanda evaporativa atmosférica.

O clima é um entre os fatores que influencia na produção hortícola. Para o auxílio dos diversos entraves que ocorre na produção agrícola não pode-se lançar mão do cultivo protegido, que se caracteriza pela construção de uma estrutura para a proteção das plantas contra os agentes meteorológicos que permita a passagem da luz, já que essa é essencial a realização da fotossíntese. Este é um sistema de produção agrícola especializado que possibilita certo controle das condições edafoclimáticas como: temperatura, umidade do ar, radiação, solo, vento e composição atmosférica.

2.3 Irrigação localizada

A irrigação é o método artificial de aplicação da água na agricultura que tem a finalidade de suprir as necessidades hídricas da planta, em caráter total ou suplementar. Isto quer dizer que a irrigação viabiliza o cultivo de espécies de plantas em locais onde, sem sua aplicação, seria impossível suprir as plantas com água. Através do desenvolvimento tecnológico e da criação de diferentes métodos de irrigação e metodologias de manejo, a irrigação tornou-se sinônimo de eficiência de produção, modernidade e de garantia de qualidade aos produtos (HERNANDEZ, 2008).

Segundo Blanco e Folegatti (2002), a irrigação é a única fonte de água para as plantas em cultivo protegido. Logo, esta deve suprir as exigências da planta e também lixiviar os excessos de sais, equilibrando os níveis de salinidade.

O manejo inadequado dos fatores relacionados com o cultivo em ambiente protegido, sejam aéreos ou do solo, pode propiciar condições muito favoráveis ao surgimento de doenças, tanto bióticas quanto abióticas (VIDA et al., 2004). Aliado a isso está à questão nutricional das plantas.

De acordo com Pereira (2004), o manejo da irrigação deve ser entendido como a combinação ótima entre as necessidades hídricas das culturas, as características do solo, tanto como meio de transporte como de armazenamento de água, e a operação de irrigação, com as suas condições técnicas, econômicas e sociais.

A irrigação por gotejamento vem sendo amplamente adotada por produtores na cultura do morangueiro. Isso vem ocorrendo devido a maior eficiência no

uso da água e menor incidência de doenças, pela redução do molhamento da parte aérea da planta. Como consequência, há um aumento na produtividade, no tamanho e na qualidade do fruto (SANTOS et al., 2005). Porém, necessita de água com qualidade e manutenção constante dos equipamentos, o que acarreta um custo inicial mais elevado em comparação ao sistema de irrigação por aspersão (CARVALHO, 2006).

O sistema de irrigação por gotejamento, mesmo com suas desvantagens ainda é o mais indicado para a cultura do morangueiro e vem sendo amplamente utilizado entre os agricultores. Contudo, se o sistema não for bem manejado, pode acarretar a resultados negativos, como o excesso de água no solo, o que pode aumentar a incidência de fungos de solo, reduzindo a produtividade e até causando a morte das plantas (SANTOS et al., 2005; CARVALHO, 2006).

Segundo Gomes (1994) a área do bulbo úmido irrigado se concentram os sais minerais fornecidos pela água, além daqueles já contidos no solo. O esforço ou tensão total que as raízes da planta devem exercer para extrair água do solo é igual à soma da tensão osmótica, decorrente da dissolução dos sais na água, e da tensão matricial, provocada pela força que as partículas de solo exercem sobre a água.

2.4 Manejo da irrigação por tensiometria

O tensiômetro é um aparelho que auxilia na determinação da tensão de água ou potencial matricial do solo, que pode ser convertido para teor de água do solo. Assim sendo, pode-se determinar com o auxílio deste aparelho a umidade atual e consequentemente o armazenamento de água no solo. Existem tensiômetros de vários tipos como o digital, analógico, de mercúrio, etc. O tensiômetro deve ser instalado na área e na profundidade de abrangência do sistema radicular da cultura, na linha de plantio ou próximo ao tronco da planta (SAAD et al., 1992).

A tensão de água no solo, chamada de potencial matricial, é resultante da afinidade da água com a matriz do solo, por causa das forças de adsorção e de capilaridade, oriundas das forças coesivas e adesivas, que se desenvolvem entre as três fases do solo que é ar, água e sólidos (GOMIDE, 2000). O potencial matricial do solo é um importante indicador da disponibilidade de água para as plantas, o qual corresponde a uma medida da quantidade de energia requerida pelas plantas para extrair água do solo (SMAJSTRLA; PITTS, 1997).

Existe uma série de instrumentos e equipamentos utilizados na determinação da tensão de água no solo (REICHARDT, 2004), entretanto o controle da tensão é geralmente realizado com o auxílio de tensiômetros, que trabalham na faixa de tensão entre 0 e 80 kPa (COSTA et al., 2002).

A maioria dos solos apresenta uma tensão máxima registrada pelos tensiômetros corresponde à utilização de mais de 50% da água disponível, que é compreendida entre a umidade do solo na capacidade de campo e o ponto de murcha permanente (CABELLO, 1996). Utilizando-se a tensão de água no solo para o manejo, a irrigação deve ser realizada toda vez que a tensão atingir um determinado valor crítico que não afete o desempenho da cultura. O teor de água do solo deve ser mantido entre certos limites específicos acima e abaixo, cuja água disponível para a planta não seja limitada, enquanto a lixiviação é prevenida.

O uso da tensiometria para o cálculo de lâmina d'água a ser aplicada por irrigação torna-se necessário o conhecimento do teor de água no solo em equilíbrio com determinada tensão. Para isso, podem-se utilizar as curvas de retenção de água no solo, consideradas como uma das ferramentas básicas no estudo dos processos de movimentação e retenção de água no solo, e que representa a relação entre a porcentagem de água no solo e a tensão com que a água está retida nele, podendo ser obtida em laboratório ou no campo (COSTA et al., 2002).

Para determinar o quando irrigar pela tensão de água no solo, através do tensiômetro, é estabelecido a quantidade de água que deve ser aplicada pela irrigação com base no armazenamento de água no solo. Para determinar o momento das irrigações no morangueiro, alguns literatura utilizam ou recomendam valores de tensão em diferentes regiões, situações de cultivo, solo e clima (HAISE; HAGAN, 1967; STRABBIOLI, 1988).

Para condição de cultivo protegido e o uso do filme plástico, favoreceram o desenvolvimento vegetativo do morangueiro, a produção total de frutos comerciáveis e seus componentes como o número e massa média dos frutos (PIRES, 1998).

2.5 Adubação potássica

A nutrição e adubação mineral fornecida às culturas estão relacionadas aos níveis de alguns compostos orgânicos nas plantas, devido à influência que exercem sobre processos bioquímicos e fisiológicos. Entre os macronutrientes requeridos para a cultura, necessários ao crescimento e desenvolvimento, destaca-se o potássio (K), o qual tem sido considerado o "elemento da qualidade" em nutrição de plantas (MALAVOLTA et al. 1982).

O potássio tem grande importância por influenciar no estímulo da síntese de carboidrato, aumentando a espessura da casca, o tamanho e a acidez dos frutos. Essas características conferem uma melhor qualidade física e melhor aparência ao produto, podendo estar relacionado com o sabor dos frutos e com a maior tolerância da cultura ao ataque de certas doenças e pragas, além de aumentar a resistência do fruto ao transporte e ao armazenamento (PRETTY, 1982).

O potássio (K) é o segundo nutriente mais absorvido pela maioria das espécies vegetais e pode ser encontrado em todos os tecidos da planta. Encontra-se predominantemente como cátion livre ou como cátion adsorvido, podendo ser facilmente deslocado das células ou dos tecidos, pois não faz parte de nenhuma estrutura ou molécula orgânica na planta, apresentando alta mobilidade (MEURER, 2006).

Sabe-se que a absorção de K pelo morangueiro tem 60% das suas necessidades realizadas em um período de cinco semanas após a floração. Entretanto, a absorção desse nutriente não depende somente da sua disponibilidade em torno das raízes, mas também da sua concentração, porque há um limite para o somatório dos cátions que podem ser absorvidos simultaneamente pela planta (GREENWOOD; STONE, 1998). Os nutrientes em concentração mais elevada tendem a reduzir ou inibir a absorção daqueles em concentração mais baixa.

Nos processos metabólicos dos vegetais, o potássio exerce as mais diversas funções no qual, resultam em diferentes efeitos positivos nas plantas. Quando há adequada nutrição desse nutriente, ele interfere no crescimento das raízes, aumenta a resistência às secas e às baixas temperaturas, resistência a pragas e doenças, aumenta a resistência dos frutos e a vida pós-colheita dos mesmos, confere maior longevidade à planta, tornando-a produtiva por intervalo de tempo superior, aumenta a resistência ao acamamento das plantas e incremento na nodulação de leguminosas. Níveis apropriados de

K promovem também incremento no teor de proteína, de amido nos grãos e tubérculos, na coloração e aroma dos frutos, no teor de ácido ascórbico e de sólidos solúveis e na redução de distúrbios fisiológicos (MEURER, 2006; PACHECO et al., 2007).

A eficácia do potássio adicionado pelos fertilizantes na maior parte dos solos brasileiros é bastante simples. Os solos do Brasil há predomínio de minerais de argila 1:1, dessa forma, pequena parte do K aplicado vai para a solução do solo e o restante migra para o complexo de troca sendo absorvido às cargas elétricas negativas.

A perda de K a partir do solo acontece por lixiviação. Essa depende da quantidade de água que percola no perfil e da concentração do íon na solução do solo quando que em quantidade significativa ou aumento pela adição de fertilizantes potássicos, há aumento na lixiviação (ERNANI et al., 2007).

O fornecimento do potássio em grandes quantidades promovem o aumento na produção da batata (CARDOSO et al., 2007) e proporcionou aumento no diâmetro de maçãs (HUNSHE et al., 2003). Por outro lado, Andriolo et al. (2010), observaram redução no crescimento vegetativo, no número, no tamanho e na produção de frutos de morangueiro, quando as doses de potássio foram mais elevadas. Esse fato está possivelmente relacionado à absorção competitiva do K com outros cátions.

A adubação potássica recomendada para o morangueiro no Brasil difere de região para região, com grande variação entre as quantidades mínimas e máximas. Já para o estado de Minas Gerais, Ribeiro et al. (1999) recomendam doses de 350, 250, 150 e 80 kg.ha⁻¹ de K₂O nas condições de baixa, média, boa e muito boa disponibilidade de K no solo, respectivamente. Para São Paulo, Raij et al. (1996) recomendam doses de 100 a 400 kg ha⁻¹ de K₂O levando em consideração a concentração de potássio disponível no solo.

2.6 Efeito da Salinidade do solo

O processo de salinização do solo é um sério dos problemas para a agricultura irrigada, sobretudo em regiões semiáridas e áridas, que pode ser causada pelo manejo inadequado da irrigação e fertilizantes (HORNEY et al., 2005).

A alta concentração de sais no solo pode interferir no crescimento das plantas em virtude dos efeitos osmóticos e da toxicidade de íons específicos presentes em elevadas quantidades na solução do solo (FREIRE et al., 2003).

Segundo Rhoades et al. (2000), os problemas causados pela salinização do solo são a redução do potencial osmótico da solução do solo, menor disponibilidade de água e a toxicidade de certos íons às plantas.

As plantas sob estresse salino em geral exibem folhas de coloração verde mais escura que plantas normais, além da redução do desenvolvimento de frutos. Essas plantas afetadas pela salinidade apresentam desenvolvimento lento e as folhas são menores, apesar de serem mais espessas, que as de plantas normais (BRESLER et al.,1982).

De acordo com Ferreira (1998), a salinização do solo pode ser ocasionado por dois processos: o natural e o induzido: O processo natural pode acontecer a partir da fragmentação e decomposição das rochas, escoamento superficial e subterrâneo de encostas para as partes baixas carreando os sais que se solubilizam das rochas e acumulando-se. Já para o processo induzido ocorre pela ação do homem, provocando a salinização do solo pelo manejo inadequado da irrigação e drenagem em regiões áridas e semiáridas, fazendo-se muitas vezes do uso da água com salinidade elevada ou aplicação de lâmina

A água utilizada na irrigação contém sais, apesar da quantidade e a qualidade de sais presentes nela possam variar bastante. Entretanto, o ambiente protegido, o excesso de fertilização, o uso de água salina e a ausência de drenagem adequada são fatores que contribuem para o maior risco de salinização do solo. Ainda que se utilize água de irrigação de boa qualidade e concentrações adequadas de fertilizantes, podendo ocorrer o acúmulo de sais na região radicular das plantas se não forem adotadas medidas de controle (MEDEIROS & GHEYI, 1994).

Para Ribeiro et al. (2003), o excesso de sais na zona não saturada, devido ao aumento capilar, é designado como salinização secundária. Um adequado entendimento dos mecanismos de recarga e descarga em perímetros irrigados é essencial para o desenvolvimento sustentável da agricultura. Por tanto é imprescindível os estudo dos processos de fluxo e de transporte nas zonas não-saturada e saturada dos solos, onde a infiltração, evapotranspiração, ascensão e salinização são fenômenos.

2.7 Atividade enzimática nas plantas

Os vegetais são organismos vivos que exibem várias respostas bioquímicas para proteção contra agentes oxidantes produzidos durante o metabolismo ou induzidos quando as plantas são submetidas a condições ambientais adversas. Os agentes oxidantes são resultantes de uma redução parcial do oxigênio molecular (MITTLER, 2002) e são conhecidos como espécies reativas de oxigênio (ERO). Estes radicais podem ser produzidos na forma de oxigênio singlete $1O_2$, radical hidroxila OH^\bullet , ânion superóxido O_2^\bullet e peróxido de hidrogênio H_2O_2 (RESENDE et al., 2003; SCANDALIOS, 2005).

A desintoxicação celular é uma ação combinada dos sistemas enzimáticos importantes para evitar danos oxidativos celulares prejudiciais aos organismos vivos submetidos a variadas condições de estresse, pois converte os produtos potencialmente perigosos aos sistemas biológicos das espécies reativas de oxigênio (SCANDALIOS, 1993).

As espécies reativas de oxigênio são capazes de provocar danos celulares, quebra na cadeia do DNA e oxidação de proteínas (ARGUIRRE et al., 2005). Entretanto, atuam de várias maneiras durante a resposta de defesa nas plantas, podendo induzir a expressão de genes de defesa que agem diretamente sobre o patógeno e no fortalecimento da parede celular das plantas (RESENDE et al., 2003), além de estarem envolvidas direta ou indiretamente nas vias de sinalização do ácido salicílico, ácido jasmônico e etileno (OVERMYER et al., 2003).

O sistema de defesa enzimático é formado por enzimas capazes de remover as espécies reativas de oxigênio do interior das células dos organismos vivos (SCANDALIOS, 1993). Dentre as principais enzimas antioxidantes pode-se destacar a superóxido dismutase (SOD), a catalase (CAT), a peroxidase (POX) e outras, como ascorbato peroxidase (APX) e monodeidroascorbato redutase (MDAR) (PRASAD e RENGEL, 1998).

Em plantas superiores bem como algas e cianobactérias, a SOD, APX, glutathione peroxidase, glutathione reductase, CAT e guaiacol POX podem individualmente ou cooperativamente remover espécies reativas de oxigênio (ELSTNER e OSSWALD, 1994).

2.7.1 Superóxido dismutase (SOD; E.C 1.15.1.1)

A Superóxido dismutase (SOD) é uma enzima de oxidorreductase que pode ligar-se a um composto metálico, denominando-se metaloenzima, sendo encontrada em três diferentes formas, de acordo com o íon metálico associado. Assim existem isoformas de SOD associadas a cobre e zinco (Cu/Zn-SOD), manganês (Mn-SOD) e ferro (Fe-SOD) (RICE-EVANS et al., 1991).

A SOD é uma isoenzima que está presente em organismos aeróbios, anaeróbios facultativos e alguns anaeróbios obrigatórios (SCANDALIOS, 1990; RICE-EVANS et al., 1991). As Cu/Zn-SODs são geralmente localizadas no citoplasma ou ligadas à membrana dos tilacóides dos cloroplastos de células eucarióticas. As Mn-SODs são encontradas na matriz de mitocôndrias, associadas à membrana nos cloroplastos de algumas plantas (BOWLER et al., 1992; SEHMER e DIZENGREMEL, 1998) e em procariotos. As Fe-SODs estão situadas em procariotos e em algumas plantas, presentes no estroma dos cloroplastos, peroxissomos e mitocôndrias de tecidos não fotossintetizantes (SCANDALIOS, 1993).

Estes sistema antioxidativos catalisam a formação do peróxido de hidrogênio através da dismutação de $O_2^{\cdot-}$ a H_2O_2 e O_2 , desempenhando um papel importante no sistema de defesa antioxidante (BROETTO et al., 2002). Em trabalhos realizados com *Pothomorphe umbellata* (L.) e plantas de sombra (MARCHESE et al., 2008) foi observado que em condições de pleno sol, houve a produção das espécies reativas de oxigênio e em resposta ocorreu a ativação da SOD, através de suas isoenzimas.

Diversos estudos têm sido realizados para se compreender a função da SOD no metabolismo de espécies ativas de oxigênio em plantas, sob diferentes condições, como estresse de metais (VITÓRIA et al., 2001), estresse hídrico (GOGORCENA et al., 1995) e outros. Também têm sido utilizadas em pesquisas envolvendo manipulação genética, na tentativa de obtenção de fenótipos tolerantes ao estresse, conforme Bowler et al. (1992). Em todos estes casos foi observada a participação espécies ativas de oxigênio nos danos celulares e a indução da SOD como importante mecanismo de proteção das plantas.

A atividade específica de Superóxido dismutase em plantas de alface (*Lactuca sativa*) colonizadas com *G. mosseae* e *Glomus deserticola* e sujeitas a estresse hídrico foi maior em relação aos controles não micorrizados, concluindo-se que a

indução de SOD em plantas micorrizadas estaria relacionada aos mecanismos de interação entre FMA e a planta, em resposta ao estresse hídrico (RUIZ-LOZANO et al., 1996).

O estresse salino ou hídrico causam danos oxidativos às células vegetais. As EROs são moléculas formadas durante funções metabólicas normais nos cloroplastos, mitocôndrias e peroxissomos, induzindo ao estímulo ambiental as quais as plantas estão expostas (ÉAUX e TOLEDANO, 2007).

O estresse salino muitas vezes ocasiona danos irreversíveis as plantas de forma a promover alterações na atividade enzimática das plantas. Rahman et al. (2002), observaram o aumento significativo na atividade da enzima SOD em plantas de tomate resistentes e não resistentes ao déficit hídrico. O aumento da atividade da enzima antioxidativa SOD está atrelado ao aumento da salinidade em plantas (LEE et al., 2001; MITTOVA et al., 2002).

Estudos relatam que o estresse hídrico (seca) provoca aumento oxidativo em várias espécies vegetais, em que espécies reativas de oxigênio, tais como radical superóxido, radical hidroxila, peróxido de hidrogênio e oxigênio singlete são produzidos nessas condições (JALEEL et al., 2007).

A Superóxido dismutase se distribui predominantemente no citoplasma, mas também se encontra no núcleo, peroxissomo e espaço entre membranas da mitocôndria (VALENTINE et al., 2005). Em vista do seu complexo processamento pós-traducional e de sua ampla distribuição intracelular, não surpreende o fato de parte da Superóxido dismutase apresentar-se imatura, ou seja, desprovida dos cofatores metálicos e da ligação dissulfeto (PETROVIC et al., 1996). Compreende-se que a SOD é importada para o espaço entre membranas da mitocôndria na sua forma imatura enquanto seu papel neste compartimento permanece desconhecido (FIELD et al., 2003; IÑARREA et al., 2005). A Superóxido dismutase apresentar alta eficiência catalítica e também é uma proteína muito abundante, perfazendo aproximadamente 0,5% da proteína total em alguns tecidos, como a substância cinza do cérebro (HALLIWELL e GUTTERIDGE, 2007).

2.7.2 Peroxidase (POX; EC 1.11.1.7)

A peroxidases (POX) são hemoproteínas de oxidoredutase, específicas para aceptor de hidrogênio (ALFENAS, 1998) e estão presentes em certas células animais, microrganismos e tecidos vegetais. Incidem sobre diversos componentes

celulares, como núcleo, mitocôndrias, ribossomos, paredes e membranas celulares (FRIC, 1976; HOAGLAND, 1990).

Na peroxidase ocorre reação que consiste de dois passos sucessivos, envolvendo um elétron cada. Uma equação geral para reações catalisadas por peroxidases não pode ser formulada, pois o curso da reação depende do tipo de substrato, como fenóis, aminofenóis, diaminas, indofenóis, ascorbatos e diferentes aminoácidos (BERGMEYER et al., 1974).

Embora a função ainda não esteja elucidada, as peroxidases desempenham funções como a catálise da oxidação e biossíntese de lignina, gerando H_2O_2 a partir de NADH (GOLDBERG et al., 1985), oxidação de compostos fenólicos (FRY, 1986) e inibição do crescimento através da oxidação do ácido indol-3-acético (HOAGLAND, 1990).

A enzima peroxidase (POX) está presente no grupo das oxidoreduases, sendo capaz de catalisar um grande número de reações oxidativas em plantas usando peróxido como substrato ou, em alguns casos, oxigênio como um aceptor de hidrogênio.

A modificação na atividade da peroxidase pode ser uma adaptação útil da planta sob efeito da salinidade, podendo este apresentar efeitos fisiológicos, como redução do crescimento (DHINDSA e MATAWE, 1981).

Segundo McArthur e Knowles (1993), estudando padrão da atividade de peroxidases em raízes de batata, em condições de baixo e alto fósforo no solo, pode observar baixo nível da atividade em raízes com menor fósforo e uma maior atividade em condições de alto nível de fósforo.

A peroxidase e o polifenoloxidase são responsáveis pelo escurecimento em frutas, vegetais e seus produtos processados, por isso o controle das atividades destas enzimas é de grande importância durante a transformação dessas matérias-primas para a obtenção de produtos processados (CLEMENTE e PASTORE, 1998).

A enzima peroxidase é capaz de catalisar a transferência do hidrogênio de um doador para H_2O_2 constituindo numa proteção antioxidativa (LIMA et al., 1997; SBALCHEIRO et al., 2009). Essas enzimas estão envolvidas no crescimento e desenvolvimento das plantas e em diversas reações celulares como a oxidação de

compostos fenólicos, ligações de polissacarídeos e lignificação, funcionando como uma barreira física à penetração do patógeno (SBALCHEIRO et al., 2009).

Broetto et al. (2005) observaram que as suspensões celulares de feijão tratados com a parede celular do fungo *Fusarium oxysporum* f. sp. *phaseoli* pode induzir uma resposta celular. Esses autores apresentaram resultados eficazes na indução da atividade da enzima peroxidase que está relacionada com o sistema de resposta antioxidativo.

2.8 Qualidade pós-colheita do fruto

A qualidade do fruto e os produtos agrícolas estão diretamente interligados a sua forma de cultivo, pois dependem do consumidor e do mercado segundo (HAFFNER, 2002). Através disso, muitos fatores influenciam as propriedades químicas e físicas de um produto agrícola como o cultivar, tipo de solo, clima e o sistema de produção (CAMARGO et al., 2009).

O somatório desses fatores ao longo do processo produtivo é quem influencia nas características de qualidade do fruto. O produto final abrange as propriedades sensoriais como a aparência, cor, textura, sabor, aroma, o valor nutricional, constituintes químicos, propriedades mecânicas e defeitos (KADER, 2002).

O processo metabólico de maturação proporciona uma série de alterações nos frutos. Tais transformações, que são físicas, químicas e bioquímicas, refletem nos atributos de qualidade dos produtos hortícolas. Na etapa final, ocorre o aprimoramento das características sensoriais do fruto, como sabor, odores específicos em função do aumento de açúcares e a redução na acidez do fruto (CHITARRA e CHITARRA, 2005).

As características físico-químicas nos frutos garantem a aceitação pelo mercado consumidor e aumentam o rendimento no processo de industrialização (MARODIN et al., 2010). O teor de sólidos solúveis indica a quantidade de sólidos que se encontram na polpa dos frutos no qual são expressos em °Brix e tendem a aumentar com o avanço da maturação. Esse fator responde bem a algumas substâncias que se encontram dissolvidas em água e absorvida pela planta. Os principais são os açúcares, variando conforme a espécie, a cultivar, o estágio de maturação e clima (CHITARRA e CHITARRA, 2005).

O morango é um fruto que os sólidos solúveis aumenta continuamente durante o processo de maturação, passando de 5% de sólidos solúveis em frutos verdes e pequenos para 6 a 9% em morangos maduros (KADER, 1991).

A sacarose é a forma prevalente de açúcar translocado nas plantas. Em um pequeno número de famílias, observou-se que além da sacarose, oligossacarídeos da série rafinose, compõem o exudato. Nas famílias Rosaceae e Oleaceae, parte dos fotoassimilados é translocada na forma dos açúcar-álcoois: manitol e sorbitol (HOPKINS, 1995), no entanto, apenas em alguns frutos a sua concentração excede à dos açúcares redutores (glicose mais frutose), já em outros a concentração é semelhante (CHITARRA e CHITARRA, 2005). Os açúcares predominantes nos sólidos solúveis de morangos são a glicose e a frutose e em menor proporção o xilitol e a xilose (BALDWIN, 2002).

Além do açúcar, a acidez titulável é determinada por titulometria e os resultados expressos em porcentagem do ácido predominante (AZEVEDO, 2007). O amadurecimento dos frutos geralmente interfere nesse fator, influenciando na perda da acidez, porém em alguns casos há um pequeno aumento nos valores com o avanço da maturação (CHITARRA e CHITARRA, 2005).

O ácido ascórbico possui um papel importante na atividade biológica sob as reações de stress oxidativo, sendo o ácido ascórbico o principal composto com atividade vitamínica (CORDENUNSI et al., 2005). Ele possui um grupo funcional enediol nos átomos de carbono 2 e 3 que são responsáveis por sua propriedade ácida e redutora, pois ele pode se ionizar e doar elétrons. Dessa forma, o ácido ascórbico reage com espécies reativa de oxigênio tais como H_2O_2 , O_2^- e $1O_2$, devido a sua capacidade antioxidante (SMIRNOFF, 2001).

O pH (potencial hidrogeniônico) representa o inverso da concentração de íons hidrogênio em um material. A determinação do pH dos frutos é importante na definição da finalidade de uso das cultivares (CONTI et al., 2002). Frutos com pH baixo são mais indicados para indústria. Ele também tem efeito importante na estabilidade da antocianina e na expressão da coloração de frutos (HOLCROFT; KADER, 1999).

A quantidade de água no fruto do morango é o componente mais abundante (89 a 94%), tornando-o um fruto altamente sensível à desidratação (OLÍAS et

al., 1998). A umidade de um alimento está relacionada com sua estabilidade, qualidade e composição, e pode afetar características do produto final.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Caracterização da área experimental

Os ensaios foram conduzidos na Faculdade de Ciências Agronômicas – FCA da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – UNESP, Câmpus de Botucatu-SP, no período de Agosto à Dezembro de 2012, que encontra-se em um local com coordenadas geográficas Latitude - 22° 52’ 20” S e Longitude - 48° 26’ 37” W Greenwich, altitude média de 770 metros, clima subtropical, com verões quentes e úmidos e invernos frios e secos (CEPAGRI, 2009). O cultivo foi realizado em ambiente protegido no solo, em estufa com estrutura metálica com uma área de 210 m², cobertura com plástico de polietileno (Figura 1).



Figura 1. Vista frontal da estufa do Departamento de Engenharia Rural em Botucatu-SP.

O solo da área experimental foi classificado como Latossolo Vermelho distrófico de textura argilosa (EMBRAPA, 1999). Para a suas caracterizações química e física, (Tabela 1 e 2) foram coletadas amostras na camada de 0 - 0,20 m e elaborado a curva de retenção de água no solo (Figura 2), conforme Van Genuchten (1980).

Tabela 1. Caracterização química do solo da área experimental.

Camada (cm)	pH	M.O. g dm ⁻³	P _{resina} mg dm ⁻³	Al ³⁺ -----	H+Al -----	K -----	Ca -----	Mg -----	SB -----	CTC -----	V%	S mg dm ⁻³
											mmol _c dm ⁻³ -----	
0-20	5,3	19	4	1	22	1,4	27	12	40	62	65	17

Tabela 2. Caracterização física do solo da área experimental.

Grossa	Areia		Argila	Silte	Teor de água (%)	Textura do Solo	Densidade (g cm ⁻³)
	Fina	Total (g kg ⁻¹)					
0	0	512	374	114	0	Argilosa	1,46

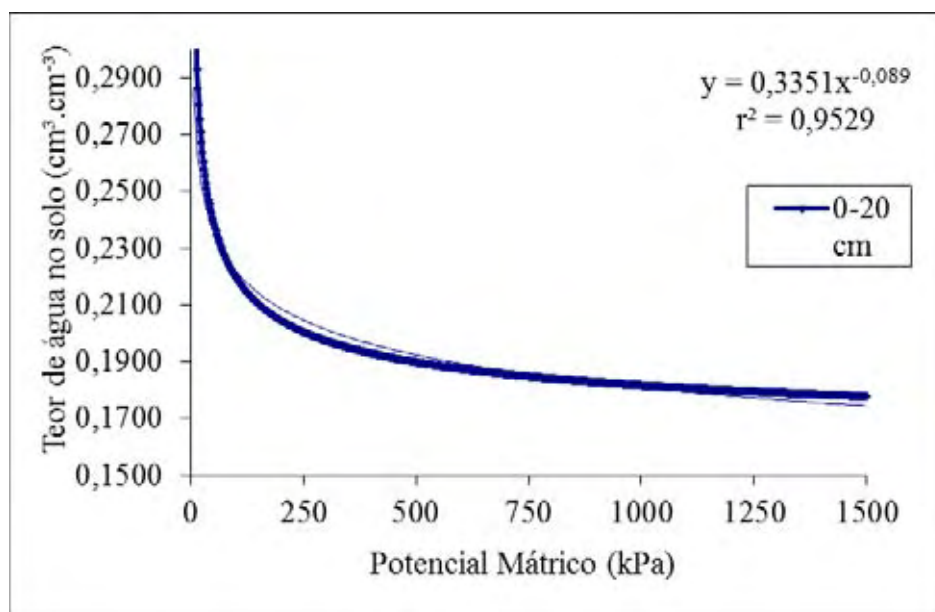


Figura 2. Curva de retenção de água no solo da área experimental de cultivo do morangueiro.

Os valores diários da temperatura do ar, da umidade relativa do ar no período de condução do experimento foram obtidos por um termo higrômetro digital (Figura 3), instalado na parte central da estufa, os valores que consta da Figura 4.



Figura 3. Coleta dos dados de temperatura e de umidade do ar com termo higrômetro digital.

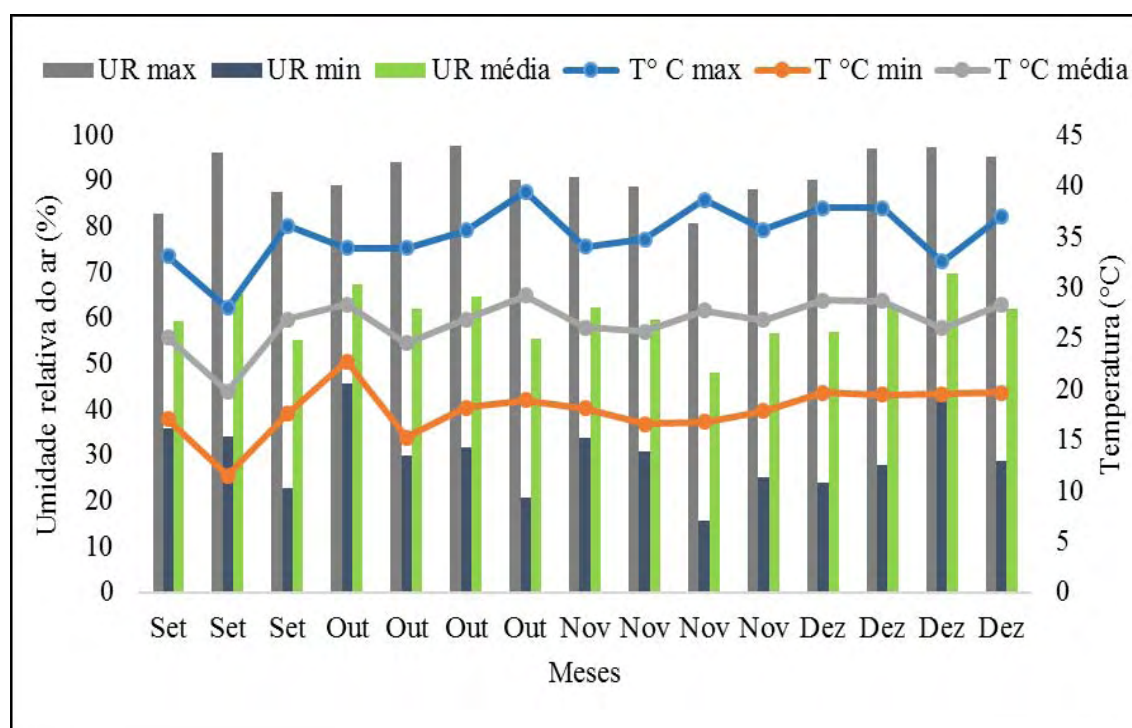


Figura 4. Valores de Umidade relativa do ar máxima (UR max), umidade relativa do ar média (UR média), umidade relativa do ar mínima (UR min) e temperatura máxima (T °C max), temperatura média (T °C média), temperatura mínima (T °C min) no período de avaliação da cultura.

3.2 Caracterização do delineamento experimental

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados com cinco tratamentos (lâminas de irrigação estimadas a partir da tensão do solo) e quatro repetições onde: L1 – 25% tensão do solo; L2 – 50% tensão do solo; L3 – 75% tensão do solo; L4 – 100% tensão do solo; L5 – 125% tensão do solo e três doses de adubação: dose – 1 (sem adubação potássio), dose – 2 (300 kg ha⁻¹ recomendação do boletim 100, Raij et al. (1997)) e dose – 3 (triplo da dose recomendada 900 kg ha⁻¹) nas subparcelas. Foram cultivadas 720 plantas e 48 plantas por parcela e dessas para as medidas de características morfológicas e fisiológicas, utilizou-se 20 plantas por parcela.

A área experimental total cultivada foi de 27 m² por tratamento, sendo a figura 5 apresenta o detalhamento da área experimental com disposição dos blocos e dos tratamentos (lâminas de irrigação) e doses de potássio.

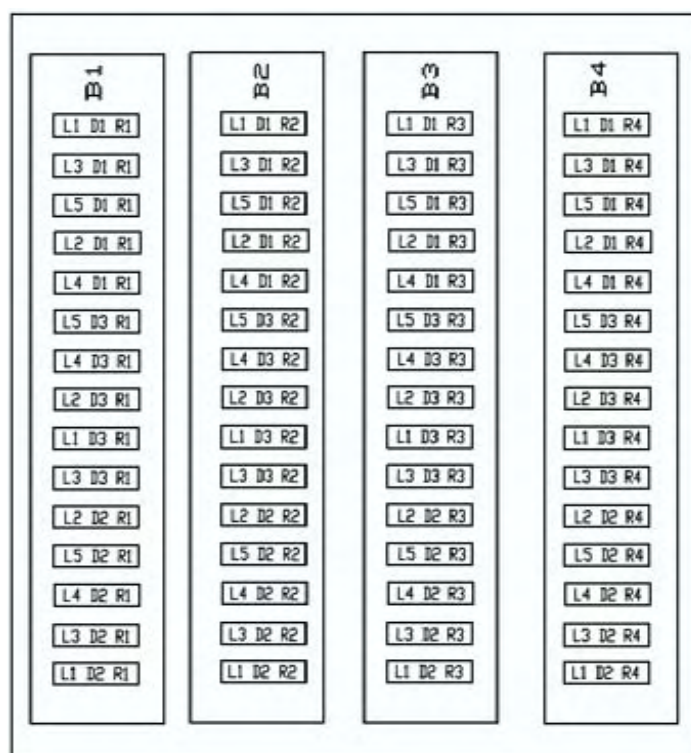


Figura 5. Área experimental com delineamento detalhado onde: L1 - 25% tensão do solo; L2 - 50% tensão do solo; L3 - 75% tensão do solo; L4 - 100% tensão do solo; L5 - 125% tensão no solo, D1- sem potássio; D2-300 kg ha⁻¹; D3-900 kg ha⁻¹, B1-Bloco 1; B2-bloco 2; B3-bloco 3; B4-bloco 4, R1 - repetição 1; R2 - repetição 3; R3 – repetição 3 e R4 - repetição 4.

3.3 Caracterização do sistema de irrigação

O sistema de irrigação utilizado foi com mangueiras gotejadoras, gotejadores não compensantes, espaçados de 0,30 m entre plantas e 0,30 m entre linhas de irrigação. O sistema de irrigação foi constituído com linhas principais em canos de PVC, registros, válvula injetora de fertilizantes, hidrômetros e filtros a linhas de derivação com mangueiras gotejadoras de polietileno com diâmetro de 16 mm, com vazão média de 1,9 L h⁻¹ e pressão de serviço 10 mca (Figura 6).



Figura 6. Vista geral do sistema de irrigação do morangueiro.

3.4 Plantio e adubação da cultura

O preparo do solo na estufa foi realizado com o uso de uma enxada rotativa, duas passadas sendo uma para limpa e a outra para a incorporação de calcário dolomítico (20 kg) para elevar a saturação de base (V%) para 80% com 60 dias antes do transplante das mudas. As plantas foram transplantadas com um espaçamento de 0,30 m entre plantas e 0,30 m entre linhas. A adubação de plantio ocorreu com o uso de um injetor de fertilizante do tipo venturi, com uma frequência de aplicação de a cada 15 dias no qual usou-se uma fonte de P₂O₅ (MAP - Mono Amônio Fosfato). Foram utilizadas mudas de

morango do cultivar “Oso Grande” compradas na cidade de Espírito Santo do Turvo - SP, após 50 dias da formação das mudas foram transplantadas para estufa.

Cada parcela experimental (canteiro) apresentava dimensão de 1,20 m de largura por 5 m de comprimento (6 m²) com três linhas de plantios totalizando 48 plantas por parcela (Figura 7).



Figura 7. Vista geral das linhas de plantio do morangueiro e sistema de irrigação.

As adubações de cobertura foram realizadas via fertirrigação (Figura 8) com nitrogênio (N) e potássio (K), aplicados frequentemente, a cada 15 dias. Para a adubação nitrogenada utilizou uréia, foi realizada a aplicação de 180 kg ha⁻¹ ciclo⁻¹ e a adubação potássica foi realizada com sulfato de potássio, sendo dose 1- sem potássio, dose 2 - recomendação (300 kg ha⁻¹ ciclo⁻¹) do boletim 100, Raij et al. (1997) e dose 3 – três vezes o recomendado (900 kg ha⁻¹ ciclo⁻¹).



Figura 8. Fertirrigação do morangueiro.

Durante o período do experimento (100 dias) foram aplicados 60% de uréia, 40% de sulfato de potássio e 60% de MAP (Mono Amônio Fosfato) no estágio vegetativo da cultura (52 dias). Já para os estádios de floração (18 dias) e de frutificação (30 dias) 40% de uréia, 60% de sulfato de potássio e 40% de MAP (Mono Amônio Fosfato) de acordo com (CARVALHO, 2006).

A cobertura do solo com uma filme agrícola na cor preta (mulching) foi realizada 10 dias após o transplântio das mudas. Segundo Kikas e Luik (2002) o filme agrícola tem a finalidade de proteção dos frutos contra doenças, plantas invasoras, retenção de umidade e melhorar o rendimento da cultura (Figura 9).



Figura 9. Cobertura dos canteiros com filme agrícola (mulching).

Com o aparecimento dos estolhos aos 48 dias após transplante, foram realizadas podas a cada 20 dias com o intuito de evitar o esgotamento da planta e facilitar o manuseio da coleta de dados do experimento (Figura 10).



Figura 10. Controle de estolhos na cultura do morangueiro.

O controle fitossanitário seguiu as recomendações da Agrofite (2006) e também a um cronograma de pulverizações para a cultura, no qual utilizou-se o inseticida Decis (1mL por litro d'água) e o fungicida Cercobin 700 WP (70g para 100 litros d'água) após 10 dias de transplante até o estágio de floração da cultura. As pulverizações foram realizadas periodicamente, a cada 20 dias.

3.5 Manejo de irrigação

O manejo utilizado visava elevar o teor de água do solo correspondente ao tratamento de 100 % à capacidade de campo. O cálculo do tempo de funcionamento do sistema de irrigação em cada tratamento foi realizado com base na tensão do solo com o auxílio de tensiômetros de vacuômetro instalados na profundidade de 0,20 m e com um turno de irrigação fixo de quatro dias. Os cálculos de estimativa da lâmina de irrigação foi realizado com base na CAD (Capacidade de água disponível), Equação 1. Durante a realização do experimento, a determinação das lâminas de irrigação teve como referência as seguintes tensões do solo: Tratamento L1 – 25% tensão do solo; L2 – 50% tensão do solo; L3 – 75% tensão do solo; L4 – 100% tensão do solo; L5 – 125%

tensão do solo. O volume de água aplicado em cada tratamento foi registrado por hidrômetro.

$$CAD = (CC - PMP) \times Z \quad (1)$$

Em que:

CAD - capacidade de água disponível (mm);

CC - teor de água volumétrico na capacidade de campo ($\text{cm}^3 \text{ cm}^{-3}$);

PMP - teor de água volumétrico no ponto de murcha permanente ($\text{cm}^3 \text{ cm}^{-3}$);

Z - profundidade efetiva do sistema radicular (mm).

Antes do início do experimento avaliou-se a uniformidade de distribuição de água no sistema de irrigação utilizado, medindo-se a vazão dos gotejadores ao longo das linhas laterais e a pressão de serviço. A uniformidade de distribuição foi de 95%, avaliado pelo CUD (Coeficiente de Uniformidade de Distribuição), no qual o valor mínimo recomendável para sistemas de irrigação localizada é de 85% de eficiência, segundo o Boletim 36 da FAO. O valor de CUD do sistema é obtido pela seguinte Equação 2.

$$CUD = \frac{\overline{X}_{25}}{\overline{X}} \times 100 \quad (2)$$

Em que:

CUD - coeficiente de Uniformidade de Distribuição em (95%);

\overline{X}_{25} - média dos 25% menores valores de vazão coletados (L h^{-1});

\overline{X} - lâmina média aplicada (L h^{-1}).

A lâmina aplicada (mm), conforme a Equação 3, conseqüentemente, obteve o tempo de irrigação para cada tratamento em minuto pela Equação 4.

$$L_a = \frac{CAD}{E_f} \quad (3)$$

Em que:

L_a - lâmina aplicada (mm);

CAD - capacidade de água disponível (mm);

E_f - eficiência de irrigação (0,95).

$$T_i = \left(\frac{L_a \times A}{n \times q} \right) \times 60 \quad (4)$$

Em que:

T_i - tempo de irrigação (minuto);

L_a - lâmina aplicada (mm);

A - área ocupada por planta (0,10 m²);

n - número de emissores por planta (1);

q - vazão do gotejador (1,9 L h⁻¹).

Portanto, para a estimativa das lâminas de irrigação, foi calculada a redução permissível de água disponível do solo, ou seja, $(CC - PM) \times z$ que foi tomado como valor limite (PM) de tensão no solo 100 kPa (cm³.cm⁻³) e mínimo (CC) de 15 kPa (cm³.cm⁻³) no período, para a profundidade (z) de 200 mm em um turno de irrigação de quatro dias. O período inicial de diferenciamento do volume de água aplicada aos tratamentos teve início 15 dias após transplântio das mudas.

3.6 Monitoramento do teor de água no solo

Instalou-se uma bateria com três tensiômetros de vacuômetro apenas no tratamento T4, na profundidade de 0,20 m, a uma distância de 0,10 m do caule, (Figura 11) com três repetições.



Figura 11. Distribuição dos tensiômetros em torno da planta de morangueiro.

O monitoramento do teor de água no perfil do solo foi realizado diariamente entre 8 e 10 horas da manhã antes da aplicação de lâminas de irrigação e registrou-se os valores de leituras de tensões no solo.

Os valores das leituras foram convertidos em potencial matricial de água no solo ($-\Psi_m$) na unidade de kPa, utilizando a equação 5 e posteriormente com os parâmetros do modelo descrito por Van Genuchten (1980) (Equação 6) foram obtidas conforme Dourado Neto et al. (1995) (Equação 5) com o auxílio do software SWRC versão 3.0 (Soil Water Retention Curve), cujos parâmetros de ajuste descritos na Tabela 3, determinou-se os teores de água para a camada de 0,0 – 0,20 m.

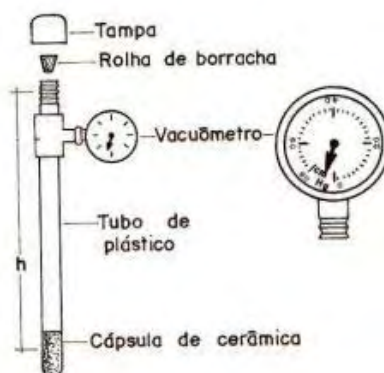
$$\Psi_m = \left(\frac{L_t}{10} \right) - (h \times 0,09807) \quad (5)$$

Em que:

Ψ_m - potencial de água no solo (kPa);

L_t - leitura no vacuômetro (kPa);

h - altura da coluna de água no tensiômetro (cm) esquema abaixo.



$$\theta = \theta_r \frac{\theta_s - \theta_r}{[1 + (|\Psi_m| \times \alpha)^n]^m} \quad (6)$$

Em que:

θ - teor de água atual à base de volume ($\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$);

θ_r - teor de água residual ($\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$);

θ_s - teor de água de saturação ($\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$);

Ψ_m - potencial de água no solo (kPa);

α , m e n - parâmetros empíricos do modelo matemático (cm^{-1}).

Tabela 3. Valores dos parâmetros do modelo de Van Genuchten na camada 0 a 0,20 m.

Camada (m)	θ_r ($\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$)	θ_s ($\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$)	α (cm^{-1})	m	n	ρ (g cm^{-3})
0 - 0,20	0,155	0,544	1,055	0,135	2,845	1,46

3.7 Extração da solução do solo

3.7.1 Condutividade elétrica e pH na solução do solo

Para a extração da solução do solo foi utilizado extratores com cápsulas porosas. Foi aplicado uma pressão nos extratores de 70 kPa por meio de uma bomba de vácuo. Os extratores foram instaladas a uma profundidade de 20 cm da superfície do solo. A aplicação do vácuo aos extratores aconteceu 12 horas após a

irrigação. Seguindo a metodologia descrita por Silva (2002), foi verificado a tensão solo por meio de tensiometria, sendo que os extratores foram instalados opostamente aos tensiômetros a uma distância de 10 cm da planta.

A solução do solo foi coletado a cada 20 dias para determinação da condutividade elétrica e o pH. Utilizou-se coletor do tipo extrator com cápsulas porosas sobre vácuo, em seguida aferiu os valores com auxílio de condutivímetro e peagâmetro de bancada. A condutividade elétrica da solução e pH foram aferidos para as diferentes lâminas de irrigação e de doses de potássio.

3.8 Características morfológicas e fisiológicas avaliadas na planta

3.8.1 Área foliar

As características morfológicas de crescimento foram avaliadas no final do ciclo de produção da cultura. A determinação da área foliar foi feita a partir da Equação 7, em que, a área do limbo foliar foi calculada com base no comprimento (C) e na largura (L) do limbo, um fator “f” foi determinado pela análise de regressão simples entre a área de uma amostra de folhas e o produto de suas dimensões conforme Marrocos et al. (2010).

$$AF_t = f \times C \times L \quad (7)$$

Onde:

AF_t - área foliar Total (cm²);

f - fator calculado para os tratamento (0,7931);

C - comprimento do limbo foliar (cm);

L - largura do limbo foliar (cm).

3.8.2 Matéria seca

Para determinação da porcentagem de matéria seca na cultura do morangueiro no final do ciclo de produção, coletou-se oito plantas por tratamento, com

caule e folha, em seguida, as amostras foram pesadas em uma balança de precisão de 0,1g para determinação da massa fresca e em seguida levadas para uma estufa de ar forçado a 60 °C. O tempo de secagem foi de 72 horas, após esse tempo foram novamente pesadas para determinar a massa seca das amostras. Após esse procedimento os valores encontrados foram calculados pela Equação (8), para percentual de matéria seca de acordo com Rodrigues (2010).

$$MS\% = \frac{MAS}{MAF} \times 100 \quad (8)$$

Onde:

MAS - Massa da amostra seca (g);

MAF - Massa da amostra Fresca (g).

3.8.3 Teor relativo de água na planta

Para a determinação do teor relativo de água (TRA), coletou-se seis discos foliares por planta em cada tratamento, com diâmetro de 10 mm cada um e imediatamente pesados (Pf) em balança com precisão de 0,001g. Em seguida, eles foram mantidos em água deionizada e levados à geladeira ($\pm 2^\circ\text{C}$). Após seis horas, os discos foliares foram secos em papel toalha e pesados novamente (Pst). Depois o material foi colocado em estufa com circulação forçada de ar (60°C) por 24 horas, obtendo-se assim o peso de matéria seca (Ps). Os valores foram submetido a Equação (9) proposta por Barrs (1968) para o cálculo do TRA.

$$TRA = \frac{(Pf - Ps)}{(Pst - Ps)} \times 100 \quad (9)$$

Onde:

TRA - Teor relativo de água (%);

Pf - Peso fresco do disco foliar (g);

P_s - Peso seco do disco foliar (g);

P_{st} - Peso saturado do disco foliar (g).

3.8.4 Análise foliar

No final do ciclo foi feita a análise foliar das plantas para cada lâmina de irrigação e doses de adubação potássica via fertirrigação, obtendo o teor dos macronutrientes: Nitrogênio, Potássio, Fósforo, Cálcio, Magnésio e Enxofre. As análises foram realizadas no Laboratório de Nutrição Mineral de Plantas da FCA/UNESP.

3.9 Análises bioquímicas

Para a realização das análises bioquímicas foram seguidos os estádios fenológicos da cultura (vegetativo, floração e frutificação), o experimento foi conduzido no esquema fatorial (5x4x3) sendo cinco lâminas de irrigação, quatro correspondentes às repetições e o terceiro fator são as doses de potássio aplicada, onde: dose 1 – sem adubação potássica, dose 2 – recomendação (300 kg ha⁻¹ ciclo⁻¹) do boletim 100 e dose – 3 (900 kg ha⁻¹ ciclo⁻¹). Imediatamente após a coleta, as amostras de tecidos foliares foram acondicionadas em nitrogênio líquido (-196 °C), para interromper as atividades enzimáticas das plantas e posteriormente armazenadas em Freezer (-80 °C).

3.9.1 Proteínas solúveis totais

Para a determinação de proteínas totais nos tecidos vegetais foi utilizado o método de Bradford (1976). Foram macerados 100 mg de tecido em 1 mL de tampão fosfato 0,1 M, pH 6,7. Logo após, foram centrifugados por 10 min a 5000 x g e em seguida retirado o sobrenadante (extrato bruto). Para cada amostra foram pipetadas duas alíquotas de 100 µL de extrato + 5000 µL do reativo de Bradford. Depois de 15 min, foram realizadas as leituras utilizando-se espectrofotômetro a 595 nm. As leituras foram comparadas com o padrão BSA (Albumina de Soro Bovino) na concentração de 0 a 100 µL, com o uso da equação da reta.

3.9.2 Atividade específica da enzima peroxidase (POX; EC 1.11.1.7)

Para a atividade da enzima POX foi utilizada a metodologia de Peixoto et al. (1999), determinada por diluição (1:25) de 100 µL de extrato bruto e adição de 4,9 mL de tampão fosfato de potássio 25 mM, pH 6,8 contendo 20 mM de Pyrogallol e 20 mM H₂O₂. Após incubação por 1 min a reação foi paralisada com 0,5 mL de H₂SO₄. A leitura de absorbância foi feita a 420 nm. A atividade específica (µKat µg Prot⁻¹) da enzima foi calculada utilizando um coeficiente de extinção molar de 2,47 mM⁻¹ cm⁻¹.

3.9.3 Atividade específica da enzima superóxido dismutase (SOD; E.C 1.15.1.1)

A atividade da enzima SOD foi determinada utilizando-se a metodologia descrita por Giannopolitis e Ries (1977) pela reação de 50 µL de extrato bruto com uma solução contendo 13 mM de metionina, 75 µM de NBT (Nitro blue tetrazolium), 100 nM de EDTA e 2 µM de riboflavina em 1,0 ml de tampão fosfato de potássio 50 mM, pH 7,8. A reação foi iniciada pela iluminação dos tubos, em câmara composta por tubos fluorescentes (15 W), a 25 °C. Após 5 minutos de incubação, o final da catálise foi determinado pela interrupção da luz. O composto azul formado (formazana) pela fotorredução do NBT foi determinado pelo incremento na absorção a 560 nm. Os tubos considerados brancos para a análise receberam os mesmos reagentes, porém foram mantidos cobertos com papel alumínio, abrigados da luz. Uma unidade de SOD (superóxido dismutase) foi definida como a quantidade de enzima necessária para a inibição de 50% da fotorredução do NBT. Para o cálculo da atividade específica da enzima, considerou-se a percentagem de inibição obtida, o volume da amostra e a concentração de proteína na amostra (µg µL⁻¹) utilizando-se as fórmulas:

$$\text{Fórmula: } \frac{\text{Controle} - \text{Amostra}}{\text{Controle}} \times 100 = \% \text{ Inibição}$$

$$\text{Atividade específica da SOD} = \frac{U}{\mu\text{g de proteína}} = \frac{\% \text{ de inibição} \times \text{volume da amostra } \mu\text{L}}{50 \% \times \text{concentração de proteína } \mu\text{g } \mu\text{L}}$$

4 Análise da qualidade pós-colheita

Para as análises da qualidade do morango, amostras de frutos colhidos em uma avaliação realizada no mês de dezembro de 2012 (pico de produção) foram separadas vinte frutos de cada parcela útil e enviadas ao Departamento de Horticultura da Faculdade de Ciência Agrônômicas.

4.1.1 Massa média dos frutos

Para avaliar a massa média dos frutos, todos os frutos foram pesados e divididos pelo número de frutos (g). Os pesos foram obtidos com o uso de uma balança digital.

4.1.2 Número de frutos por planta

Para se obter o número de frutos por planta, foi realizado o somatório do número de frutos da parcela dividido pelo número de plantas da mesma parcela.

4.1.3 Comprimento e diâmetro do fruto

Para os dados de comprimento e de diâmetro do fruto (mm) foi realizado um corte longitudinal do fruto com uma faca, em seguida foi realizado as medições com o auxílio de um paquímetro digital.

4.1.4 Acidez total titulável

A titulação foi realizada com NaOH-0,1N e expressa em porcentagem de ácido málico ou cítrico (g de ácido málico ou cítrico 100g⁻¹ de tecido fresco), conforme técnicas padronizadas pelo Instituto Adolfo Lutz, citadas em BRASIL (2005).

4.1.5 Sólidos solúveis totais

As leituras dos sólidos solúveis totais foram realizadas por refratometria, com o auxílio de um refratômetro digital Atago, conforme recomendação feita pela A. O. A. C. (2005). Os resultados são expressos em ° Brix.

4.1.6 pH

Para obter os valores do pH, utilizou-se um potenciômetro ANALYSER – modelo pH 300, conforme técnica descrita em BRASIL (2005).

4.1.7 Teor de vitamina C

O teor de vitamina C (ácido ascórbico) foi determinado pelo método Leme e Malavolta (1950).

4.1.8 Açúcares redutores

Para determinação de açúcares redutores foi utilizado o Método de Nelson (1944).

4.2 Produtividade total de frutos

A determinação da produtividade baseou-se nas dimensões dos canteiros e no espaçamento entre as plantas de 0,30 x 0,30 m, estimou-se uma população de 111.000 plantas por hectare. Baseando-se nos valores médios de massa fresca total de frutos por planta e da população de plantas por hectare, foi calculada a produtividade total de frutos. Os resultados foram expressos em toneladas por hectare.

4.3 Eficiência do uso da água no morangueiro

A eficiência do uso da água no morangueiro (expressa na forma de consumo, em milímetros de água por tonelada de fruto produzida) foi calculada dividindo-

se a lâmina de irrigação bruta total pela produtividade da cultivar. A lâmina de irrigação bruta total foi calculada com base na tensão de água do solo, onde utilizou-se hidrômetros para registrar o consumo de água em cada tratamento durante o ciclo de produção do morangueiro.

4.4 Análise estatística

Os dados obtidos foram submetidos à análise estatística pelo software SISVAR- Sistema para Análise de Variância segundo Ferreira (2000). Os fatores de produção, característica morfológica da planta, aspectos quantitativa e qualitativa dos frutos foram analisados estatisticamente por meio de regressão em função dos tratamentos de lâminas de irrigação, enquanto que o fator de doses potássicas, foram analisados por teste de comparação de médias (teste de Tukey) a 5% de probabilidade.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Tensões e lâminas de irrigação aplicadas

Para os tratamentos de 25% e 50% da tensão do solo foram os que apresentaram as menores tensões em média de 19,05 e 38,10 kPa e permaneceram próxima à capacidade de campo, ao longo de todo o ciclo, assim, recebendo uma menor lâmina de água (Tabela 4). Já para os valores de 75% e 100% da tensão de água do solo, observou-se consumo intermediário de água. O valor de 100% das tensões de água no solo foi utilizado como referência para os demais tratamentos e apresentou uma tensão média de 76,20 kPa. O tratamento que apresentou a maior lâmina total aplicada (388,95 mm) foi o de 125% da tensão. O número de irrigações por tratamento foi de 25 no período de avaliação do experimento.

Tabela 4. Tratamentos utilizados, tensões média de água no solo, lâminas aplicadas antes da diferenciação dos tratamentos (Inicial), e após a diferenciação dos tratamentos (Irrigação), lâmina total (Total), turno de rega (TR) e número de irrigações (NI).

Tratamentos	Tensão (kPa)	Lâminas (mm)			TR (dia)	NI (unid)
		Inicial	Irrigação	Total		
25%	19,05	10	141,53	151,53	4	25
50%	38,10	10	184,25	194,25	4	25
75%	57,15	10	241,97	251,97	4	25
100%	76,20	10	304,09	314,09	4	25
125%	95,25	10	378,95	388,95	4	25

Na Figura 12 estão representados os valores de tensões médias registradas nos respectivos tratamentos: 25%; 50%; 75%; 100% e 125% tensão de água do solo para exemplificar o comportamento das tensões durante o ciclo. Os pontos representados na figura indicam a frequência de irrigações (25) efetuadas no período experimental. Portanto, as oscilações ocorridas na tensão no solo ao longo do ciclo da cultura, podem estar relacionadas às condições edafoclimáticas bem como os estádios fisiológicos da cultura.

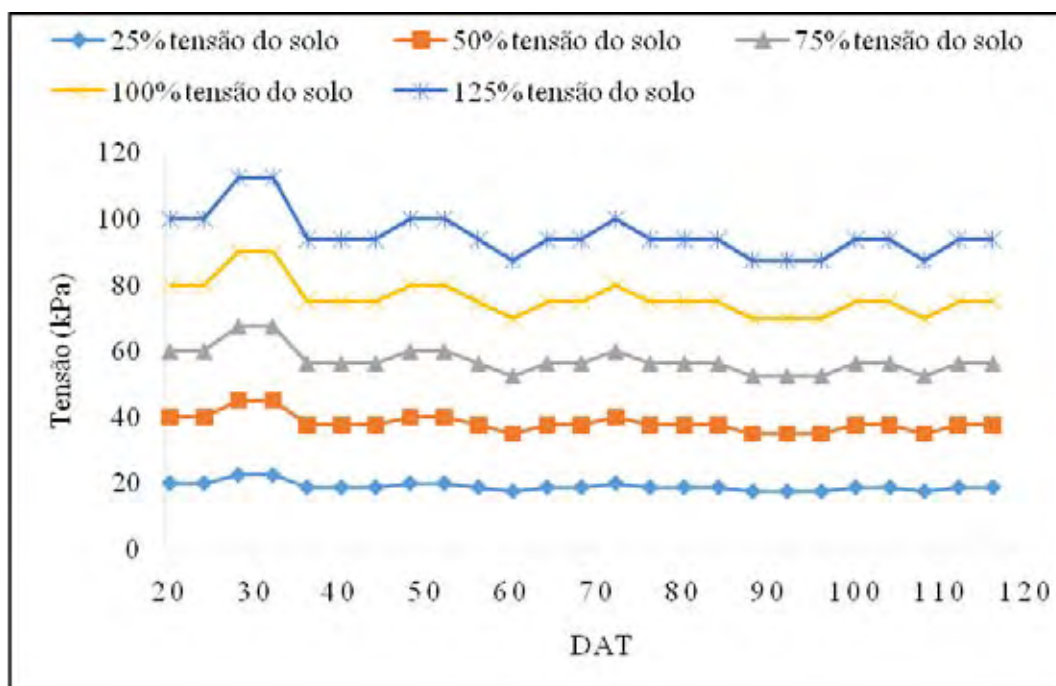


Figura 12. Comportamento das tensões de água no solo em função dos tratamentos no ciclo da cultura na profundidade de 0,20 m.

5.2 Condutividade elétrica (C.E) na solução do solo

Nas Figuras 13 A, 13B e 13C são apresentados os valores de condutividade elétrica para as diferentes lâminas de água e doses de potássio aplicado via fertirrigação ao longo do ciclo da cultura. Os valores C.E variaram entre os tratamentos, mantendo-se entre 0,4 a 3,0 dS m⁻¹, onde a tolerância de sais na cultura do morangueiro é de 1,0 dS m⁻¹ para produção de frutos segundo Osawa (1965).

Para as doses de adução potássica e dose sem adubação potássio nas Figuras 13 A, 13B e 13C, pode-se observar que houve uma maior variação da C.E para

adubação de 300 kg ha⁻¹ (13B) e 900 kg ha⁻¹ (13C), o que já era de se esperar em função de maior disponibilidade de sais no solo e com isso induzindo a uma maior condutividade elétrica na solução do solo.

Na Figura 13A os valores de condutividade elétrica da solução do solo nos tratamentos 25% e 125% da tensão de água no solo, apresentou 0,6 dS m⁻¹ no início do desenvolvimento da cultura. Observou-se que esses valores de C.E elevaram em função da quantidade de água aplicada em cada tratamento ao longo do ciclo da cultura do morangueiro. Dessa forma, a água também influencia no aumento da C.E na solução do solo de acordo com Piamonte (1996). Isso ocorreu em virtude das aplicações associadas de água e adubo, na cultura, no qual pode ser observado esse aumento no tratamento de 125% da tensão.

O potássio solúvel ou trocável, geralmente, representa uma pequena proporção no processo de salinização do solo, mas entre os principais fertilizantes utilizados são os cloretos, sulfatos, entre outros, segundo Scaloppi e Brito (1986). Portanto, o manejo da fertirrigação baseando-se na C.E da solução do solo pode ser uma forma de evitar o processo de salinização do solo.

Os valores de C.E na dose-2 (Figura 13B) se apresentaram no intervalo de 0,5 a 1,8 dS m⁻¹ para todos os tratamentos. Sendo assim, as concentrações da C.E entre 1,4 e 1,8 dS m⁻¹ são apontadas na literatura como uma faixa ótima para obter melhor qualidade e produtividade de frutos de morango (PARANJPE et al., 2003). Embora a concentração elevada da solução do solo possa aumentar a qualidade dos frutos, pode também diminuir a produção, caso supere o valor de 2,0 dS m⁻¹, conforme Sarooshi e Cresswell (1994).

Costa (2008) em um estudo com impactos da irrigação na variabilidade espacial e temporal da salinidade de um solo constatou que a irrigação promove aumento na condutividade elétrica em áreas irrigadas em função do tempo de irrigação na mesma área, assim, proporcionando maior variabilidade da salinidade do solo.

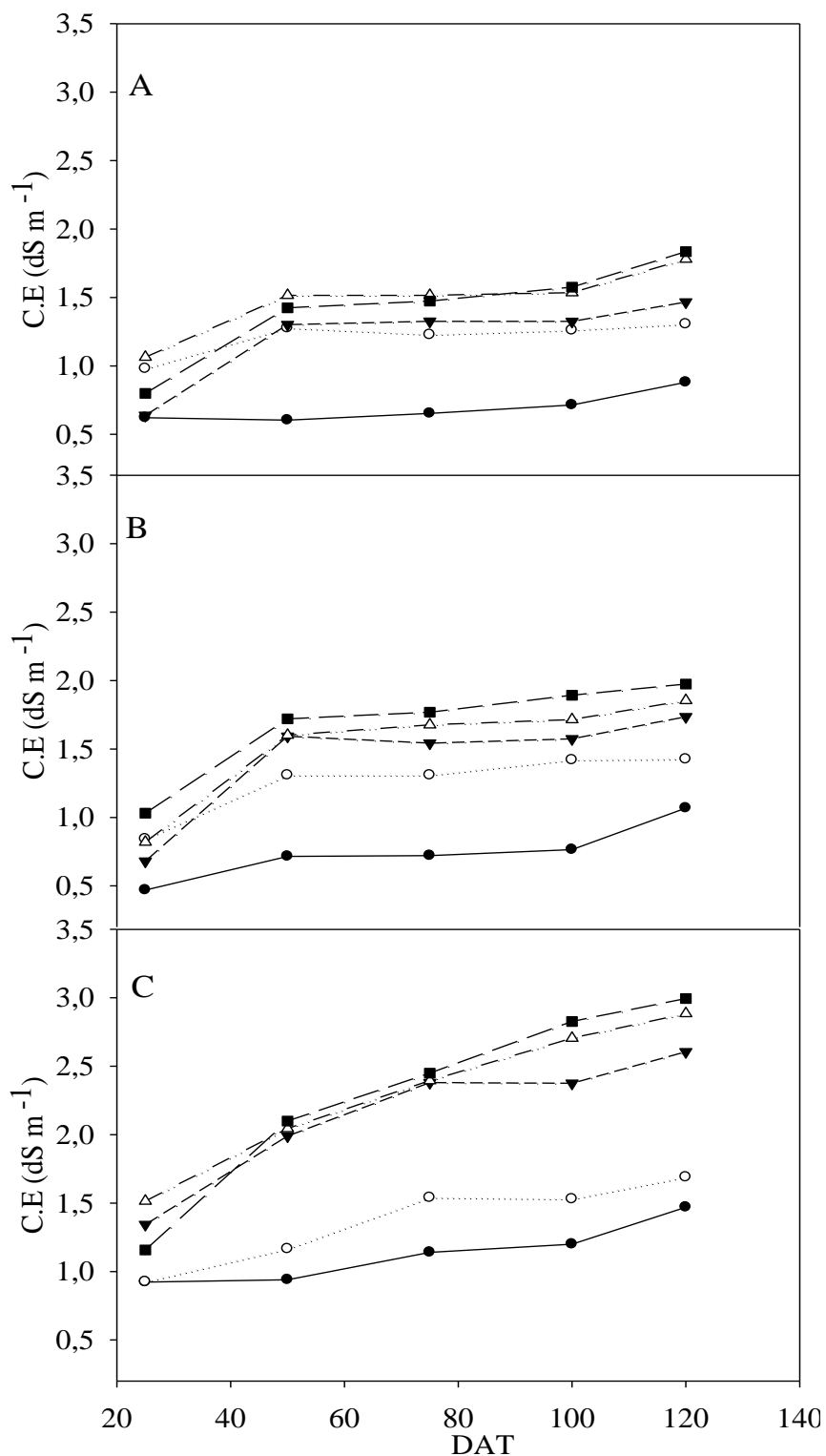


Figura 13. Valores de condutividade elétrica de solução do solo em função de lâminas de água: 25% tensão do solo (●); 50% tensão do solo (○); 75% tensão do solo (▼); 100% tensão do solo (△) e 125% tensão de água no solo (■) com manejo de fertirrigação sem potássio (A), adubação potássio de 300 kg há^{-1} (B) e 900 kg há^{-1} (C) ao longo do ciclo da cultura do morangueiro na profundidade de 0,20 m.

Na Figura 13C os tratamentos de 75%, 100% e 125% da tensão de água do solo apresentaram valores de C.E superior ao suportado pela cultura. Entretanto, a alta concentração de sais de potássio associado às lâminas de água proporcionar a salinização do solo mesmo que a água de irrigação seja de boa qualidade. É importante seguir as concentrações adequadas de fertilizantes recomendados, assim podendo prevenir o acúmulo de sais na região radicular da planta (MEDEIROS e GHEYI, 1994). Portanto, o excesso de sais no solo pode prejudicar o crescimento das plantas em virtude dos efeitos osmóticos e da toxicidade de íons específicos presentes em elevadas concentrações na solução do solo (FREIRE et al., 2003).

Os valores de C.E para a dose-3 compreenderam entre uma faixa de 1,0 a 3,0 dS m⁻¹ para todos os tratamentos. Esses valores de C.E são considerados prejudiciais a cultura do morangueiro quando se busca produção de frutos de acordo com (OSAWA, 1965). Contraparte, Andriolo et al. (2009) relata que, quando elevado a C.E de 0,9 dS m⁻¹ para 3,7 dS m⁻¹ ocorre um aumento na acidez dos frutos, do teor de sólidos solúveis e reduz o tamanho dos frutos e da produção.

O potássio desempenha uma importante função, agindo na regulação das reações de síntese na planta e a resistência da parede celular de acordo com Taiz e Zieger (2004). Dessa forma, a absorção desses nutrientes não depende somente da sua disponibilidade em torno das raízes, mas também da concentração, porque há um limite para o somatório dos cátions que podem ser absorvidos simultaneamente pela planta (GREENWOOD e STONE, 1998).

5.3 pH na solução do solo

Nas Figuras 14A, 14B e 14C, observa-se que os valores de pH para as diferentes lâminas de água e doses de potássio aplicados pela fertirrigação, todos os tratamentos apresentaram uma variação no pH entre 6,4 à 7,1 em alguns casos a 7,3. A cultura do morangueiro prefere solos de textura média, bem estruturados, arejados, com boa quantidade de matéria orgânica e que apresente capacidade para retenção de água (PALHA et al., 2005; ALMEIDA, 2006). Para melhores rendimentos na cultura do morangueiro, deve-se utilizar solo armado em forma de canteiro que permita uma boa drenagem. Esta cultura é sensível à salinidade do solo e adapta-se bem em solos cujo pH

varie de 5,5 à 7 (intervalo ótimo de 6 à 6,5) e não suporta solos com teores de calcário ativo superior a 3% (ALMEIDA, 2006).

Na Figura 14A, observou-se que o pH da solução do solo, para cada tratamento na dose-1, comportou-se de forma decrescente, onde se deslocou de meio neutro para um meio mais ácido o tratamento de 125% da tensão de água no solo. Já para os demais tratamentos o pH no início do ciclo ficou abaixo de 7,0, onde esses valores segundo Almeida (2006), são ótimos para a cultura. Isso ocorreu em função da disponibilidade de sais via fertirrigação, onde promoveu a acidificação do solo pela adição de fertilizantes.

Segundo Costa (2008), a prática da irrigação e o tempo da sua aplicação não induziram variações nos valores do pH, porém promove um aumento da C.E e assim, proporciona maior variabilidade do solo.

Observou-se que o pH na dose-2 (Figura 14B) expressou valores no início do ciclo bem acima de 7,0 para todos os tratamentos, isso pode ter ocorrido em função da maior presença de cálcio ocasionado pela prática da calagem no preparo do solo. Os valores de pH só ficaram abaixo de 7,0 após 80 DAT, isso ocorreu em virtude do processo de salinização da solução do solo proporcionado pela aplicação de sulfato de potássio. Entretanto, o tratamento de 50% da tensão de água no solo foi o que apresentou menor pH no final do ciclo, mesmo assim esse valor está em uma margem ótima para a cultura, segundo Almeida (2006).

A Figura 14C observou-se que os tratamentos de 100% e 125% da tensão de água no solo foram as que apresentaram os menores valores de pH (5,6 e 5,8) respectivamente, isso ocorreu pelo fato que esses tratamentos receberam mais sais de potássio. Portanto a concentração e a frequência de aplicação de fertilizante na cultura do morangueiro tende a proporcionar a acidificação da solução do solo, onde prejudica o crescimento das raízes e posteriormente as planta, em virtude do efeito osmótico e da toxicidade de íons específicos presente na solução do solo (FREIRE et al., 2003). Assim, a salinização do solo proporcionado pelos tratamentos indica que as altas concentrações de fertilizante associadas grandes volumes de água elevam a acidez do solo.

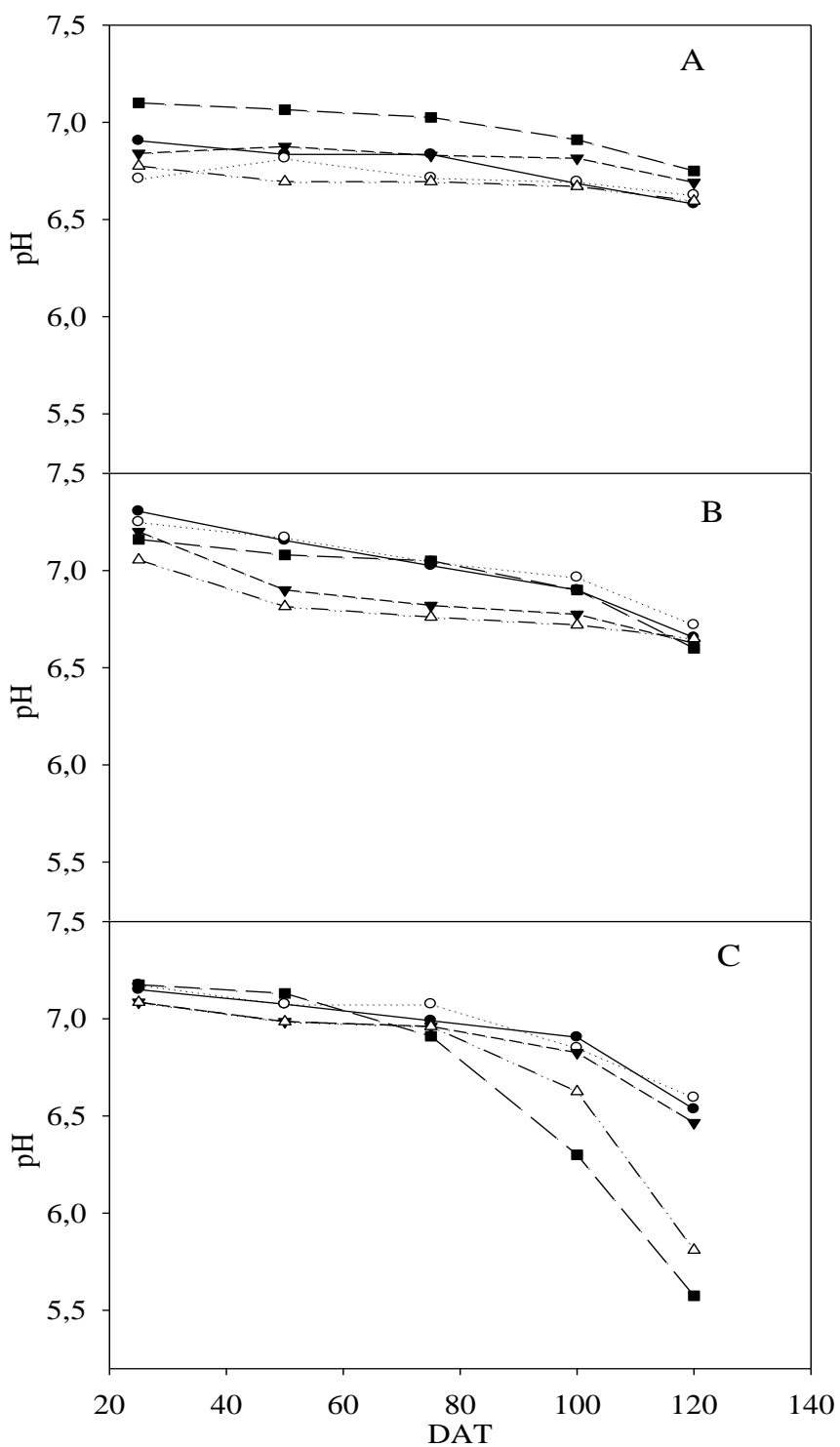


Figura 14. O pH de solução do solo em função de lâminas de água: 25% tensão do solo (●); 50% tensão do solo (○); 75% tensão do solo (▼); 100% tensão do solo (Δ) e 125% tensão de água no solo (■) com manejo de fertirrigação sem potássio (A), adubação potássio de 300 kg há⁻¹(B) e 900 kg há⁻¹(C) ao longo do ciclo da cultura do morangueiro na profundidade de 0,20 m.

O tratamento de 125% da tensão do solo, onde o pH (6.7 e 7.0) ao longo do ciclo foi o que obteve a maior produtividade, valores esses que corroboram com os encontrados por Almeida (2006).

Os resultado deste trabalho estão de acordo com os observados por Sousa et al. (2007) que relatam valores do pH entre 6,8 e 5,3, onde acarretam uma maior disponibilidade do nutriente para a cultivar. Tal resultado pode ser explicado pela frequência de aplicação de fertilizantes, via fertirrigação, reduzindo o pH do solo.

5.4 Área foliar total

A área foliar (AF) foi influenciada significativamente em função das diferentes lâminas de água aplicadas ($P < 0,01$). Por outro lado, o mesmo não ocorreu em relação às doses de adubo potássico (Tabela 8). Assim, demonstrou-se que a disponibilidade de água é um fator limitante para a cultura. Na Figura 15 pode-se observar que houve ajustamento linear do parâmetro em relação às lâminas de irrigação.

A área foliar de qualquer cultura é a exata medida da sua grandeza fotossintetizante que está diretamente correlacionada à produção das plantas. É fundamental na determinação de vários parâmetros utilizados na análise de crescimento, como área foliar específica e índice de área foliar (OLIVEIRA et al., 2002). A área foliar de uma planta está diretamente relacionada com o número e do tamanho das folhas, bem como do seu tempo de permanência na planta (MONTEIRO et al., 2005).

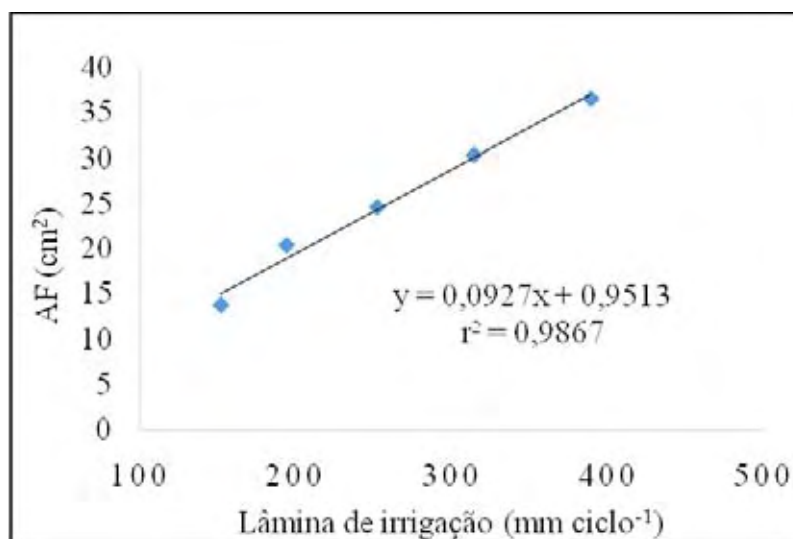


Figura 15. Efeito de lâminas de irrigação na área foliar total cv. Oso Grande.

Na Figura 16 pode-se observar que a área foliar está diretamente correlacionada a quantidade de água disponível para a cultura do morangueiro e a adubação. Silva et al. (2000) explica que AF é utilizada na investigação do efeito de fenômenos ecológicos, crescimento, adaptabilidade de espécies em ecossistemas diversos e competição de cultivares na influência de práticas agrônômicas.

Para a adubação convencional, dose-2, foi a que apresentou os maiores índices de AF para todos os tratamentos, se comparada à superdose e a dose sem potássio. Os valores variaram de 14 cm² a 38 cm² para as lâminas de água de 151,53 mm e 388,95 mm ciclo⁻¹, isso ocorreu pelo o fato que as plantas respondem bem a aplicação de água, no qual se expressam na formação de folhas.

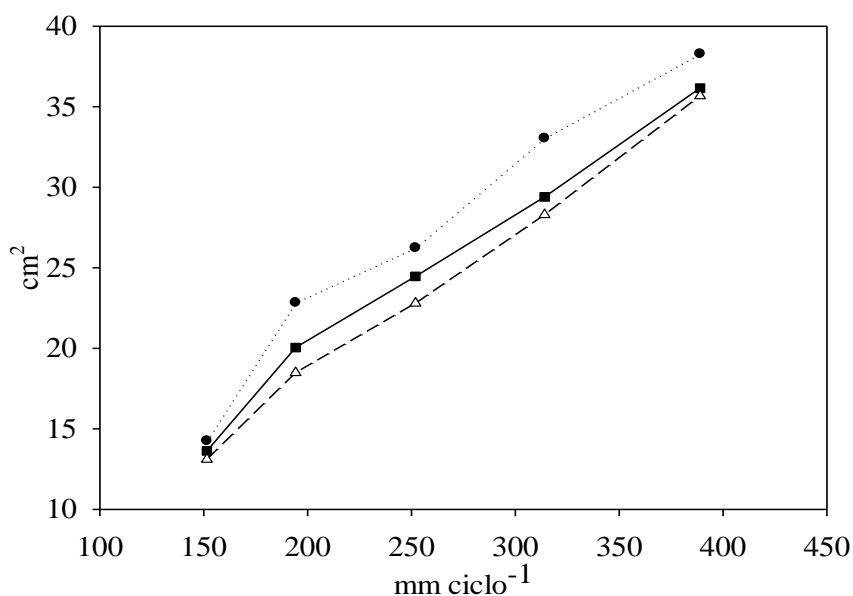


Figura 16. Área foliar em função de lâminas de água (L1: 151,53 mm ciclo⁻¹; L2: 194,25 mm ciclo⁻¹; L3: 251,97 mm ciclo⁻¹; L4: 314,09 mm ciclo⁻¹ e L5: 388,95 mm ciclo⁻¹) com manejo de fertirrigação em doses diferentes de adubação potássica: dose 1- sem potássio (■), dose 2 - adubação tradicional (●) e dose 3 - superdose (Δ) ao longo do ciclo da cultura na profundidade de 0,20 m.

Para a superdose (Dose-3) e a adubação sem potássio (Dose-1) os índices se apresentaram em intervalos menores, 13 e 36 cm² (Dose-1), 13 cm² a 35 cm² (Dose-3) mesmo as plantas recebendo as mesmas quantidades de água (lâminas de água de 151,53 mm e 388,95 mm ciclo⁻¹). Segundo Freire et al. (2003), isso ocorreu em virtude

dos efeitos osmóticos e da toxicidade de íons específicos presente na solução do solo onde prejudicam o crescimento das raízes e posteriormente da planta. Isso foi comprovado também no trabalho realizado por Keutgen e Pawelzik (2009), onde observaram que altas concentrações de salinidade reduziu a área foliar em plantas de morangueiro nos cv. Elsanta e Korona, devido a uma redução do número de folhas, provocado pelos sais.

5.5 Matéria seca e teor relativo de água nas plantas

No trabalho realizado foram definidas cinco lâminas de irrigação (151,53 mm ciclo⁻¹, 194,25 mm ciclo⁻¹, 251,97 mm ciclo⁻¹, 314,09 mm ciclo⁻¹ e 388,95 mm ciclo⁻¹). Analisando-se os valores obtidos para as três doses (Figuras 14, 15 e 16) em função das lâminas de irrigação a que estiveram submetidas verificou-se que houve correlação entre as lâminas de água aplicadas, TRA, MS e salinidade solo, que sofreram influência direta obtida pela presença de potássio.

Porém, na Figura 17, percebe-se que a correlação do TRA, no decorrer das lâminas de água aplicadas, mostrou-se ineficiente se confrontar com a MS. Isso acontece devido à ausência da aplicação de potássio no solo, uma vez que esse nutriente tem relação direta com o potencial osmótico do solo que irá interferir na eficiência da absorção de água pela planta.

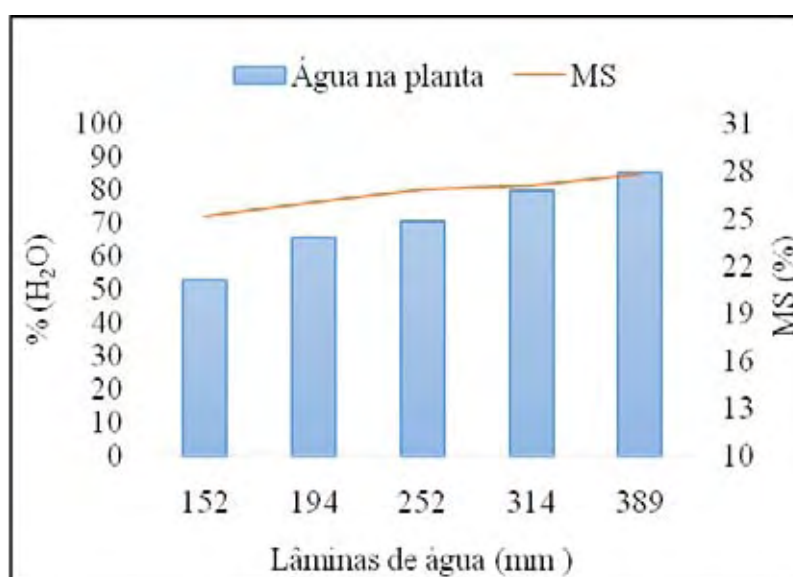


Figura 17. Teor relativo de água e de matéria seca em função de lâminas de água com fertirrigação sem adubação potássica (Dose-1) no morangueiro para cv. Oso Grande.

A deficiência e/ou ausência do potássio interferiu diretamente nos valores obtidos (Figura 17), nota-se menores TRA e MS. Isso pode ser explicado, pois a ausência de potássio em plantas paralisa o crescimento. Segundo Eckstein et al. (1937), esse fato deve-se à carência do tecido de sustentação. Cakmak (2005) concluiu que a deficiência de potássio é um problema nutricional importante que afeta aspectos importantes como a produção e a qualidade da cultura.

A Figura 18 apresenta valores de TRA e MS que estão de acordo com Rajj (1997), onde aponta a dose $300 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ciclo}^{-1}$ como sendo a aplicação potássica mais adequada para a cultura. Marodin (2010) avaliando diferentes doses de potássio concluiu que dosagens intermediárias (de 200 kg ha^{-1}) conferiu um teor elevado de matéria seca em morangos do cultivar Camarosa. No presente trabalho, o incremento da lâmina de irrigação aumentou o teor de água na folha, resultando em uma maior concentração de matéria seca, como era de se esperar.

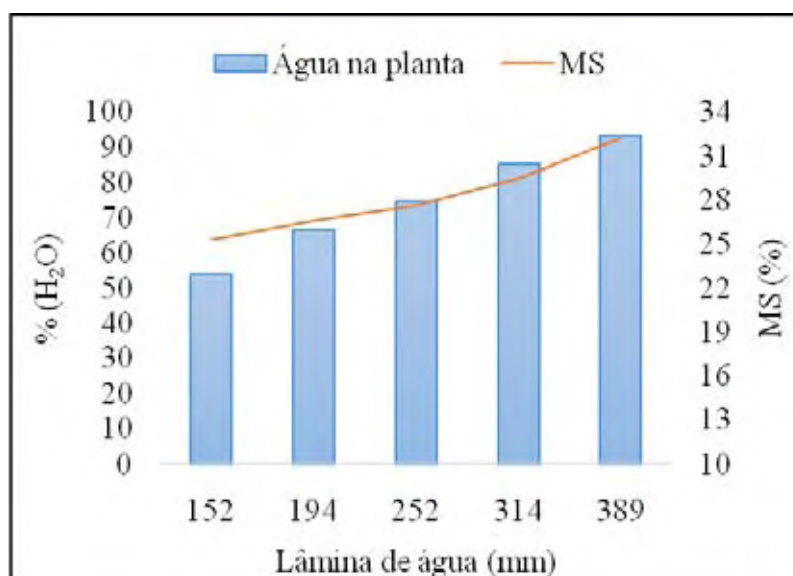


Figura 18. Teor relativo de água e de matéria seca em função de lâminas de água com fertirrigação para adubação potássica de 300 kg ha^{-1} (Dose-2) no morangueiro para cv. Oso Grande.

O crescimento linear da MS (Figura 18) no decorrer das lâminas de água aplicadas e com a dose de potássio recomendada expressa um controle entre as condições do solo, incluindo a normalidade do pH, que, assim como o potencial osmótico,

favorece o desenvolvimento da planta, pois o potássio estabiliza o metabolismo das plantas, mantém um equilíbrio eletroquímico nas células, agindo como um ativador de enzimas essenciais em processos como a fotossíntese e a respiração (BLOOM e EPSTEIN, 2006).

Na Figura 19, pode-se observar que o excesso da salinidade provocada pelos sais do potássio tende a restringir a absorção de água pela planta. Assim como baixas concentrações de um nutriente essencial restringe o desenvolvimento de uma planta, as altas também atuam do mesmo modo. Vale ressaltar que a dose 3 foi composta com elevado teor de potássio, com isso, dificulta o processo de translocação e armazenamento de assimilados (LIMA, 2009).

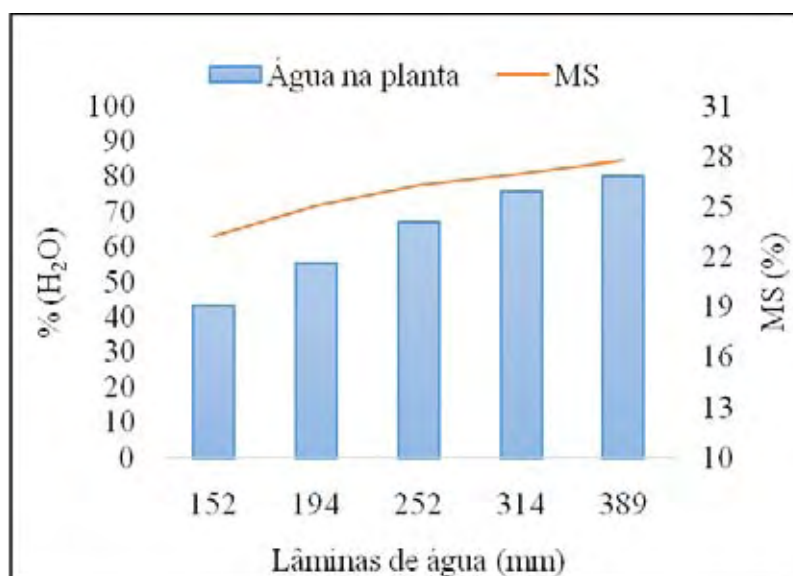


Figura 19. Teor relativo de água e de matéria seca em função de lâminas de água com fertirrigação para adubação potássica de 900 kg ha⁻¹ no morangueiro para cv. Oso Grande.

Bergmann (1992) comenta que as plantas podem suportar relativamente elevadas concentrações de potássio sem expressar distúrbios, assim sendo, Marodin (2010) testou uma dosagem alta de potássio, no cultivar Camarosa e verificou que o aumento da dose não proporcionou incremento nos teores de matéria. Já no cultivar Sweet Charlie, uma dosagem elevada de potássio, correspondeu às maiores concentrações de matéria seca. Nesse trabalho pode-se observar que, altas concentrações de potássio não apresentou bons resultados para os parâmetros MS e Teor de água na planta na cultura do morangueiro.

5.6 Análise foliar

A Tabela 5 demonstra a variação dos macronutrientes obtidos pela análise foliar das plantas do morangueiro em função de níveis de água e de doses potássicas. Onde, para o fator níveis de água aplicada na planta, não ocorreu diferença de absorção dos macronutrientes, por parte da planta, em todos os tratamentos. Já os macronutrientes apresentaram diferenças para as doses aplicadas de potássio. Os valores para dose-1 foram em média 11g kg⁻¹ de potássio absorvido pela cultura e para as doses 2 e 3 os valores foram em média 21 e 24 g kg⁻¹ de potássio absorvido, respectivamente. Assim pode-se visualizar que as concentrações de potássio na folha, para a adubação convencional (dose-2) e a superdose (Dose-3) foram o dobro em relação à adubação sem potássio (dose 1).

Tabela 5. Valores da análise foliar em relação aos valores nutricionais de macronutrientes em função de níveis de água e diferentes tipos de doses potássica nas plantas do morangueiro, cv. Oso Grande.

Macronutrientes	N	P	K	Ca	Mg	S
Tensão de água no solo	g kg ⁻¹					
Dose-1						
25%	21,6	1,7	11,7	13,6	5,3	1,7
50%	21,0	1,7	11,0	11,3	5,0	1,7
75%	21,0	1,8	10,9	13,8	5,6	1,7
100%	21,4	2,1	11,4	12,8	6,5	1,7
125%	21,2	1,9	9,9	13,3	6,7	1,7
Dose-2						
25%	21,0	1,9	17,9	11,8	4,9	1,8
50%	21,1	2,1	21,3	10,0	4,1	1,8
75%	21,1	2,2	22,0	10,2	4,2	1,9
100%	20,7	2,1	20,3	9,1	3,8	1,9
125%	20,6	2,1	23,5	11,4	4,6	1,8
Dose-3						
25%	20,1	1,8	21,5	10,7	3,6	2,0
50%	21,6	2,1	23,7	8,8	3,4	1,9
75%	21,3	2,2	24,1	8,2	3,4	2,0
100%	20,3	2,2	25,4	12,0	4,4	1,8
125%	21,6	2,2	25,9	9,3	3,8	1,8

Os valores dos teores foliares de potássio do presente trabalho foram muito superiores aos determinados por Rocha et al. (2008), que realizou análise comparativa de nutrientes funcionais em morangos de diferentes cultivares, em cultivo convencional, encontrados para cv. Aromas (8,7 g kg⁻¹), Oso Grande (8,4 g kg⁻¹) e Toyorrinho (7,6 g kg⁻¹). Isso ocorreu em função de uma maior adução potássica na cultura do morangueiro.

Os demais macronutrientes como Nitrogênio, Fósforo, Cálcio, Magnésio e Enxofre apresentaram-se dentro do esperado, pois a absorção desses nutrientes pelas plantas do morangueiro apresentaram em média os valores 21, 2, 1, 4 e 1,8 g kg⁻¹ respectivamente. Onde, a quantidade de água aplicada na cultura não manifestou alterações para esses nutrientes absorvidos do início ao fim do ciclo do morangueiro.

Os teores foliares de Cálcio encontrados no presente estudo estão todos acima dos obtidos por Rocha et al. (2008) com morangueiros cultivados no sistema convencional para as cv. Oso Grande (1,8 g kg⁻¹).

Rail et al. (1996) verificou por meio de análise foliar que o nível adequado de nitrogênio para a cultura do morangueiro é de 15 a 25 g kg⁻¹, onde realizou o monitoramento de forma sistemática e comparando com os níveis adequados de adubação para essa cultura. Esse valor se aproxima ao encontrado para esse trabalho.

Já para o teor de Magnésio nas folhas, os resultados encontrados foram superiores aos relatados por Rocha et al. (2008) em cultivo convencional da cultura do morangueiro, com o cultivar Oso Grande.

Para a cultura do morangueiro, os valores encontrados de P se assemelharam ao de Rail et al. (1996), que trabalhando com o monitoramento de forma sistemática e comparando com os níveis adequados de adubação para a cultura do morangueiro por meio de análise foliar com valores entre 2 e 4 g kg⁻¹ do P nas folhas.

Para o macronutriente enxofre, Rail et al. (1996) determinou que os teores adequados para a cultura do morangueiro seja entre 1 e 1,5 g kg⁻¹, esses valores se aproximam dos encontrados no estudo da cultura do morangueiro cv. Oso Grande.

Entretanto, (LIETEN e MISOTTEN, 1993; TAGLIAVINNI et al., 2005) estudos mostram que a absorção dos nutrientes varia com as fases fenológicas, durante o ciclo de desenvolvimento da cultura do morangueiro, existindo indicações de que as concentrações dos elementos devem ser diferentes para cada uma dessas fases.

5.7 Análises bioquímicas

5.7.1 Atividade da enzima SOD

Com relação aos resultados da enzima SOD no estágio vegetativo (Tabela 6), as plantas cultivadas com ausência de adubação potássica (Dose-1) responderam com maior expressão da enzima, combinado ao tratamento que recebeu 25% da tensão de água no solo, quando comparado ao controle. Essa expressão da enzima ocorreu em função da redução da disponibilidade de água para as plantas, o que provavelmente ativou o sistema resposta antioxidativo. Esse aumento expressivo da atividade da SOD está geralmente associado à produção de espécies reativas de oxigênio (ERO), como o radical superóxido, sendo que essa enzima é importante na proteção celular das plantas, já que dismuta a ERO.

Tabela 6. Atividade da superóxido dismutase ($U \mu g$ de $Prot^{-1}$) em função de lâminas de irrigação: Controle (100 % da tensão do solo kPa); Excesso (125% da tensão do solo kPa); 75% da tensão do solo kPa; 50% da tensão do solo kPa; 25% da tensão do solo kPa e adubação potássica: Dose-1 (sem adubação potássio); Dose-2 (300 kg ha^{-1} de potássio); Dose-3 (900 kg ha^{-1} de potássio) ao longo dos estádios fenológico do morangueiro, cv. Oso Grande.

Tratamentos	Controle	Excesso	75% Tensão	50% Tensão	25% Tensão
Estádio Vegetativo					
Dose-1	45,6	32,6	45,7	36,3	56,9
Dose-2	33,4	44,4	34,3	36,2	32,7
Dose-3	43,0	41,3	37,1	41,0	40,3
Estádio de Florescimento					
Dose-1	55,2	49,6	42,7	56,5	55,0
Dose-2	37,4	50,1	33,5	50,3	32,3
Dose-3	49,9	51,5	36,5	61,4	61,2
Estádio de Frutificação					
Dose-1	62,8	55,6	56,4	59,3	70,3
Dose-2	43,1	55,7	51,1	43,6	60,8
Dose-3	52,8	59,0	56,3	44,1	76,8

Segundo Broetto et al. (2002), a SOD apresenta um aumento de atividade sempre que as plantas são submetidas a um ambiente estressante como

salinidade, altas temperaturas, estresse hídrico, alta intensidade luminosa, ataque fitopatogênico e ou insetos, entre outros.

Ainda no estágio vegetativo, observou-se que a aplicação da superdose de potássio (Dose-3), aparentemente, apresentou efeito de saturação, considerando-se que para este tratamento, a diagnose foliar detectou pouca diferença na concentração do elemento quando comparado ao tratamento da Dose-2. Esse resultado pode ser observado na Tabela 5. Isso indica uma restrição imposta pela cultura na absorção desse nutriente.

No estágio de florescimento observou-se que as plantas que receberam a superdose de potássio (Dose-3) em condição de restrição hídrica apresentaram alta atividade da enzima (SOD) quando comparadas com as demais doses, em efeito sinérgico. Ainda neste estágio, a atividade da SOD foi responsiva sempre que a condição hídrica foi estabelecida em valores extremos, ou seja, no excesso ou na deficiência. Marchese (2006) discute que o estágio de floração é uma das principais fases fenológicas do desenvolvimento das plantas, considerando-se ser este o estágio onde ocorre a produção de sementes para propagação da espécie, com aumento da biossíntese de metabólitos secundários que atuam na defesa das plantas.

Além disso, a manutenção da alta concentração de potássio dentro da célula é importante para síntese de proteína e respiração, bem como para o transporte de sódio para o meio extra celular, permitindo a manutenção do equilíbrio osmótico (LINHARES e GEWANDSZNAJDER, 2008).

No estágio de frutificação, a maior atividade da SOD foi detectada para as plantas submetidas à superdose de potássio (Dose-3) aliadas a menor lâmina de água (25% da tensão do solo). Ao mesmo tempo, constatou-se que, para os mesmos tratamentos, as plantas apresentaram menor área foliar comparado aos demais tratamentos. Este efeito morfológico parece ter sido uma das estratégias utilizadas pelas plantas, com objetivo de diminuir o processo global de transpiração causado pelo efeito salino do sulfato de potássio. Para amparar este resultado, salienta-se que a análise nutricional das plantas (Tabela 5), de fato, demonstra que o elemento acumulou-se nas folhas em concentrações superiores às observadas para as demais doses aplicadas.

Keutgen e Pawelzik (2008) em um estudo com a qualidade e valor nutricional do fruto do morango, sob estresse salino, constatou que a salinidade promove o

aumento no conteúdo de proteínas solúveis, assim como da SOD em até 63% e 82%, nos cultivares Korona e Elsanta.

As plantas adubadas regularmente (Dose-2) apresentaram menor atividade da SOD comparado com as demais doses de K (Dose-1 e Dose-3). Além disso, para esse tratamento, não foram observadas variações importantes na área foliar (Figura 13), demonstrando que as plantas foram cultivadas em condições padronizadas.

Por fim, constatou-se que, para todos os estádios fenológicos da cultura do morangueiro, a Dose 3 de K e a menor lâmina de água (25%) foi a combinação de tratamentos mais efetiva para induzir o aumento na atividade da SOD. Além disso, esses tratamentos estressantes produziram variação morfológica das plantas, notadamente pela diminuição da área foliar.

5.7.2 Atividade da enzima POX

Com relação aos resultados da enzima POX nos estádios vegetativos e de florescimento (Tabela 7), as plantas cultivadas com adubação recomendada (Dose-2) responderam com maior expressão da enzima, combinado ao tratamento que recebeu excesso de água (125% da tensão de água no solo). Nessa fase, a planta necessita de uma maior quantidade de água e nutriente disponíveis para seu crescimento. Por isso, ocorre a expansão celular para acomodar a absorção de água. Portanto, nesse estágio fenológico não se observou maior atividade da enzima em todos os tratamentos e doses.

Por outro lado, quando as plantas atingiram o estágio de frutificação, a atividade da POX foi maior em função da aplicação de uma superdose de potássio (Dose-3), com crescimento linear e proporcional a diminuição da disponibilidade de água. Este efeito pode estar relacionado à maior demanda hídrica ao estágio de frutificação, quando ocorre o crescimento inicial e o enchimento dos frutos. Tal resultado permite inferir que altas concentrações de sulfato de potássio e menor disponibilidade de água no solo atuam como agente estressante extremo, capazes de alterar rotas metabólicas importantes o que pode prejudicar a produtividade. No trabalho realizado por Seckin et al. (2010) observou-se um aumento expressivo na atividade da POX, CAT na dose aplicada de 150mM NaCl em duas variedades de cevada *Hordeum marinum Huds.* (Cevada marítima) e *Hordeum vulgare L.* (cevada cultivada). Concordantes, Freire et al. (2003) enfatizam que

o excesso de sais na solução do solo pode prejudicar o crescimento das plantas em virtude de seus efeitos osmóticos, além do efeito iônico nas folhas.

Tabela 7. Atividade da enzima peroxidase ($\mu\text{Kat } \mu\text{g de Prot}^{-1}$) em função de lâminas de irrigação: Controle (100 % da tensão do solo kPa); Excesso (125% da tensão do solo kPa); 75% da tensão do solo kPa; 50% da tensão do solo kPa; 25% da tensão do solo kPa e adubação potássica: Dose-1 (sem adubação de potássio); Dose-2 (300 kg há⁻¹ de potássio); Dose-3 (900 kg há⁻¹ de potássio) ao longo dos estádios fenológico do morangueiro, cv. Oso Grande.

Tratamentos	Controle	Excesso	75% Tensão	50% Tensão	25% Tensão
Dose K	Estádio Vegetativo				
Dose-1	318,1	129,7	166,6	280,2	299,3
Dose-2	113,9	332,0	161,4	216,3	130,4
Dose-3	280,4	241,2	102,3	154,0	221,0
	Estádio de Florescimento				
Dose-1	225,9	253,0	138,8	205,4	222,4
Dose-2	277,3	345,6	220,3	286,1	199,5
Dose-3	172,8	260,2	178,6	275,3	269,7
	Estádio de Frutificação				
Dose-1	226,6	246,3	306,1	295,0	383,9
Dose-2	130,1	359,7	222,2	177,4	285,6
Dose-3	203,2	188,6	232,1	373,8	624,7

Os resultados encontrado neste trabalho, corroboram com os de Liang et al. (2003), que verificaram o efeito da aplicação exógena de silício nas raízes da cultura de cevada *Hordeum vulgare* L, sobre o aumento da atividade de enzimas antioxidantes (SOD, POX, CAT, GR) em três níveis de salinidade, e observou que houve um incremento na atividade da enzima SOD, POX para o tratamentos que receberam o maior nível de salinidade.

5.8 Análise da qualidade pós-colheita

A avaliação do efeito das lâminas de irrigação sobre as características de produção do morangueiro do cultivar Oso Grande, realizado em um ciclo de produção no ano de 2012 que está resumida na Tabela 8. A análise de variância para essas características constatou-se que as lâminas de irrigação (151,53 mm ciclo⁻¹, 194,25

mm ciclo⁻¹, 251,97 mm ciclo⁻¹, 314,09 mm ciclo⁻¹ e 388,95 mm ciclo⁻¹) influenciaram significativamente a produtividade ($p < 0,01$), massa média de fruto ($p < 0,01$), número médio de frutos por planta ($p < 0,01$), comprimentos de fruto, diâmetros de fruto ($p < 0,01$), ácido ascórbico ($p < 0,01$), sólidos solúveis totais ($p < 0,01$), acidez total titulável ($p < 0,01$), açúcar redutor e área foliar ($p < 0,01$). O pH não houve efeito significativo para os tratamentos das lâminas de irrigação.

A análise de regressão apresentou efeito quadrático das lâminas de irrigação para as seguintes características avaliadas: produtividade, massa média de fruto, número médio de frutos por planta, comprimentos de fruto, diâmetros de fruto e ácido ascórbico. Já para sólidos solúveis totais, acidez total titulável, açúcar redutor e área foliar o efeito linear foi o que melhor se ajustou para essas características de produção do morangueiro.

Tabela 8. Resumo da análise de variância do efeito de diferentes lâminas de irrigação e doses de potássio sobre as características de produção do morangueiro cv. Oso Grande.

Parâmetros	r ²	CV		Média	Níveis de significância		
		1	2		K	L	K*L
Produtividade (t ha ⁻¹)	99,39	9,39	9,49	17,77	ns	**	ns
Massa média de fruto (g)	95,33	6,44	7,49	6,97	ns	**	ns
Nº médio de frutos por planta	91,41	3,93	7,73	111,35	ns	**	ns
Comprimento de fruto (mm)	99,62	4,33	4,22	28,03	ns	**	ns
Diâmetro de fruto (mm)	96,48	3,17	3,31	22,86	ns	**	ns
Ácido Ascórbico (mg 100 mL ⁻¹)	96,37	4,04	4,96	96,28	**	**	*
Sólidos solúveis totais (°Brix)	78,57	11,35	10,80	8,27	*	**	*
pH	66,03	2,51	2,51	3,625	**	ns	*
Acidez total titulável (%)	87,56	7,13	4,70	0,688	**	**	*
Área Foliar (cm ²)	96,23	15,54	21,00	24,566	ns	**	ns
Açúcar Redutor (%)	96,27	9,17	6,05	6,169	**	**	*

* significativo ($P < 0,05$); ** significativo ($P < 0,01$); ns não significativo.

Tabela 9. Valores médios de características de produção sob diferentes lâminas de irrigação e doses de potássio na cultura do morangueiro cv. Oso Grande.

Características	Lâminas de água efetivas (mm ciclo ⁻¹)				
	151,53	194,25	251,97	314,09	388,95
Produtividade (t ha ⁻¹)	10,29	14,81	20,36	22,57	24,32
Massa média de fruto (g)	5,86	6,06	7,33	7,69	8,03
Nº de frutos por planta	53,25	109,83	125,08	132,17	136,42
Comprimento de fruto (mm)	25,49	26,85	28,33	29,42	30,05
Diâmetro de fruto (mm)	21,07	21,84	23,42	23,74	24,25
Ácido ascórbico (mg 100 mL ⁻¹)	104,50	97,90	94,48	93,12	91,41
Sólidos solúveis totais (° Brix)	9,00	8,82	7,83	8,27	7,41
pH	3,66	3,67	3,59	3,63	3,58
Acidez total titulável (% ac. cítrico)	0,76	0,70	0,67	0,66	0,63
Açúcar redutor (% g ⁻¹)	7,24	6,80	6,02	5,46	5,11
Área foliar (cm ²)	13,69	20,33	24,54	30,31	36,51

Para todos os parâmetros da cultura do morangueiro analisados (Tabela 8), as características de sólidos solúveis totais, pH, acidez total titulável e açúcar redutor apresentaram interação entre as lâminas de irrigação e as doses de adubação potássica. Portanto para esses fatores foi realizado o teste de comparação de média onde pode-se visualizar nas Tabelas 10, 11, 12, 13 e 14. Já para os demais caracteres não houve interação.

O desdobramento da estatística permitiu fazer análise de regressão para os tratamentos de lâminas de irrigação. Já para o efeito de dose o desdobramento da estatística permitiu analisar através da comparação de médias (utilizando o teste de Tukey).

Para o fator pH as doses de potássio exibiram efeito com diferença estatística ($P < 0,05$) apenas nas lâminas de 151,53 mm, 194,25 mm e 314,09 mm ciclo⁻¹ em função das doses potássicas (Tabela 19).

Tabela 10. Comparação de médias ($P < 0,05$) de valores de pH em função de doses de potássio e lâminas de irrigação para cv. Oso Grande.

Doses	Lâminas de irrigação					
	Médias	151,53	194,25	251,97	314,09	388,95
1	3,53 a	3,55 a	3,56 a	3,51 a	3,48 a	3,52 a
2	3,66 b	3,67 ab	3,66 ab	3,59 a	3,64 b	3,56 a
3	3,68 b	3,76 b	3,79 b	3,66 a	3,76 b	3,64 a
DMS	0,071	0,158	0,158	0,158	0,158	0,158

Médias seguidas de letras iguais, não diferem ($P < 0,05$) entre si, pelo Teste de Tukey.

Os sólidos solúveis totais apenas exibiram efeito com diferença estatística nas lâminas de irrigação 151,53 mm e 314,09 mm ciclo⁻¹, em função das doses potássicas (Tabela 11).

Tabela 11. Comparação de médias (P<0,05) de valores de SST em função de doses de potássio e lâminas de irrigação para cv. Oso Grande.

Doses	Lâminas de irrigação					
	Médias	151,53	194,25	251,97	314,09	388,95
1	7,79 a	8,17 a	8,15 a	7,77 a	7,32 a	6,97 a
2	8,41 ab	8,50 a	8,82 a	7,85 a	8,25 ab	7,52 a
3	8,59 b	10,32 b	9,47 a	7,87 a	9,25 b	7,72 a
DMS	0,696	1,556	1,556	1,556	1,556	1,556

Médias seguidas de letras iguais, não diferem (P<0,05) entre si, pelo Teste de Tukey.

Para Acidez total titulável (Tabela 12) todas as lâminas de irrigação apresentaram diferença estatística (P<0,05), em função das doses potássicas.

Tabela 12. Comparação de médias (P<0,05) de valores de Acidez total titulável em função de doses de potássio e de lâminas de irrigação para cv. Oso Grande.

Doses	Lâminas de irrigação					
	Médias	151,53	194,25	251,97	314,09	388,95
1	0,62 a	0,66 a	0,64 a	0,60 a	0,61 a	0,56 a
2	0,70 b	0,77 b	0,69 a	0,69 b	0,69 b	0,66 b
3	0,74 c	0,87 c	0,77 b	0,71 b	0,69 b	0,67 b
DMS	0,025	0,056	0,056	0,056	0,056	0,056

Médias seguidas de letras iguais, não diferem (P<0,05) entre si, pelo Teste de Tukey.

Na Tabela 13 os valores de ácido ascórbico apresentaram diferença estatística (P<0,05) para todas as lâminas de irrigação, em função das doses potássicas.

Tabela 13. Comparação de médias (P<0,05) de valores de ácido ascórbico em função de doses de potássio e de lâminas de irrigação para cv. Oso Grande.

Doses	Lâminas de irrigação					
	Médias	151,53	194,25	251,97	314,09	388,95
1	89,53 a	97,31 a	90,23 a	86,69 a	88,46 a	84,93 a
2	96,74 b	104,39 ab	96,60 a	96,25 b	97,13 b	89,35 a
3	102,58 c	111,82 b	106,86 b	100,49 b	93,77 ab	99,96 b
DMS	3,726	8,331	8,331	8,331	8,331	8,331

Médias seguidas de letras iguais, não diferem (P<0,05) entre si, pelo Teste de Tukey.

A Tabela 14 mostra que, o açúcar redutor apresentou diferença estatística ($P < 0,05$) apenas nas lâminas de irrigação de 151,53 mm e 194,25 mm ciclo⁻¹, em função das doses potássicas.

Tabela 14. Comparação de médias ($P < 0,05$) de valores de açúcar redutor em função de doses de K e de lâminas de irrigação para cv. Oso Grande.

Doses	Lâminas de irrigação					
	Média	151,53	194,25	251,97	314,09	388,95
1	6,68 a	6,68 a	6,36 a	5,88 a	5,40 a	4,94 a
2	7,25 a	7,25 a	6,92 ab	6,01 a	5,42 a	5,00 a
3	8,42 b	8,42 b	7,13 b	6,19 a	5,55 a	5,39 a
DMS	0,291	0,651	0,651	0,651	0,651	0,651

Médias seguidas de letras iguais, não diferem ($P < 0,05$) entre si, pelo Teste de Tukey.

5.8.1 Produtividade total de frutos

A análise de variância (Tabela 8) mostra efeito significativo a 1% de probabilidade para a produtividade total de frutos com relação ao fator lâmina de água. Na interação entre os fatores doses e lâminas, não houve diferença significativa. A produção do morangueiro alcançou um valor máximo de produtividade (24,32 t ha⁻¹), que foi obtido com a aplicação da lâmina de água máxima (Figura 20).

O resultado de produtividade total de frutos mostrou resposta quadrática, com nível de significância de 1% (Tabela 8), indicando haver um decréscimo da produtividade total de frutos à medida que se reduz ou aumenta a lâmina de água.

Com morangos do cultivar Amoras, Teixeira (2011) observou que, com o acréscimo da lâmina, houve uma redução na produtividade. Já Costa (2011) alcançou uma produtividade de 17,71 t ha⁻¹ de morango para as cultivares Oso Grande e Aromas, sob o efeito de diferentes tensões de água no solo, na região sul de Minas Gerais. A produtividade foi inferior da que encontrada nesse estudo.

Otto et al. (2009) avaliando a produção de frutos de morangueiros e a emissão de estolões das cultivares de dia neutro, incluindo a cv. Aromas, durante o verão de Ponta Grossa, Paraná, em estufa, utilizando sistema de irrigação por gotejamento, alcançaram resposta de produtividade de frutos comercial para o cultivar Aromas de 28,4 t ha⁻¹. Resultado este superior ao valor de produtividade encontrado no presente estudo, de 24,32 t ha⁻¹, para a lâmina máxima de irrigação.

De acordo com Pereira (2009), os morangueiros apresentam melhor desempenho cultivados no mês de maio, quando o fotoperíodo é curto e as temperaturas amenas principalmente para a cv. Aromas.

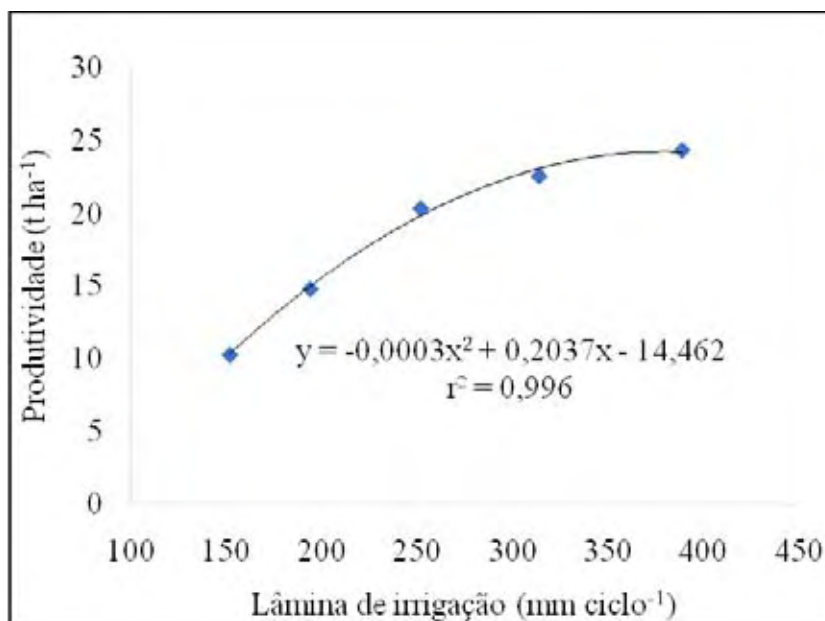


Figura 20. Produtividade das plantas de morangueiro cv. Oso Grande em função de diferentes lâminas de água no ciclo.

Ressalvando que a equação apresentada na Figura 20 representa o comportamento da lâmina de água no solo (mm), implicará em uma produtividade total de frutos, considerando o intervalo avaliado (lâmina mínima a lâmina máxima). Isto implica dizer que, quanto menor o intervalo entre irrigações (turno de irrigação), maior é a produtividade total de frutos, pois, a água é aplicada em pequenas intensidades, porém, com muita frequência, de modo a manter o teor de água do solo na zona radicular e próxima à capacidade de campo.

5.8.2 Massa média dos frutos (MMF)

Para a massa média de frutos a análise de variância (Tabela 8), verifica-se que houve efeito significativo a 1% de probabilidade com relação apenas ao fator lâminas de água. Onde o fator lâmina de água versus doses de adubação potássica não apresentaram diferença significativa. Assim sendo, os maiores valores de peso média dos frutos ocorreram em torno da maior lâmina de água (388,95 mm ciclo⁻¹), que resultou

em 8 g por frutos produzidos, haja visto que o fator dose de adubação potássica não influenciou significativamente (Figura 21).

Os valores do presente estudo se aproximaram ao de Castro et al. (2003), onde relata que os valores de massa média dos frutos para os cultivares Campinas e Dover, em cultivo orgânico, foram de 7,76 g e 7,74 g respectivamente. Já Virmond e Resende (2007), avaliaram a massa média de frutos no sistema convencional e observaram valor de 13,84 g para o cultivar Oso Grande.

Para os valores de massa média dos frutos, Andriolo et al. (2010) na avaliação de doses e no crescimento da planta, produção e qualidade de frutas do morangueiro, observaram que não houve diferença estatística para os valores de massa média dos fruto (8,9 a 10,5 g) em função das diferentes doses para o cultivar Arazá.

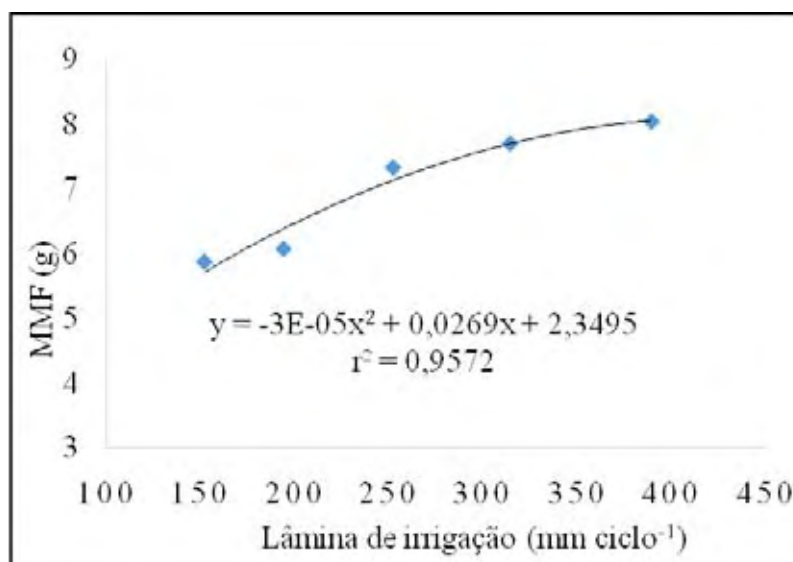


Figura 21. Peso médio dos frutos de morangueiro cv. Oso Grande em função de diferentes lâminas de água no ciclo.

5.8.3 Número médio de frutos por planta (NMFP)

Na análise de variância (Tabela 8) foi verificada diferença significativa a 1% de probabilidade, entre o fator lâminas de água quanto ao número total de frutos por planta. Na interação entre os fatores (Dose e Lâminas), não foi detectada diferença significativa.

Observa-se, na Figura 22, que houve um acréscimo no número de frutos por planta à medida que se aumentou as lâminas de água, até o maior valor de 389

mm ciclo⁻¹, em que se obteve o maior número total de frutos por planta (136 frutos planta⁻¹). Observa-se que as variações, ocorridas no número total de frutos por planta, foram em função das lâminas de água, que são explicadas pela regressão quadrática.

Os valores do presente estudo apresentam-se bem superior aos encontrados por Andriolo et al. (2010) na avaliação de doses e no crescimento da planta, produção e qualidade de frutos do morangueiro, onde os valores ficaram em torno de 23 a 58 frutos por plantas, em função da dose de salinidade.

De acordo com Vignolo et al. (2011), avaliando a produção de morangos a partir de fertilizantes alternativos em pré-plantio, relatam que o cultivar Camarosa produziu 43,6 frutos planta⁻¹ e o Camino Real apenas 26,5 frutos planta⁻¹. Pires et al. (2007) no estudo da produção do morangueiro em diferentes níveis de água pode constatar que os valores de frutos médios por planta variaram de 86,4 a 66,4 para as respectivas tensões 0,010 e 0,070 Mpa, em ambiente protegido.

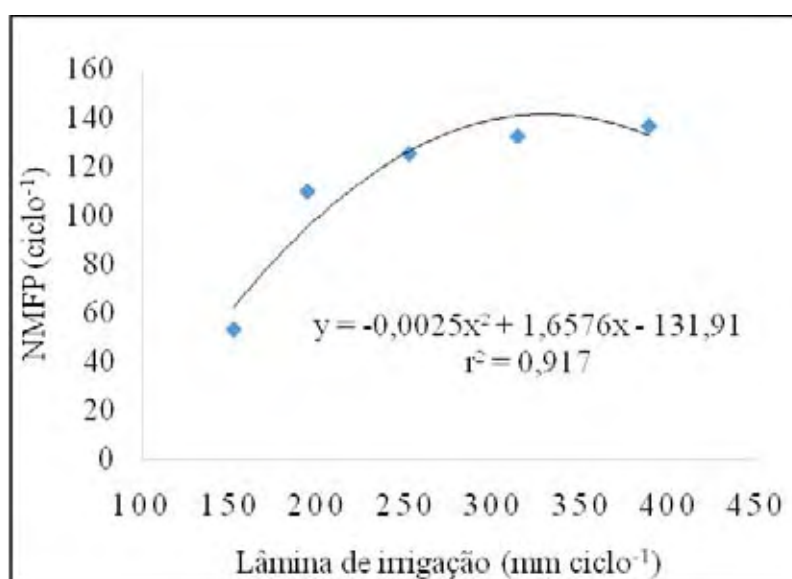


Figura 22. Número médio de frutos por planta de morangueiro cv. Oso Grande em função de diferentes lâminas de água no ciclo.

5.8.4 Comprimento médio dos frutos (CMF)

Na Tabela 8 a análise de variância exibiu efeito significativo a 1% de probabilidade para o comprimento médio dos frutos com relação ao fator lâmina de água. Na interação entre os fatores (Dose e Lâminas), não foi detectada diferença

significativa. No entanto, o maior e o menor valor alcançado foram 30 e 25,49 mm para as respectivas lâminas de água (388,95 mm e 151,53 mm ciclo⁻¹).

O resultado de CMF mostrou resposta quadrática, com $r^2=0.99$ (Figura 23), indicando que pode haver um decréscimo desse fator à medida que se reduz ou aumenta a lâmina de água.

Yuri et al. (2011) em um trabalho realizado com a cultura do morango sob solo coberto por mulching relataram que, para a característica de comprimento médio de frutos, o morangueiro apresenta efeito significativo para solos cobertos com filme na cor prata e preto, com 3,41 e 3,08 cm fruto⁻¹, respectivamente, e no filme plástico de cor branca comprimento médio de 2,91 cm fruto⁻¹.

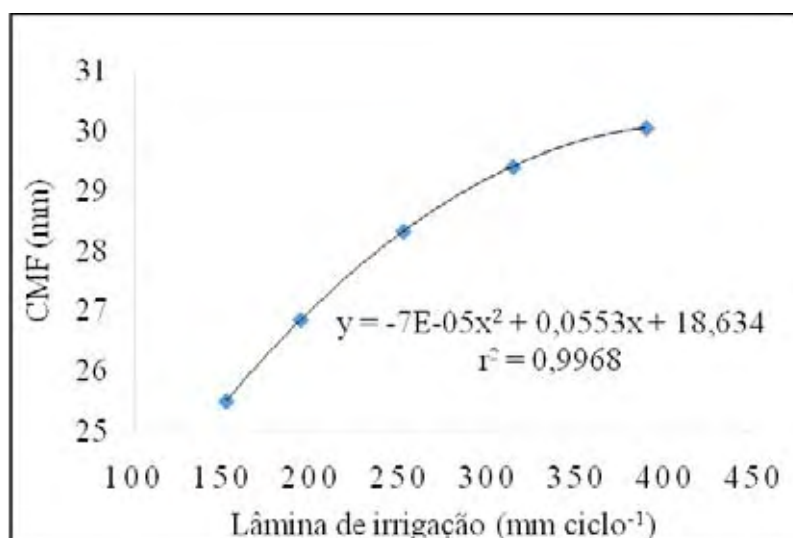


Figura 23. Comprimento médio frutos de morangueiro cv. Oso Grande em função de diferentes lâminas de água no ciclo.

Lorena (2012) constatou que para os parâmetros comprimento médio de frutos no morangueiro, o cultivar Albion apresentaram valores de 3,03 a 2,78 cm, em plantas sob o efeito salino.

Segundo Conti et al. (2002), o tamanho do fruto é uma característica bastante importante, pois os frutos grandes tornam a colheita e a embalagem um processo mais rápido, assim, tendo maior valor para o mercado consumidor e resultando em maiores ganhos ao produtor. Kaya et al. (2002) afirmam que, doses de potássio muito elevado tende a promover redução no tamanho dos frutos e no rendimento da produção do morangueiro.

5.8.5 Diâmetro médio dos frutos (DMF)

A característica física do morango, em termo de diâmetro, está sendo mostrada na Figura 24. Verificou-se que os morangos apresentaram diâmetro no intervalo de 24,25 e 21,07 mm, em média, para a lâmina de água 388,95 mm e 151,53 mm ciclo⁻¹, respectivamente. Dessa forma, podemos agrupar em classes os frutos do morango de tal forma que classe 1, com diâmetro transversal acima de 25mm e classe 2, com diâmetro transversal de 10>15<25 mm. Assim, o resultado do presente trabalho pode-se classificar todos os frutos em classe 2, de acordo com o regulamento técnico do Mercosul 85/96 citado por Cantillano (2005).

Para esse parâmetro a análise de variância (Tabela 8) exibe um efeito significativo a 1% de probabilidade, para o DMF, com relação apenas ao fator lâmina de água. Não apresentando interação entre os fatores (Dose e Lâminas).

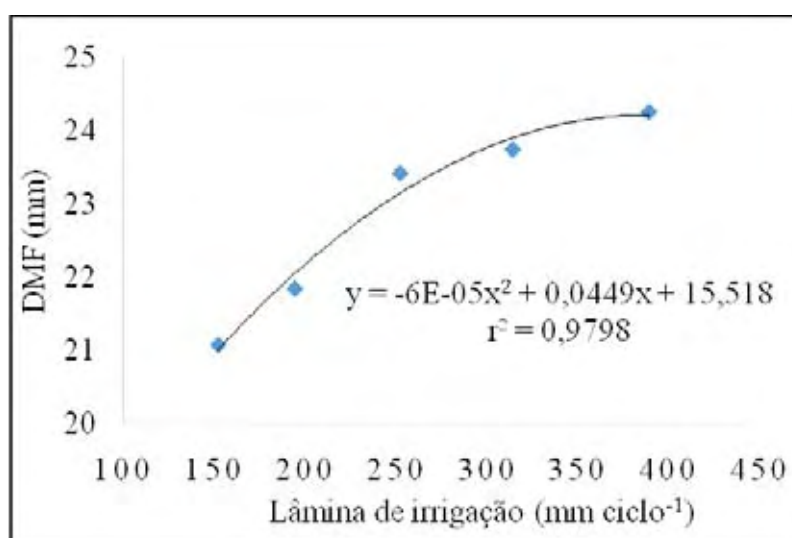


Figura 24. Diâmetro médio dos frutos de morangueiro cv. Oso Grande em função de diferentes lâminas de água no ciclo.

Costa (2009) avaliando produção e qualidade de frutos de morangueiro, do cultivar Oso Grande, sob telas, em ambiente protegido relatou que, o diâmetro médio dos frutos pra condições de sombreamento normais foi de 2,6 cm e para outros tipos de tela 2,7 cm. Esse resultado corrobora com o estudo realizado para a maior lâmina de água.

De acordo com Lorena (2012), a variedade do morangueiro com o maior diâmetro médio de fruto foi o cultivar Portola, com o fruto medindo 2,51 cm de diâmetro para as plantas que receberam o tratamento do fungicida sistêmico.

5.8.6 Acidez total titulável (ATT)

A tabela 8 mostra que, para essa característica houve diferenças significativas nas doses de potássio (k) e nas lâminas de irrigação (L), ambas à $p < 0,01$. A interação K*L, também foi significativa, porém ao nível de 5%. A ATT apresentou valores médios decrescentes, sendo 0,76% e 0,63% na lâmina de irrigação mínima e máxima, respectivamente (Tabela 9). Pode-se perceber que, houve uma correlação negativa entre as lâminas e acidez total titulável. A figura 25 mostra a representação gráfica da queda da porcentagem da acidez que, pela análise de regressão, apresentou efeito linear nas lâminas aplicadas.

Tais resultados podem ser explicados pelo fato de que a redução da disponibilidade de água associado à adubação potássica tende a promover acúmulo de substâncias promotoras de acidez no fruto do morangueiro, podendo estar associado à elevação no teor de ácidos orgânicos presentes nos frutos, os quais são dependentes do equilíbrio nutricional da planta.

Schwarz (2012) verificou que a acidez total titulável foi influenciada significativamente pelas diferentes dosagens de K, em morangueiros do cultivar Camarosa. Marodin (2010) verificou resultados similares, ajustando a equação a um modelo linear para cultivar Camarosa e quadrático para o cultivar Sweet Charlie.

De acordo com Camargo (2008), avaliando a produtividade e as características físico-químicas de frutos de morango, produzidos em diferentes sistemas de cultivo (convencional e orgânico), pode constatar que não houve diferença significativa no conteúdo de acidez total titulável entre “Oso Grande” e “Aromas”.

Teixeira (2011), avaliando morangos ‘Amoras’, concluiu que não houve efeito significativo das lâminas para essa característica. Costa (2011) avaliando a produtividade do ‘Oso Grande’ e ‘Amoras’, sob diferentes lâminas, observou que não houve efeito significativo entre as lâminas e entre cultivares e lâminas.

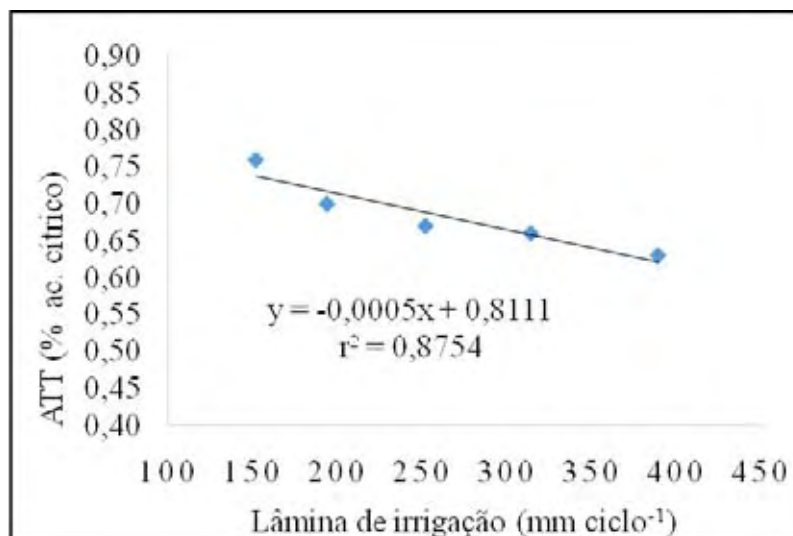


Figura 25. Acidez total titulável dos frutos de morangueiro cv. Oso Grande em função de diferentes lâminas de água no ciclo.

A Figura 26 representa a comparação de médias da acidez total titulável em função das doses de potássio e lâminas de irrigação. Os frutos de morangueiro, para a característica avaliada, obtiveram diferença significativa em função das doses aplicadas, lâminas e da interação entre elas.

Os ácidos orgânicos presentes nos frutos, em balanço com os teores de açúcares, representam um importante atributo de qualidade. Muitos desses ácidos são voláteis, contribuindo dessa forma para o aroma característico das frutas (KLUGE et al., 2002; BLEINROTH, 1986).

Os valores da dose 1 variaram entre 0,66 e 0,56% para as lâminas de água de 151,53 mm e 388,95 mm ciclo⁻¹, respectivamente. Para a dose-2, os valores encontrados foram 0,77 e 0,66% da menor e maior lâmina. Na última dose (3), esses valores, assim como nas doses anteriores, continuaram decrescendo de 0,87 a 0,67%. Os valores do trabalho ficaram próximos dos aceitáveis para comercialização, conforme Koon (2000) e dentro das faixas de variação citadas por Berbari (1992) para morangos inteiros, onde a acidez total deve variar entre 0,73 e 1,00%.

Segundo Pereira (2009), avaliando diferentes cultivares de morangueiro, em função de épocas de plantio, não encontrou diferença significativa no teor de acidez total titulável, para os cv. Oso Grande e Aromas. Já Costa (2011) avaliando a produção do morangueiro das cultivares Oso Grande e Aromas sob o efeito de diferentes

tensões de água no solo, pode constatar que não houve diferença significativa para a característica de acidez total titulável para o cultivar Aromas.

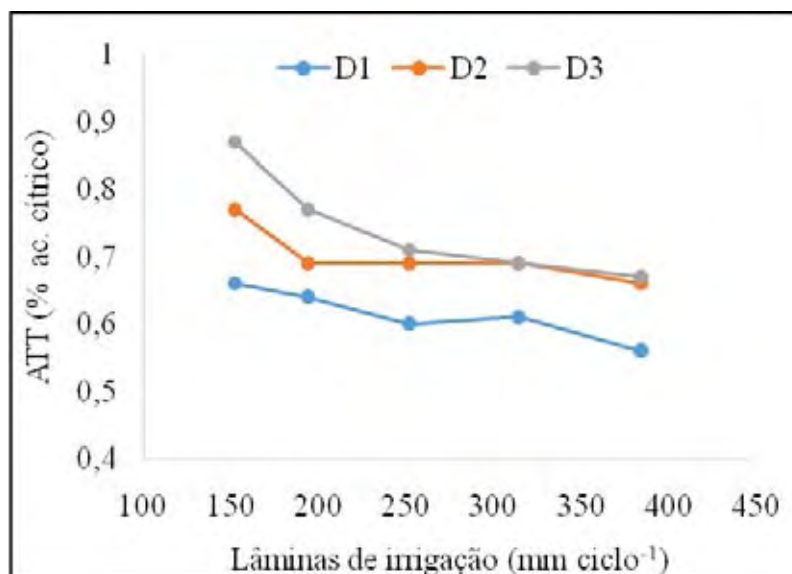


Figura 26. Comparação de médias de acidez total titulável em função de doses de K (D1-sem K; D2-300 kg há⁻¹ K; D3-900 kg há⁻¹ K) e lâminas de irrigação para cv. Oso Grande.

5.8.7 Sólidos solúveis totais (SST)

Os sólidos solúveis estão relacionados com o sabor “doce” do morango, pois os açúcares são os componentes mais abundantes encontrados nos sólidos solúveis (Kader, 1991). Segundo Kader et al. (1991), o teor de sólidos solúveis em frutos de morango deve variar de 4,6 à 11,9%.

Houve influência dos tratamentos de lâminas de água e doses de adubação para a característica (SST). O resultado mostrou resposta linear, com nível de significância de 1% para os tratamentos com lâminas de água e 5% para comparação de médias de doses de potássio (Tabela 8). Portanto, à medida que ocorreu aumento no valor de sólidos solúveis totais nos frutos de morangueiro houve um decréscimo nas lâminas de água aliado ao aumento da adubação potássica (Figura 27).

O valor máximo para os sólidos solúveis totais nos frutos ocorreu para a lâmina de água mínima no ciclo (9,0 °Brix) e a que apresentou menor °Brix (7,4) foi a lâmina de água máxima no ciclo. Resultados semelhantes foram encontrados por

Schwarz (2012) e Marodin et al. (2010), pois observaram que houve aumento linear no teor de sólidos solúveis para o cv ‘Camarosa’.

Segundo Mangnabosco et al. (2008), avaliando as características químicas de frutos de morangueiros em seis cultivares na região do Paraná, encontrou resultados de teor de sólidos solúveis totais para a cultivares de 5,92 °Brix, em cultivo convencional. Já Costa (2011), avaliando a qualidade de frutos do morangueiro sob diferentes tensões de água no solo encontrou valores de 5,84 de ° Brix para o cultivar Oso Grande e 3,97 de °Brix para o cultivar Aromas. Esses valores estão abaixo se comparados aos encontrados neste trabalho, onde o °Brix chegou a 9,0 para a menor lâmina de água.

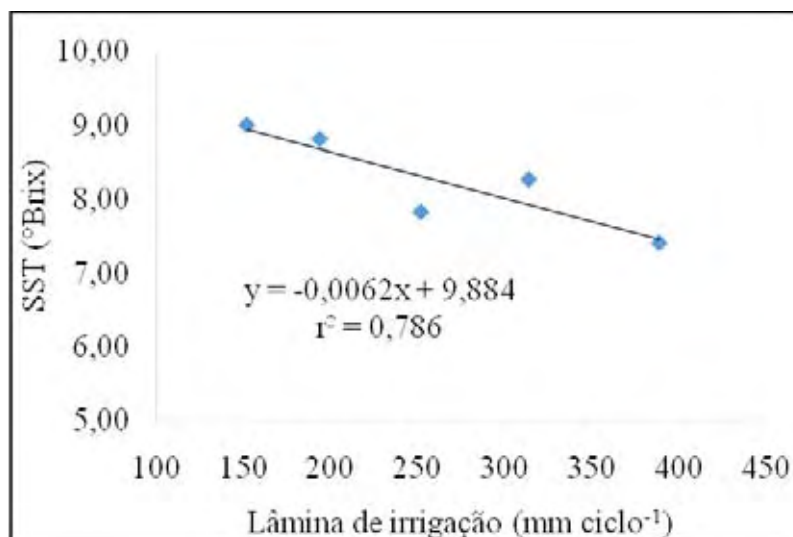


Figura 27. Sólidos solúveis totais de frutos de morangueiro cv. Oso Grande em função de diferentes lâminas de água no ciclo.

Alguns estudos pode-se observar que a adubação potássica não apresentou influência sobre o teor de sólidos solúveis em morango em cultivo sem solo (ANDRIOLO et al., 2010).

Teixeira (2011) avaliando o cultivar Aromas viu-se que os sólidos solúveis totais dos frutos foram significativamente afetados pelo fator tensões de água no solo (lâminas), $p < 0,01$, pelo teste F, ou seja, apresentou resposta linear, indicativo de que os valores de sólidos solúveis aumentavam à medida que as lâminas eram acrescidas. Valores aproximados foram encontrados por Pereira (2009), trabalhando com diferentes genótipos de morangueiro.

Na Figura 28, em relação às diferentes doses de potássicos em função das lâminas de irrigação, observa-se que o K proporcionou o maior teor de sólidos solúveis nos frutos da Dose 3 e Dose 2, diferindo estatisticamente a 5% probabilidade (Tabela 11), enquanto a Dose 1 o teor de sólidos solúveis dos frutos constatou menores valores.

O teor dos sólidos solúveis (°Brix) nos frutos é muito importante, pois quanto maior a quantidade de sólidos solúveis existentes, menor será a quantidade de açúcar a ser adicionada aos frutos, quando processados pela indústria diminuindo, assim, o custo de produção e aumentando a qualidade do produto (ARAÚJO, 2001; SILVA, 2000).

Os valores da Dose 1 variaram entre 8,17 e 6,97 °Brix para as lâminas de irrigação mínima e máxima no ciclo, respectivamente. Estatisticamente, na dosagem 1, o teor de sólidos solúveis totais não variaram com as lâminas. Para a Dose 2, os valores obtidos foram 8,50 e 7,52 °Brix da primeira e última lâmina de irrigação. Na Dose 3 os valores foram de 10,32 a 7,72 °Brix. O gráfico mostra, na lâmina 252 mm ciclo⁻¹, que os teores de sólidos solúveis totais não se diferem.

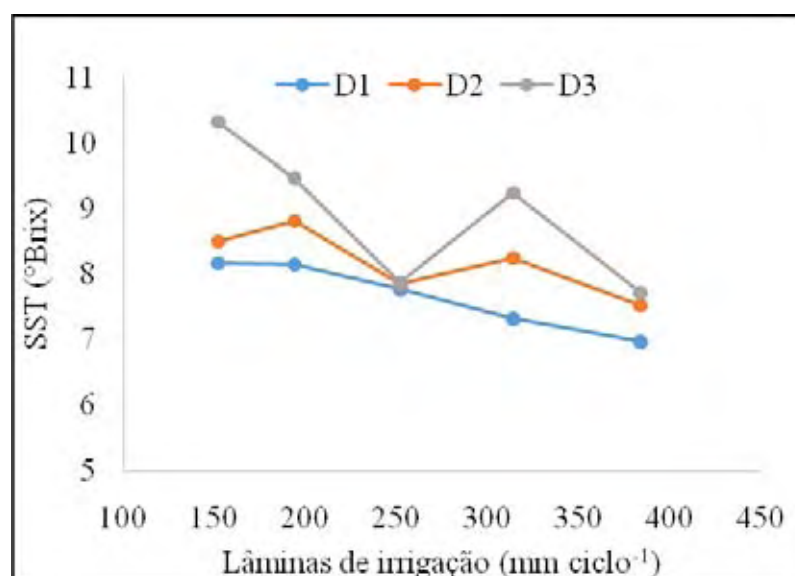


Figura 28. Comparação de médias de sólidos solúveis totais em função de doses de K (D1-sem K; D2-300 kg há⁻¹ K; D3-900 kg há⁻¹ K) e lâminas de irrigação para cv. Oso Grande.

El-Sawy (2012) verificou que com o incremento dos níveis de potássio aumenta o TSS%. Resultados semelhantes foram obtidos por Dierend e Faby (2003), Sonstebly et al. (2004) e Abd El-Aziz (2007). Marodin et al. (2010) observaram que

para o cultivar Camarosa, a adubação potássica proporcionou um aumento linear no teor de sólidos solúveis quando ocorreu a aplicação de doses de K até 600 kg ha⁻¹ de K₂O.

Os resultados obtidos com a adubação potássica e lâminas de irrigação comprovam que o potássio influencia sobre o teor de sólidos solúveis nos frutos. Isso ocorre porque uma das funções do potássio na planta é intensificar o armazenamento de solutos do floema em órgãos como sementes, tubérculos e frutos, sendo que a velocidade de transporte aumenta com o aumento no suprimento de potássio (POTAFOS, 1990).

5.8.8 pH

Na Tabela 8, a análise de variância do pH, verificou-se o efeito significativo a 1% de probabilidade para as doses de adubação potássica. Não houve diferença significativa para o fator lâmina de água, entretanto, já para a interação dose de potássio versus lâmina de água no solo apresentaram efeito significativo a 1% de probabilidade.

Para o pH do morangueiro no ciclo de produção (Figura 29) os valores encontrados compreendeu entre o valor máximo de 3,66 e mínimo de 3,57 para as lâmina de água mínima e máxima no ciclo. Fumis et al. (2003), trabalhando com avaliação tecnológica de cultivares de morango, verificaram que o cultivar Oso Grande é menos ácido que os outros cultivares, onde esse cultivar apresentou um pH de 3,19, caracterizando os frutos desse cultivar adequado para o consumo in natura.

Camargo (2008) analisando a produtividade e as características físico químicas dos frutos de morango, produzidos em diferentes sistemas de cultivo (convencional e orgânico), também encontrou uma diferença significativa no pH entre os cultivares Oso Grande e Aromas, onde apresentou os maiores valores no sistema convencional (3,64 e 3,67, respectivamente), corroborando então, com os valores desse trabalho.

Segundo Pádua et al. (2006), o morango apresenta pH ácido e variável de acordo com o estágio de desenvolvimento do fruto. Onde para frutos verdes possuem pH de 3,5 a 4,6 e quando os frutos amadurecem reduz o pH para 3,5 a 3,7.

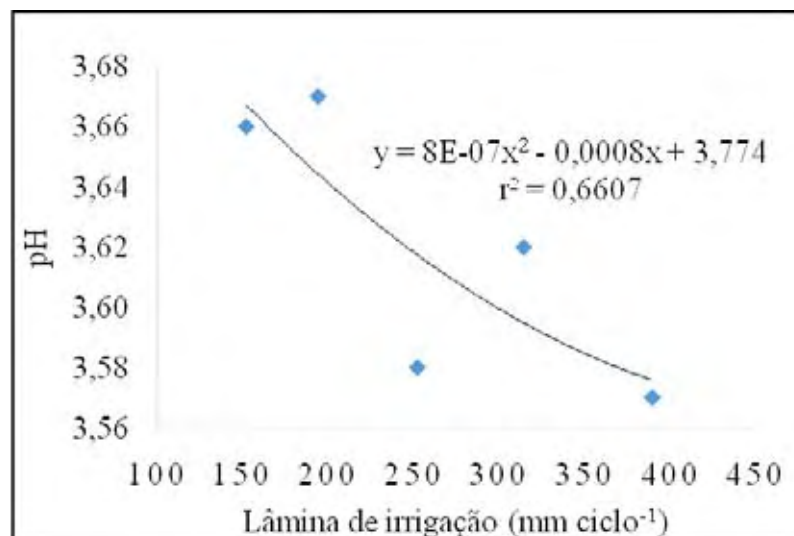


Figura 29. O pH dos frutos de morangueiro cv. Oso Grande em função de diferentes lâminas de água no ciclo.

Os resultados desse trabalho se assemelham aos encontrados por Krolow et al. (2007), comparando as características químicas de frutos do cultivar Aromas, produzida nos sistemas orgânico e convencional, sendo encontrado para o manejo convencional um valor de pH de 3,27 e para o orgânico de 3,52.

A Figura 30 representa a comparação de médias do pH em função das doses de potássio e lâminas de irrigação. Para essa característica, os frutos de morangueiro apresentaram diferença significativa em função das fontes, doses e lâminas na interação entre elas (Tabela 10). O potencial hidrogeniônico (pH) representa o inverso da concentração de íons hidrogênio em um determinado material. É um índice importante na avaliação da qualidade e conservação dos alimentos (CHITARRA e CHITARRA, 2005).

Os valores da Dose 1 compreenderam entre 3,55 e 3,52 para as lâminas de água mínima e máxima no ciclo. Na Dose 2 os valores foram 3,67 e 3,56 para a menor e maior lâmina de água. Para a Dose 3, os valores foram 3,76 e 3,64, mostrando que o potássio promove alteração para esse fator.

Para Schwarz (2012), avaliando adubação potássica na produtividade e qualidade do morangueiro, observou que para a característica pH, os frutos de morangueiro apresentaram diferença significativa em função das fontes de potássio. Onde o KCL proporcionou pH mais elevado aos frutos 3,33 e K₂SO₄ um pH 3,31. Esses resultados corroboram com os encontrados no presente estudo. Já Marodin et al. (2010)

observaram que o pH dos frutos de morangueiros não ocorreu alterações em função das doses de potássio para essa cultura.

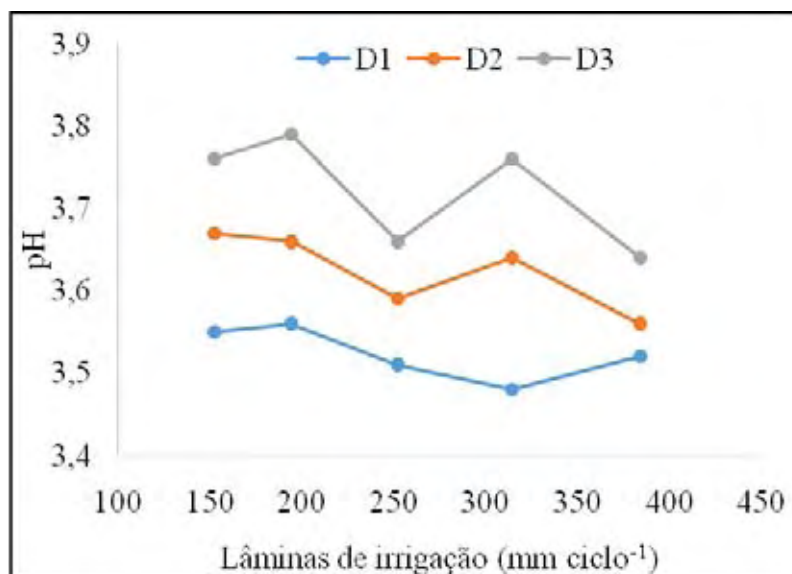


Figura 30. Comparação de médias do pH em função das doses de K (D1-sem K; D2-300 kg há⁻¹ K; D3-900 kg há⁻¹ K) e lâminas de irrigação para cv. Oso Grande.

5.8.9 Teor de vitamina C (Ácido ascórbico -AAS)

A vitamina C (ácido ascórbico) para morango pode mudar de acordo com o cultivar, estágio de amadurecimento, sistema e ambiente de cultivo. Está entre os componentes nutricionais mais importantes nos frutos e na alimentação humana e o seu teor pode ser utilizado como um índice de qualidade dos alimentos (CHITARRA e CHITARRA, 2005; CORDENUNSI et al. 2005).

Os frutos de morangueiro analisados nesse trabalho, para o teor de ácido ascórbico, apresentou efeito significativo em relação às doses potássicas, lâminas de irrigação e para as interações entre elas (Tabela 8).

O tratamento que proporcionou maior teor de ácido ascórbico nos frutos de morangueiro foi a lâmina de irrigação mínima no ciclo (104,50 mg 100 g⁻¹ polpa) (Figura 31). Lee e Kader (2000) observaram que a adubação potássica exerce efeito benéfico sobre os níveis de vitamina C. Já Krolow et al. (2007), estudando a cultivar Aromas em sistema de cultivo orgânico e convencional encontrou valores de vitamina C de 52,08 mg 100 mL⁻¹ para o sistema orgânico e 56,50 mg 100 mL⁻¹ para o convencional.

Abu-Zahra et al. (2007), avaliando frutos de morango da cultivar Honor em Israel com diferentes substratos, relataram valor de 41,25 mg de vitamina C 100 g^{-1} para os frutos provenientes do sistema convencional e valores que variaram de 43,33 até 50,50 mg 100 g^{-1} de vitamina C para os frutos com adubados orgânica.

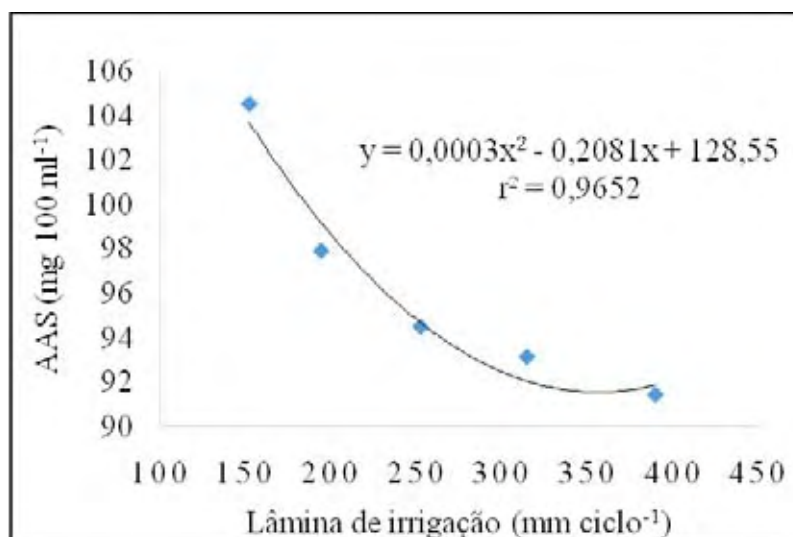


Figura 31. Ácido ascórbico dos frutos de morangueiro cv. Oso Grande em função de diferentes lâminas de água no ciclo.

As três doses de K diferiram estatisticamente entre si (Tabela 13) e proporcionaram aos frutos teor médio de ácido ascórbico de forma crescente. Onde a concentração desse fator no fruto em função das doses é $D1 < D2 < D3$ para os valores médios respectivamente 89, 96 e 102 mg 100 g^{-1} de polpa, para as doses de K (Figura 32).

Os valores desse trabalho condizem com os de Domingues (2000), Malgarim et al. (2006) e Pinto et al. (2008), onde consideraram que os teores de vitamina C para os frutos de morango apresentam teores que são de 60 mg 100 g^{-1} à 64 mg 100 g^{-1} .

Smirnoff et al. (2001) relatam que ocorre uma relação entre a radiação e o conteúdo de ácido ascórbico no frutos, no qual evidencia que alta intensidade luminosa aumenta a concentração de ácido ascórbico. Hakala et al. (2003), constataram que a diferença significativa entre o conteúdo de ácido ascórbico de morangos cultivados em períodos distintos, sendo que, o maior conteúdo da vitamina (ácido ascórbico) foi observado no ano em que as condições edafoclimáticas foram mais quentes e secas.

Amaro (2005), avaliando o conteúdo de ácido ascórbico de morangos em diferentes colheitas, pode observar que os maiores teores ácido ascórbico nos

frutos, independente do sistema de cultivo (orgânico ou convencional) foram para as colheitas realizadas mais próximas ao verão. Já no presente estudo, verificou-se uma tendência de aumento no teor de ácido ascórbico em função das quantidades de potássio e lâminas de irrigação aplicados.

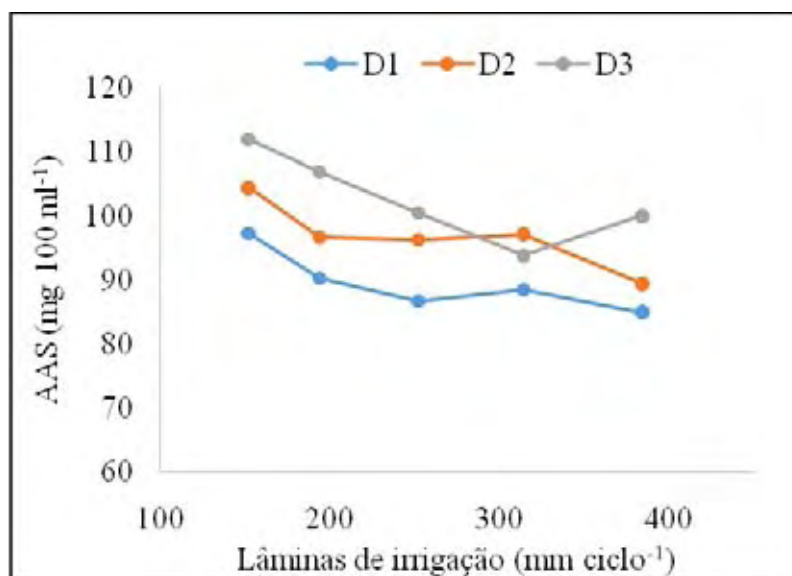


Figura 32. Comparação de médias do AAS em função das doses de K (D1-sem K; D2-300 kg ha⁻¹ K; D3-900 kg ha⁻¹ K) e lâminas de irrigação para cv. Oso Grande.

5.9 Açúcares redutores (AR)

O teor de açúcares redutores nos frutos apresentou efeito significativo, a 1% de probabilidade, para as lâminas de irrigação, doses de adubação potássica e pela interação entre esses fatores (Tabela 8). As lâminas de água mínima e máxima no ciclo foram as que proporcionaram as maiores concentrações de açúcares redutores nos frutos (7,2 e 6,8 % respectivamente) (Figura 33).

O açúcar redutor é um monossacarídeo que apresenta uma função aldeídica ou cetônica livre, tornando-o capaz de reduzir cátions como cobre e prata em soluções alcalinas. Este é o caso da glicose e da frutose, açúcares redutores comumente encontrados em frutos (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

Os resultados deste trabalho se apresentaram bem acima aos de Camargo (2008), que avaliou oito cultivares de morangueiro sob cultivo orgânico e convencional, obtendo teores de açúcares redutores para o cultivo convencional que

variaram de 5,0 a 5,2%, para o cultivar Oso Grande. Em outro estudo realizado com a caracterização química de frutos de morangueiro sob sistemas de manejo orgânico e convencional, Camargo et al. (2009) verificaram concentração de açúcares redutores de 4,93% para o cultivar Camarosa e 5,56% para Sweet Charlie, em cultivo convencional.

Krivorot e Dris (2002) definiu o teor de açúcar redutor em frutos de morango frescos e congelados em quatro cultivares e pode observar que os frutos frescos apresentaram teor de açúcares inferior ao dos frutos congelados, onde para os frutos frescos variou de 2,97 até 4,62% e nos congelados de 5,97 até 6,94%.

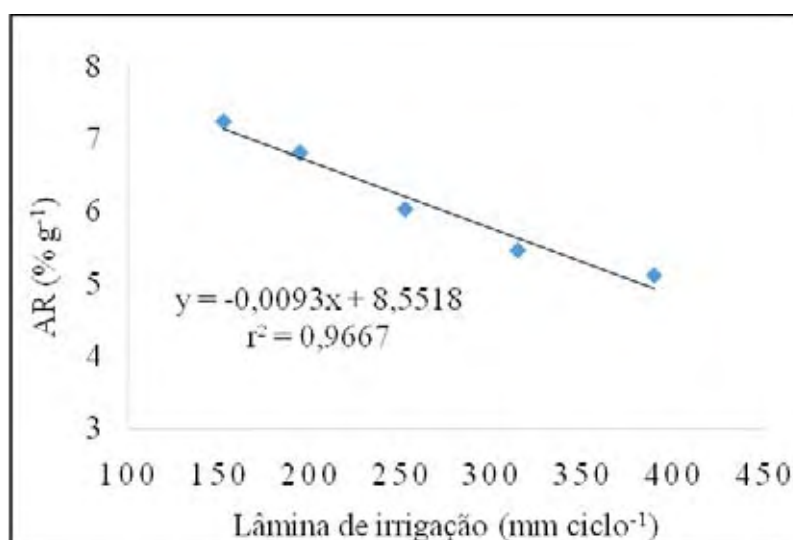


Figura 33. Açúcar redutor dos frutos de morangueiro cv. Oso Grande em função de diferentes lâminas de água no ciclo.

Na Figura 34 observou que o teor de açúcares redutores nos frutos foi influenciado significativamente pelas Doses, em função das lâminas de irrigação (Tabela 14).

Os valores da Doses 1 compreenderam entre 6,68% e 4,94%, para as lâminas de 152 mm e 384 mm ciclo⁻¹. Para a Dose 2 os valores foram de 7,25% a 5,00%, para a menor e maior lâmina. Já na Dose 3 esses valores foram superiores, entre 8,42% e 5,39% (mg 100 ml⁻¹), dessa forma pode-se verificar que o potássio promove alteração a esse fator, quando correlacionado com as lâminas de irrigação.

Dias et al. (2006), avaliando frutos de morango nas cultivares Campinas, Dover e Sweet Charlie em sistema de cultivo tradicional encontraram valores equivalentes a 5,36%, 4,52% e 4,89% de açúcares, respectivamente. Camargo (2008),

avaliando a caracterização física e química de frutos de morangueiro em diferentes sistemas de cultivo, pode observar que o teor de açúcar no fruto de morangueiro para o cv. Oso Grande foram de 5,0 g 100 g⁻¹ para sistema convencional e 5,02 g 100 g⁻¹ para sistema orgânico. Esses resultados assemelham-se aos do presente trabalho para o cultivar Oso Grande.

Leskinen et al. (2002), encontraram teores de 8,1 g 100 g⁻¹ de açúcar nos frutos de morangueiro da cultivar Polka, 6,4 g 100 g⁻¹ para cultivar Jonsok e 7,2 g 100 g⁻¹ para cultivar Honeoye, em experimento com produção orgânica em anos diferentes, na Finlândia. Com esses resultados pode-se concluir que no ano de verão mais quente e seco foi o que proporcionou a um maior acúmulo de açúcares nos frutos.

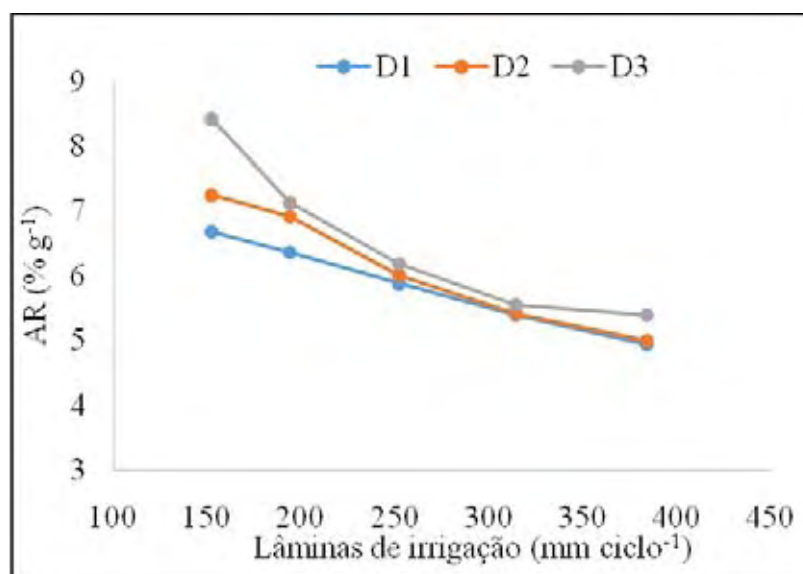


Figura 34. Comparação de médias do açúcar redutor em função de doses de K (D1-sem K; D2-300 kg há⁻¹ K; D3-900 kg há⁻¹ K) e lâminas de irrigação para cv. Oso Grande.

6. Eficiência no uso da água no morangueiro

As lâminas de irrigação apresentaram as seguintes eficiências no uso da água, 67,91% (151,53 mm), 76,24 % (194,25 mm), 80,80% (251,97 mm), 71,86 (314,09 mm) e 62,53% (388,95 mm) para cultura do morangueiro (Figura 35).

A eficiência no uso da água, determinada com base na lâmina de irrigação e a produção do morangueiro, observou-se que ocorreu uma maior eficiência em função do sistema de irrigação e a frequência de aplicação de água.

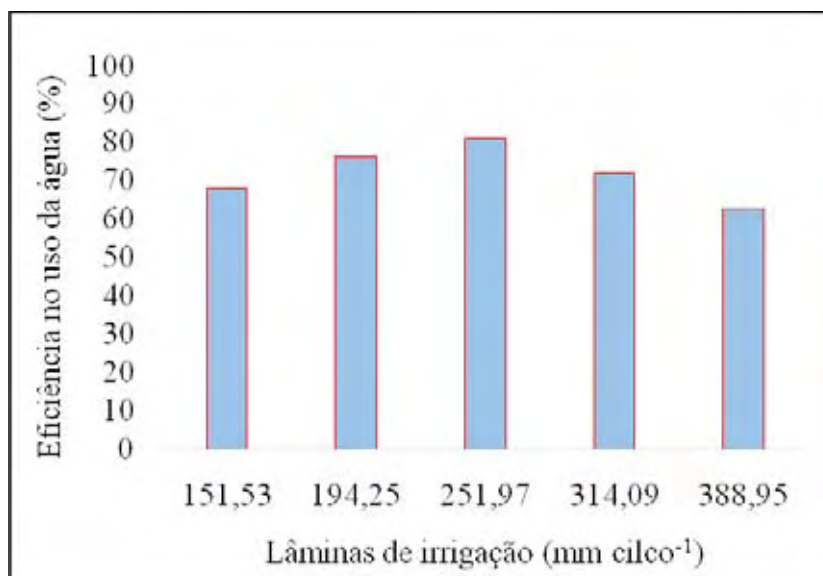


Figura 35. Eficiência no uso da água em diferentes lâminas de irrigação na cultura do morangueiro.

O valor da eficiência no uso da água nesse caso foi maior no tratamento de 75% da tensão de água do solo quando comparados com os demais tratamentos. Os valores deste trabalho estão dentro da faixa indicada por Doorembos e Kassam (1979) que é de 5 a 8 kg m⁻³ de água. Mishra et al. (1995) relatam que a distribuição de água pelo sistema de irrigação e da manutenção do teores de água do solo ao longo do ciclo de uma cultura promove aumento da produtividade.

7 CONCLUSÕES

A lâmina de irrigação máxima com a adubação convencional de 300 kg ha⁻¹ proporcionou a maior produtividade (24,32 t ha⁻¹).

A lâmina de irrigação que apresentou maior eficiência no uso da água foi a de 251,97 mm cilo⁻¹ com uma produtividade de 20,36 t ha⁻¹.

A lâmina de irrigação promoveu incremento na característica quantitativa dos frutos, proporcionando aumento na produção e no número de frutos por planta, massa do fruto, área foliar, comprimento e diâmetro dos frutos associado a adubação potássica convencional para o cultivar Oso Grande.

Altos valores de sais de potássio associados a grande volume de água implicou em alterações químicas na solução do solo, promovendo a redução do pH e aumento da condutividade elétrica de forma a prejudicar o desenvolvimento da cultura do morangueiro.

As características de qualidade do morango, os sólidos solúveis totais, açúcar redutor e o ácido ascórbico a lâmina mínima com a adubação de 900 kg ha⁻¹ de potássio foi a que apresentou os maiores valores. Entretanto, a dose mais elevada de potássio tendeu a aumento da acidez titulável e diminuir o pH.

As menores lâminas de irrigação aplicada no solo e de alta concentração de salinidade de potássio proporcionaram o aumento da atividade das enzimas superóxido dismutase e peroxidase como resposta de resistência aos tratamentos.

A água e o potássio são fatores limitantes para a cultura do morangueiro de forma a promover alterações morfológicas e fisiológicas no seu desempenho.

O estresse proporcionado por falta ou excesso de água associado à alta concentração de adubos promoveram alterações no metabolismo das plantas de morangueiro de forma negativa.

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABD EL-AZIZ, M.G. **Studies on fruiting fertilization of some strawberry cultivars grown under new reclaimed soils conditions**. Ph.D. Thesis Fac. Agric., Ain Shams Univ., Egypt, 2007.

AGROFIT. **Sistema de Agrotóxicos Fitossanitários**. Disponível em: <http://extranet.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons> Acesso em 27 jul. 2012.

AGUIRRE, J.; MOMBERG, M. R.; HEWITT, D.; HANSBERG, W. Reactive oxygen species and development in microbial eukaryotes. **Trends in Microbiology**, v.13, n. 3, 2005.

AGUIAR E SILVA, M. A.; DE AZEVEDO, L. P.; SAAD, J. C. C. **Manejo da irrigação com base na umidade do solo**. Botucatu: FEHIDRO, p.50 -73, 2005.

ALFENAS, A.C. **Eletroforese de isoenzimas e proteínas afins: fundamentos e aplicações em plantas e microrganismos**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 574p, 1998.

ALMEIDA, D. **Manual de Culturas Hortícolas**. V. 2. Editorial Presença, Lisboa, 2006.

ALMEIDA, M.E.M.; MARTIN, Z.J.; MAKIYAMA, P.A.A. Industrialização do morango. **Informe Agropecuário**, v.20, n.198, p.84-88, 1999.

ABU-ZAHRA, T.R.; AL-ISMAIL, K.; SHATAT, F. **Effect of organic and conventional systems on fruit quality of strawberry (Fragaria x ananassa Duch) grown under plastic house conditions in the Jordan Valley**. Acta Horticulturae, Leuven, n.741, p.159-171, abr. 2007.

AMARO, F.S. **Teores de licopeno e ácido ascórbico em morangos cv. Vila Nova produzidos em sistemas de cultivo orgânico e convencional**. 2005. 120p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia). Universidade federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, 2005.

- ANDRIOLO, J.L. et al. Concentração da solução nutritiva no crescimento da planta, na produção e na qualidade de frutas do morangueiro. **Ciência Rural**. v.39, n.3, p.684-690, 2009.
- ANDRIOLO, J.L.; JÄNISCH, D.I.; SCHMITT, O.J.; DAL PICIO, M.; CARDOSO, F.L.; ERPEN, L. Doses de potássio e cálcio no crescimento da planta, na produção e na qualidade de frutas do morangueiro em cultivo sem solo. **Ciência Rural**, v.40, n.2, p.267-272, 2010.
- ANTUNES, L. E. C.; REISSER JÚNIOR, C. Fragole, i produttori brasiliani mirano all'esportazione in Europa. **Frutticoltura**, Bologna, v. 69, n.1 p. 60-65, 2007.
- ANTUNES, L.E.C.; COCCO, C. Tecnologia para a produção de frutas e mudas do morangueiro. **Agropecuária Catarinense**. V.25, n.2, p. 61-65, 2012.
- ARAÚJO, J. L. **Propriedades termofísicas da polpa do cupuaçu**. 85f. Campina Grande, Universidade Federal da Paraíba, (Mestrado em Engenharia Agrícola), 2001.
- ARAÚJO, J. S. et al. Características de frutos de pimentão cultivado em ambiente protegido sob doses de nitrogênio via fertirrigação. **Revista brasileira de engenharia agrícola e ambiental**, Campina Grande, v. 13, n. 2, p. 152-157, 2009.
- AOAC-ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTRY. **Official methods of analysis of the association of official analytical chemistry international**. 18.ed. Gaithersburg, p.1015, 2005.
- AZEVEDO, S.M.C. **Estudo de taxas de respiração e de factores de qualidade na conservação de morango fresco (*Fragaria x ananassa* Duch.)**. Dissertação (Mestrado em Ciências do Consumo Alimentar). Universidade Aberta, Portugal, p.225, 2007.
- BARRS, H.D. Effect of cyclic variations in gas Exchange under Constant environmental conditions on the ratio of transpiration to net photosynthesis. **Physiology Plante**, v.21, p.918-922, 1968.
- BALDWIN, E. Fruit flavour, volatile metabolism and consumer perceptions. In: KNEE, M. (ed). **Fruit Quality and it's Biological Basis**. Sheffield, Reino Unido: Sheffield Academic Press, 2002.
- BERBARI, S. A. G. **Avaliação da qualidade de algumas variedades de morangos para processo de congelamento**. Dissertação (Mestrado em ciência e tecnologia de alimentos) Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Piracicaba, 1992.
- BERGMANN, W. **Nutritional disorders of plants**: development, visual and analytical diagnosis, 2ª ed. New York: Gustav Fischer Publishing House Jena, p741, 1992.
- BERGMEYER, H.U.; GAWEHN, K.; GRASSL, M. Enzymes as biochemical reagents. In: BERGMEYER, H.U. **Methods of enzymatic analysis**. New York: Academic Press, 2. ed. p.493-495, 1974.

- BLANCO, F. FOLEGATTI, M. V. Acúmulo e distribuição de sais no solo em um ambiente protegido em função da salinidade da água de irrigação e manejo da lixiviação. **Rev. bras. eng. agríc. ambient., Campina Grande**, vol.6, no.3, 2002 p.414-419 Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext & pid =S1415-4366200200030000 6&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 27 Abr 2013.
- BLEINROTH, E. W. Colheita, embalagem e conservação. In: Simpósio sobre a cultura do morangueiro, 1. Cabreúva-SP. **A Cultura do morangueiro**. Jaboticabal: UNESP, FCAV, cap. 1, p. 1-14, 1986.
- BLOOM, A.J; EPSTEIN, E. **Nutrição Mineral de Plantas** - Princípios e perspectivas. Ed: 2, 2006. Disponível em: Acesso: 26 de setembro de 2009.
- BOWLER, C.; VAN MONTAGU, M.; INZÉ, D. Superoxide-dismutase and stress tolerance. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, v.43, p.83-116, 1992.
- BRADFORD, M.M. A rapid and sensitive method for the microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye-binding. **Analytical Biochemistry**, v.72 p. 248-254, 1976.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de vigilância Sanitária. Métodos físico-químicos para análise de alimentos/ Ministério da Saúde. Brasília: Ministério da Saúde, p. 1018, 2005.
- BRESLER, E.; McNEAL, B.L.; CARTER, D.L. **Saline and sodic soils: principles dynamics-modeling**. Berlin: Springer-Verlag, 1982. 236p. (Advanced series in agricultural sciences, 10).
- BROETTO, F.; LUTTGE, U.; RATAJCZAK, R.; Influence of light intensity and salt treatment on mode of photosynthesis and enzymes of the antioxidative response system of mesembryanthemum crystallinum, **Functional Plant Biology**, Victoria, v.29, p. 13-23, 2002.
- BROETTO, F.; MARCHESE, J. A.; LEONARDO, M.; REGINA, M. FUNGAL. Elicitor-mediated changes in polyamine content, phenylalanine-ammonia lyase and peroxidase activities in bean cell culture. **General and Applied Plant Physiology**, 31(3-4): 235-246, 2005.
- CABELLO, F. P. **Riegos localizados de alta frecuencia (RLAF) goteo, microaspersión, exudación**. 3. ed. Madrid: Mundi-Prensa, p. 511, 1996.
- CAKMAK, I. The role of potassium in alleviating detrimental effects of biotic stresses in plants. **J. Plant Nutr. Soil Sci.**, 168, p. 521–530, junho – 2005.
- CAMARGO, L. K. P. **Produtividade, caracterização físico-química e análise sensorial de frutos de morangueiro obtidos em diferentes sistemas de cultivo**. Dissertação

(Mestrado em Produção Vegetal) - Universidade Estadual do Centro-Oeste, Guarapuava, p. 69, 2008.

CAMARGO, L.K.P.; RESENDE, J.T.V.; GALVÃO, A.G.; BAIER, J.E.; FARIA, M.V.; CAMARGO, C.K. Caracterização química de frutos de morangueiro cultivados em vasos sob sistemas de manejo orgânico e convencional. **Semina: Ciências Agrárias**, v.30, p.993-998, 2009.

CANTILLANO, R.F.F. Fisiologia e manejo na colheita e pós-colheita de morangos. In. CARVALHO, S.P de (Coord.). **Boletim do morango: cultivo convencional, segurança alimentar, cultivo orgânico**. Belo Horizonte: FAEMG, p.97-105, 2006.

CANTILLANO, R.F.F. Sistema de produção de morango. EMBRAPA. ISSN 1890-9207. Versão eletrônica. 2005.

CARDOSO, A.D.; ALVARENGA, M.A.R.; MELO, T.L.; VIANA, A.E.S. Produtividade e qualidade de tubérculos de batata em função de doses e parcelamentos de nitrogênio e potássio. **Ciência e Agrotecnologia**, v.31, n.6, p.1729-1736, 2007.

CARVALHO, S.P. **Boletim do morango: cultivo convencional, segurança alimentar, cultivo orgânico**. Belo Horizonte: FAEMG, p.160, 2006.

CASTRO, R.L.; CASALI, V.W.D.; BARRELLA, T.P.; SANTOS, R.H.S.; CRUZ, C.D. Produtividade de cultivares de morangueiro em sistema de cultivo orgânico. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.21, n.2, p. 227-230, junho - 2003.

CENTRO DE PESQUISAS METEOROLÓGICAS E CLIMÁTICAS APLICADAS À AGRICULTURA. Clima dos municípios paulistas: Botucatu, CEPAGRI, UNICAMP. 2012. Disponível em: <http://www.cpa.unicamp.br/outras-informacoes/clima_muni_086.html>. Acesso em: 10 mai. 2013.

CERMEÑO, Z. S. Estufas instalação e manejo. Lisboa: Litexa. P. 355, 1990.

CHITARRA, M.I.F.; CHITARRA, A.B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças: Fisiologia e Manuseio**. 2 ed. ver. e ampl. Lavras: UFLA, p. 785, 2005.

CHAGNON, M.; GINGRAS, J.; OLIVEIRA, D. Pollination rate of strawberries. **Journal of Economic Entomology**, College Park, v. 82, p. 1350-1353, 1989.

CHAGNON, M.; GINGRAS, J.; OLIVEIRA, D. Complementary aspects of strawberry pollination by honey and indigenous bees (Hymenoptera). **Journal of Economic Entomology**, College Park, v. 86, p. 416-420, 1993.

CLEMENTE, E.; PASTORE, G. M. Peroxidase and polyphenoloxidase, the importance for food technology. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, Campinas, v. 32, n. 2 p. 167- 171, 1998.

CRANE, E.; WALKER, P. Pollination directory for world crops. International Bee Research Association, London, 183p, 1984. DAROLT, M. R. **A evolução da agricultura**

orgânica no com texto brasileiro. Disponível em: [http:// www.planetaorganico.com.br](http://www.planetaorganico.com.br). Acesso em: 10 jun. 2013.

CONNOR, L. J. Studies of strawberry pollination of Michigan. In: The indispensable pollinators. Ark. Agric. Ext. Serv. Misc. Pub. P.127, 1970.

COCCO, C.; ANDRIOLO, J.L.; ERPEN, L.; CARDOSO, F.L.; CASAGRANDE, G.S. Development and fruit yield of strawberry plants as affected by crown diameter and plantlet growing period. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.45, n.7, p.730-736, 2010.

CONTI, J.H.; MINAMI, K.; TAVARES, F.C.A. Comparação de caracteres morfológicos e agronômicos com moleculares em morangueiros cultivados no Brasil. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.20, n.3, p.419-423, setembro - 2002.

CORDENUNSI, B. R.; GENOVESE, M. I; NASCIMENTO, J. R. O.; HASSIMOTTO, N. M. A.; SANTOS, R. J.; LAJOLO, F. M. Effect of temperature on the chemical composition and antioxidant activity on three strawberry cultivars. **Food chemistry**, v. 91, p. 113 - 121, 2005.

COSTA, C.R. **Teores de clorofila, produção e qualidade de frutos de morangueiro sob telas de sombreamento em ambiente protegido.** Dissertação (Mestrado em Agronomia / Produção vegetal) - Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, p. 126, 2009.

COSTA, E. L. et al. Irrigação da cebola. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 23, n. 218, p. 57-66, 2002.

COSTA, A. M. D. Impactos da irrigação na variabilidade espacial e temporal da salinidade de um solo aluvial no semi-árido potiguar. **Holos**, Ano 24, Vol. 2, 2008.

COSTA, G. G. **Produção e qualidade de frutos do morangueiro, sob diferentes tensões de água no solo.** 2011.76 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2011.

DHINDSA, R.S.; MATAWE, W. Drought tolerance in two mosses correlated with difference against lipid peroxidation. **Journal of Experimental Botany**, v.32, p.19-21, 1981.

DIAS, M. S. C.; RIBEIRO JÚNIOR, P. M.; SILVA, M. S.; SANTOS, L. O.; CANUTO, R. S.; CASTRO, M. V.; COSTA, S. M. Caracterização físico-químico de morangos cultivados na região Norte de Minas Gerais. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS NO SEMI-ÁRIDO MINEIRO, 1., 2007, Janaúba. **Anais**. Janaúba: Unimontes, 2007.

DIAS, M.S.C.; RIBEIRO JÚNIOR, P.M.; SILVA, M.S.; SANTOS, L.O.; CANUTO, R.S.; CASTRO, M.V.; COSTA, S.M. Caracterização físico-química de morangos cultivados na região norte de Minas Gerais. In: XVII Congresso Brasileiro de Fruticultura, Pelotas, 2006. **Anais...** Pelotas: UFPEL, 2006.

DIEREND, W. AND R. FABY. **Calcium and potassium nutrition of strawberries - Part II: Potassium and calcium fertilization trials**. *Erwerbsobstbau*. 45(2): 50-61. (c. f. CAB Abstracts 20033080371), 2003.

DOURADO NETO, D.; NIELSEN, D. R.; HOPANS, J. W.; PARLANGE, M. B. Programa SWRC (Version 3.0): **Soil-Water Retention Curve (Software)**. Piracicaba: ESALQ; Davis: University of Califórnia, 1995.

DOMINGUES, D.M. **Efeito da radiação gama e embalagem na conservação de morangos Toyonoka armazenados sob refrigeração**. Dissertação (Mestrado) Escola Superior de Agricultura Luís de Queiroz, Universidade de São Paulo. Piracicaba - SP, p. 60, 2000.

DONADELLI, A.; KANO, C.; JUNIOR, F. F; FERRARA, M. L.; FILHO, A. A. J. Rentabilidade da cultura do morango no solo e em sistema sem solo em função da estrutura de sustentação. **Pesquisa & Tecnologia**, vol. 8, n. 101, 2011.

DOOREMBOS, J.; KASSAM, A. H. Yield response to water. Rome, FAO – Food and Agriculture Organization, 1979, 193p. (Irrigation and Drainage Paper 33).

ÉAUX, B; TOLEDANO, M.B. Ros as signalling molecules: mechanisms that generate specificity in ROS homeostasis. **Nature Reviews Molecular Cell Biology**, v. 8, p. 813-824, 2007.

ECKSTEIN, O., A. BRUNO, J. N. TURRENTINE - Kennzeichen des Kalimangels, Verlagsgesellschaft für Ackerbau, Berlin, 1937.

EL-SAWY, S. M.; SALMAN, S. R.; EL-MONIEM, E.M. ABD; SAWAN, O. M.; ABOU-HADID, A. F. Influence Of Some Fertilizer Treatments On Productivity And Fruit Quality Of Strawberries. **Journal of Applied Sciences Research**, 483-490, 2012.

ELSTNER, E.F.; OSSWALD, W. Mechanisms of oxgen activation dur g plant stress. In: CRAWOFORD, R.M.M.; HENDRY, G.A.F.; GOODMAN, B.A. (Ed.). **Oxygen and enviromental stress in plants**. Edinburgh: Royal Society of Edinburgh. (Biological Sciences), p.131-154, 1994.

EMPRESA BRASILEIRA DE PEAQUISA AGROPECUÁRIA BRASILEIRA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília, DF: EMBRAPA Produção de Informação; Rio de Janeiro: EMBRAPA Solos, p. 412, 1999.

ERNANI, P.R.; ALMEIDA, J.A.; SANTOS, F.C. Potássio. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ, V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L. **Fertilidade do Solo**. Viçosa: SBCS/UFV, p.551-594, 2007.

FAO-Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação. 2011. Agricultural Production/strawberry. Disponível em: <<http://faostat.fao.org>>. Acesso em: 18 jun. 2013.

FARIAS, J. R. B. et al. Efeitos da cobertura plástica sobre a radiação solar. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Sete Lagoas, v. 1, n. 1, p. 31-36, 1994.

FERREIRA, D. F. Análise estatística por meio do SISVAR (Sistema para Análise de Variância) para Windows versão 4.0. In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 45. 2000, São Carlos. **Anais...** São Carlos: UFSCar, p. 255-258, 2000.

FERREIRA, P. A. **Manejo de água: planta em solos salinos**. Viçosa, MG: UFV, DEA, 1998. 93 p.

FIELD, L.S., FURUKAWA, Y., O'HALLORAN, T.V., e CULOTTA, V.C. Factors controlling the uptake of yeast copper/zinc superoxide dismutase into mitochondria, **J. Biol. Chem.**, 278(30), 28052-9, 2003.

FREIRE, M. B. G. S. et al. Condutividade hidráulica de solos de Pernambuco em resposta à condutividade elétrica e RAS da água de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 7, n. 1, p. 45-52, 2003.

FRIC, F. Oxidative enzymes. In: HEITFUSS, R.; WILLIAMS, P.H. (Ed.). **Physiological plant pathology**. New York: Springer-Verlag, p.617-631, 1976.

FRY, S.C. Cross-linking of matrix polymers in growing cell wall of angiosperms. **Annual Review of Plant Physiology**, v.37, p.165-186, 1986.

FUMIS, T. DE F.; SAMPAIO, A. C.; PALLAMIN, M. L.; OLIVEIRA, O. M. Avaliação Tecnológica de nove cultivares de morango de Bauru – SP. In: 43º Congresso Brasileiro de Olericultura, 2003, Recife – PE. *Revista Horticultura Brasileira*, v. 21. p. 321-321, 2003.

GIANNOPOLITIS, C.N. e RIES, S.K.; Superóxido dismutase. I. occurrence in higher plantas **Plant Physiology**, v.59, p. 309-314, 1977.

GOGORCENA, Y.; ITURB-ORMAETXE, I.; ESCUDERO, P.R.; BECANA, M. Antioxidant defenses against activated oxygen in pea nodules subjected to water stress. **Plant Physiology**, v.108, n.2, p.753-759, 1995.

GOLDBERG, R.; LÊ, T.; CATESSON, A.M. Localization and properties of cell wall enzyme activities related to the final stages of lignin biosynthesis. **Journal of Experimental Botany**, v.36, p.503-510, 1985.

GOMES, H.P. **Engenharia de irrigação**. UFPB, João Pessoa -PB, 344p, 1994.

GOMIDE, R. L. Automação de sistemas de irrigação em fruticultura irrigada. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 16., 2000, Fortaleza, CE. **Palestra...** Fortaleza: [s. n.], p. 156-181, 2000.

GREENWOOD, D.J.; STONE, D. Prediction and measurement of the decline in the critical-K, the maximum-K and total cation plant concentration during growth of field vegetables crops. **Annals of Botany**, v.82, p.871-881, 1998.

- HAISE, H. R.; HAGAN, R. M. Soil, plant, and evaporative measurements as criteria for scheduling irrigation. In: HAGAN, R. M.; HAISE, H. R.; EDMINSTER, T. W. (Ed.). **Irrigation of agricultural lands**. Madison: American Society of Agronomy, p. 577-604, 1967.
- HAFFNER, K. Postharvest quality and processing of strawberries. In: International Strawberry Symposium. **Proceedings...** Leuven, Belgium: ISHS Acta Horticulturae, v.567, 2002.
- HALLIWELL, B., e GUTTERIDGE, J.M.C. **Free Radicals in Biology and Medicine**, Quarta Edição, Nova Iorque, Oxford University Press Inc., 2007.
- HAKALA, M.; LAPVETELÄINEN, A.; HUOPALAHTI, R.; KALLIO, H.; TAHVONEN, R. Effects of varieties and cultivation conditions on the composition of strawberries. **Journal of Food Composition and Analysis**, v.16, p.67-80, 2003.
- HELDWEN, A. B. et al. Plastocrono e rendimento de feijão-de-vagem cultivado sob ambiente protegido e no ambiente externo em semeadura tardia no outono. **Ciencia Rural**, Santa Maria, v. 40, n. 4, p. 768-773, 2010.
- HERNANDEZ, F.B.T. “A gestão dos perímetros irrigados precisa ser repensada”. In: II Winotec - II Workshop Internacional de Inovações Tecnológicas na Irrigação e o I Simpósio Brasileiro sobre o Uso Múltiplo da Água. **Anais...** II Workshop Internacional de Inovações Tecnológicas na Irrigação, 2008.
- HOAGLAND, R. E. Biochemical responses of plants to pathogens. In: HOAGLAND, R.E. (Ed.). **Microbes and microbial products as herbicides**. Washington: Americal Chemical Society, p.87-113, 1990.
- HOLCROFT, D.M.; KADER, A.A. Controlled atmosphere-induced changes in pH and organic acid metabolism may affect color of stored strawberry fruit. **Postharvest Biology and Technology**, v.17, p.19-32, 1999.
- HOPKINS, J. S.. **A review of water management regimes which abate the environmental impacts of shrimp farming**. In: Browdy, C. L. and J.S. Hopkins (eds). Proceedings of the Special Session on Shrimp Farming. Aquaculture'95. World Aquaculture Society, p.157-166, 1995.
- HORNEY, R. D. et al. Development of practical site-specific management methods for reclaiming salt-affected soil. **Computers and Electronics in Agriculture**, Califórnia, v. 46, p. 379-397, 2005.
- HUNSCHKE, M.; BRACKMANN, A.; EMANI, P.R. Efeito da adubação potássica na qualidade pós-colheita de maçãs Fuji. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.38, p.489-496, 2003.
- IBGE- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo Agropecuário. Brasil, grandes regiões e unidades da federação: IBGE, 2006.

IÑARREA, P., MOINI, H., RETTORI, D., HAN, D., MARTÍNEZ, J., GARCÍA, I., FERNÁNDEZVIZARRA, E., ITURRALDE, M., E CADENAS, E. Redox activation of mitochondrial intermembrane space Cu,Zn-superoxide dismutase, **Biochem. J.**, 387 (Pt1), 203-9, 2005.

JALEEL, C.A.; MANIVANNA, P.; LAKSHMANAN, G.M.A.; SRIDHRAN, R.; PANNEERSELVAM, R. NaCl as a physiological modulator of proline metabolism and antioxidant potential in *Phyllanthus amarus*. *Comptes Rendus Biologies*. v.330, p. 806-813, 2007.

KADER, A.A. Quality and its maintenance in relation to postharvest physiology of strawberry. In LUBY, A. **The strawberry into the 21st century**. Portland, Oregon: Timber Press, p.145-152, 1991.

KADER, A.A. Fruits in the global market. In: KNEE, M. **Fruit quality and its biological Basis**. Sheffield, Reino Unido: Sheffield Academic Press, 2002.

KAYA, C.; KIRNAK, H.; HIGGS, D.; SALT, K. Supplementary calcium enhances plant growth and fruit yield in strawberry cultivars grown at high (NaCl) salinity. **Horticultural Science**, v.26, p.807-820, 2002.

KEUTGEN, J. A.; PAWELZIK, E. Impacts of NaCl stress on plant growth and mineral nutrient assimilation in two cultivars of strawberry. **Environmental and Experimental Botany**, v. 65. p.170–176, 2009.

KEUTGEN, J. A.; PAWELZIK, E. Quality and nutritional value of strawberry fruit under long term salt stress. *Food Chemistry*, v. 107, p.1413–1420, 2008.

KIKAS, A. & LUIK, A. 2002. **The influence of different mulches on strawberry yield and beneficial entomofauna**. *Acta Hort. (ISHS)* 567:701-704p. http://www.actahort.org/books/567/567_154.htm. Acessado em 12 jun de 2013.

KLUGE, R. A. et al. **Fisiologia e manejo pós-colheita de frutas de clima temperado**. Livraria e Editora Rural. 2 ed. Campinas, p. 214, 2002.

KOON, A. E. **Processamento e caracterização de néctar misto de frutas e hortaliças (beterraba, cenoura, carambola e morango)**. Dissertação (Mestrado em tecnologia de alimentos) UNICAMP, Campinas – SP, p. 107, 2000.

KRIVOROT, A.M.; DRIS, R. Shelf life and quality changes of strawberry cultivars. **Acta Horticulturae**, v.567, p.755-758, 2002.

KROLOW, A.C.; SCHWENGBER, J.; FERRI, N. Avaliações físicas e químicas de morangos cv. Aromas produzidos em sistema orgânico e convencional. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v.2, n.2, outubro - 2007.

LEE, D. H.; KIM, Y.S.; LEE, C. B. The inductive responses of the antioxidant enzymes by salt stress in the rice (*Oryza sativa* L.). *Journal of Plant Physiology*, v. 158, p. 737–745, 2001.

LEE, S. K.; KADER, A.A. Preharvest and postharvest factors influencing vitamin C content of horticultural crops. **Postharvest Biology and Technology**, v.20, n.3, p.207-220, 2000.

LEME, Jr., J. e E.MALAVOLTA, E. Determinação fotométrica do ácido ascórbico. **Anais da ESALQ**, Piracicaba- SP. V.17, p.11-129, 1950.

LESKINEN, M.; VAISANEN, H.M.; VESTERGAARD, J. Chemical and sensory quality of strawberry cultivars used in organic cultivation. **Acta Horticulturae**, 567: 523-526, 2002.

LIANG, Y; CHEN, Q; LIU, Q; ZHANG, W; DING, R. **Exogenous silicon (Si) increases antioxidant enzyme activity and reduces lipid peroxidation in roots of salt-stressed barley (*Hordeum vulgare* L.)** J. Plant Physiol. 160. p.1157–1164, 2003.

LIETEN, F.; MISOTTEN, C. Nutrient uptake of strawberry plants (cv. Elsanta) grown in substrate. **Acta Horticulturae**, v.348, p.299-306, 1993.

LIMA, G.P.P.; ROSSI, C.; HAKVOORT, D.M.R. Atividade de peroxidases (E.C. 1.11.1.7) e teor de prolina no embrião e cotilédones de feijoeiro *Phaseolus vulgaris* L. cultivado em condições de salinidade. **Scientia Agricola**. v. 54 n. 3, 1997.

LIMA, S.S. **Crescimento, Composição Mineral e Sintomas Visuais de Deficiências de Macronutrientes em Plantas de *Zingiber Spectabilis* Griff.** Tese de Mestrado. Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém - PA, p. 84, 2009.

LINHARES, S; GEWANDSZNAJDER, F. *Biologia*. 1ª ed. São Paulo. Editora Àtica, v. único, 2008.

LORENA, D.R. *Uso de Produtos Alternativos e Fungicidas na Cultura do Morangueiro, sob Condições de Campo, em Brazlândia-DF.* Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária – FAV/UnB, p. 25, 2012.

MALAVOLTA, E.; USHERWOOD, N.R. **Adubos e adubação potássica.** Boletim Técnico 3. 4.ed. EUA-Suíça: Instituto da Potassa e Fosfato, 1982.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. *Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações.* 2.ed. Piracicaba: POTAFÓS, 1997. 319p.

MALGARIM, M.B.; CANTILLANO, R.F.F.; COUTINHO, E.F. Sistemas e condições de colheita e armazenamento na qualidade de morangos cv. Camarosa. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.28, p.185-189, 2006.

MARCHESE, J. A. **Conteúdo de artemisinina e produção de biomassa em plantas de *Artemisinina annua* L. pulverizadas com os ativadores da defesa química Acibenzolar-S-metil e proteína harpina.** Relatório CNPq (Doutorado SWE) - University of Mississippi, Mississippi, p.24, 2006.

MARCHESE, J.A.; MATTANA, R.S.; MING, L.C.; BROETTO, F.; VENDRAMINI, P.F.; MORAES, R.M. Irradiance stress responses of gas Exchange and antioxidante enzyme contents in pariparoba *Pothomorphe umbellata* (L.) Miquel plants. **Photosynthetica**, v.46, n.4, p. 501-505, 2008.

MARODIN, J.C.; RESENDE, J.T.V.; MORALES, R.G.F.; CAMARGO, C.K.; CAMARGO, L.K.P.; PAVINATO, P.S. Qualidade físico-química de frutos de morangueiro em função da adubação potássica. **Scientia Agraria Paranaensis**, v.9, n.3, p.50-57, 2010.

MARROCOS, S. T. P. et al. Análise comparativa de métodos de estimativa de área foliar em beterraba. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 5, n. 5, p. 140-146, 2010.

MARTINS, S. R.; GONZALEZ, J. F. Evapotranspiração e respostas fisiológicas do feijão-vagem em substrato em estufa com sistema de ventilação/calefação. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Sete Lagoas, v. 3, p. 31-37, 1995.

MARY, W. et al. Avaliação de estrutura de bambu como elemento construtivo para casa de vegetação. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 27, n. 1, p. 100-109, 2007.

MANGNABOSCO, M. C et al. Avaliação das características químicas de seis cultivares de morangueiro na região sudoeste do Paraná. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 26, p. 5456-5461, 2008.

MCARTHUR, D.A.J.; KNOWLES, N.R. Influence of vesicular arbuscular mycorrhizal fungi in responses of potato to phosphorus deficiency. **Plant Physiology**, v.101, n.1, p.147-160, 1993.

MEDEIROS, J. F.; GHEYI, H. R. **A qualidade da água de irrigação**. Mossoró: ESAM, 60 p, 1994.

MEURER, E. J. Potássio. In: FERNANDES, M. S. (editor). **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa: SBCS/UFV, p.281-298, 2006.

MITTLER, R. Oxidative stress antioxidants and stress tolerance. **Trends in Plant Science**, v.7, p.405-410, 2002.

MITTOVA, V.; TAL, M.; VOLOKITA, M.; GUY, M. Salt stress induces up-regulation of an efficient chloroplast antioxidant system in the salt-tolerant wild tomato species *Lycopersicon pennellii* but not in the cultivated species. *Physiologia Plantarum*, v. 115, p. 393-400, 2002.

MISHRA, H.S.; RATHORE, T.R.; TOMAR, V.S. Water use efficiency of irrigated wheat in the Tarai Region of India. **Irrigation Science**, New York, v.16, p.75-80, 1995.

MONTEIRO, J.E.B.A.; SENTELHAS, P.C.; CHIAVEGATO, E.J.; GUISELINI, C.; SANTIAGO, A.V.; PRELA, A. Estimação da área foliar do algodoeiro por meio de dimensões e massa seca das folhas. *Bragantia*, v.64, n.1, p.15-24, 2005.

NASCIMENTO, M. N. et al. Alterações bioquímicas de plantas e morfológicas de gemas de cafeeiro associadas a eventos do florescimento em resposta a elementos meteorológicos. **Ciencia Rural**, Santa Maria, v. 38, n. 5, p. 2008.

NELSON, N. A. **A photometric adaptation of Somogy method for the determination of Glucose**. Journal Biological Chemistry, Bethesda, v. 153, p. 375-380, 1944.

OLIVEIRA, M.N.S.; LOPES, P.S.N.; MERCADANTE, M.O.; OLIVEIRA, G.L.; GUSMÃO, E. Medição da área foliar do pequizeiro utilizando a soma da nervura principal dos folíolos. Unimontes Científica, v.3, n.3, 2002.

OLÍAS, J.M.; SANZ, C.; PÉREZ, A.G. **Postcosecha de la fresa de Huelva**: princípios básicos y tecnología. Sevilla, Espanha: Instituto de la Grasa CSIC, 1998.

OSAWA, T. **Estudos sobre a tolerância ao sal de hortaliças, com referência especial à nutrição mineral**. Touro Univ. Prefeitura de Osaka, Série B, Osaka, Jap, v.16. p.13-57, 1965.

OTTO, R. F. et al. Cultivares de morango de dia neutro: produção em função de doses de nitrogênio durante o verão. Horticultura Brasileira, Brasília, v. 27, n. 2, p. 217-221, 2009.

OVERMYER, K.; BROSCHE, M.; KANGASJA, J. Reactive oxygen species and hormonal control of cell death. **Trends in Plant Science**, v.8, n. 7, 2003.

PACHECO, D.D.; DIAS, M.S.C.; ANTUNES, P.D.; RIBEIRO, D.P.; SILVA, J.J.C.; PINHO, D.B. Nutrição mineral e adubação do morangueiro. **Informe Agropecuário**, v.28, n.3, p.40-49, 2007.

PÁDUA, J. G. et al. Características físico-química de frutos de cultivares de morangueiro. In: SIMPÓSIO NACIONAL DO MORANGO, 3., 2006, Pelotas; ENCONTRO SOBRE PEQUENAS FRUTAS E FRUTAS NATIVAS DO MERCOSUL, 2., 2006, Pelotas. **Anais...** Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2006. 1 CD ROM.

PALHA, M.; MEXIA, A.; NUNES, A.; CECÍLIO, A.; MATEUS, C.; ANDRADE, C.; FIGUEIREDO, E.; VALÉRIO, E.; SALVADO, E.; SEQUEIRA, J.; REIS, L.; SOUSA, M.; LOPES, M.; FERREIRA, M.; ALBANO, S. & Curado, T. **Manual do Morangueiro**. Edição PO AGRO DE&D n.º 193: Tecnologias de produção integrada no morangueiro visando a expansão da cultura e a reconquista do mercado. Lisboa, (2005).

PARANJPE A. et al. Winter strawberry production in greenhouses using soilless substrates: an alternative to methyl bromide soil fumigation. **Proceedings of the Florida State for Horticultural Science**, v.116, p.98-105, 2003.

PASSOS, F.A. Desenvolvimento de cultivares de morangueiro. In: SIMPÓSIO SOBRE A CULTURA DO MORANGUEIRO, 1., Campinas, 1986. **Anais...** Campinas: CATI, p. 1-14, 1991.

PEIXOTO, P.H.P.; CAMBRAIA, J.; SANT'ANNA, R.; MOSQUIM, P.R.; MOREIRA, M.A. Aluminum effects on lipid peroxidation and on the activities of enzymes of oxidative

metabolism in sorghum. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Brasília, v. 11, n. 3, p. 137-143, 1999.

PEREIRA, L.S. **Necessidades de Água e Métodos de Rega**. Publ. Europa-América, Lisboa, p.313, 2004.

PEREIRA, W. R. Produtividade e qualidade de frutos de cultivares de morangueiro, em diferentes épocas de plantio. Tese (Doutorado em Produção Vegetal)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, p.46, 2009.

PETROVIC, N., COMI, A., e ETTINGER, M.J. Identification of an Apo-Superoxide Dismutase (Cu,Zn) Pool in Human Lymphoblasts, **J. Biol. Chem.**, 271(45), 28331-34, 1996.

PIAMONTE, P. R. **Rendimento, qualidade e conservação pós-colheita de cenoura (*Daucus carota* L.) sob adubação mineral, orgânica e biodinâmica**. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Horticultura)-Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, p.110, 1996.

PINTO, M.S.; LAJOLO, F.M.; GENOVESE, M.I. Bioactive compounds and quantification of total ellagic acid in strawberries (*Fragaria X ananassa* Duch.). **Food Chemistry**, v.107, n.4, p.1629-1635, 2008.

PIRES, M. C. R; FOLEGATTI, V. M; PASSOS, A. F; SAKAI, E; SILVA, A. J. T; ARRUDA, B. F. Produção do morangueiro em diferentes níveis de água coberturas do solo e ambientes de cultivo. **Irriga, Botucatu**, v. 12, n. 3, p. 338-353, 2007.

PIRES, R. C. M. **Desenvolvimento e produtividade do morangueiro sob diferentes níveis de água e coberturas do solo**. Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, p.116, 1998.

POTAFOS. **Potássio: necessidade e uso na agricultura moderna**. Piracicaba: POTAFOS, p. 45, 1990.

PRASAD, M.N.V.; RENGEL, Z. Plant acclimation and adaptation to natural and anthropogenic stress. **Annual New York Academy of Science**, v.851, p.216-223, 1998.

PRETTY, K.M. O potássio na qualidade dos produtos agrícolas. In: YAMADA, T. (Ed.). **Potássio na agricultura brasileira**. Piracicaba: Instituto da Potassa & Fosfato, p.177-194, 1982.

RAHMAN, S. M. L.; MACKAY, W. A.; QUEBEDEAUX, B.; NAWATA, E.; SAKURATANI, T.; UDDIN, A. S. M. M. Superoxide dismutase activity, leaf water potential, relative water content, growth and yield of a drought-tolerant and a drought-sensitive tomato (*Lycopersicon esculentum* mill.) cultivars. **Subtropical Plant Science**, v. 54, p. 16-22, 2002.

RAIJ, B.V.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2.ed. Campinas: Instituto Agrônomo e Fundação IAC, p.285, 1996.

RAIJ, B.van.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. (Eds). 2. Ed.rev. Campinas: IAC - (Boletim Técnico, 100), p.182, 1997.

REICHARDT, K.; TIMM, L. C. **Solo, planta e atmosfera: conceitos, processos e aplicações**. Barueri: Manole, p.478, 2004.

RESENDE, M. L. V.; SALGADO, S. M. L.; CHAVES, Z. M. Espécies ativas de oxigênio na resposta de defesa de plantas a patógenos. **Fitopatologia Brasileira**, v.28, n.2, p. 123-130, 2003.

RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVAREZ, V.V.H. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**. 5. aproximação. Viçosa, MG: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, p.359, 1999.

RIBEIRO, M. R.; FREIRE, F. J.; MONTENEGRO, A. A. A. Solos halomórficos no Brasil: ocorrência, gênese, classificação, uso e manejo sustentável. In: SBCS (Org.). **Tópicos em ciência do solo**. Viçosa: SBCS, 2003. v. 3, 430 p.

RICE-EVANS, C.A.; DIPLOCK, A.T.; SYMONS, M.C.R. **Techniques in free radical research**. Amsterdam: Elsevier Science Publishers BV, v.22, p.291, 1991.

ROCHA, D.A.; ABREU, C.M.P.; CORRÊA, A.D.; SANTOS, C.D. dos; FONSECA, E.W.N da. Análise comparativa de nutrientes funcionais em morangos de diferentes cultivares da região de Lavras/MG. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal, v.30, n.4, p. 1124-1128, dezembro - 2008.

RODRIGUES, R. C. **Métodos de análises bromatológicas de alimentos: métodos físicos, químicos e bromatológicos**. Embrapa Clima Temperado, Pelotas. Documento, 306. p.177, 2010.

ROMANINI, C. E. B. et al. Desenvolvimento e simulação de um sistema avançado de controle ambiental em cultivo protegido. **Revista Bbrasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 14, n. 11, p. 1193-1201, 2010.

RHOADES, J. D.; KANDIAH, A. M.; MARSHALI, A. M. **Uso de águas salinas para produção agrícola**. Campina Grande: UFPB, 2000. 117 p.

RUIZ-LOZANO, J.M.; AZCÓN, R.; PALMA, J.M. Superoxide dismutase activity in arbuscular mycorrhizal *Lactuca sativa* plants subjected to drought stress. **New Phytologist**, v.134, n.2, p.327-333, 1996.

SAAD, A.M. & LIBARDI, P.L. Uso prático do tensiômetros pelo agricultor irrigante. Publicação IPT, São Paulo, nº 2002, p.27, 1992.

SANTOS, A. M. Melhoramento genético do morangueiro. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 20, n. 198, p. 24-29, 1999.

SANTOS, A. M.; MEDEIROS, A. R. M.; WREGE, M. S. **Sistema de produção do morango: irrigação e fertirrigação**. Embrapa Clima Temperado, ISSN 1806-9207 Versão Eletrônica, novembro 2005. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/>>. Acesso em: 13 jun. 2013.

SANTOS, H.S. **Desempenho agrônômico e marcha de absorção de Nutrientes em plantas de pimentão (*capsicum annum L.*) Enxertadas em porta-enxertos resistentes a Patógenos de solo**. Tese (Doutorado em Agronomia /Horticultura) - à Faculdade de Ciências Agrônômicas da UNESP, Botucatu, p.109, 2005.

SAROOSHI, R.A.; CRESSWELL, G.C. Effects of hydroponic solution composition, electrical conductivity and plant spacing on yield and quality of strawberries. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, v.34, p.529-535, 1994.

SBALCHEIRO, C. C.; DENARDIN, N. D.; BRAMMER, S. P. Alterações de isoenzimas peroxidases em plantas de feijoeiro tratadas com biocontrolador do cretamento bacteriano comum. **Tropical Plant Pathology**, v. 34, n.1, p.29-37, 2009.

SCALLOPI, E. D.; BRITO, R. A. L. Qualidade da água e do solo para irrigação. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 139, p. 80-94, 1986.

SCANDALIOS, J. G. Oxidative stress: molecular perception and transduction of signals triggering antioxidant gene defenses. **Brazilian Journal of Medical and Biological Research** v. 38, p. 995-1014, 2005.

SCANDALIOS, J.G. Oxigen stress and superoxide dismutases. **Plant Physiology**, v.101, n.1, p.7-12, 1993.

SCANDALIOS, J.G. Response of plant antioxidant defense genes to enviromental stress. **Advances in Genetics**, v.28, p.1-41, 1990.

SCHWARZ, K. **Adubação potássica na produtividade e qualidade do morangueiro cv. Camarosa**. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual do Centro-Oeste, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração em Produção Vegetal - Guarapuava, 2012.

SECKIN, B; TURKAN, I; SEKMEN, A.H; OZfidan, C. The role of antioxidant defense systems at differential salt tolerance of *Hordeum marinum* Huds. (sea barleygrass) and *Hordeum vulgare* L. (cultivated barley) **Environmental and Experimental Botany**, v. 69, p. 76-85, 2010.

SEHMER, L.; DIZENGREMEL, P. Contribution to subcellular localization of superoxide dismutase isoforms of spruce needles and oak leaves. **Journal of Plant Physiology**, v.153, p.545-551, 1998.

SGANZERLA, E. **Nova agricultura**: a fascinante arte de cultivar com os plásticos. 6. ed. Guaíba: Agropecuária, p.342, 1997.

SILVA, E. F. F. **Manejo da fertirrigação e controle da salinidade na cultura do pimentão utilizando extratores de solução do solo**. Tese (Doutorado em Agronomia/Irrigação e Drenagem) -Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo. Piracicaba – SP, p.136, 2002.

SILVA, L. C.; BELTRÃO, N. E. M.; AMORIN NETO, M. S. Análise do Crescimento de Comunidades Vegetais. Campo Grande: (Embrapa Algodão. Documentos, 34).P.18, 2000.

SMAJSTRLA, A. G.; PITTS, D. J. **Tensiometer service, testing and calibration**. Florida: University of Florida, (Bulletin, 319), p.5, 1997.

SMIRNOFF, N.; CONKLIN, P.L.; LOEWUS, F.A. Biosynthesis of ascorbic acid in plants: A renaissance. **Annual Review of Plant Physiology**, v.52, p.437-467, 2001.

SONSTEBY, A., A. NEST AND F. MAGA. Effect of bark mulch and NPK fertilizer on yield, leaf nutrient status and soil mineral nitrogen during three years of strawberry production. **Acta Agriculturae Scandinavica Section B: Soil and Plant Science**, 54(3): 128-134. (c.f. CAB Abstracts 20043143772), 2004.

SOUZA, D. M. G. S.; MIRANDA, L. N.; OLIVEIRA, S. A. V. A acidez do solo e sua correção. In: NOVAIS, R. F. et al. (Org.). **Fertilidade do solo**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, p. 205-274, 2007.

STRABBIOLI, G. A study on strawberry water requirements. **Acta Horticulturae**, Leuven, n. 228, p. 179-186, 1988.

TAGLIAVINI, M. et al. Dynamics of nutrients uptake by strawberry plants (*Fragaria x ananassa* Dutch.) grown in soil and soilless culture. *European Journal of Agronomy*, v.23, n.1, p.15-25, 2005.

TAIZ, L; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3.ed. Porto Alegre: Artmed, p.719, 2004.

TRANI, P. E.; TIVELLI, S. W.; CARRIJO, O. A. **Fertirrigação em hortaliças**. 2.^a ed. rev. atual. Campinas: Instituto Agrônomo, 2011. 51p. (Série Tecnologia APTA. Boletim Técnico IAC, 196).

TEIXEIRA, R. P. **Efeito de tensões de água no solo em cultivo de morangueiro submetido a poda**. Dissertação (mestrado). Universidade Federal de Lavras – UFLA, p. 70, 2011.

VALENTINE, J.S., DOUCETTE, P.A., e ZITTIN POTTER, S. Copper-zinc superoxide dismutase and amyotrophic lateral sclerosis, **Annu. Rev. Biochem.**, 74, 563-93, 2005.

VAN GENUTCHEN, M. T. H. A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of insaturated. **Soil Science Society American Journal**, Madison, v. 41, p. 892 – 898, 1980.

VIDA, João Batista et al. Manejo de doenças de plantas em cultivo protegido. **Fitopatol. bras.**, Brasília, v. 29, n. 4, 2004. Disponível em: <[http://www.scielo.br / scielo.php?script= sci_ arttext&pid=S010041582004000400001&lng=pt&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S010041582004000400001&lng=pt&nrm=iso)>. Acesso em: 21-Abril - 2013.

VIGNOLO, G. K.; ARAUJO, V. F.; KUNDE, R. J.; SILVEIRA, C. A. P.; ANTUNES, L. E. C. Produção de morangos a partir de fertilizantes alternativos em pré-plantio. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.41, n.10, p.1755-1761, 2011.

VIRMOND, M.F.R.; RESENDE, J.T.V. **Produtividade e teor de sólidos solúveis totais em frutos de morango sob diferentes ambientes de cultivo**. Revista Eletrônica Lato Sensus –Ciências Agrárias, ano 2, nº 1, jul. 2007.

VITÓRIA, A.P.; LEA, P.J.; AZEVEDO, R.A. Antioxidant enzymes responses to cadmium in radish tissues. **Phytochemistry**, v.57, p.701-710, 2001.

YURI, E. J; RESENDE, M. G; DUARTE COSTA, D. N; MOTA, H. J. Uso de mulching como cobertura de solo para o cultivo do morangueiro. **Hortic. bras.**, v.29, n. 2 (Suplemento - CD ROM), 2011.

ZHANG, J. et al. Metabolic profiling of strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.) during fruit development and maturation. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 62, n. 3, p. 1103–1118, 2011.