

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JULIO DE MESQUITA FILHO”  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS  
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**SUBSTRATO E IRRIGAÇÃO EM ORA-PRO-NÓBIS  
(*Pereskia aculeata* Mill.)**

**Reginaldo Rodrigues de Andrade  
Químico**

**2012**

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JULIO DE MESQUITA FILHO”  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS  
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**SUBSTRATO E IRRIGAÇÃO EM ORA-PRO-NÓBIS  
(*Pereskia aculeata* Mill.)**

**Reginaldo Rodrigues de Andrade**

Orientador: Prof. Dr. João Antônio Galbiatti

Coorientador: Prof. Dr. Luiz Carlos Pavani

**Tese apresentada à Faculdade de Ciências  
Agrárias e Veterinárias – Unesp, Câmpus de  
Jaboticabal, como parte das exigências  
para a obtenção do título de Doutor em  
Agronomia (Ciência do Solo)**

**07 de dezembro de 2012**

A553s Andrade, Reginaldo Rodrigues de  
Substrato e irrigação em ora-pro-nóbis (*Pereskia  
aculeata* Mill.). / Reginaldo Rodrigues de Andrade. --  
Jaboticabal, 2012  
viii, 90 f. ; 28 cm

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista,  
Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2012  
Orientador: João Antônio Galbiatti  
Coorientador: Luiz Carlos Pavani  
Banca examinadora: Sueli Ciabotti, Luciana Santos  
Rodrigues Costa Pinto, José Carlos Barbosa, José Renato  
Zanini  
Bibliografia

1.Cálcio. 2. Composto orgânico . 3. Evapotranspiração.  
4.Ferro 5.Hortaliça não convencional. 6.Proteína I. Título. II.  
Jaboticabal-Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias.

CDU 631.87:635.1/.8



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

CAMPUS DE JABOTICABAL

FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS DE JABOTICABAL

**CERTIFICADO DE APROVAÇÃO**

**TÍTULO:** SUBSTRATO E IRRIGAÇÃO EM ORA-PRO-NÓBIS (*Pereskia aculeata* Mill.)

**AUTOR:** REGINALDO RODRIGUES DE ANDRADE


**ORIENTADOR:** Prof. Dr. JOAO ANTONIO GALBIATTI

**CO-ORIENTADOR:** Prof. Dr. LUIZ CARLOS PAVANI


Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de DOUTOR EM AGRONOMIA (CIÊNCIA DO SOLO) , pela Comissão Examinadora:

  
Prof. Dr. JOAO ANTONIO GALBIATTI

Departamento de Engenharia Rural / Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal

  
Profa. Dra. SUELI CIABOTTI

Instituto Federal do Triângulo Mineiro / Uberaba/MG

  
Profa. Dra. LUCIANA SANTOS RODRIGUES COSTA PINTO

Instituto Federal do Triângulo Mineiro / Uberlândia/MG

  
Prof. Dr. JOSE CARLOS BARBOSA

Departamento de Ciências Exatas / Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal

  
Prof. Dr. JOSE RENATO ZANINI

Departamento de Engenharia Rural / Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal

Data da realização: 07 de dezembro de 2012.

## **DADOS CURRICULARES DO AUTOR**

**Reginaldo Rodrigues de Andrade** nasceu em Cascalho Rico, MG, Brasil, em 07 de março de 1962. Concluiu o curso de Licenciatura em Química na Faculdade de Filosofia Ciências e Letras de Guaxupé (FAFIG) - MG / UFJF (1987) e o curso de Licenciatura em Matemática na União das Faculdades Francanas (UNIFRAN) – SP / UFSCAR (1989). Concluiu em 1996, na Universidade Federal de Lavras (UFLA) - MG, o curso de Especialização em Solos e Meio Ambiente. Em 2005, concluiu o curso de Mestrado em Ciências (Educação Agrícola) na Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ) - RJ, cuja dissertação foi intitulada “Demanda e perfil profissional de técnicos de nível médio para o setor sucroalcooleiro”. Atuou como Professor de Ensino Médio na rede estadual de Minas Gerais, em Araguari, de 1982 a 1986, e na Escola Agrotécnica Federal de Urutaí – GO (atual Instituto Federal Goiano – Câmpus Urutaí) de 1987 a 1989. Desde 1990 atua como professor na Escola Agrotécnica Federal de Uberlândia – MG, denominada a partir de 2008 de Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro (IFTM) – Câmpus Uberlândia.

“Deixe o alimento ser teu remédio e o  
remédio ser teu alimento”.

Hipócrates, 500 A.C.

"Aprender

é a única coisa de que a mente nunca se cansa,  
nunca tem medo e nunca se arrepende."

Leonardo da Vinci, 1500 D.C.

“Não há nada como regressar a um lugar  
que está igual, para descobrir  
o quanto a gente mudou”.

Nelson Mandela – 1990.

## **DEDICATÓRIA**

**Dedico mais essa vitória**

**a Deus**

pela minha vida

**aos meus pais**

João Rodrigues Sobrinho(†) e Delita Silva Rodrigues

por toda a dedicação e cuidados

**aos meus filhos**

Pablo Cardoso de Andrade e Regis Cardoso de Andrade

pelo incentivo e pela alegria que sempre me proporcionam

ao meu irmão Romildo, demais familiares e amigos pelo incentivo

## **AGRADECIMENTOS**

À Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”- UNESP – Câmpus de Jaboticabal representada pelo Departamento de Engenharia Rural, ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro - IFTM e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES pelo apoio e realização do DINTER

Ao Professor e orientador Dr. João Antônio Galbiatti, pela oportunidade, orientações e apoio

Ao Professor e coorientador Dr. Luiz Carlos Pavani, pela dedicação, profissionalismo, ensinamentos e amizade

À Professora e amiga Carla Regina Amorim dos Anjos Queiroz e seu esposo Carlos Magno pelo apoio e incentivo

À Professora Zilda Corrêa de Lacerda pelo incentivo e companheirismo

Aos Professores Dr. José Carlos Barbosa e Dr. Manoel Evaristo Ferreira pelo exemplo de profissionalismo e dedicação

Aos professores doutores membros da banca de qualificação Carlos Eduardo A. Furlani, Teresa Cristina T. Pissarra, José Eduardo P. Turco e José Renato Zanini pelas orientações

Aos professores membros da banca da defesa da tese, pelas correções e contribuições

Aos colegas de Uberaba, participantes do Dinter, pelo companheirismo

Aos colegas do IFTM – Câmpus Uberlândia, Professora Dra Cláudia, Hélio, Nágila e Talita pelo apoio nas atividades realizadas nos laboratórios de físico-química e de microbiologia

À professora Dra. Sueli Ciabotti e à Gláucia de Freitas, pela administração do Dinter

Aos colegas Alessandra Gomes Pena, Ana Paula Silva, Marcelinho e Wedson, pelo apoio

À todos que direta ou indiretamente contribuíram para que eu pudesse concluir esse curso.



## SUMÁRIO

	Página
RESUMO.....	iii
SUMMARY.....	iv
LISTA DE TABELAS.....	v
LISTA DE FIGURAS.....	vii
1 INTRODUÇÃO.....	1
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	4
2.1 <i>Pereskia aculeata</i> Mill. ( <i>P. aculeata</i> ).....	4
2.2 Aproveitamento dos Resíduos Orgânicos na Agricultura.....	6
2.2.1 Compostagem.....	8
2.2.2. Ação do composto orgânico no solo.....	10
2.3 Substrato.....	13
2.4 Composição relativa dos nutrientes nas plantas.....	13
2.4.1 Minerais.....	14
2.4.1.1 O cálcio: absorção, transporte, redistribuição e funções na planta.....	15
2.4.1.2 O ferro (Fe): absorção, transporte, redistribuição e funções na planta.....	17
2.5 Importância dos minerais na alimentação humana.....	18
2.6 Proteína.....	21
2.7 Crescimento de plantas.....	22
2.8 Irrigação.....	23
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	26
3.1 Caracterização da área experimental.....	26
3.2 Delineamento experimental e tratamentos .....	26
3.2.1 Preparação do substrato.....	27
3.2.2 Preparação e plantio das estacas.....	30
3.2.3 Irrigação.....	33
3.3 Massas secas das partes e da planta toda.....	39
3.4 Teor e acúmulo de proteína nas folhas.....	40

3.5	Teor e acúmulo de cálcio (Ca) e de ferro (Ca) nas folhas.....	40
3.6	Análise dos resultados.....	41
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	42
4.1	Acúmulo de massa seca.....	42
4.2	Teor e acúmulo de proteína, Ca e Fe nas folhas.....	55
4.2.1	Teor e acúmulo de proteína nas folhas.....	55
4.2.2	Teor e acúmulo de Ca nas folhas.....	62
4.2.3	Teor e acúmulo de Fe nas folhas.....	67
4.3	Considerações Gerais.....	73
5	CONCLUSÕES.....	75
6	REFERÊNCIAS.....	77
	APÊNDICES.....	87 a 90

## SUBSTRATO E IRRIGAÇÃO EM ORA-PRO-NÓBIS (*Pereskia aculeata* Mill.)

**RESUMO** – Resíduos orgânicos domiciliares ou industriais, são facilmente disponibilizados e podem, após compostagem, ser utilizados na composição de substratos alternativos de baixo custo e com grandes benefícios para a planta e para o ambiente. Hortaliças não convencionais, conhecidas popularmente por suas qualidades nutricionais, como a ora-pro-nóbis (*Pereskia aculeata* Mill.), começam a ser cultivadas no Brasil, de forma sistematizada, mas sem conhecimento comprovado das respostas de técnicas de cultivo, como as da irrigação e da utilização de composto orgânico. Por isso, procedeu-se ao cultivo de plantas de *P. aculeata* em vasos dentro de ambiente protegido, utilizando-se o método de estaquia caulinar. As variáveis de produção foram doses de composto orgânico no substrato (CO), oriundo da compostagem de resíduos orgânicos de origem industrial e agropecuária, do município de Uberlândia – MG, equivalentes a 0%, 15%, 30%, 45% e 60% do volume total do substrato e lâminas de irrigação (Li) correspondentes a 50%, 75% e 100% da evapotranspiração de referência ( $E_{t_0}$ ), estimada por meio da equação de Penman-Monteith (FAO-56), com a utilização dos dados meteorológicos obtidos na estação automatizada da Universidade Federal de Uberlândia. O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado (DIC) com 4 repetições. A irrigação foi realizada a cada 3 dias com a soma dos volumes de água calculados diariamente. Cento e vinte e dois dias após o plantio das estacas efetuou-se o corte das plantas e a determinação da massa seca em folhas, caules e raízes, e dos teores de proteína, cálcio (Ca) e ferro (Fe) nas folhas. Os resultados das análises estatísticas permitiram concluir que, excetuando-se para massa seca em raízes, houve interação entre as Li e as doses de CO para as demais variáveis. O aumento das Li influenciou mais o acúmulo de massa na planta do que o aumento das doses de CO nos substratos. Doses de CO de até 33% no substrato favorecem o incremento de massas na planta, mas acima desse percentual ocorre decréscimo de massa. No intervalo testado, a Li de 100% da  $E_{t_0}$  é a que proporciona maior acúmulo de massa. Quanto aos teores de proteína, Ca e Fe nas folhas, o aumento dos percentuais de CO tem maior influência do que o aumento da Li, sendo que para o teor de proteína, o aumento da Li de 50% até 69% da  $E_{t_0}$  é positivo, causando efeito contrário a partir desta lâmina. Para todas as Li consideradas, o aumento das doses de CO até 52% no substrato resulta em aumento no teor de proteína nas folhas, causando, a partir daí, efeito depressivo. Há redução do teor de Ca nas folhas com o aumento das doses de CO, para todas as Li aplicadas; já o aumento da Li praticamente não afeta o teor de Ca até 15% de CO. No entanto, a partir de 15% de CO no substrato a Li passa a ter efeito positivo mais pronunciado. Aumento na dose de CO provoca redução acentuada no teor de Fe nas folhas para todas as Li. O efeito da Li no teor de Fe nas folhas é positivo, mas menos pronunciado na medida em que a dose de CO aumenta.

**Palavras-chave:** cálcio, composto orgânico, evapotranspiração de referência, ferro, hortaliça não convencional, proteína

## SUBSTRATE AND IRRIGATION IN ORA-PRO-NÓBIS (*Pereskia aculeata* Mill.)

**ABSTRACT** – Organic household or industrial waste, are easily available and can, after composting, be used in the composition of alternative substrates with low cost and great benefits for the plant and the environment. Unconventional vegetables, popularly known for its nutritional qualities, as *Pereskia aculeata* Mill., began to be cultivated in Brazil, in a systematic way, but without proven knowledge of growing techniques such as irrigation and use of organic compound. Therefore, we grow plants of *P. aculeata* in pots inside of a greenhouse, using the method of stem cuttings. Were broadly two the variables tested: doses of the organic compost in the substrate (CO), produced by composting organic waste from industry and agriculture in Uberlândia - MG, equivalent to 0%, 15%, 30%, 45% and 60% the total volume of the substrate; irrigation depths (Li) corresponding to 50%, 75% and 100% of the reference evapotranspiration ( $E_{t_0}$ ) estimated with the FAO 56 Penman-Monteith equation, using meteorological data obtained at an automated station of the Federal University of Uberlândia. The experimental design was a completely randomized design with 4 replications. The irrigation was done every 3 days with the sum of the water volumes calculated daily. One hundred and twenty-two days after planting the plants were cut off and it was determined the dry masses of leaves, stems and roots, and the content of protein, calcium (Ca) and iron (Fe) in the leaves. The results of the statistical analyzes showed that, except for dry weight in roots, there was interaction between Li and CO levels for the other variables. The accumulation of dry mass in the plant was most influenced by the increase of Li than by increasing doses of CO in the substrate. CO levels of up to 33% on the substrate favors the growth of the plant mass, but above this percentage occurs decrease in dry mass. The higher mass accumulation was obtained with the irrigation depth of 100% of  $E_{t_0}$ . The increased percentage of CO in the substrate has more influence than the increase of irrigation in the levels of protein, Ca and Fe in leaves. The increase in protein content just happens to Li of 50% to 69% of  $E_{t_0}$ , then reducing to Li greater than 69%. For all considered Li, increasing doses up to 52% of CO on the substrate results in increased protein content in leaves, causing thereafter depressing effect. With increasing doses of CO there is a decrease in calcium content of the leaves, for all Li applied. Moreover, the increase in Li does not affect the Ca content up to 15% CO. However, for CO more than 15% Li has more pronounced positive effect. Increasing the dose of CO causes marked reduction in Fe content in leaves for all Li. The effect of Li in the Fe content in the leaves is positive but less pronounced as the amount of CO increases.

**Keywords:** calcium, organic compound, reference evapotranspiration, iron, vegetable unconventional, protein

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Teores permissíveis de elementos potencialmente tóxicos ( $\text{mg kg}^{-1}$ ), com base na massa seca, no composto de lixo urbano em alguns países. (Adaptada de SILVA, 2006).....	9
Tabela 2	Parâmetros para composto orgânico maturado, segundo Kiehl (2010)....	11
Tabela 3	Composição percentual e volumétrica dos substratos para plantio das estacas de <i>P. aculeata</i> em vasos de $1700 \text{ cm}^3$ de volume interno.....	27
Tabela 4	Características químicas e físicas do solo (S).....	28
Tabela 5	Características químicas e físicas do composto orgânico (CO).....	29
Tabela 6	Características físicas e químicas dos substratos (CO) após a incubação .....	30
Tabela 7	Valores médios dos diâmetros das estacas selecionadas para o plantio.....	31
Tabela 8	Quantidades de água (mL) adicionadas aos substratos no dia do plantio das estacas, no quarto e no sétimo dia após o plantio, e após o sétimo dia até 122 dias após o plantio das estacas (DAP).....	34
Tabela 9	Variação das temperaturas e das umidades relativas máxima e mínima do ar dentro da estufa durante o desenvolvimento do experimento.....	39
Tabela 10	Resumo da análise de variância para os valores de massa seca acumulada em folhas (MSF), caules (MSC), parte aérea (MSPA), raízes (MSR) e na planta toda (MST) de <i>Pereskia aculeata</i> Mill., aos 122 dias após o plantio das estacas.....	42
Tabela 11	Massa seca acumulada em folhas (MSF; $\text{g planta}^{-1}$ ) - Resumo da análise estatística, equação de regressão para a superfície de resposta (15), valores máximos e mínimos e respectivas combinações entre o percentual de composto orgânico (CO) na composição do substrato ( $x$ - composto - %) e lâminas de irrigação ( $y$ - lâmina - $\%Et_0$ ), aos 122 dias após o plantio das estacas.....	43
Tabela 12	Massa seca acumulada em caules (MSC; $\text{g planta}^{-1}$ ) - Resumo da análise estatística, equação de regressão para a superfície de resposta (16), valores máximos e mínimos e respectivas combinações entre o percentual de composto orgânico (CO) na composição do substrato ( $x$ - composto - %) e lâminas de irrigação ( $y$ - lâmina - $\%Et_0$ ), aos 122 dias após o plantio das estacas.....	46
Tabela 13	Massa seca da parte aérea (MSPA; $\text{g planta}^{-1}$ ) - Resumo da análise estatística e equação de regressão para a superfície de resposta (17), valores máximos e mínimos e respectivas combinações entre o percentual de composto orgânico na composição do substrato ( $x$ - composto - %) e lâminas de irrigação ( $y$ - lâmina - $\% Et_0$ ), aos 122 dias após o plantio das estacas. ....	49

- Tabela 14 Massa seca da planta toda (MST; g planta<sup>-1</sup>) - Resumo da análise estatística e equação de regressão para a superfície de resposta (18), valores máximos e mínimos e respectivas combinações entre o percentual de composto orgânico na composição do substrato (x - composto - %) e lâminas de irrigação (y - lâmina - % Et<sub>0</sub>), aos 122 dias após o plantio das estacas.....52
- Tabela 15 Resumo da análise de variância para os teores e os acúmulos de proteína, de cálcio e de ferro em folhas de *Pereskia aculeata* Mill. aos 122 dias após o plantio das estacas.....56
- Tabela 16 Teor de proteína em folha de *P. aculeata* (T Prot; g 100 g<sup>-1</sup>) - Resumo da análise estatística e equação de regressão para a superfície de resposta (19), valores máximos e mínimos e respectivas combinações entre o percentual de composto orgânico na composição do substrato (x - composto - %) e lâminas de irrigação (y - lâmina - % Et<sub>0</sub>), aos 122 dias após o plantio das estacas.....56
- Tabela 17 Acúmulo de proteína em folha de *P. aculeata* (Ac. Prot.; g 100 g<sup>-1</sup>) - Resumo da análise estatística, equação de regressão para a superfície de resposta (20), valores máximos e mínimos e respectivas combinações entre o percentual de composto orgânico na composição do substrato (x - composto - %) e lâminas de irrigação (y - lâmina - %Et<sub>0</sub>), aos 122 dias após o plantio das estacas.....60
- Tabela 18 Teor de cálcio em folha de *P. aculeata* (Ca; g kg<sup>-1</sup>) - Resumo da análise estatística e equação de regressão para a superfície de resposta (20), valores máximos e mínimos e respectivas combinações entre o percentual de composto orgânico na composição do substrato (x - composto - %) e lâminas de irrigação (y - lâmina - % Et<sub>0</sub>), aos 122 dias após o plantio das estacas.....62
- Tabela 19 Acúmulo de cálcio em folha de *P. aculeata* (Ac. Ca; g) - Resumo da análise estatística, equação de regressão para a superfície de resposta (22), valores máximos e mínimos e respectivas combinações entre o percentual de composto orgânico na composição do substrato (x - composto - %) e lâminas de irrigação (y - lâmina - %Et<sub>0</sub>), aos 122 dias após o plantio das estacas.....65
- Tabela 20 Teor de ferro em folha de *P. aculeata* (T Fe; mg kg<sup>-1</sup>) - Resumo da análise estatística e equação de regressão para a superfície de resposta (21), valores máximos e mínimos e respectivas combinações entre o percentual de composto orgânico na composição do substrato (x - composto - %) e lâminas de irrigação (y - lâmina - % Et<sub>0</sub>), aos 122 dias após o plantio das estacas.....67
- Tabela 21 Acúmulo de ferro em folha de *P. aculeata* (Ac. Fe; mg kg<sup>-1</sup>) - Resumo da análise estatística, equação de regressão para a superfície de resposta (24), valores máximos e mínimos e respectivas combinações entre o percentual de composto orgânico na composição do substrato (x - composto - %) e lâminas de irrigação (y - lâmina - %Et<sub>0</sub>), aos 122 dias após o plantio das estacas.....71

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 Cerca viva de *P. aculeata*.....6
- Figura 2 Florada da *P. aculeata* Detalhe: abelha coletando pólen.....6
- Figura 3 Cachos de frutos de *P. aculeata*.....6
- Figura 4 Frutos de *P. aculeata* colhidos para processamento.....6
- Figura 5 Planta matriz de *P. aculeata* da qual foram retiradas as estacas..... 32
- Figura 6 Parte do lote inicial de estacas do qual foram retiradas as 120 estacas...32
- Figura 7 Vista geral das estacas plantadas e do local onde o experimento foi conduzido.....32
- Figura 8 Posicionamento dos vasos durante a condução do experimento.....33
- Figura 9 Superfície de resposta para acúmulo de massa seca de folhas (MSF) em função de doses de composto orgânico no substrato (%) e de lâminas de irrigação (%Et<sub>0</sub>), aos 122 DAP. **A** – superfície tridimensional com isolinhas; **B** – superfície bidimensional com isolinhas. Dados transformados em Log (MSF + 5).....45
- Figura 10 Superfície de resposta para acúmulo de massa seca em caules em função de doses de composto orgânico no substrato (%) e de lâminas de irrigação (%ET<sub>0</sub>), aos 122 dias após o plantio das estacas.....48
- Figura 11 Superfície de resposta para acúmulo de massa seca da parte aérea (MSPA) em função de doses de composto orgânico no substrato (%) e de lâminas de irrigação (%Et<sub>0</sub>), aos 122 DAP. **A** – superfície tridimensional com isolinhas; **B** – superfície bidimensional com isolinhas.....50
- Figura 12 Superfície de resposta para acúmulo de massa seca da planta toda (MSPT) em função de doses de composto orgânico no substrato (%) e de lâminas de irrigação (%Et<sub>0</sub>), aos 122 DAP. **A** – superfície tridimensional com isolinhas; **B** – superfície bidimensional com isolinhas.....53
- Figura 13 Superfície de resposta para teor de proteína em folhas de *P. aculeata* em função de doses de composto orgânico no substrato (%) e de lâminas de irrigação (%Et<sub>0</sub>), aos 122 DAP. **A** – superfície tridimensional com isolinhas; **B** – superfície bidimensional com isolinhas.....58

- Figura 14 Superfície de resposta para acúmulo de proteína em folhas de *P. aculeata* em função de doses de composto orgânico no substrato (%) e de lâminas de irrigação (%Et<sub>0</sub>), aos 122 DAP. **A** – superfície tridimensional com isolinhas; **B** – superfície bidimensional com isolinhas.....61
- Figura 15 Superfície de resposta para teor de Ca em folhas de *P. aculeata* em função de doses de composto orgânico no substrato (%) e de lâminas de irrigação (%Et<sub>0</sub>), aos 122 DAP. **A** – superfície tridimensional com isolinhas; **B** – superfície bidimensional com isolinhas.....63
- Figura 16 Superfície de resposta para acúmulo de Ca em folhas de *P. aculeata* em função de doses de composto orgânico no substrato (%) e de lâminas de irrigação (%Et<sub>0</sub>), aos 122 DAP. **A** – superfície tridimensional com isolinhas; **B** – superfície bidimensional com isolinhas.....66
- Figura 17 Superfície de resposta para teor de Fe em folhas de *P. aculeata* em função de doses de composto orgânico no substrato (%) e de lâminas de irrigação (%Et<sub>0</sub>), aos 122 DAP. **A** – superfície tridimensional com isolinhas; **B** – superfície bidimensional com isolinhas.....68
- Figura 18 Superfície de resposta para acúmulo de Fe em folhas de *P. aculeata* em função de doses de composto orgânico no substrato (%) e de lâminas de irrigação (%Et<sub>0</sub>), aos 122 DAP. **A** – superfície tridimensional com isolinhas; **B** – superfície bidimensional com isolinhas.....72



## 1 INTRODUÇÃO

A complementação nutricional é um dos principais fatores determinantes do sucesso de produção de uma espécie vegetal. Como os sistemas produtivos atuais visam lucro em primeiro lugar, torna-se necessária a otimização do tempo de produção, e com isso preconiza-se, ainda, a utilização de adubos minerais em larga escala. Entretanto, deve-se repensar este conceito, pois o uso de composto orgânico resultante da compostagem de resíduos de origem animal ou vegetal, domiciliares, industriais e agroindustriais, consorciado com o adubo mineral é uma alternativa importante para a gestão de resíduos sólidos. Esse procedimento pode garantir uma boa produtividade de espécies vegetais e, ainda, evitar que sérios danos sejam causados ao meio ambiente se o descarte desse material ocorrer de forma inadequada.

A compostagem possibilita, a baixo custo, a eliminação de patógenos dos resíduos orgânicos (COSTA et al., 2009; ORRICO JÚNIOR et al., 2009; ORRICO JÚNIOR et al., 2010), sendo um dos meios mais eficientes para reciclagem de resíduos orgânicos para fins agrícolas (TORRES et al., 2007). Ao serem utilizados para produção vegetal, podem reduzir significativamente o custo da produção, visto que aumentam o fornecimento de nutrientes e melhoram as propriedades físicas e químicas do solo (KIEHL, 2008), auxiliando na manutenção da agregação, no aumento da capacidade de troca de cátions (CTC), na capacidade de retenção de água, K, Ca e Mg trocável, na redução da lixiviação de nutrientes e da toxicidade de Al e Mn, além de desempenharem a função dos corretivos, elevando os teores dos cátions trocáveis, de modo equivalente ou superior às aplicações de calcário. A incorporação de composto orgânico ao solo possibilita o fornecimento equilibrado de macro e micro nutrientes e a liberação gradual desses durante o ciclo da cultura, favorecendo também a disponibilidade dos nutrientes fornecidos pela adubação mineral (SEDIYAMA et al., 2009; OLIVEIRA et al., 2010). Todavia, aplicações sucessivas e em elevadas doses do composto de lixo, podem causar efeitos negativos ao solo e às plantas (ABREU JÚNIOR et al., 2001).

Os resíduos são facilmente disponibilizados e podem ser aproveitados também na composição de substratos alternativos, de baixo custo e com grandes

benefícios para o sistema solo-planta. Estes podem ser utilizados na produção de mudas e no acompanhamento do crescimento inicial de plantas, possibilitando a avaliação do acúmulo de massa e dos teores de minerais e proteínas nas folhas e outros órgãos das plantas. Isso pode determinar a viabilidade da utilização de determinada espécie na nutrição animal e/ou humana, como é o caso da *Pereskia aculeata* Mill.

A *P. aculeata*, também conhecida no Brasil como ora-pro-nóbis, é uma planta nativa dos trópicos americanos. Suas folhas têm teor elevado de proteínas e a ausência de toxicidade associada ao elevado teor de fibras, fazem-na promissora como fonte de alimento de boa qualidade e amplo alcance para a população (MERCÊ et al., 2001), em função do baixo custo, fácil cultivo e alto valor nutritivo, tanto para consumo *in natura* quanto para composição de novos produtos alimentícios como pães e bolos (FIDÉLIX; PULITANO; PEREIRA, 2009). Classificada como hortaliça folhosa não convencional (KINUPP; BARROS, 2008), ela é considerada também, popularmente, como medicinal (DUARTE; HAYASHI, 2005). É necessário produzir plantas medicinais, considerando a biomassa e os teores de princípios ativos, que são influenciados conforme as técnicas de cultivo e condições ambientais (BOX, 1973, citado por SANTOS et al., 2011b).

A resposta das plantas relacionada ao crescimento em massa e em composição nutricional, em função de níveis crescentes de água tem importância tanto do ponto de vista estritamente científico quanto do aplicado. O conhecimento quantitativo das respostas em crescimento e em teor de compostos de importância nutricional dos órgãos das plantas à variação da disponibilidade de água no solo ou no substrato pode resultar no aprofundamento do conhecimento dos mecanismos de resposta das plantas a essa variação, assim como, permitir a definição de estratégias de manejo de aplicação de água com vistas à maior racionalidade e à maior eficiência do seu uso, o que pode levar à otimização da razão entre massa produzida ou teor de um composto importante e a quantidade de água aplicada. Principalmente, em uma planta que apresenta potencial de exploração agrônômica comercial, mas que muito pouco ou quase nada se conhece de manejo cultural com vistas à produção de massa com fins nutricionais como é o caso da *P. aculeata*.

Devido à necessidade crescente de se buscar alternativas para a utilização de

resíduos orgânicos agroindustriais sem causar elevados danos ao meio ambiente, de se buscar a melhor lâmina de irrigação que resulta na maior produtividade e de avaliar parte das qualidades nutritivas atribuídas à *Pereskia aculeata* sendo influenciada por esses fatores, de forma independente ou em interação, esta pesquisa teve por objetivo quantificar a influência dos fatores quantidade de composto orgânico no substrato e de água aplicada por irrigação no ganho de massa e na qualidade nutricional de folhas de *P. aculeata* em termos dos teores de proteína, de cálcio e de ferro. Com isso espera-se gerar e disponibilizar informações que auxiliem na ampliação de trabalhos de divulgação que visem a inserção com segurança de mais esse vegetal na dieta da população e também gerar subsídios consistentes para o seu cultivo agrônomo, que é ainda incipiente.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 *Pereskia aculeata* Mill. (*P. aculeata*)

O primeiro guia oficial contendo recomendações para alimentação da população brasileira demonstra o interesse do governo em promover uma Política Nacional de Alimentação e Nutrição, objetivando melhorar o estado nutricional da população, através da descrição do valor nutricional e da importância de alimentos comuns regionalmente, mas muitas vezes não utilizados na alimentação e nem comercializados. Tanto as frutas regionais quanto as hortaliças são consideradas fontes potenciais de substâncias bioativas (BRASIL, 2004), como é o caso da planta *Pereskia aculeata* Mill. (Figura1), uma das espécies conhecidas como “ora-pro-nóbis” que é considerada como planta de rico valor nutricional e alimento potencial.

Segundo o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - MAPA, o Brasil é um dos países com maior biodiversidade no mundo, pois dentre 1,4 milhões de plantas catalogadas como aromáticas, condimentares e medicinais, cerca de 10% encontram-se aqui (BRASIL, 2006). O guia publicado pelo Ministério da Saúde, denominado Alimentos Regionais Brasileiros (BRASIL, 2006) afirma que a ora-pro-nóbis é hortaliça nutritiva da região centro-oeste. E, de acordo com o Guia Alimentar Para População Brasileira também do Ministério da Saúde, a ora-pro-nóbis é considerada hortaliça nativa e presente no comércio e na alimentação apenas regionalmente.

De acordo com Couto (2007) a ora-pro-nóbis é também uma planta de uso medicinal e, nesse sentido, várias ações do governo visam o desenvolvimento do setor que envolve a pesquisa e a produção de plantas medicinais. Um exemplo é a publicação do decreto 5.813 de 22 de junho de 2006 criando a Política Nacional de Plantas Medicinais e Fitoterápicos, e já estão traçadas suas diretrizes através do Programa Nacional de Plantas Medicinais e Fitoterápicos (BRASIL, 2007). Entre seus fundamentos estão a ampliação das opções terapêuticas do Sistema Único de Saúde (SUS), o uso sustentável da biodiversidade brasileira e o desenvolvimento industrial e tecnológico (BRASIL, 2007).

O gênero *Pereskia* ocorre no Brasil e em outros países do norte da América do Sul, apresenta sempre folhas laminares e persistentes. Algumas espécies são

comestíveis e popularmente conhecidas como ora-pro-nóbis, lobrobrô, dentre outros. Possui porte escandente, arbustivo ou arbóreo, com flores em tons vermelho, laranja ou salmão e frutos carnosos, muitas vezes comestíveis (PAULA; RIBEIRO, 2008).

Segundo Costa (2008), o nome “ora-pro-nóbis” vem do latim e significa “rogai por nós”. Groselha-da-América, Lobodo e Rosa-madeira são algumas de suas sinônimas. É conhecida popularmente como carne-de-pobre em Minas Gerais, onde é comumente utilizada na culinária típica (MUNIZ, 2006) e sabe-se que pode ser utilizada na ornamentação, como cerca viva (Figuras 1 e 2), na alimentação animal e humana e como planta medicinal. É originária dos trópicos e é encontrada no Brasil desde o estado da Bahia até o Rio Grande do Sul (GRONNER; SILVA; MALUF, 1999). É uma planta nativa pertencente à família das cactáceas, perene, normalmente conduzida como trepadeira, com presença de espinhos em seus ramos e as suas folhas são carnosas e com presença de mucilagem (“baba”) (ALBURQUEQUE; SABAA SRUR; FREIMAN, 1991).

A *Pereskia aculeata* possui alto teor de aminoácidos essenciais, acima do necessário recomendado pela Food and Agriculture Organization (FAO) para consumo humano. Apesar de pouco estudada cientificamente, sabe-se que é rica em proteínas essenciais, o que a faz de grande utilidade no combate à desnutrição em seres humanos (SIERAKOWSKI et al., 1987 citados por MAZIA; SARTOR, 2012).

Os frutos da ora-pro-nóbis (Figuras 3 e 4) tem potencial para uso em produção de geleias (OLIVEIRA et al., 2011) e para a produção de licor (SANTOS et al., 2011a).

Por seu elevado valor proteico, que segundo Gronner, Silva e Maluf (1999) pode atingir, nas folhas, 25% de proteína, das quais 85% acham-se na forma digestível, ela precisa ser melhor aproveitadas na alimentação humana e animal. E, ainda, segundo Gronner, Silva e Maluf e Couto (2007), como planta medicinal, visto que já é utilizada no abrandamento de processos inflamatórios e na recuperação da pele em caso de queimadura. Segundo Pio Correa (1978), citado por Araújo e Joaquim (2007), seus frutos são expectorantes e antissifilíticos.

Usando extratos das folhas de *Pereskia aculeata*, Mercê et al. (2001) identificaram, por titulação potenciométrica, o biopolímero arabinogalactana,

substância comestível que tem a propriedade de se complexar com íons metais essenciais como o  $\text{Co}^{2+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$  e  $\text{Ni}^{2+}$  e carregá-los.

Por todas essas características a planta em questão pode tornar-se uma interessante alternativa de atividade agrícola, contudo uma limitação no seu uso pode estar na dificuldade de se obter a matéria-prima, uma vez que são pouco conhecidas tanto as formas de utilização dessa espécie quanto as técnicas para o seu cultivo.



Figura 1. Cerca viva de *P. aculeata*.



Figura 2. Florada da *P. aculeata*. Detalhe: abelha coletando pólen.



Figura 3. Cachos de frutos de *P. aculeata*.



Figura 4. Frutos de *P. aculeata* colhidos para processamento.

Figuras 1, 2, 3 e 4: arquivo pessoal do autor.

## 2.2 Aproveitamento dos Resíduos Orgânicos na Agricultura

Os novos objetivos e princípios da política ambiental, e, conseqüentemente, o

estabelecimento de novas prioridades da gestão de resíduos sólidos no nível internacional, implicam em mudança radical nos processos de coleta e deposição de resíduos. Dentre os princípios que devem ser levados em conta na política pública de resíduos, destacam-se dois: a) o princípio da informação – a população tem o direito de possuir informação disponível sobre o potencial de impacto dos produtos e serviços sobre o meio ambiente e a saúde pública, e sobre os ciclos de vida e etapas dos produtos e seus componentes; e b) o princípio da prevenção, optando-se pela precedência das soluções de redução, reutilização e reciclagem às formas de deposição final. Nesse caso, a compostagem pode representar uma opção viável, desde que se adote regulamentação específica para que o composto do lixo produzido possa ser utilizado sem colocar em risco a saúde humana e o meio ambiente (GALVÃO JÚNIOR, 1994).

Enquanto a população aumenta e a produção de lixo se multiplica, torna-se necessário utilizá-lo minimizando o impacto ambiental. Aliado a isso, o lixo domiciliar urbano apresenta alto percentual de matéria orgânica e adequado teor de umidade, o que, juntamente com a presença de largo espectro de fauna microbiana, constitui-se em excelente matéria-prima para a produção de composto orgânico (MONTEIRO, 1981), podendo ser usado na agricultura em solos com deficiência de matéria orgânica, fornecendo húmus e alterando as estruturas químicas e físicas do solo melhorando a capacidade de infiltração, acelerando o processo dinâmico da água no solo.

No Brasil, onde não há ainda uma legislação para o tratamento e descarte dos resíduos sólidos, o acúmulo se acentua diariamente proporcionalmente ao aumento da população urbana e ao crescimento industrial. Em 2005, eram geradas 229 mil toneladas de lixo por dia, sendo que 60% dele não tem um destino adequado. A fração orgânica desse resíduo representa 50% de sua composição, podendo provocar graves impactos ambientais e à saúde pública. O gerenciamento sustentável dos resíduos sólidos é uma questão crítica para as administrações públicas municipais e preconiza a adoção de sistemas descentralizados, onde uma das principais ações diz respeito à maximização da reciclagem e ao reaproveitamento desses resíduos (SILVA, 2006).

### 2.2.1 Compostagem

O composto orgânico, obtido da compostagem de resíduos sólidos industriais, agroindustriais e urbanos, constitui-se em uma forma de reaproveitamento desses materiais, evitando a deposição concentrada e inadequada dos mesmos na natureza.

A compostagem, definida como um método de manejar resíduos sólidos orgânicos, é largamente utilizada para se estabilizar resíduos sólidos de origem vegetal e animal por intermédio de uma decomposição biológica realizada principalmente por microrganismos, para a obtenção de um fertilizante orgânico rico em húmus, com o intuito de favorecer o desenvolvimento das plantas e aumentar a produção agrícola. Portanto a compostagem tem por objetivo transformar o material orgânico em um material biologicamente estável sendo que no processo haverá uma redução do volume original, destruir patogênicos como ovos de insetos e demais organismos indesejáveis, reter o máximo dos nutrientes (macro e micro) contidos na matéria orgânica original e, enfim, criar um produto que pode ser usado como suporte para o crescimento das plantas e um melhorador das propriedades do solo. Essa decomposição pode ocorrer naturalmente com a incorporação lenta de resíduos orgânicos ao solo ou pode ser feita em amontoados ou, preferencialmente em leiras. O processo predominante durante o metabolismo da compostagem deve ser o da respiração aeróbia pelos microrganismos, logo o fornecimento de oxigênio constitui o principal parâmetro a ser considerado durante todo o processo. Por isso o material deve ser revolvido periodicamente. A compostagem é o destino mais ecológico que se pode dar a esses resíduos, em relação à incineração e ao aterro sanitário (KIEHL, 2010).

Após a 2ª guerra mundial, o uso de composto gradualmente perdeu sua importância na agricultura devido à crescente produção de fertilizantes “químicos” e sua facilidade de transporte e manuseio pelos agricultores. Atualmente a compostagem vem ressurgindo, porém sua importância extrapolou a fronteira agrícola das fazendas e vem tomando espaço no gerenciamento das cidades devido às dificuldades para se encontrarem novas áreas para implantação de aterros sanitários e necessidade de evitar mais danos ambientais (RODRIGUES, 2006).

A compostagem é uma forma de deposição que utiliza o solo como um meio



favorável ao consumo da carga orgânica potencialmente poluidora, apresenta os menores custos, pode ser viabilizada tecnicamente pela pesquisa e pode trazer benefícios inerentes à incorporação de matéria orgânica ao solo (OLIVEIRA 2000 e ABREU JÚNIOR; MURAOKA; OLIVEIRA, 2001).

Em relação à permanência do lixo sem tratamento, a compostagem reduz o risco de contaminação com patógenos humanos, mas a presença de contaminantes como elementos potencialmente tóxicos (Tabela 1), compostos orgânicos persistentes e os próprios patógenos humanos e/ ou animais (em compostagens mal conduzidas) podem limitar a adição do resíduo ao solo agrícola. O nitrato também pode representar um problema devido à falta de sincronismo entre a mineralização de N e a absorção do nutriente pelas plantas, resultando em risco de contaminação do lençol freático, pela lixiviação de nitrato. Portanto, é necessária uma rigorosa regulamentação de padrões de qualidade do composto e de monitoramento da adição deste ao solo (SILVA, 2006). De maneira geral, na Europa é aplicado o princípio da precaução, que induz à melhoria nos projetos de produção de compostos, resultando em melhor qualidade destes e garantindo a sua comercialização (BRINTON, 2001).

Tabela 1. Teores permissíveis de elementos potencialmente tóxicos ( $\text{mg kg}^{-1}$ ), com base na massa seca, no composto de lixo urbano em alguns países. (Adaptada de SILVA, 2006).

<b>Países</b>	<b>Pb</b>	<b>Cu</b>	<b>Zn</b>	<b>Cr</b>	<b>Ni</b>	<b>Cd</b>	<b>Hg</b>
Alemanha	150	100	400	100	50	1,5	1
USA	500	500	1000	1000	100	10	5
França	800	-	-	-	200	3	8
Austrália	200	200	250	400	60	3	1
Áustria	120	150	500	70	60	1	0,7
Itália	500	600	2500	500	200	10	10
Suíça	150	150	500	-	-	3	3
Holanda	100	60	200	50	20	1	0,3
Brasil	150	200	500	200	70	5	1

Nos Estados Unidos, os teores toleráveis foram determinados com base no conceito de rota de exposição, sendo permitido enriquecer os agrossistemas com metais pesados até um limite considerado seguro, flexibilizando o uso agrícola (SILVA, 2006).

### 2.2.2 Ação do composto orgânico no solo

A matéria orgânica exerce influência muito grande sobre as propriedades físicas, químicas e biológicas e, em consequência, sobre a eficiência nutricional do solo. As influências mais evidentes podem ser delineadas como a melhoria das propriedades físicas, que auxiliam na granulação e na redução da plasticidade e da coesão do solo, o aumento da capacidade de absorção de cátions, o fornecimento de energia para a atividade dos microrganismos do solo, a redução da erosão, a estabilização da temperatura do solo, melhorando as condições ambientais para o desenvolvimento das raízes, o aumento da capacidade de retenção de água, o que tem acentuada importância para as regiões dos cerrados, onde existem problemas de veranicos durante o ciclo das culturas e a diminuição da toxidez de Al em solo ácido (FAGERIA, 1989).

Agronomicamente, a utilização do composto de lixo, quando obtido de modo adequado, é viável devido à sua riqueza em matéria orgânica e nutrientes, à ausência de microrganismos patogênicos (CRAVO; MURAOKA; GINÉ, 1998) e às melhorias das condições de cultivo do solo (aumento do teor de matéria orgânica, elevação do pH, redução da acidez potencial e aumento da disponibilidade de fósforo, potássio, cálcio e magnésio), da nutrição e produção dos vegetais (ABREU JÚNIOR; MURAOKA; OLIVEIRA, 2000).

Vidigal et al (1995 b) afirmam que a matéria orgânica adicionada ao solo na forma de adubos orgânicos, de acordo com o grau de decomposição dos resíduos, pode ter efeito imediato no solo e/ou efeito residual, por meio de um processo mais lento de decomposição.

A maturidade do composto orgânico pode ser uma limitação à recomendação e à comercialização e pode ser definida como o grau de estabilidade das propriedades físicas, químicas e biológicas. O composto orgânico imaturo tem altas concentrações de ácidos orgânicos fitotóxicos, os quais podem causar danos ao sistema radicular, e se apresentar relação C/N (carbono nitrogênio) baixa, pode causar toxicidade às culturas por excesso de amônia, podendo ainda apresentar crescimento de fungos, desenvolvimento de insetos e odores indesejáveis (KIEHL, 1985).

Parâmetros foram estabelecidos para aumentar a segurança e viabilizar a

utilização de composto orgânico (Tabela 2).

Tabela 2. Principais parâmetros para composto orgânico maturado, segundo (Kiehl, 2010).

<b>Umidade (%)</b>		<b>Fósforo (%)</b>	
Entre 15 e 25	Ótimo	Abaixo de 0,5	Baixo
Entre 26 e 40	Bom	Entre 0,6 e 1,5	Médio
Acima de 41	Indesejável	Acima de 1,6	Alto
<b>Índice pH</b>		<b>Cálcio (%)</b>	
Abaixo de 6,0	Indesejável	Abaixo de 0,5	Baixo
Entre 6,1 e 7,5	Bom	Entre 0,6 e 3,0	Médio
Acima de 7,6	Ótimo	Acima de 3,1	Alto
<b>Relação C/N</b>		<b>Magnésio (%)</b>	
Entre 8/1 e 12/1	Ótimo	Abaixo de 0,5	Baixo
Entre 13/1 e 18/1	Bom	Entre 0,6 e 1,2	Médio
Acima de 21/1	Indesejável	Acima de 1,3	Alto
<b>N total</b>		<b>Enxofre (%)</b>	
Entre 1,0 e 1,2	Baixo	Abaixo de 0,2	Baixo
Entre 1,3 e 1,4	Médio	Entre 0,3 e 0,5	Médio
Acima de 1,5	Alto	Acima de 1,2	Alto

Se o pH não estiver na faixa adequada, a deficiência ou toxidez nutricional poderá ocorrer e a produção das culturas ser prejudicada e, conseqüentemente, a eficiência nutricional diminuir. O sistema solo-planta é dinâmico, sendo difícil definir o pH ótimo para várias culturas, mas a maioria das culturas pode produzir bem em solo com pH em torno de 6 (FAGERIA; BALIGAR; EDWARD, 1990).

Mantovani et al. (2006) verificaram de acordo com os resultados da fração de mineralização ao final de 126 dias de incubação, que 17, 10, 10 e 11% do N orgânico adicionado ao solo via composto de lixo foram transformados em N-inorgânico nos tratamentos que receberam 30; 60; 90 e 120 t ha<sup>-1</sup> de composto de lixo, respectivamente. Das quantidades citadas, em média, 74% havia mineralizado nos primeiros 42 dias de incubação. Na ausência de adubação nitrogenada complementar, a fração de mineralização de N-orgânico de 12% em 126 dias evidencia que o composto de lixo urbano apresenta potencial fertilizante de liberação lenta de N para as plantas. A fração de mineralização de C-orgânico em C-CO<sub>2</sub> menor do que 2% em 168 dias indica que o composto de lixo urbano contribui para aumentar os estoques de matéria orgânica do solo.

Resíduos orgânicos em um Latossolo Vermelho de textura média, em área de Cerrado sob pastagem degradada incrementaram a produtividade de massa seca da

*Brachiaria*, os teores de proteína bruta e o fósforo. A reciclagem de nutrientes via aplicação de resíduos orgânicos contribuiu para a melhoria nutricional do sistema solo-planta (SILVA et al., 2012). Esse fato também foi observado por Lui, Galbiatti e Malheiros (2008) que, ao utilizarem lâminas de 50, 75, 100 e 130% da  $ET_0$  interagindo com lixo orgânico urbano sem sofrer compostagem, adicionado a dois tipos de solo em percentuais que variaram de 20 a 100%, observaram relação inversa entre o acréscimo de lixo, o crescimento e o número de folhas de mudas de eucalipto, bem como o número de plantas vivas. Segundo esses mesmos autores, aplicações sucessivas e em elevadas doses do composto de lixo, sem o devido monitoramento, podem causar efeitos negativos ao solo e às plantas.

O nitrogênio da matéria orgânica é naturalmente de disponibilidade controlada, pois é cedido às raízes à medida que seu nitrogênio orgânico insolúvel, é mineralizado por microrganismos, transformando-se em nitrogênio mineral. Não há outra forma de armazenar no solo por longo período o elemento nitrogênio, a não ser na forma orgânica. Os fertilizantes orgânicos desempenham a função dos corretivos, dos fertilizantes minerais e, ainda, exercem a função de condicionador ou melhorador das propriedades físico-químicas do solo, coisa que nenhum fertilizante mineral realiza. O fertilizante orgânico é considerado um fertilizante mineral de baixa concentração em nutrientes, daí ser empregado em maiores doses do que o mineral (KIEHL, 2010).

O fertilizante orgânico por melhorar as condições edáficas do solo pode contribuir positiva ou negativamente a produção de biomassa e princípios ativos dependendo da espécie. Em trabalhos de Chaves (2002), com *Mentha arvensis* L. var. piperacens, foi observado que maiores dosagens de esterco de poedeira (6,0 e 8,0 kg m<sup>-2</sup>) induziram maior crescimento de plantas; no entanto, o teor de óleos essenciais reduziu progressivamente com o aumento das doses em relação a testemunha sem adubação. De acordo com Martins et al. (1998), o estresse nutricional pode acarretar em maior ou menor produção de fármacos na planta. A deficiência de fósforo no solo reduz a concentração de cumarinas em chambá (*Justicia pectoralis*), com significativa redução na produção de biomassa e consequente diminuição da produção total do princípio ativo. Assim, os efeitos da adubação variam conforme a espécie e conforme as variáveis em estudo. A análise

de crescimento é a medida sequencial da acumulação de matéria orgânica e a determinação é realizada pela avaliação do acúmulo de massa seca da planta e do crescimento da área de folhas. Esta determinação é importante porque as folhas são os principais órgãos responsáveis pela captação de energia solar e pela produção de matéria orgânica por meio da fotossíntese. Quando a superfície foliar e o acúmulo de massa seca da planta são conhecidos, durante certo período de tempo, torna-se possível avaliar a eficiência fotossintética das folhas e sua contribuição para o crescimento da planta (MAGALHÃES, 1985).

### **2.3 Substrato**

Substrato é um produto elaborado com diferentes matérias-primas orgânicas, com a finalidade de substituir o solo na produção vegetal. As plantas podem sobreviver nos mais variados tipos de material, desde que as raízes possam neles penetrar encontrando alimento e água (KIEHL, 2008).

Para Schmitz, Souza e Kampf (2002), o uso dos resíduos como componentes de substratos propicia a obtenção de materiais alternativos, de fácil e constante disponibilidade e baixo custo, auxiliando na minimização da poluição decorrente do acúmulo de resíduos no ambiente.

### **2.4. Composição relativa dos nutrientes nas plantas**

No geral, as plantas apresentam de 70% a 95% de água na sua constituição. Após secagem em estufa (circulação forçada de ar, a  $\pm 70$  °C por 24 – 48 horas), evapora-se a água e obtém-se a massa seca ou matéria seca. Se a planta é submetida à mineralização, seja em forno Mufla (300 °C), seja em ácido forte, separam-se o componente orgânico e o mineral (nutrientes). A análise desse material mostra o predomínio de C, H e O, compondo 92% da matéria seca das plantas. O C provém do ar atmosférico na forma de gás carbônico, o H e o O vêm da água, enquanto os minerais (macro e micronutrientes) vêm do solo, direta ou indiretamente. Portanto, os nutrientes das plantas provém de três sistemas: ar, água e solo. Destes cerca de 92% são provenientes do ar (C : 42%) e da água (O : 44% e H : 6%) e, apenas, 8% do solo ( 7% de macronutrientes: N – 2,0; P – 0,4; K – 2,5; Ca – 1,3; Mg – 0,4; S – 0,4 e 1% de micronutrientes: Cl, Fe, Mn, Zn, B, Cu, Mo).

Como regra geral tem-se a seguinte ordem-padrão decrescente de extração das culturas, macronutrientes:  $N > K > Ca > Mg > P > Zn > B > Cu > Mo$  (PRADO, 2008). A probabilidade de ocorrer deficiência de um micronutriente é menor que a de macronutrientes (RAIJ, 1991).

A importância do suprimento e da absorção de nutrientes para a produção das culturas tem resultado, por muitos anos, em uma vasta experimentação e literatura pertinente à nutrição e ao crescimento da planta. Os efeitos dos nutrientes minerais no crescimento e na produção são usualmente estudados em termos das suas funções no metabolismo das plantas. Além disso, a nutrição mineral pode influenciar o crescimento e a produção das plantas cultivadas de forma secundária, causando modificações na forma de crescimento, na morfologia, na anatomia e na sua composição química (RAMOS, 2006).

Embora as relações fundamentais entre nutrição mineral e crescimento sejam as mesmas, tanto para as espécies arbóreas quanto para as demais espécies, o conhecimento acerca da necessidade de nutrientes para o crescimento de uma determinada espécie é a base da identificação e correção de suas deficiências nutricionais contribuindo para que a mesma sobreviva em diferentes tipos de solo (NAMBIAR et al., 1989, citado por VIEIRA; CHAVES; VIÉGAS, 2008).

#### **2.4.1 Minerais**

A quantidade de nutrientes, presente nos tecidos vegetais de uma determinada espécie, em um dado momento, é função da interação das condições ambientais com o genótipo e é de importância ecológica e econômica, pois permite a otimização do uso dos insumos e de diferentes manejos importantes na sustentabilidade do sistema produtivo (FERREIRA et al., 2008).

O sucesso para a produção economicamente viável de qualquer cultura depende do manejo nutricional adequado, já que a absorção de nutrientes pelas plantas ocorre de forma diferenciada, de acordo com os estádios fenológicos, condições climáticas, meio de cultivo, condições de manejo nutricional e idade da planta (Goto et al., 2001).

O acúmulo de nutrientes segue o mesmo padrão da curva de acúmulo de massa seca, geralmente apresentando três fases distintas, em que a primeira fase

apresenta uma lenta absorção, seguida de um incremento intenso na absorção até atingir o ponto máximo, a partir do qual ocorre um pequeno declínio (Lima, 2001).

A determinação da quantidade de nutrientes acumulados nas plantas, principalmente na parte colhida, é importante para se avaliar a remoção dos nutrientes da área de cultivo e tornou-se um dos componentes necessários para as recomendações econômicas de adubação (Pôrto et al., 2006).

Segundo Pereira & Fontes (2005) citado por Pôrto (2006), a quantidade de nutrientes absorvida por uma cultura é função da concentração do nutriente na matéria seca e da produção de massa seca de cada órgão da planta por unidade de área. Com base na quantidade de nutriente extraída pela cultura e a eficiência de recuperação de cada nutriente aplicado serão determinadas as doses dos fertilizantes. Para a maioria das espécies olerícolas, o N e o K são os nutrientes mais extraídos e perdidos por lixiviação, sendo necessário, muitas vezes, a adição de quantidade elevada dos mesmos como fertilizantes.

#### **2.4.1.1 O cálcio (Ca): absorção, transporte, redistribuição e funções na planta**

Em solos cultivados, em geral o cálcio não se constitui em fator limitante. Diversos fatores afetam a disponibilidade de Ca no solo, como o valor do pH, sendo aquele próximo de 6,5 em que a disponibilidade é maior.

##### **Absorção**

O deslocamento do cálcio até as raízes ocorre por fluxo de massa e por interceptação radicular, que é caracterizada pelo caminhar nulo no solo, ou seja é a raiz que encontra o cálcio. Por isso, na aplicação, o cálcio deve ser incorporado na camada de 0 a 20 cm e ocupar o maior volume possível para aumentar a chance de a raiz fazer o contato com ele. Embora a solução do solo apresente uma concentração de Ca dez vezes maior do que a de K, a taxa de absorção do Ca é menor do que a do K. Isto ocorre porque a absorção do cálcio é feita unicamente nas raízes jovens, nas quais as paredes celulares da endoderme não estão suberizadas, sem estrias de Caspary. A maior proporção da absorção de cálcio é passiva, seguindo a entrada de água, visto que a concentração interna do

elemento não é muito maior do que a externa, como acontece com o K. Se a concentração externa do Ca for baixa prevalece a absorção ativa. O que poderia afetar a absorção do Ca além de sua concentração externa seria a presença de outros íons em concentração alta ( $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Mg}^{+2}$ ,  $\text{Al}^{+3}$ ,  $\text{Mn}^{+2}$ ,) que diminui a absorção do Ca, podendo provocar deficiência, e também o íon acompanhante, e a absorção segue a ordem decrescentes  $\text{Cl}^- > \text{MO}_3^- > \text{SO}_4^{-2}$ . (PRADO, 2008).

### **Transporte**

O cálcio é transportado até atingir o xilema e, daí, de forma passiva, para a parte aérea (por meio da corrente transpiratória). Na planta, a translocação do cálcio ocorre junto com a água, sendo afetada pela taxa de transpiração. Portanto órgãos que transpiram pouco, como as folhas novas ou frutos, o transporte do cálcio é dependente das condições ambientais que favoreçam o desenvolvimento da pressão radicular. A pressão radicular existe quando a transpiração é reduzida a uma taxa menor que a taxa de entrada de água pelas raízes, como ocorre durante a noite ou em períodos de alta umidade relativa do ar. Com a formação da pressão radicular, uma pressão positiva desenvolve-se no xilema causando fluxo do líquido no seu interior, podendo assim translocar o cálcio para os órgãos com dificuldades para transpirar (PRADO, 2008).

### **Redistribuição**

O transporte de cálcio nas plantas é feito unidirecionalmente pelo xilema, das raízes para a parte aérea, e o contrário é muito raro. Isso se dá pelo fato de que o transporte no floema ocorre pelo citoplasma das células, que tem baixa concentração de Ca da ordem de 0,1 a 10 micromols (RAVEN, 1977; citado por PRADO, 2008). A maior parte do cálcio na planta está contida na forma de pectatos de cálcio, constituindo a lamela média das paredes celulares, pois essas estruturas apresentam grandes sítios de ligação ( $\text{R-COO}^-$ ) para o Ca. A mobilidade do Ca na planta é muito restrita (MALAVOLTA ; VITTI; OLIVEIRA,1997), como consequência aplicações foliares não seriam adequadas para corrigir eventuais desordens nutricionais (JOHSON, 1991, citado por PRADO, 2008).



## Funções

Os íons cálcio ( $\text{Ca}^{+2}$ ) são importantes na síntese de novas paredes celulares, principalmente, a lamela média que separa células em divisão (TAIZ; ZIEGER, 2004), sendo essencial para manter a integridade estrutural das membranas e da parede celular (MALAVOLTA ; VITTI; OLIVEIRA,1997).

Embora o cálcio não seja exigido em grande quantidade, é essencial para a formação de um bom sistema radicular, diferenciação da inflorescência e o desenvolvimento do fruto. O cálcio afeta o aroma do fruto possivelmente porque, em níveis maiores, ele interfere na absorção de K; assim, o efeito provavelmente não é específico (PAULA; MESQUITA; NOGUEIRA, 1998).

### **2.4.1.2 O ferro (Fe): absorção, transporte, redistribuição e funções na planta**

Normalmente o suprimento adequado de Fe às plantas depende muito mais das condições de pH, da umidade e de aeração do que propriamente da quantidade presente no solo, que normalmente é abundante. A disponibilidade de Fe é maior nos solos com pH ácido e com diminuição do potencial de oxirredução do solo. Em solos muito aerados a concentração iônica  $\text{Fe}^{2+}$  é muito baixa (PRADO, 2008). O Fe exerce muitas funções na vida da planta, participando da respiração, da fotossíntese e de enzimas que operam na assimilação e na fixação biológica do N (MALAVOLTA ; VITTI; OLIVEIRA,1997).

## Absorção

O contato Fe-raiz recebe maior contribuição do fluxo de massa, entretanto o processo de difusão e de interceptação radicular também é importante. O mecanismo de movimento do Fe no solo pode variar com as condições ambientais, e em condições de baixa transpiração a difusão deve dominar o transporte do nutriente no solo. Existem fatores importantes que diminuem o fluxo difusivo de Fe nos solos, como o nível baixo de umidade, o aumento do valor do pH e da concentração de P, diminuindo o contato com a raiz, levando à deficiência na planta. A forma preferencial absorvida pelas raízes é  $\text{Fe}^{2+}$ , entretanto o ferro pode ser absorvido com  $\text{Fe}^{3+}$  e Fe-quelatado. O  $\text{Fe}^{3+}$  é de pouca importância, devido à baixa

solubilidade de seus compostos (PRADO, 2008). As concentrações elevadas de outros íons na solução do solo (P, Mn e Zn) podem inibir por competição iônica a absorção de Fe. Entretanto o Mo pode aumentar a absorção de Fe e, ainda, a absorção do Fe é governada pelo fator genético (MALAVOLTA, 1980).

### **Transporte**

O transporte do Fe se dá pelo xilema, via corrente transpiratória, predominantemente na forma de quelato do ácido cítrico. Existe forte relação entre a queda na produção de matéria seca de eucalipito e a ocorrência da deficiência de Fe nas plantas induzida pelo Zn (SOARES et al, 2001).

### **Redistribuição**

O ferro é pouco redistribuído na planta; portanto os sintomas de deficiência aparecem nas folhas mais nova. Pode ocorrer teor foliar alto em plantas deficiente em ferro, uma vez que o elemento pode estar presente no tecido vegetal na forma de complexos ( $Fe^{3+}$ ) ou precipitado Fe-P (PRADO, 2008).

### **Funções**

O ferro participa da biossíntese de clorofila e da reação que resulta na formação do ALA (Ácido delta-aminolevulínico), precursor da porfirina, componente da clorofila (RÖMHELD, 2001). Na síntese de proteínas ele participa de uma proteína dos ribossomas e também reflete o aumento do teor de RNA (PRADO, 2008).

## **2.5 Importância dos minerais na alimentação humana**

Os minerais do organismo humano podem estar na forma sólida (dentes, ossos e na constituição de tecidos moles e músculos) ou na forma de sais solúveis, agindo como eletrólitos na manutenção da homeostase. Dentre suas importantes funções estão a contratilidade muscular, a coagulação sanguínea, os processos digestivos, o transporte de oxigênio e outros (FRANCO, 2004).

Os minerais são tão importantes quanto as vitaminas para auxiliar na manutenção do organismo em perfeito estado de saúde. Porém o organismo não

pode fabricá-los por isso precisa recorrer a fontes externas como os alimentos. Os alimentos naturais são as principais fontes de minerais para o organismo, tanto os de origem vegetal como animal.

Segundo Franco (2004), o corpo humano apresenta, na composição elementar, 96% de sua parte sólida formada pelos compostos de hidrogênio, carbono, oxigênio e nitrogênio, os quais constituem os chamados princípios imediatos: água, proteínas, carboidratos e lipídios. Os 4% restantes são formados pelos minerais, sendo que somente cálcio (1,5%) e fósforo (1%) respondem por 2,5%, cabendo ao 1,5% restante todos os demais minerais. O corpo humano, em condições normais, excreta diariamente de 20 a 30 g de minerais e necessita de reposição imediata por meio da alimentação.

Apesar de sua importância, pouco é conhecido sobre os teores dos minerais nos alimentos, as interações entre eles e com outros compostos, bem como sua biodisponibilidade e o efeito das diferentes formas de preparo culinário e industrial sobre estes. Esta deficiência de informações é considerável mesmo para alimentos básicos ou convencionais, especialmente para os elementos traço. Tratando-se de plantas alimentícias nativas, poucas espécies foram, minimamente, estudadas em relação à composição mineral (KINUPP; BARROS, 2008).

Juntamente com o cálcio que corresponde a mais de 50% do teor de minerais do organismo humano, o ferro é um mineral de destaque pois está envolvido em diversas atividades importantes para o organismo, entre elas o transporte de oxigênio para todas as células.

### **O cálcio (Ca)**

O Cálcio é o mineral mais abundante no organismo humano sendo que cerca de 90% estão no esqueleto e o restante faz parte dos tecidos, sobretudo dos músculos e do plasma sanguíneo. É primordial na membrana celular, na medida em que controla sua permeabilidade e suas propriedades eletrônicas. Está ligado às contrações das fibras musculares lisas, à transmissão do fluxo nervoso, à liberação de numerosos hormônios e mediadores do sistema nervoso, assim com à atividade plaquetária (coagulação do sangue). Uma dieta alimentar normal fornece de 500 mg a 600 mg de cálcio por dia. No período de crescimento, gravidez e aleitamento pode

chegar a 1500 mg dia<sup>-1</sup> (LOHMANN, 2008).

Kinupp e Barros (2008) pesquisaram espécies nativas do entorno da região metropolitana de Porto Alegre, destacando-se a parte comestível, 23 apresentaram teores de Ca com mais de 10 g kg<sup>-1</sup>, em base seca destacando-se: *Urera aurantiaca* (53 mg kg<sup>-1</sup>) – amostra de Pedro Leopoldo (MG); *Jacaratia spinosa* (32 mg kg<sup>-1</sup>); palmitos de *Typha domingensis* (15,7 mg kg<sup>-1</sup>). O espinafre-da-nova-zelândia (*Tetragonia expansa*) que, de acordo com a TACO – Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (2011), possui 16,33 g kg<sup>-1</sup>, valor este tido como significativo, é inferior aos apresentados por diversas espécies nativas com potencial como hortaliças. *Hypochaeris chillensis* com 10 mg kg<sup>-1</sup>, valor próximo ao da serralha (12,6 mg kg<sup>-1</sup>), popularmente conhecida por radite, é uma das hortaliças folhosas de uso regional mais difundido em algumas regiões do sul do Brasil.

### O ferro (Fe)

O ferro é constituinte da hemoglobina e ocupa o centro do núcleo pirrolidínico, chamado heme. Faz parte da mioglobina, que estoca oxigênio no músculo, e dos citocromas, que asseguram a respiração celular. Além disso, ativa numerosas enzimas, como a catalase, que promove a degradação dos radicais livres (peróxidos) prejudiciais. A carência de ferro pode ser devido a perdas excessivas (hemorragias), à má absorção ou à dieta diária insuficiente. O déficit de Fe ocasiona diminuição das defesas imunitárias e, conseqüentemente, menor resistência às infecções (LOHMANN, 2008). Por isso, dentre os minerais, o ferro é um dos microelementos mais citados como importante na alimentação. Entre as espécies de plantas nativas, pouco ou nada é conhecido sobre o teor e, menos ainda, sobre a forma química e sua biodisponibilidade, necessitando de estudos mais detalhados.

Dentre as 69 espécies nativas analisadas por Kinupp e Barros (2008), várias apresentaram teores consideráveis de Fe. Citam-se as espécies que apresentaram teores de Fe superiores a 130 mg kg<sup>-1</sup> em base seca: *Erechtites valerianifolius* (477); *Solanum americanum* (211); *Eryngium pandanifolium* (189); *Echinodorus grandiflorus* (168); *Bidens pilosa* (153); *Talinum paniculatum* (151) e *Hibiscus diversifolius* (137). As urticáceas, com suas folhas verdes escuras, destacaram-se: *Urera aurantiaca* – MG (436); *Urera aurantiaca* (374); *Urera nitida* (333); *Boehmeria*

*caudata* (232); *Urera baccifera* (209); *Phenax uliginosus* (205); *Parietaria debilis* (153) e *Urtica circularis* (149).

Segundo Rogez (2000), o homem absorve apenas 5% do Fe dos vegetais, nos quais este se encontra essencialmente sob forma livre, mas, de acordo com Franco (2004), do agrião e do espinafre, que são importantes fontes de ferro, o aproveitamento pelo organismo humano é de 68%.

Em plantas de consumo direto pelos humanos têm sido difundidos estudos que objetivam obter genótipos com maior acúmulo de Fe, como medida de saúde pública, pois segundo Grusak e Dellapenna (1999) citados por Prado (2008) existem dois bilhões de pessoas no mundo com anemia por deficiência de ferro.

## 2.6 Proteína

As proteínas são formadas a partir da ligação em sequência de apenas 20 aminoácidos; entretanto, existem, além desses aminoácidos principais, alguns aminoácidos especiais, que só aparecem em determinados tipos de proteínas. Assim as proteínas são macromoléculas mais abundantes nas células vivas e constituem 50% ou mais de seu peso seco. Elas se encontram em todas as células e em todas as partes das células (PRADO, 2008).

Em relação às proteínas, é sabido que as de origem animal têm maior valor biológico em comparação com as proteínas vegetais. No entanto, populações de baixo poder aquisitivo têm acesso limitado a proteínas animais. Assim, a identificação de espécies vegetais ricas em proteínas e, incentivos de cultivo e consumo destas espécies podem contribuir para diminuir as deficiências nutricionais destas populações e fornecer alternativas nutricionais para a população em geral, especialmente àquelas com hábitos e dietas alimentares diferenciados, por exemplo os vegetarianos. As hortaliças folhosas são boas alternativas, sendo consideradas as mais baratas e abundantes fontes de proteínas (KINUPP; BARROS, 2008).

Analisando a parte comestível de 69 espécies nativas do entorno de Porto Alegre Kinupp e Barros (2008) verificaram que muitas espécies mostraram-se promissoras em relação ao teor de proteína. Dentre as espécies analisadas, três são classificadas como aquáticas ou anfíbias: *Alternanthera philoxeroides*, *Heteranthera reniformis* e *Typha domingensis*. *Alternanthera philoxeroides* apresentaram 19,55%,

23%, 16 e 19% de proteína em base seca. em diversos países, apresentou cerca de 16 e 19% de proteína no palmito e pólen, respectivamente. Merecem destaque ainda pelo teor considerável de proteína em % (base seca), as Urticaceae: *Boehmeria caudata* e *Phenax uliginosus* (ambas com 24,15%); *Urera aurantiaca* (20,7%); *U. baccifera* (23%); *U. nitida* (19,55%) e *Urtica circularis* (28%). Outras hortaliças subutilizadas do presente estudo - *Coronopus didymus* (28,17%), *Erechtites valerianifolius* (23%), *Solanum americanum* (29,9%), palmito de *Typha domingensis* (16%) – são comparáveis, respectivamente, a espécies convencionais com formas de usos similares citadas na Taco (2011), como: mostarda (28,57%), catalonha (25%), espinafre (33,33%) e palmito de pupunha (18,18%). Segundo esse mesmo autor, a *Pereskia aculeata* (ora-pro-nóbis ou carne-de-pobre), uma espécie nativa subutilizada e bastante propalada como altamente rica em proteína foliar, possui cerca de 25% de proteína em base seca, teor este similar e até inferior ao destas hortaliças silvestres aqui destacadas.

## 2.7 Crescimento de Plantas

O crescimento das plantas envolve desenvolvimento, o que significa mudança(s) nas relações internas de células, tecidos, órgãos ou da planta inteira. Em consequência, as relações com o meio externo também se modificam. Esses processos dependem da absorção e processamento do material absorvido (BENINCASA; LEITE, 2004). Cerca de 92% dos elementos que constituem a planta vêm do CO<sub>2</sub> e da água por meio da fotossíntese e o restante é proveniente do solo (PRADO, 2008).

Do ponto de vista agrônômico, a análise de crescimento por meio do aumento de massa, de volume, de dimensões lineares e de unidades estruturais permite estimar, de forma bastante precisa as causas de variações e conhecer diferenças funcionais e estruturais, podendo ser útil no estudo do comportamento vegetal em diferentes ambientes, incluindo formas de cultivos, permitindo selecionar as melhores condições para cultivo e, ainda, cultivares ou espécies que apresentem características funcionais mais apropriadas (BENINCASA, 2003).

As avaliações podem ocorrer periodicamente ao longo do experimento ou ao final, com o corte das plantas. Sendo que as massas da parte aérea e do

sistema radicular devem ser consideradas após secar o material até peso constante uma vez que o teor de água no material fresco é bastante variável, dependendo principalmente da umidade relativa do ar e do tempo de deslocamento do local da amostragem até o local de pesagem (BENINCASA, 2003).

## **2.8 Irrigação**

A irrigação é responsável por aproximadamente 69% do consumo de água doce no Brasil, razão pela qual há necessidade de aumentar o desenvolvimento de pesquisas visando o aumento da eficiência de uso de água pelas culturas (AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS, 2009).

A absorção, o transporte e a redistribuição de nutrientes na planta dependem do meio aquoso. A absorção do nutriente ocorre quando ele entra em contato com a raiz, seja por interceptação radicular quando a raiz ao se desenvolver encontra o elemento na solução do solo, seja por fluxo de massa quando ocorre o movimento do elemento numa fase aquosa móvel, seja por difusão quando o elemento se desloca de uma região de maior concentração (solução do solo) para uma região de menor concentração (superfície da raiz). A velocidade de difusão depende da água do solo; solos arenosos que possuem maior capacidade de armazenamento mostrarão velocidade maior de difusão (MALAVOLTA; VITTI; OLIVEIRA, 1997). Substratos com menor capacidade de retenção de água requerem irrigações mais frequentes que os de maior capacidade de retenção (LOPES; GUERRINI; SAAD, 2007).

Produzindo mudas de Flamboyán, Amador de Lucena et al., 2007) verificaram que a natureza da água de irrigação e dos substratos e suas interações afetaram o número de folhas, área foliar, altura e peso da fitomassa da parte aérea da planta.

Para se fazer uma boa irrigação, segundo Klar (1991), é necessário saber em qual profundidade se localizam 80% das raízes da planta para ser colocada a quantidade de água necessária para umedecer o solo ao redor das raízes de maneira adequada.

É imperativo a utilização de um manejo de água que defina o momento de se efetuar as irrigações e a quantidade de água que deverá ser aplicada visando: atender às necessidades hídricas, a otimização do uso dos insumos agrícolas e a

obtenção de maiores retornos econômicos (BEZERRA et. all, 2009).

O manejo da irrigação, sob condições de ambiente protegido, pode basear-se em fatores do solo, do clima e da planta (FIGUEIREDO, 1998). Todavia, o monitoramento agroclimático no interior de ambientes protegidos enfrenta dificuldades em decorrência do espaço reduzido para a instalação de equipamentos. Segundo Fernandes, Corá e Araújo (2004), é inviável o comprometimento de uma área produtiva de aproximadamente 10 m<sup>2</sup> para a instalação de equipamentos como o tanque Classe A. A evaporação e a transpiração ocorrem simultaneamente na natureza o que dificulta a distinção do vapor de água resultante de cada processo separadamente. Por isso, o termo evapotranspiração se refere ao processo total de transferência de vapor de água da superfície do vegetal e do solo para a atmosfera (ALLEN et al., 2006), com variações locais e espaciais provocadas pelas condições do solo, clima e estágio de desenvolvimento da planta (DOORENBOS; KASSAM, 2000).

Em ambiente protegido a evapotranspiração é em média menor que a verificada externamente, devido à redução da radiação solar e da ação dos ventos. Sob tais condições o déficit de vapor d'água é menor, afetando o crescimento e a produção indiretamente, através da influência na temperatura foliar, condutância estomatal e, especialmente, redução na área foliar, uma vez que a transpiração é também responsável pelo transporte de nutrientes para as folhas e outros órgãos, através da seiva do xilema (COCKSHULL, 1998 citado por BANDEIRA et al., 2011). Em métodos baseados na estimativa da evapotranspiração, as necessidades hídricas da cultura são expressas mediante a taxa de evapotranspiração (ET) em mm/dia ou mm/período. A ET está relacionada à demanda evaporativa do ambiente, que pode ser expressa pela evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>), como forma de predição do efeito do clima sobre o consumo de água da cultura (DOORENBOS; KASSAN, 2000).

Com base nas perdas de água do sistema solo-planta para a atmosfera, por meio da evaporação e da transpiração, pode-se fazer a estimativa das necessidades hídricas de uma cultura.

Os métodos de estimativa da evapotranspiração estão divididos em métodos diretos, através de lisímetros ou do balanço de água no solo e pelos métodos



indiretos através do uso de dados meteorológicos. Os métodos diretos são mais exatos, contudo, são onerosos e difíceis, pois exigem equipamentos e instalações especiais e os instrumentos são de altos custos. Os métodos indiretos que utilizam dados meteorológicos locais são divididos em cinco categorias de acordo com o princípio envolvido, podendo ser classificados em métodos empíricos, aerodinâmicos, balanço de energia, combinados e de correlações turbulentas; as limitações de alguns destes métodos é que eles foram adaptados às condições da região onde foram desenvolvidos, tendo assim, seu uso restringido (PEREIRA; VILA NOVA; SEDIYAMA, 1997).

Dentre os vários métodos utilizados para a estimativa da evapotranspiração de referência ( $E_{t_0}$ ), o método desenvolvido por Penman (1948), foi por muito tempo considerado padrão por combinar os termos energéticos onde é considerado o balanço vertical de energia, com o termo aerodinâmico, que leva em conta o poder evaporante do ar. Posteriormente, Monteith (1965) incorporou no termo aerodinâmico da equação de Penman, tendo duas modificações representadas pela resistência do dossel da cultura ( $r_c$ ) que depende das características fisiológicas da planta, e a resistência aerodinâmica ( $r_a$ ) que envolve o papel do vento na difusão turbulenta do calor sensível e do vapor d'água. Vários autores têm demonstrado que a estimativa de  $E_{t_0}$  obtida através da metodologia de Penman-Monteith, é a mais confiável (SEDIYAMA, 1996); este método parametrizado para grama com 12 cm de altura, resistência aerodinâmica da superfície de  $70 \text{ s m}^{-1}$  e albedo de 0,23, apresentava os melhores resultados, sendo considerado como método padrão pela Organização das Nações Unidas para a Agricultura e Alimentação (FAO) (BEZERRA et al., 2009).

Para a estimativa da  $E_{t_0}$  usando esta metodologia, pode-se utilizar os dados diários de temperatura, umidade relativa, pressão atmosférica, velocidade do vento e a radiação solar global, obtidos nas estações meteorológicas automáticas do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), que podem ser acessados no endereço: <http://www.inmet.gov.br/sonabra/maps/automaticas.php>.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Caracterização da área experimental

A área experimental, onde foi desenvolvida a pesquisa, está localizada a uma altitude de 633 m, latitude 18°45'48" S e longitude 48°17'20" W, no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro (IFTM) – Câmpus Uberlândia, no município de Uberlândia - MG. Segundo a classificação de Köppen, o clima da região é do tipo Aw, isto é, tropical quente e úmido com inverno frio e seco. O total médio de chuva no mês mais seco fica em torno de 60 mm e no mês mais chuvoso em torno de 250 mm e o total anual médio fica entre 1500 a 1600 mm. Nos meses de verão (dezembro a fevereiro) ocorre aproximadamente 50% da precipitação anual. A temperatura média mensal nos meses de inverno atinge 18 °C enquanto nos meses mais quentes a média fica em torno de 23 °C, com média das máximas por volta de 28 a 29 °C (SILVA; GUIMARÃES; TAVARES, 2008).

O experimento foi realizado, no período de 27 de abril a 27 de agosto de 2010, em ambiente protegido do tipo estufa, sob filme de plástico transparente de 150 µm de espessura, com capacidade de retenção de aproximadamente 25% da luz, e que constituiu também, uma das paredes laterais com 27,2 m de comprimento, sendo as demais, a outra lateral medindo 27,2 m e as outras duas, frontal e do fundo, com 3,8 m cada, fechadas com sombrite com capacidade para retenção de 50% da luz. Este ambiente possui 2,6 m de altura de pé direito e 3,7 m na cumeeira. Neste espaço existem 2 bancadas de tábuas de madeira, com 1,2 m de largura e 25,2 metros de comprimento cada.

#### 3.2 Delineamento experimental e descrição e composição dos tratamentos

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado (DIC) com 15 tratamentos, arranjos em esquema fatorial 5 x 3, com 4 repetições. Cada parcela foi constituída por 2 estacas de *Pereskia aculeata*, plantadas individualmente em 120 vasos.

Os 15 tratamentos foram compostos pela combinação dos níveis dos fatores:  
a) percentual, em volume, de composto orgânico (CO) no substrato: 0%, 15%, 30%,

45% e 60%; b) lâminas de irrigação (Li) – percentual em relação à evapotranspiração de referência ( $E_{t_0}$ ) da região: 50%, 75% e 100%.

Os substratos foram compostos por misturas de solo, areia e composto orgânico. O volume de solo foi mantido constante ( $680 \text{ cm}^3$ ) para todas as proporções de composto orgânico, tomando como referência o volume de solo no vaso para 60% de composto orgânico. Nas demais proporções de composto orgânico, a diferença para completar os 60% do volume interno do vaso foi completada com areia (Tabela 3).

Tabela 3. Composição percentual e volumétrica dos substratos para plantio das estacas de *P. aculeata* Mill. em vasos de  $1700 \text{ cm}^3$  de volume interno.

Composto orgânico		Areia média		<sup>(a)</sup> Solo	
(%)	Volume ( $\text{cm}^3$ )	(%)	Volume ( $\text{cm}^3$ )	(%)	Volume ( $\text{cm}^3$ )
0	0	60	1020	40	680
15	255	45	765	40	680
30	510	30	510	40	680
45	765	15	255	40	680
60	1020	00	0	40	680

<sup>(a)</sup> Latossolo Vermelho distroférico típico (EMBRAPA, 2006).

### 3.2.1 Preparação do substrato

A areia utilizada para a composição do substrato foi a areia média de rio usada na construção civil. Antes da mistura com o solo e o composto orgânico, a areia foi peneirada em malha de 4 mm, lavada em água corrente sobre tela de plástico com malha de 0,6 mm para retirada dos resíduos, depois foi espalhada sobre uma lona de plástico, exposta ao sol e revolvida 2 vezes por dia durante 4 dias para secagem. Após secagem sua densidade foi determinada e foi  $1,57 \text{ g cm}^{-3}$ .

O solo da mistura foi retirado da camada de 0 a 20 cm de um Latossolo Vermelho distroférico típico (EMBRAPA, 2009) de área não cultivada do Instituto Federal do Triângulo Mineiro (IFTM) - Câmpus Uberlândia. Após a coleta, o solo foi peneirado em tela metálica de malha 12 mm para retirada de resíduos vegetais e de pedaços de rochas. A seguir foi espalhado sobre uma lona de plástico à sombra e revolvido 2 vezes por dia para secagem ao ar. Depois de 5 dias foi peneirado em malha 4 mm para fazer parte do substrato e foram coletadas 10 amostras aleatórias, de  $100 \text{ cm}^3$  que, misturadas e homogeneizadas, formaram uma amostra composta para realização das análises físicas e químicas. Essas análises foram realizadas no

laboratório de solos da Universidade Federal de Uberlândia (UFU) e estão apresentadas na Tabela 4.

Tabela 4. Características químicas e físicas do solo (S).

pH	D	K	Ca	Mg	Al	H+Al	SB	t	T	V	m
H <sub>2</sub> O	(g cm <sup>-3</sup> )	.....(cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> ).....	.....(mg kg <sup>-1</sup> ).....	.....(mg kg <sup>-1</sup> ).....	.....(mg kg <sup>-1</sup> ).....	.....(mg kg <sup>-1</sup> ).....	.....(mg kg <sup>-1</sup> ).....	.....(g kg <sup>-1</sup> ).....	.....(g kg <sup>-1</sup> ).....	.....(g kg <sup>-1</sup> ).....	.....(%).....
5,9	1,27	0,21	2,4	1,3	0	4,0	3,9	3,9	7,9	49	0
MO	B	Cu	Fe	Mn	Zn	P	argila	silte	areia fina	areia grossa	
(g dm <sup>-3</sup> )	.....(mg kg <sup>-1</sup> ).....	.....(mg kg <sup>-1</sup> ).....	.....(mg kg <sup>-1</sup> ).....	.....(mg kg <sup>-1</sup> ).....	.....(mg kg <sup>-1</sup> ).....	.....(mg kg <sup>-1</sup> ).....	.....(g kg <sup>-1</sup> ).....	.....(g kg <sup>-1</sup> ).....	.....(g kg <sup>-1</sup> ).....	.....(g kg <sup>-1</sup> ).....	
24	0,13	3,0	23	30,8	0,8	6,3	791	147	49	13	

pH – Potencial hidrogeniônico; D – densidade; K – potássio, Ca – cálcio; Mg – magnésio; Al – alumínio; H + Al – acidez potencial; SB – soma de bases; t – CTC efetiva; T – CTC a pH 7,0; V – saturação por bases; m – saturação por alumínio; MO – matéria orgânica; B – Boro; Cu – Cobre; Fe – ferro; Mn – manganês; Zn – zinco; Na – sódio; P – fósforo; S – enxofre; N – nitrogênio.

A quantidade de calcário necessária para elevar o V% do solo para 70% pelo método da saturação por bases (RIBEIRO, 1999) foi calculada por meio da equação (1). O calcário utilizado foi o CALMAG<sup>®</sup> (53% de CaO, 2% de MgO e poder relativo de neutralização total (PRNT) de 93,8%).

$$NC \text{ (t/ha)} = [CTC \text{ a pH } 7] [(V\% \text{ desejado} - V\% \text{ atual})/PRNT] \quad (1)$$

A aplicação da equação (1) resultou em 1769 kg ha<sup>-1</sup> de calcário que transformados para o volume de solo no substrato em cada vaso (680 cm<sup>3</sup>) resultou em 0,77 g por vaso.

A adubação foi feita com adubo granulado de formulação 4:14:8 (N:P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:K<sub>2</sub>O) da marca comercial PARANAHIBA<sup>®</sup>, seguindo a que foi adotada por Costa et al. (2008) uma vez que não havia, até o momento da implantação deste experimento, recomendação de adubação para *P. aculeata*, baseada na análise de solo. De acordo com esses autores foram aplicados 250 g de adubo por cova de 40 cm x 40 cm x 40 cm, na formulação 4:14:8, o que resultou em 250 g para cada 64.000 cm<sup>3</sup> de solo e, finalmente, em 2,656 g de adubo para os 680 cm<sup>3</sup> de solo utilizado em cada vaso, para todos os tratamentos.

O composto orgânico utilizado para compor os tratamentos foi produzido em Santa Juliana - MG, por meio de compostagem de resíduos sólidos agroindustriais e industriais do município de Uberlândia – MG, principalmente de municípios da

região. Para a produção deste composto são utilizados: palha de casca e outros resíduos de soja, cinzas provenientes da queima de lenha da caldeira, casca de lenha (pinus e eucalipto), tonsil, terra diatomácea utilizada em processos de filtração, sabugo e outros resíduos de milho, Precoat - material de característica mineral utilizado na filtração de resíduos solubilizados, lodo de esgoto, podas de jardinagem e cama de frango. O composto é peneirado em malha 4 mm e comercializado por um valor que corresponde à cerca de 40% do preço dos substratos comerciais utilizados para a produção de mudas. As análises químicas do composto foram realizadas no laboratório de solos da Universidade Federal de Uberlândia (UFU), e as análises para detecção de elementos potencialmente tóxicos foram realizadas no laboratório de Matéria Orgânica e Resíduos da Universidade Federal de Viçosa (Tabela 5).

Tabela 5. Características químicas e físicas do composto orgânico (CO).

<b>pH</b> H <sub>2</sub> O	<b>C/N</b>	<b>D</b> (g cm <sup>-3</sup> )	<b>K</b> -----Cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----	<b>Ca</b>	<b>Mg</b>	<b>Ni</b>	<b>Pb</b>	<b>Cd</b> -----mg kg <sup>-1</sup> -----	<b>Cr</b>
6,7	15/1	0,69	34,3	109	36	-	-	-	10,5
<b>MO</b> (g dm <sup>-3</sup> )	<b>B</b>	<b>Cu</b>	<b>Fe</b>	<b>Mn</b>	<b>Zn</b>	<b>Na</b>	<b>P</b>	<b>N</b> ----- (g kg <sup>-1</sup> ) -----	
398	18	200	34134	706	284	2746	19,8	9,6	

pH – Potencial hidrogeniônico; D – densidade; K – potássio, Ca – cálcio; Mg – magnésio; Al – alumínio; H + Al – acidez potencial; SB – soma de bases; t – CTC efetiva; T – CTC a pH 7,0; V – saturação por bases; m – saturação por alumínio; MO – matéria orgânica; B – Boro; Cu – Cobre; Fe – ferro; Mn – manganês; Zn – zinco; Na – sódio; P – fósforo; S – enxofre; N – nitrogênio; C/N – relação carbono-nitrogênio; Ni – níquel; Pb – chumbo; Cd – cádmio; Cr – cromo.

Os substratos foram preparados, nas proporções descritas na Tabela 3, misturando-se os seus componentes em um saco de plástico transparente com capacidade para 5 dm<sup>3</sup>. A seguir foram colocados 0,77 g de calcário e 2,656 g de adubo em cada um dos 120 sacos, visto que em todos os substratos a quantidade de solo era a mesma. Foi utilizada uma balança analítica SHIMADZU® para a “pesagem” do adubo e do calcário. A seguir cada saco contendo a mistura foi agitado manualmente, com movimentos circulares, verticais e horizontais, por cerca de um minuto para homogeneização do substrato. Em seguida os substratos foram colocados em vasos de plástico com formato de tronco de cone com diâmetros das bases e altura medindo, respectivamente, 9 cm, 12 cm e 20 cm, cuja capacidade total era para 1.730 cm<sup>3</sup>.

A seguir foram adicionados nos vasos de cada um dos tratamentos de composto orgânico (CO) 630, 620, 660, 690 e 695 mL de água para os tratamentos com 0%, 15%, 30%, 45% e 60% de CO, respectivamente. Esses volumes correspondem às médias das quantidades de água necessárias para que, em 3 vasos de cada tratamento, iniciasse a drenagem do excesso de água pelo fundo do vaso, aproximando-se assim da “capacidade de vaso” para cada substrato. Após a adição da água, os vasos foram cobertos com sacos de plástico fixados com elásticos, com dois pequenos orifícios para trocas gasosas com o ambiente, permanecendo assim durante 11 dias em incubação. Depois disso, utilizando uma espátula, foram retirados de cada um dos vasos cerca de 10 cm<sup>3</sup> de substrato, a aproximadamente 10 cm de profundidade, para a preparação de uma amostra de cada tratamento (substrato) visando a determinação de suas características físicas e químicas (Tabela 6).

Tabela 6. Características físicas e químicas dos substratos (CO) após a incubação.

CO	pH (H <sub>2</sub> O)	P (mg dm <sup>-3</sup> )	K ----- (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	Ca (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	Mg (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	Al (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	H + Al (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	SB	t	T	V (%)	m
0%	6,0	17,1	0,26	2,7	1,2	0	2,0	4,16	4,16	6,16	68	0
15%	6,4	151,0	1,40	7,8	3,2	0	1,8	12,30	12,38	14,18	87	0
30%	6,5	208,4	3,51	8,5	4,1	0	1,7	16,00	16,05	17,75	90	0
45%	6,4	238,0	4,89	16,3	3,3	0	1,8	24,40	24,41	26,21	93	0
60%	6,5	248,5	6,76	34,8	2,4	0	1,9	43,80	43,85	45,75	96	0

pH – potencial hidrogeniônico; P – fósforo; K – potássio, Ca – cálcio; Mg – magnésio; Al – alumínio; H + Al – acidez potencial; SB – soma de bases; t – CTC efetiva; T – CTC a pH 7,0; V – saturação por bases; m – saturação por alumínio.

### 3.2.2 Preparação e plantio das estacas

As estacas que foram plantadas nos vasos foram todas obtidas de ramos de uma única planta matriz de *Pereskia aculeata* Mill. localizada no bairro Umuarama da área urbana de Uberlândia – MG, selecionada antecipadamente por não apresentar sintomas de doenças e deficiências nutricionais visíveis (Figura 5). Ramificações dessa planta matriz, com flores e frutos, foram coletadas e depositadas no Herbário administrado pela Universidade Federal de Uberlândia. O número do registro desse material depositado é 55.887. Fotografias detalhadas das flores dessa planta foram enviadas para a Dra. Maria de Fátima Freitas, especialista

em Biologia Vegetal do Jardim Botânico do Rio de Janeiro, que confirmou que a planta matriz se tratava realmente de *Pereskia aculeata* Mill.

No dia 26 de abril de 2009 foram retiradas dessa planta, aproximadamente, 700 estacas caulinares com 20 cm de comprimento (Figura 6). Dessas, foram selecionadas 120 estacas, as mais homogêneas em coloração, número de gemas e diâmetro, características essas que podem indicar o grau de maturação das ramificações. A homogeneidade das estacas escolhidas foi avaliada estatisticamente por meio da medição do diâmetro no ponto médio do comprimento de cada estaca com um paquímetro digital de 0,01 mm de resolução. Esses valores, considerando a distribuição das estacas nos tratamentos, foram submetidos à análise de variância que mostrou que as diferenças foram não significativas (Tabela 7), atestando, portanto, a homogeneidade necessária para que as diferenças entre as estacas não fossem consideradas um fator de variação.

Tabela 7. Valores médios dos diâmetros das estacas selecionadas para o plantio.

Lâmina Li (% Et <sub>0</sub> )	Composto - CO (%)				
	0	15	30	45	60
50	12,29 a A	11,85 a A	12,30 a A	12,57 a A	11,36 a A
75	12,02 a A	11,57 a A	11,39 a A	12,04 a A	11,39 a A
100	11,91 a A	11,94 a A	12,13 a A	11,65 a A	12,29 a A

Médias seguidas de letras iguais, minúsculas na linha e maiúsculas na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

As estacas escolhidas foram acondicionadas por um dia em recipientes de plástico, sem tampas, quando, após passarem por processo de desinfestação por imersão durante 5 minutos em solução de hipoclorito de sódio (0,5%) e lavagem em água corrente, por 5 minutos, foram plantadas individualmente nos vasos, até aproximadamente 10 cm de profundidade no substrato (Figura 7).



Figura 5. Planta matriz de *Pereskia aculeata* Mill. da qual foram retiradas as estacas.



Figura 6. Parte do lote inicial de estacas, do qual foram retiradas as 120 que foram plantadas. Figura 7. Vista geral das estacas plantadas e do local onde o experimento foi conduzido.

Os vasos, devidamente identificados com etiquetas em conformidade com os tratamentos, foram mantidos sobre pratos de plástico, com 14 cm de diâmetro. Os vasos foram distribuídos aleatoriamente em 8 filas, sobre uma parte correspondente a 1,2 m por 6,0 m de uma bancada de tábuas de madeira, ficando as distâncias entre as estacas de, aproximadamente, 15 cm por 25 cm (Figura 8).





Figura 8. Posicionamento dos vasos durante a condução do experimento.

### 3.2.3 Irrigação

Durante um período de adaptação de 10 dias após o plantio das estacas (10 DAP) todos os vasos receberam o mesmo volume de água. O cálculo das quantidades de água que foram adicionadas a cada vaso no dia do plantio das estacas e no quarto e sétimo dias, após o plantio, foi realizado considerando as médias das quantidades necessárias para que, em 3 vasos de cada tratamento, fosse iniciada a drenagem do excesso de água pelo fundo dos vasos, aproximando-se assim, novamente, da “capacidade de vaso” para cada substrato. Nesse procedimento, a água drenada foi retida no prato, seu volume foi medido, em proveta com precisão de 0,05 mL e com capacidade para 100 mL, e descontado do volume despejado manual e lentamente, de 100 mL em 100 mL, em 2 ou mais etapas, na superfície do substrato de cada um dos 3 vasos. As quantidades encontradas estão apresentadas na Tabela 8.

A partir do décimo dia a irrigação foi realizada manualmente, utilizando-se 3 lâminas correspondentes à 50% , 75% e 100% da evapotranspiração de referência ( $Et_0$ ) estimada para as condições ambientais externas à estufa, em turnos de rega de 3 dias. O cálculo de  $Et_0$  era realizado diariamente e, ao final de 3 dias, os resultados encontrados eram somados para a determinação da lâmina de irrigação ( $Li$ ) correspondente a cada tratamento. A partir desse momento foi colocado na

superfície do substrato de cada vaso, papel de filtro, cortado em formato circular, com o objetivo de possibilitar a distribuição mais homogênea da água e evitar a formação de buracos nos substratos, o que poderia provocar drenagem preferencial da água.

Tabela 8. Quantidades de água (mL) adicionadas aos substratos no dia do plantio das estacas, no quarto e no sétimo dia após o plantio, e após o sétimo dia até 122 dias após o plantio das estacas (DAP).

Lâminas (% Et <sub>0</sub> )	27/4(Plantio)	30/4(4º dia)	03/5(7º dia)	10 a 122 DAP	Total
50				2.497	2.653
75	156	71	67	3.762	3.833
100				4.946	5.013

A Et<sub>0</sub> foi estimada diariamente por meio da equação de Penman-Monteith segundo o modelo FAO-56 (ALENN et al., 2006), conforme a equação (2).

$$Et_0 = \frac{0,408 (R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} u_2 (e_s - e_a)}{\gamma (1 + 0,34 u_2)} \quad (2)$$

Em que:

Et<sub>0</sub>: evapotranspiração de referência (mm dia<sup>-1</sup>);

R<sub>n</sub> : saldo de radiação (MJ m<sup>-2</sup> dia<sup>-1</sup>);

G : fluxo de calor no solo (MJ m<sup>-2</sup> dia<sup>-1</sup>);

T: temperatura média diária do ar (°C);

u<sub>2</sub> : velocidade média diária do vento a 2 m de altura (m s<sup>-1</sup>);

e<sub>s</sub> : pressão de saturação de vapor d'água média diária (kPa);

e<sub>a</sub> : pressão atual de vapor d'água média diária (kPa);

e<sub>s</sub> - e<sub>a</sub>: déficit de pressão de vapor d'água (kPa);

: declividade da curva de pressão de vapor d'água no ponto correspondente a temperatura (kPa °C<sup>-1</sup>);

γ: constante psicrométrica (kPa °C<sup>-1</sup>).

A estimativa da Et<sub>0</sub> usando esta metodologia foi realizada utilizando os dados diários de temperatura e umidade relativa do ar, pressão atmosférica, velocidade de vento e de radiação solar global, obtidos na estação automatizada da Universidade

Federal de Uberlândia (altitude de 869 m, latitude de 18° 54' 59" S e longitude de 48° 15' W) pertencente à rede oficial do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), acessados diariamente por meio do endereço: <http://www.inmet.gov.br/sonabra/maps/automaticas.php>.

Os dados obtidos na estação automática foram ajustados às unidades utilizadas na equação (2) de  $E_{t_0}$  e aplicados para a determinação das variáveis dessa equação, conforme recomendado por Allen et al. (2006):

a) a temperatura média diária do ar ( $T$ , °C) foi obtida por meio da média entre as temperaturas máxima e mínima.

b) as umidades relativas do ar médias, (%) máxima e mínima diárias foram usadas para o cálculo da pressão de saturação de vapor da água. A umidade relativa média diária foi obtida da média entre a umidade relativa máxima e a umidade relativa mínima do ar (%);

c) a pressão atmosférica média diária foi disponibilizada pelo INMET em hectopascal (hPa) por isso foi dividida por 10 para ser transformada em quilopascal (kPa).

d) a velocidade do vento obtida foi medida a 10 m de altura, sendo necessário, portanto, fazer a correção para 2 m de altura usando a equação (3):

$$u_z = u_{10} \frac{4,87}{\ln(67,8 z - 5,42)} \quad (3)$$

Em que:

$z$ : altura onde a velocidade do vento foi medida (m);

$u_z$ : velocidade do vento na altura  $z$  ( $m s^{-1}$ );

e) a inclinação da curva de pressão de saturação de vapor d'água ( ) foi obtida em função da temperatura média diária do ar ( $T$ , °C), conforme a equação (4):

$$= \frac{4098 \left[ 0,6108 \exp \frac{17,27 T}{T+237,3} \right]}{(T+237,3)^2} \quad (4)$$

f) o saldo de radiação ( $R_n$ ) foi obtido com o emprego da equação (5):

$$R_n = R_{ns} - R_{nl} \quad (5)$$

Em que:

$R_{ns}$ : balanço de radiação de ondas curtas ( $MJ m^{-2} dia^{-1}$ );

$R_{nl}$ : balanço de radiação de ondas longas ( $\text{MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$ );

O balanço de ondas curtas ( $R_{ns}$ ) foi obtido com a equação (6):

$$R_{ns} = (1 - \alpha) R_s \quad (6)$$

Em que

$\alpha$ : albedo da superfície vegetada e vale 0,23;

$R_s$ : radiação solar global ( $\text{MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$ );

O balanço de ondas longas ( $R_{nl}$ ) foi obtido com a aplicação da equação (7):

$$R_{nl} = \frac{(TK_{\text{máx}})^4 + (TK_{\text{mín}})^4}{2} (0,34 - 0,14) \frac{e_a}{e_s} 1,35 \frac{R_s}{R_{so}} - 0,35 \quad (7)$$

Em que:

$$e_s = 6,11 \times 10^{-9} \text{ MJ m}^{-2} \text{ K}^{-4} \text{ dia}^{-1};$$

$TK_{\text{máx}}$ : temperatura máxima absoluta do ar durante o dia (K);

$TK_{\text{mín}}$ : temperatura mínima absoluta do ar durante o dia (K);

$e_a$ : pressão atual do vapor d'água (kPa);

$R_{so}$ : radiação solar para dias sem nuvens ( $\text{MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$ );

A conversão da temperatura em °C ( $T^{\circ}\text{C}$ ) para Kelvin (TK) foi obtida com a equação (8):

$$TK = T(^{\circ}\text{C}) + 273,16 \quad (8)$$

A radiação solar para dias sem nuvens ( $R_{so}$ ) foi obtida com a equação 9:

$$R_{so} = (0,75 + 2 \times 10^{-5} Z) R_a \quad (9)$$

Em que:

Z: altitude do local (m), 869 m;

$R_a$ : radiação solar extraterrestre ( $\text{MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$ ) obtida para o 15° dia do mês para a latitude de 18° Sul (ALLEN et al., 2006).

g) a pressão atual do vapor d'água ( $e_a$ ) foi calculada em função da pressão de saturação do vapor d'água ( $e_s$ ) às temperaturas máxima e mínima do ar e das umidades relativas (UR) máxima e mínima do ar, usando a equação (10).

$$e_a = \frac{e_s(T_{\text{mín}}) \frac{UR_{\text{máx}}}{100} + e_s(T_{\text{máx}}) \frac{UR_{\text{mín}}}{100}}{2} \quad (10)$$

Em que:

$e_a$ : pressão real de vapor (kPa);

$e_s(T_{\text{mín}})$ : pressão de saturação de vapor na temperatura do ar mínima diária (kPa);

$e_s(T_{\text{máx}})$ : pressão de saturação de vapor na temperatura do ar máxima diária (kPa);

$UR_{\text{máx}}$  : umidade relativa do ar máxima diária (%);

$UR_{\text{mín}}$ : umidade relativa do ar mínima diária (%).

A  $e_s(T_{\text{mín}})$  foi obtida com a equação (11):

$$e_s(T_{\text{mín}}) = 0,6108 \exp \frac{17,27 T_{\text{mín}}}{T_{\text{mín}} + 237,3} \quad (11)$$

A  $e_s(T_{\text{máx}})$  foi obtida com a equação 12:

$$e_s(T_{\text{máx}}) = 0,6108 \exp \frac{17,27 T_{\text{máx}}}{T_{\text{máx}} + 237,3} \quad (12)$$

h) a constante psicrométrica ( ) foi considerada igual a  $0,061 \text{ kPa } ^\circ\text{C}^{-1}$  para a altitude de 869 m da estação do INMET em Uberlândia – MG ( ALLEN et al. , 2006).

Em que:

P: pressão atmosférica local (kPa).

Durante o experimento, de 27 de abril a 27 de agosto de 2010, os valores encontrados para  $ET_0$ , acumulados a cada 3 dias, variaram de 2,09 a 6,32 mm.

As quantidades de água (mL) correspondentes a 50%, 75% e 100% da  $Et_0$ , destinadas aos substratos, foram calculadas levando em consideração a área da superfície do substrato que efetivamente recebia a irrigação. Como os vasos utilizados possuíam o diâmetro superior medindo 12 cm, a área da superfície do substrato ( $A_s$ ), a ser irrigada, era de aproximadamente  $0,01131 \text{ m}^2$ . Com isso, a quantidade de água ( $Q_a$ ), em mL, para cada um dos tratamentos de lâmina de irrigação (mm ou  $\text{L/m}^2$ ) acumulada ao final de cada 3 dias foi obtida pela equação (13).

$$Qa = Et_0(\text{acumulada}) \times Ass \times f \times 1000 \quad (13)$$

Em que:

f: fator correspondente ao tratamento de Li a ser aplicado, sendo 0,5 para 50%; 0,75 para 75% e 1,0 para 100% da  $Et_0$ ;

1000: fator de conversão de L para mL.

Para eliminar possíveis diferenças quanto aos efeitos sobre as plantas do sombreamento, do vento e da temperatura no interior da estufa, em função da posição do vaso na bancada, foi realizada a mudança da posição dos vasos (ANDREAZZA et al., 2004), a cada 6 dias. Para isso foi realizado o rodízio de pontas, com o transporte dos 16 primeiros vasos (2 primeiras linhas) da extremidade direita para a extremidade esquerda e o consequente deslocamento dos demais para a direita, mantendo suas posições, um em relação ao outro. A seguir foi realizado o rodízio de filas, retirando os vasos da primeira fila, deslocando as três outras filas para frente, mantendo-as nas mesmas posições uma em relação à outra e, por último, colocando os vasos da primeira fila na posição da última. Foi aplicado também o rodízio de eixo, girando os vasos em 180°. É importante salientar que todas as movimentações eram realizadas apoiando as mãos nos pratos sob os vasos e não nos vasos, para evitar movimentações no substrato o que poderia causar drenagem preferencial, principalmente devido ao afastamento do substrato das paredes do vaso que poderia ter ocorrido se esse manuseio tivesse sido feito diretamente nos vasos.

Os volumes de água que eram usados para irrigar os 120 vasos, sendo que cada 40 deles recebiam a mesma quantidade de água, eram medidos em recipientes de plástico preparados no momento da irrigação usando como referência volumes medidos em uma proveta com resolução de 0,2 mL e com capacidade para 100 mL.

Durante todo o desenvolvimento do experimento, para registro das temperaturas e das umidades relativas do ar no interior da estufa (Tabela 9), foi utilizado um termohigrômetro digital marca Inconterm<sup>®</sup> instalado na parte central da estufa, a 2,5 m de altura, em um abrigo com ventilação natural que protegia os sensores da incidência direta da radiação solar, cujos sensores registram temperaturas na faixa de -50 e +70 °C, com resolução de 0,1 °C e precisão de  $\pm 1^\circ$  C, e umidades relativas entre 25% e 98%, com resolução de 1% e precisão de  $\pm 5\%$ .

Tabela 9. Variação das temperaturas e das umidades relativas, máximas e mínimas do ar, dentro da estufa durante o desenvolvimento do experimento.

Temperatura mínima (°C)			Temperatura máxima (°C)			Umidade relativa mínima (%)			Umidade relativa máxima (%)		
menor	maior	média	menor	maior	média	menor	maior	média	menor	maior	média
5,5	18,1	11,8	26,7	46,9	41,1	13	76	22,2	68	99	87,2

### 3.3 Massas secas das partes e da planta toda

Aos 122 dias após o plantio das estacas (122 DAP) as plantas foram cortadas no nível do substrato e separadas em folhas e caules. Os caules foram cortados em pedaços de aproximadamente 8 cm e colocados em sacos de papel perfurados, cujas massas (taras) já tinham sido determinadas, e devidamente identificados. As folhas também foram colocadas em sacos de papel seguindo o mesmo procedimento.

Paralelamente, os substratos juntamente com as raízes foram despejados dos vasos sobre uma tela de plástico com diâmetro de 0,6 mm, em água corrente, para lavagem. Após esse procedimento, as raízes foram colocadas, juntamente com a identificação, em tela suspensa à sombra e ao ar livre, durante aproximadamente 2 horas para o escoamento da água de lavagem.

Todo o material vegetal obtido foi colocado em estufa com circulação e renovação forçada de ar, marca TECNAL<sup>®</sup> (TE – 394-3), onde permaneceu a 65 °C durante 84 horas.

Logo após a retirada da estufa, foi determinada a massa seca de folhas (MSF), de caules (MSC) e de raízes (MSR) com balança digital com precisão de 0,01 g.

A massa seca da parte aérea (MSPA) foi determinada com a soma da MSF com a MSC que somadas à MSR resultou na massa seca total (MST).

### 3.4 Teor e acúmulo de Proteína nas folhas

O teor de proteína nas folhas foi determinado a partir da concentração de nitrogênio total nas folhas que foi determinada de acordo com o método de Kjeldahl (INSTITUTO ADOLFO LUTZ - IAL, 2008), considerando a escala micro com as

massas das amostras em torno de 0,2500 g. A digestão das amostras foi realizada com a adição de 7 mL de ácido sulfúrico e 1,2 g de mistura catalítica constituída de sulfato de cobre anidro, dióxido de titânio anidro e sulfato de potássio anidro na proporção 0,3 : 0,3 : 0,6 m/m. A destilação foi realizada com 20 mL de solução de hidróxido de sódio (50% m/v) e solução de ácido bórico 4% m/v. Para a titulação utilizou-se solução de HCl 0,1 M.

A concentração de nitrogênio total obtida (EMBRAPA, 2009) foi multiplicada pelo fator 5,75, conforme resolução RDC nº 360, de 23 de dezembro de 2003, da ANVISA (BRASIL, 2005) e resultou no teor de proteína nas folhas (equação 14).

$$\text{proteína (\%)} = \frac{V \times N \times 0,014 \times 5,75}{m} \text{fc(HCl)} \quad (14)$$

Em que:

V: volume de ácido gasto na titulação (mL);

N: normalidade da solução de HCl;

m: massa da amostra de folhas (g);

fc(HCl): fator de correção da solução de HCl.

O acúmulo de proteína (g) nas folhas foi obtido dividindo-se por 100 o produto do teor de proteína ( $\text{g } 100 \text{ g}^{-1}$ ) pela massa seca de folhas (g).

### 3.5 Teor e acúmulo de cálcio (Ca) e de ferro (Fe) nas folhas

A análise foliar para determinação dos teores de cálcio e de ferro nas folhas foi realizada no laboratório da SAFRAR Análises Agrícolas.

A metodologia utilizada para a quantificação do cálcio e do ferro foi a recomendada por Tedesco e Gianello (2004) para tecidos vegetais e os resultados expressos com base em material seco. O processo de digestão da amostra é úmida nítrica perclórica e as leituras são feitas no ICP-OES por espectrometria de emissão atômica com fonte de plasma indutivamente acoplado. O resultado para cálcio total é apresentado em  $\text{g kg}^{-1}$  e para o ferro em  $\text{mg kg}^{-1}$ .

O acúmulo de cálcio ( $\text{g}^1$ ) nas folhas foi obtido dividindo-se por 1000 o produto do teor de cálcio ( $\text{g kg}^{-1}$ ) pela massa seca de folhas (g). Já o acúmulo de ferro (mg) nas folhas foi obtido dividindo-se por 1000 o produto do teor de ferro ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) pela massa seca de folhas (g).



### **3.6 Análise dos resultados**

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste F (5% e 1%), à análise de superfície de resposta e à análise de regressão polinomial quando o modelo de superfície de resposta não foi significativo ( $p > 0,05$ ) e a análise de variância evidenciou efeito significativo apenas dos efeitos principais dos fatores, mas não da interação entre eles. Para a análise de variância e de regressão polinomial foram utilizados os programas estatísticos Agroestat (BARBOSA; MALDONADO JÚNIOR, 2010), para análise estatística do modelo de superfície de resposta polinomial de segunda ordem e para a obtenção das equações foi usado o programa estatístico SAS (2002) e confecção dos gráficos com as isolinhas em função das equações obtidas no SAS foi utilizado o programa estatístico Surfer version 9.9.785 (GOLDEN SOFTWARE, 2010).

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Acúmulo de massa seca

O acúmulo de massa seca na planta toda aos 122 dias após o plantio (122 DAP) foi influenciado significativamente pelas variações no teor de composto orgânico no substrato ( $p < 0,05$ ) e na lâmina de irrigação ( $p < 0,01$ ), assim como na parte aérea da planta (Tabela 10). Lopes et al. (2007), produzindo mudas de eucalipto, verificaram que a altura da parte aérea, o diâmetro do colo, a área foliar, o número de pares de folhas, a massa seca da parte aérea e de raízes foram influenciados pelos substratos e pelas lâminas de irrigação aplicadas.

Tabela 10. Resumo da análise de variância para os valores de massa seca acumulada em folhas (MSF), caules (MSC), parte aérea (MSPA), raízes (MSR) e na planta toda (MST) de *Pereskia aculeata* Mill., aos 122 dias após o plantio das estacas.

Fontes de variação	<sup>a</sup> MSF		MSC	MSPA	MSR	MST
	Transf.	Original				
Substratos (S) (% CO)	[Log(MSF+5)]	.....(g planta <sup>-1</sup> ).....				
0	0,89	2,76	5,61	8,37	4,85	12,23
15%	0,90	3,05	4,96	8,01	3,82	11,83
30%	0,97	4,55	5,33	9,88	4,72	14,61
45%	0,97	4,43	4,40	8,84	3,98	12,82
60%	0,85	2,50	4,37	6,87	4,15	11,01
Teste F	9,04**		3,06*	3,36*	2,17 <sup>NS</sup>	2,82*
Lâminas (Li) (%Et <sub>0</sub> )	.....(g planta <sup>-1</sup> ).....					
50%	0,83	1,75	3,88	5,63	4,13	9,77
75%	0,91	3,38	4,61	7,99	3,99	11,98
100%	1,00	5,24	6,31	11,56	4,79	16,34
Teste F	43,80**		26,06**	40,81**	3,11 <sup>NS</sup>	28,01**
Teste F (S x Li)	2,38*		1,63 <sup>NS</sup>	1,80 <sup>NS</sup>	0,70 <sup>NS</sup>	1,29 <sup>NS</sup>
CV(%)	6,56		22,12	24,87	25,00	22,27

<sup>a</sup> Original – dados originais de massa seca de folhas (MSF); Transf. – Dados de MSF transformados: [log (MSF + 5)]; CO: composto orgânico; Et<sub>0</sub>: evapotranspiração de referência; \*\*, \*, <sup>NS</sup> Significativo aos níveis de probabilidade de 1%, 5% e não significativo, respectivamente, pelo teste F; CV: Coeficiente de variação.

Em folhas, houve interação significativa entre os substratos e lâminas ( $p < 0,05$ ) e o modelo de superfície de resposta ajustado aos dados transformados de MSF, de acordo com a equação (15), foi significativo ( $p < 0,01$ ; Tabela 11).

A representação gráfica da superfície de resposta e das isolinhas de MSF está apresentada na Figura 9. O valor máximo de MSF foi obtido com o substrato no qual foi adicionado ao solo 33% de CO e 27% de areia combinada com a Li de 100% da  $Et_0$ , enquanto que o menor valor ocorreu na combinação da máxima concentração de CO no substrato (60% de CO e 0% de areia) com a menor Li aplicada (50% da  $Et_0$ ) (Tabela 11 e Figura 9).

Tabela 11. Massa seca acumulada em folhas (MSF; g planta<sup>-1</sup>) - Resumo da análise estatística, equação de regressão para a superfície de resposta (15), valores máximos e mínimos e respectivas combinações entre o percentual de composto orgânico (CO) na composição do substrato (x – composto - %) e lâminas de irrigação (y – lâmina - % $Et_0$ ), aos 122 dias após o plantio das estacas.

Regressão	F		p		R <sup>2</sup>	
Modelo ajustado	7,79 **		0,0043		0,81	
$z = 0,683393 + 0,003943x + 0,00226y - 0,000104x^2 + 0,000030101xy - 0,000002576y^2 \quad (15)$						
Valores estimados com a equação (15)	Acúmulo		Máximo		Mínimo	
	Máximo	Mínimo	Substrato	Lâmina	Substrato	Lâmina
Transformados MSF (g planta <sup>-1</sup> )	1,05	0,76	( <sup>1</sup> ) 33% CO	100% $Et_0$	( <sup>2</sup> ) 60% CO	50% $Et_0$
	6,25	0,69				

\*\* Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F;  $z = \text{Log}(\text{MSF}+5)$ ;  $\text{MSF} = 10^z - 5$ ; (<sup>1</sup>) Substrato composto por 33% de CO + 27% de areia média lavada e 40% de solo argiloso (79,1% de argila); (<sup>2</sup>) Substrato composto por 60% de CO e 40% de solo argiloso (79,1% de argila).

Para todos os percentuais de CO no substrato, o aumento da Li aumentou a MSF, e para todas as Li a MSF aumentou com o aumento da porcentagem de CO e a consequente redução da porcentagem de areia no substrato até 30% a 33% de CO (30% a 27% de areia), passando a diminuir daí até 60% de CO + 0% de areia (Equação (15) da Tabela 11 e Figura 9).

A MSF foi sempre crescente com o aumento da Li dentro de cada percentual de CO + areia no substrato a taxas gradualmente menores com o aumento da Li de 50% para 100% da  $Et_0$ . Em relação aos percentuais de CO + areia, os acréscimos foram gradualmente decrescentes até alcançar os valores máximos de MSF para

cada Li, a partir do qual ocorreram decréscimos crescentes na MSF com o aumento do CO (e redução proporcional da areia) no substrato.

A análise da Figura 9B evidencia que para qualquer dose de CO no substrato, a planta de *P. aculeata* aumentou a acumulação de MSF com o aumento da Li de 50% para 100% da  $Et_0$ . Os valores máximos de MSF ocorreram desde aproximadamente 28% de CO (e 32% de areia), para Li de 50%, até 33% de CO (e 27% de areia) para a Li de 100% da  $Et_0$ . Em todas as doses de CO no substrato, o maior valor de MSF ocorreu sempre com a Li de 100% da  $Et_0$ . Verifica-se, então, que, embora a *P. aculeata* seja considerada uma planta rústica do cerrado e que, sendo uma cactácea, pode apresentar tolerância ao déficit hídrico na zona radicular, sua resposta foi positiva para a MSF ao aumento da Li de 50% para 100% da  $Et_0$ .

Essa tendência de aumento crescente da MSF com o aumento da Li evidencia que o ponto de máximo, a partir do qual acréscimo da Li passaria a provocar efeito negativo na MSF, seria alcançado com valores de Li superiores a 100% da  $Et_0$ . Já para doses complementares de CO e areia no substrato, o ponto de máximo foi atingido com substrato preparado com cerca de 30% de CO + 30% de areia e 40% de solo argiloso. A partir desse valor, o aumento de CO com a proporcional diminuição da dose de areia teve efeito negativo no ganho de MSF.

Essa resposta da *P. aculeata* com relação ao efeito do aumento das lâminas de irrigação, também foi verificada por Queiroz (2012) em substrato composto por solo, areia média e esterco de bovino na proporção de 6:3:1 em volume, a partir de estacas pré enraizadas. Esse autor verificou que, em condições decrescentes de déficit intermitente de água no substrato, o aumento de 60% no volume de água aplicado resultante da diminuição do potencial mátrico no substrato de -10 kPa para -70 kPa, aumentou linearmente o ganho de MSF ( $p < 0,01$ ) durante os 120 dias de cultivo.

Já, para o efeito da adubação orgânica na massa seca de folhas em *P. aculeata*, não foram encontrados, até o momento, relatos de pesquisas nesse sentido. No entanto, com algumas plantas como alecrim de tabuleiro (*Lippia gracilis*) e orégano (*Origanum vulgare*) foram encontrados relatos de pesquisas relacionadas ao efeito da aplicação de adubação orgânica.

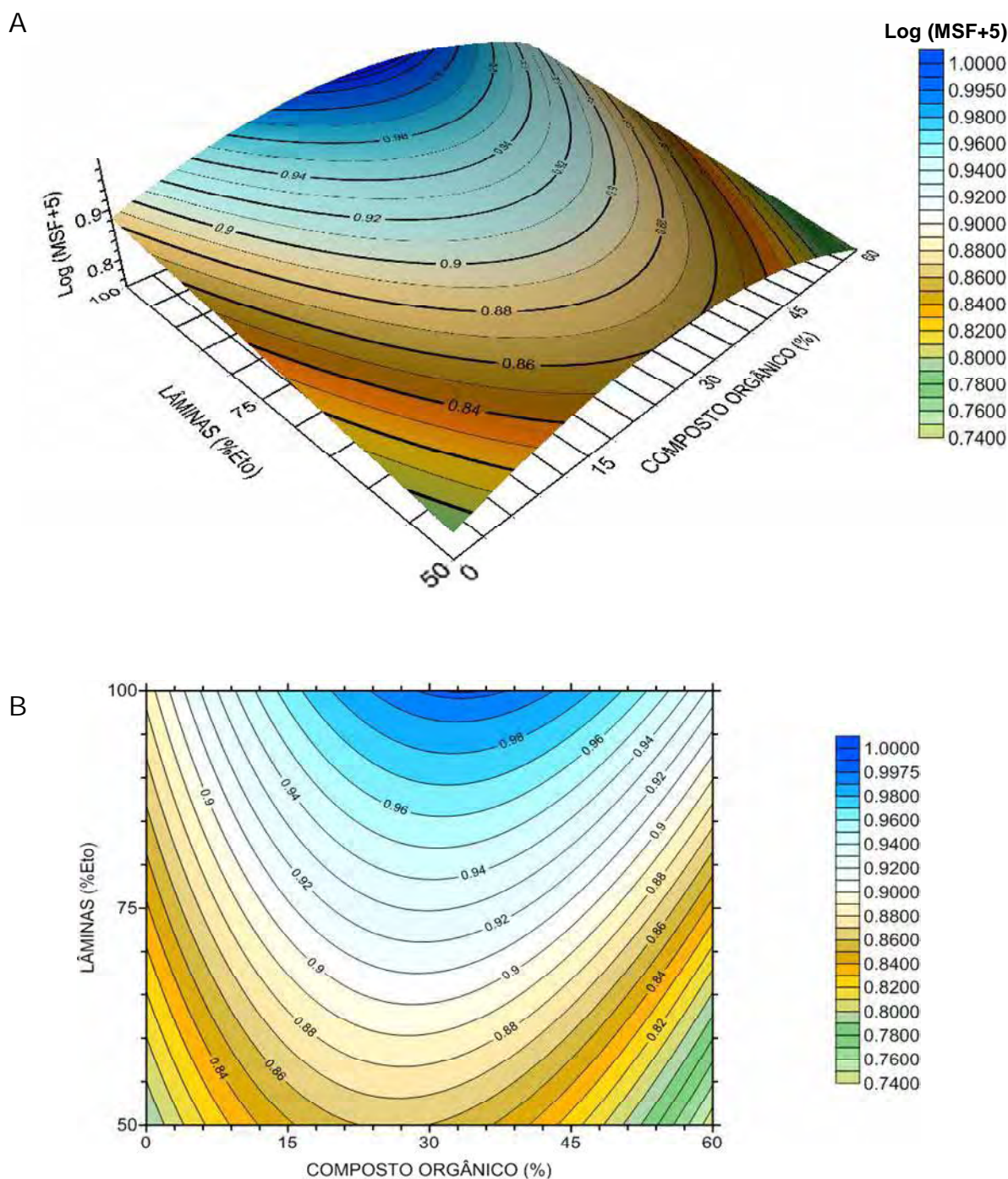


Figura 9. Superfície de resposta para acúmulo de massa seca de folhas (MSF) em função de doses de composto orgânico no substrato (%) e de lâminas de irrigação (% $E_t$ ), aos 122 DAP. **A** – superfície tridimensional com isolinhas; **B** – superfície bidimensional com isolinhas. Dados transformados em Log (MSF + 5).

Em alecrim de tabuleiro submetido a estresse hídrico, os resultados encontrados para MSF por Souza et al. (2012), evidenciaram que o aumento da dose de adubo orgânico mantendo-se fixa a de adubação mineral promoveu

aumento quadrático da massa seca de folhas até o maior valor adicionado que foi o máximo de 60 g de adubo orgânico. Com orégano cultivado em vasos de 10 L de capacidade, Correa et al. (2010) avaliaram o efeito da aplicação no solo de esterco de bovino e de aves na produção de biomassa. Para ambos os estercos, a resposta da MSF ao aumento das doses foi quadrática. Para o esterco de bovino, com doses variando de 3 a 12 kg m<sup>-2</sup>, a maior MSF foi alcançada com 9,6 kg m<sup>-2</sup> de esterco enquanto que para o de aves (1,5 a 6,0 kg m<sup>-2</sup>), a máxima MSF foi obtida com 5,2 kg m<sup>-2</sup>.

Em caules (MSC), a análise de variância resultou em efeito significativo dos fatores principais (Li e CO), mas a interação entre esses fatores não foi significativa. No entanto, a análise de regressão polinomial resultou que o modelo de superfície de resposta foi significativo ( $p < 0,01$ ), traduzido pela equação (16) apresentada na Tabela 12, e representado de forma gráfica na Figura 10 (A e B). Da aplicação da equação (16) e análise da Figura 10, obtém-se que para qualquer valor de Li, houve decréscimo da MSC com o aumento da dose de CO e concomitante diminuição da dose de areia no substrato, assim como, para qualquer valor de CO, houve aumento da MSC com o aumento da Li. Tal comportamento evidencia que o máximo de MSC foi alcançado com a maior Li (100% de Et<sub>0</sub>) combinada com ausência total de CO e a máxima dose de areia no substrato (60%), e o mínimo de MSC ocorreu com os valores invertidos, ou seja, com a menor Li (50% de Et<sub>0</sub>) combinada com o substrato formado com a maior dose de CO (60%) e ausência completa de areia (Tabela 12 e Figura 10, A e B).

Tabela 12. Massa seca acumulada em caules (MSC; g planta<sup>-1</sup>) - Resumo da análise estatística, equação de regressão para a superfície de resposta (16), valores máximos e mínimos e respectivas combinações entre o percentual de composto orgânico (CO) na composição do substrato (x – composto - %) e lâminas de irrigação (y – lâmina - %Et<sub>0</sub>), aos 122 dias após o plantio das estacas.

Regressão	F	p	R <sup>2</sup>
Modelo ajustado	6,94**	0,0064	0,79
MSC = 6,065917 – 0,022797x - 0,069950y – 0,000016667x <sup>2</sup> + 0,000047xy + 0,000781y <sup>2</sup> (16)			
	Acúmulo (g)		Mínimo
Valores estimados com a equação (16)	Máximo	Mínimo	Máximo
	6,88	3,23	( <sup>1</sup> ) 0% CO 100% Et <sub>0</sub> ( <sup>2</sup> ) 60% CO 50% Et <sub>0</sub>

\*\* Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F; (<sup>1</sup>) Substrato composto por 0% de CO, 60% de areia média lavada e 40% de solo argiloso (79,1% de argila); (<sup>2</sup>) Substrato composto por 60% de CO, 0% de areia média lavada e 40% de solo argiloso (79,1% de argila).

Verifica-se, portanto, que a Li que proporcionaria a produção máxima potencial de MSC, a partir da qual passaria a ocorrer redução desta, é maior do que 100% da  $Et_0$ , independentemente da dose de CO + areia utilizada no substrato. Provavelmente, na ausência de CO e com 60% de areia + 40% de solo argiloso na composição do substrato e um valor de Li superior a 100% da  $Et_0$ , valor este a ser determinado, é que a planta de *P. aculeata* conseguiria maior acumulação de MSC.

O efeito positivo do aumento da lâmina de irrigação sobre a MSC em *P. aculeata* verificado neste trabalho, também foi obtido por Queiroz (2012) em experimento em estufa agrícola, em que o aumento das lâminas de irrigação em função do aumento do potencial mátrico no substrato de -70 kPa para -10 kPa promoveu aumento linear significativo da acumulação de MSC.

Com relação ao efeito da aplicação de composto orgânico na MSC de *P. aculeata*, não foi encontrada, até o momento, literatura relatando resultados. No entanto, em plantas como a de orégano, cultivado em vasos de 10 L de capacidade, a aplicação no solo de esterco de bovino e de aves na produção de biomassa, produziram aumento na MSC até as doses de  $9,3 \text{ kg m}^{-2}$  de esterco de bovino e de  $4,1 \text{ kg m}^{-2}$  de esterco de aves poedeiras (CORREA, 2010).

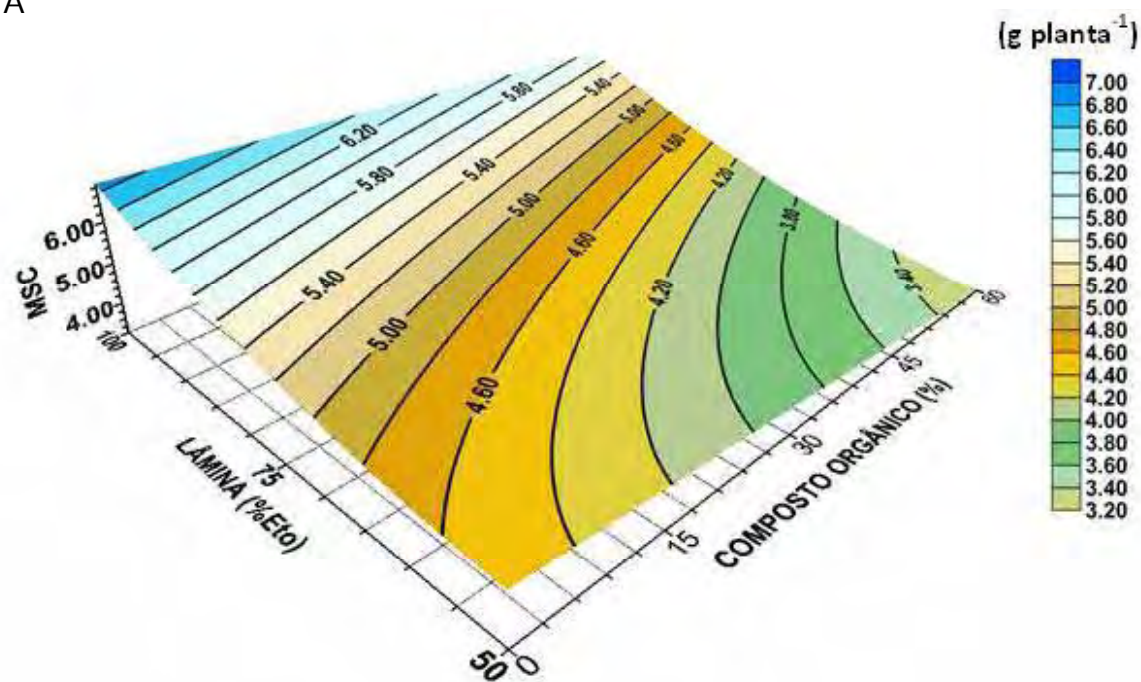
Com relação à massa seca da parte aérea (MSPA), a análise de variância apresentada na Tabela 10, evidenciou o efeito significativo de cada um dos fatores, CO e Li ( $p < 0,05$ ), e não significativo para a interação entre esses fatores ( $p > 0,05$ ).

No entanto, assim como para MSC, o modelo da superfície de resposta, ajustado para a análise conjunta dos fatores, foi significativo ( $p < 0,01$ ), resultando na equação (17) apresentada na Tabela 13 e reproduzida graficamente pela superfície de resposta (Figura 11 A) e pelas isolinhas da Figura 11 B.

O máximo valor de MSPA obtido dentro dos limites de Li e de CO + areia no substrato testado, foi alcançado com a combinação de 31% de CO no substrato e Li de 100% da  $Et_0$ , repetindo, aproximadamente, para o percentual de CO e exatamente para o de Li, o comportamento verificado para MSF (Tabela 11). A combinação da maior dose de CO (60%) + ausência de areia com a menor Li (50% da  $Et_0$ ) resultou no menor valor de MSPA (Tabela 13), repetindo o que foi verificado com a MSF e a MSC.



A



B

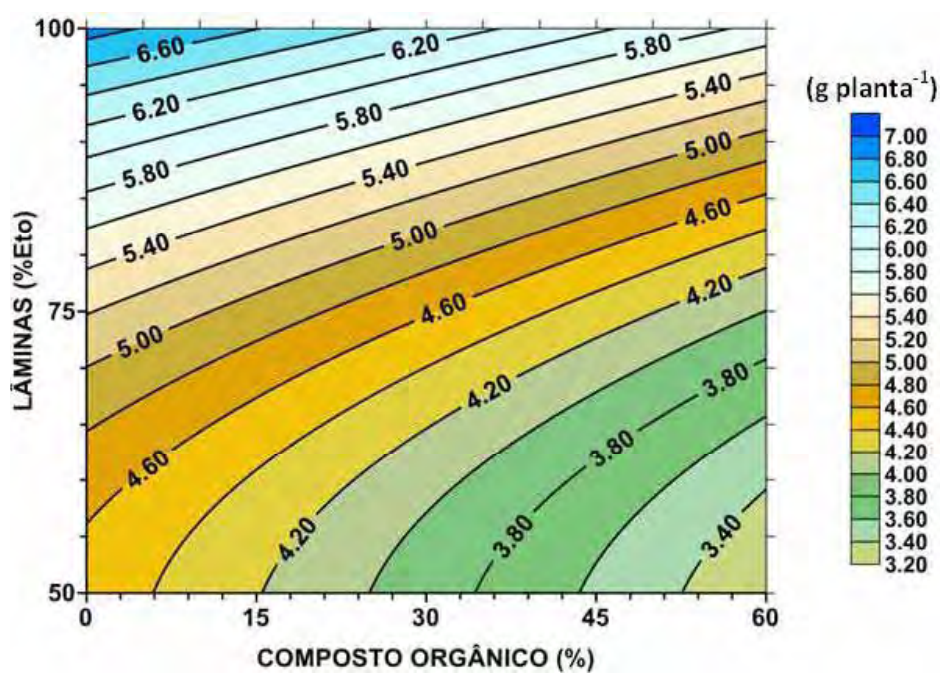


Figura 10. Superfície de resposta para acúmulo de massa seca em caules em função de doses de composto orgânico no substrato (%) e de lâminas de irrigação (% $ET_0$ ), aos 122 dias após o plantio das estacas.



Tabela 13. Massa seca da parte aérea (MSPA; g planta<sup>-1</sup>) - Resumo da análise estatística e equação de regressão para a superfície de resposta (17), valores máximos e mínimos e respectivas combinações entre o percentual de composto orgânico na composição do substrato (x - composto - %) e lâminas de irrigação (y - lâmina - % Et<sub>0</sub>), aos 122 dias após o plantio das estacas.

Regressão	F	p	R <sup>2</sup>	
Modelo ajustado	9,44**	0,0022	0,84	
MSPA = 5,898619 + 0,042751x - 0,0506y - 0,001944x <sup>2</sup> + 0,000791xy + 0,000969y <sup>2</sup> (17)				
Valores estimados com a equação (17)	Acúmulo (g planta <sup>-1</sup> )		Máximo	Mínimo
	Máximo	Mínimo	Substrato	Lâmina
	12,44	3,73	<sup>(1)</sup> 31% CO 100% Et <sub>0</sub>	<sup>(2)</sup> 60% CO 50% Et <sub>0</sub>

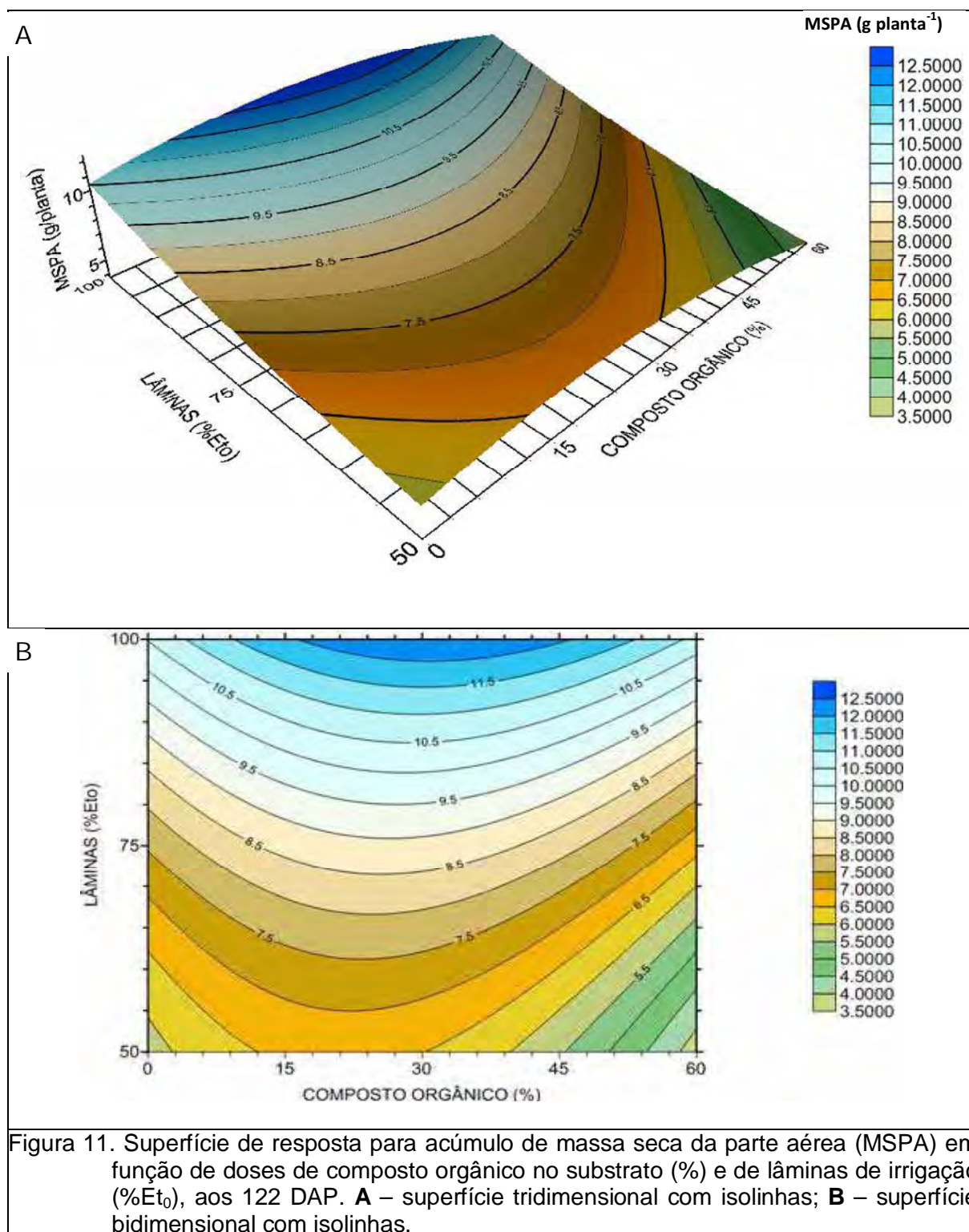
\*\* Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F; <sup>(1)</sup> Substrato composto por 31% de CO + 29% de areia média lavada e 40% de solo argiloso (79,1% de argila); <sup>(2)</sup> Substrato composto por 60% de CO e 40% de solo argiloso (79,1% de argila).

O comportamento geral da MSPA em função da Li e da composição do substrato (Figura 11, A e B), foi mais influenciado pelo da MSF (Figura 9, A e B) do que pelo da MSC (Figura 10, A e B), uma vez que a MSF foi mais influenciada pela combinação de substrato e lâminas de irrigação do que a MSC, conforme se pode verificar pela comparação das curvaturas e do formato das isolinhas entre as Figuras 9 e 10.

Efeito positivo e linear do aumento da Li no acúmulo de MSPA em *P. aculeata* foi verificado por Queiroz (2012) quando as lâminas de irrigação aplicadas aumentaram em função do aumento do potencial mátrico do substrato de -70 kPa para -10 kPa. Resultados semelhantes, em que o aumento da lâmina de irrigação aumentou a MSPA também foram obtidos por Silva et al. (2002) com plantas de *Melaleuca alternifolia* ("tea tree") e por Marques, Bernardi Filho e Santos (2009) com orégano (*Origanum vulgare*).

Como em MSF e MSC, para MSPA também não foi encontrado até o momento, na literatura científica especializada, relato de pesquisas sobre o efeito da aplicação de compostos orgânicos na acumulação de MSPA de *P. aculeata*.

Em outras espécies, como em alface (*Lactuca sativa*), Vidigal et al. (1995a) e Vidigal et al. (1995b) verificaram aumento da massa seca da parte aérea das plantas com o aumento no solo das doses de composto orgânico (40 a 200 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>) formado com esterco de bovino e capim gordura seco, tanto em cultivo fora quanto dentro de estufa agrícola.



Já Souza et al. (2005), comparando doses de 0, 40, 80, 120 e 160 t ha<sup>-1</sup> de composto orgânico preparado com restos de vegetais diversos (54,5%) e esterco de bovino (44,5%), na produção de alface, constataram que o teor de MSPA (massa

seca da parte aérea/massa fresca da parte aérea) não foi influenciada pelas doses de composto orgânico (40 a 160 t ha<sup>-1</sup>) ou de adubo mineral (em comparação com o solo sem esses adubos). Em hortelã-japonesa (*Mentha arvensis*), doses crescentes de esterco bovino curtido correspondentes a 0; 2,5; 5,0; 7,5 e 10 kg m<sup>-2</sup> produziram aumento linear da MSPA. Também foi obtido efeito positivo na MSPA de mudas de Flamboyant (*Delonix regia*), por Amador de Lucena et al. (2007), com mistura de solo com composto orgânico produzido em minhocário, na proporção de 1 parte de composto para 3 de solo, e de solo com lodo de esgoto em quantidade cujo conteúdo de nitrogênio na mistura fosse igual à da mistura com composto orgânico.

Com relação à massa seca acumulada nas raízes (MSR) até os 122 DAP, nenhum dos fatores, substrato ou lâmina de irrigação ou a interação entre eles, afetaram a acumulação de massa seca ( $p > 0,05$ ; Tabela 10). A análise da superfície de resposta também resultou em modelo não significativo ( $F = 1,21$ ;  $p = 0,3782$ ). A média geral de MSR foi de 4,30 g planta<sup>-1</sup>. No entanto, Queiroz (2012) encontrou efeito positivo do aumento da lâmina de irrigação sobre a massa seca acumulada em raízes de *P. aculeata* cultivada em substrato composto por uma mistura de terra, areia e esterco bovino curtido, na proporção de 6:3:1 em volume. Já, considerando o efeito da aplicação de resíduo orgânico no solo, em feijão-de-rola (*Macroptilium lathyroides*) o aumento das doses de esterco de ovino no solo de 0 até 40 t ha<sup>-1</sup> não produziu efeito significativo na MSR (VIEIRA et al., 2010).

Essa resposta não significativa do efeito dos tratamentos na MSR, mas significativa para MSF e MSC de *P. aculeata* pode estar relacionada às relações entre os nutrientes no substrato, pois, segundo Bovi et al. (1999), o suprimento inadequado de nutrientes, tanto pela falta quanto pelo excesso, pode alterar as relações entre a biomassa aérea e a radicular.

A não influência dos tratamentos na acumulação de massa seca em raízes resultou, como consequência, que o comportamento do acúmulo de massa seca na planta toda (MSPT) tenha seguido o da MSPA. Assim, os tratamentos de doses de CO + areia no substrato e de Li influenciaram significativamente a MSPT de forma individual (CO -  $p < 0,05$ ; Li -  $p < 0,01$ ), não sendo significativo o efeito da interação entre substrato e Li ( $p > 0,05$ ) (Tabela 10) pela análise de variância. No entanto, assim como para MSPA, o modelo de superfície de resposta foi significativo ( $p < 0,01$ ) e resultou na equação (18)

apresentada na Tabela 20. Das aplicações numérica e gráfica dessa equação por meio da superfície de resposta com isolinhas apresentadas na Figura 12 (A e B), verificou-se que para todos os percentuais de composto orgânico no substrato, o aumento da Li aumentou a MSPT. O maior valor MSPT foi obtido com a combinação da Li de 100% da Et<sub>0</sub> com a dose de 29% de CO (complementada com 31% de areia) no substrato; o menor valor encontrado foi com 60% de CO (0% de areia) e Li de 50% da Et<sub>0</sub>, resultados esses semelhantes aos encontrados para MSF e MSPA. Assim como para essas variáveis, o valor máximo potencial de MSPT não foi alcançado com as combinações de substratos e lâminas de irrigação aplicadas neste experimento. Provavelmente esse valor seria alcançado com valor de Li maior do que 100% da Et<sub>0</sub> em interação com o substrato composto por cerca de 30% de CO e 30% de areia média lavada misturados a 40% de solo argiloso (79,1% de argila).

Tabela 14. Massa seca da planta toda (MSPT; g planta<sup>-1</sup>) - Resumo da análise estatística e equação de regressão para a superfície de resposta (18), valores máximos e mínimos e respectivas combinações entre o percentual de composto orgânico na composição do substrato (x - composto - %) e lâminas de irrigação (y - lâmina - % Et<sub>0</sub>), aos 122 dias após o plantio das estacas.

Regressão	Valor de F	p	R <sup>2</sup>
Modelo ajustado	7,01**	0,0062	0,80
MSPT=13,469488+0,02066x-0,14978y-0,001711x <sup>2</sup> +0,000788xy+0,001718y <sup>2</sup> (18)			
	Acúmulo (g)		Mínimo
Valores estimados com a equação (18)	Máximo		Mínimo
	Máximo	Mínimo	Mínimo
	17,12	7,72	50% Et <sub>0</sub>
		( <sup>1</sup> ) 29% CO	( <sup>2</sup> ) 60% CO

\*\* Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F; (<sup>1</sup>) Substrato composto por 29% de CO + 31% de areia média lavada e 40% de solo argiloso (79,1% de argila); (<sup>2</sup>) Substrato composto por 60% de CO e 40% de solo argiloso (79,1% de argila).

O aumento da MSPT com o aumento da dose de CO no substrato até 18% para a Li de 50% e até 29% para a Li de 100% e a diminuição para percentuais de CO maiores do que os que, em cada Li, resultaram no maior valor de MSPT, podem provavelmente encontrar explicação nos argumentos apresentados por Corrêa et al. (2010), em experimento de adição de esterco no solo. Segundo esses autores, com aumento das dosagens de esterco, maiores teores de N e Mg (fazem parte da molécula de clorofila) estarão disponíveis e conseqüentemente maior atividade fotossintética ocorrerá; o K em maior disponibilidade eleva a translocação de açúcares para as regiões de crescimento; o fósforo fornece energia para diversos

processos metabólicos ligados ao crescimento das plantas. A dosagem de nutrientes deve ser equilibrada para obter uma produção ótima, sendo que déficits (lei do mínimo) ou excesso de nutrientes (lei do máximo) acarretam desordens no crescimento de plantas.

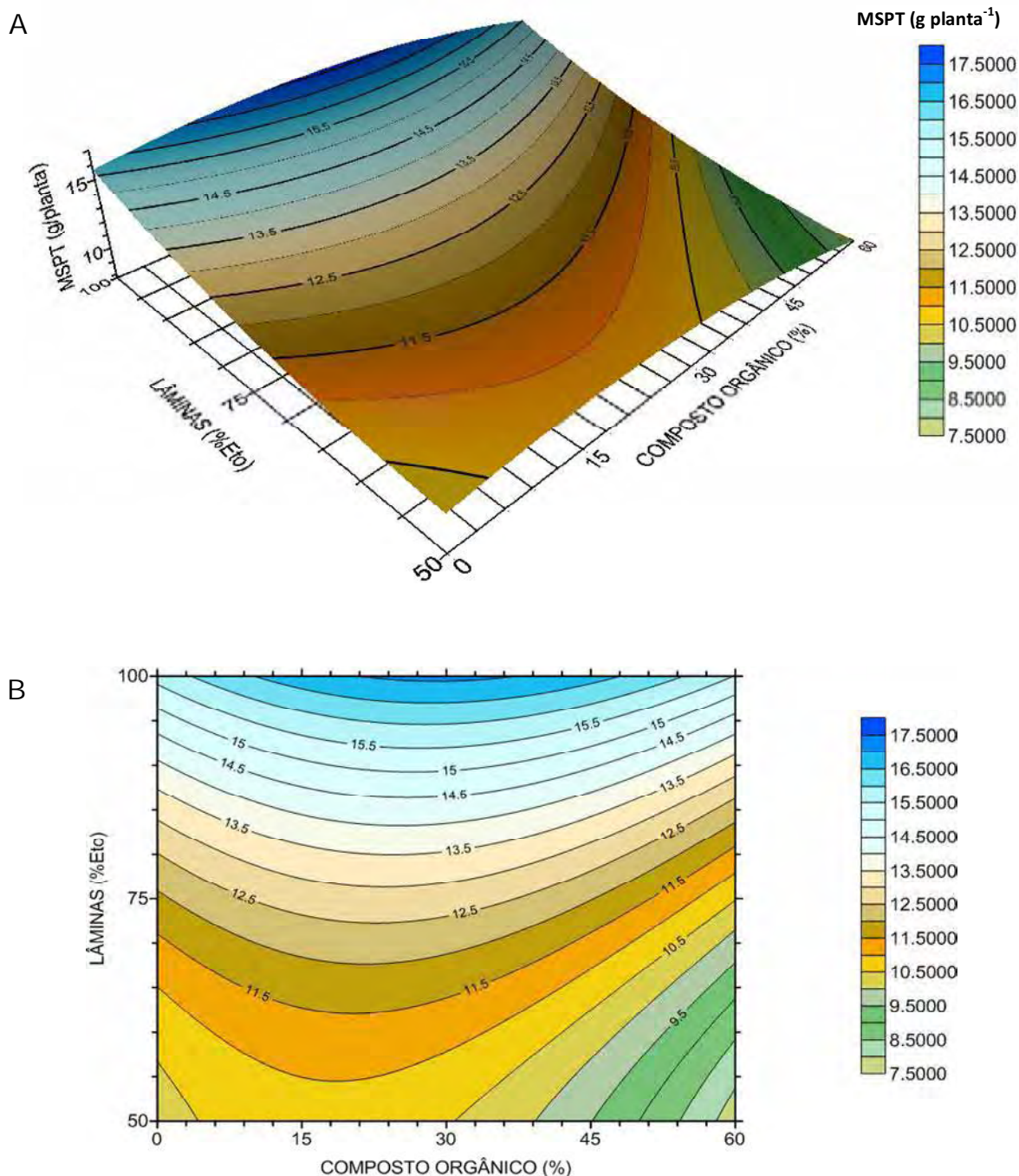


Figura 12. Superfície de resposta para acúmulo de massa seca da planta toda (MSPT) em função de doses de composto orgânico no substrato (%) e de lâminas de irrigação (% $E_{t_0}$ ), aos 122 DAP. **A** – superfície tridimensional com isolinhas; **B** – superfície bidimensional com isolinhas.

O efeito apenas da aplicação de lâminas crescentes de irrigação na produção de mudas de espécies florestais também tem sido estudado. Em eucalipto, Lopes, Guerrini e Saad (2007), utilizando lâminas de irrigação de 6 a 14 mm e substratos contendo casca de pinus, carvão, turfa e vermiculita, concluíram que maiores lâminas contribuíram mais para o desenvolvimento das mudas até os 108 dias após a semeadura.

Sabonaro e Galbiatti (2007), testando níveis de irrigação na produção de mudas de Ipê roxo em substratos constituídos de Plantimax<sup>®</sup>, composto de lixo, esterco, vermiculita e solo, observou que as mudas produzidas com a lâmina de irrigação de 150% da  $Et_0$ , medida por meio de um atmômetro, foram de melhor qualidade, avaliada por parâmetros biométricos, do que as produzidas com a lâmina de 100% da  $Et_0$ .

Considerando que, independentemente do tipo de substrato ou de solo, o aumento na quantidade de água aplicada resulta em aumento do potencial mátrico no substrato ou solo, pode-se afirmar que os resultados dos efeitos das lâminas de irrigação obtidos neste trabalho são consistentes com os obtidos por Queiroz (2012) com plantas da mesma espécie da deste experimento. O aumento do potencial mátrico de -70 kPa para -10 kPa resultou em ganho linearmente crescente de MST na planta de *P. aculeata*.

Interação entre lâminas de irrigação e composto orgânico também foi verificada por Fachini, Galbiatti e Pavani (2004) em mudas de laranjeira. Nesse trabalho, a lâmina de 150% da  $Et_0$  medida com um atmômetro, e substratos com doses de 20% e 40% de composto de lixo orgânico no substrato combinadas com 80% e 60% de casca de pinus, respectivamente, resultaram no maior desenvolvimento das mudas. As mudas submetidas à menor lâmina de irrigação (50% da  $Et_0$ ), independentemente das doses de composto de lixo orgânico, se desenvolveram menos em altura e em diâmetro do caule. Com as lâminas de 100% e 150% da  $Et_0$ , os substratos com 0% e 100% de composto de lixo orgânico foram os que resultaram em mudas menos desenvolvidas em diâmetro entre as demais dos outros substratos intermediários e atingiram o ponto de enxertia mais tardiamente.

Verifica-se, na literatura que doses de composto orgânico no substrato, acima de um determinado valor que depende o tipo de composto, podem ser prejudiciais ao desenvolvimento das plantas, mas esse valor limite também depende da espécie da planta. Assim como em laranjeiras, que doses de composto de lixo orgânico no substrato acima de 40% prejudicaram o desenvolvimento das mudas (FACHINI; GALBIATTI; PAVANI, 2004), em plantas de crisântemo, menor crescimento em altura ocorreu com doses de composto de lixo no substrato iguais ou maiores que 46%. Já em eucalipto (*Eucalyptus grandis*) produzidas em substrato composto por biossólido proveniente de estação de tratamento de esgoto, casca de arroz carbonizada e substrato comercial, as mudas foram prejudicadas com doses de biossólido iguais ou acima de 70% (TRIGUEIRO; GUERRINI, 2003).

#### **4.2 Teores e acúmulos de proteína, Ca e Fe nas folhas**

Sendo a folha a parte da planta de *P. aculeata* que é mais tradicionalmente consumida como alimento humano, “in natura” ou não, a sua composição nutricional como os teores de proteína, de Ca e de Fe, entre outros, assume grande importância. Na Tabela 15 verifica-se que enquanto o teor de Fe na folha foi influenciado significativamente apenas pelo percentual de CO no substrato ( $p < 0,01$ ), o teor de Ca foi influenciado também pelas Li, mas sem interação entre os dois fatores CO e Li ( $p > 0,05$ ).

##### **4.2.1 Teor e acúmulo de proteína nas folhas**

Com relação ao teor de proteína nas folhas, este foi influenciado pela interação dos dois fatores, composição do substrato e lâmina de irrigação ( $p < 0,05$ ) e o modelo de superfície de resposta foi significativo ( $p < 0,01$ ) e resultou na equação (19) expressa na Tabela 16.

Aplicando-se a equação (19) e analisando-se a Figura 13, verifica-se que o teor de proteína nas folhas teve comportamento quadrático em função da variação no percentual de CO no substrato dentro das Li. Os maiores teores, em cada Li, foram encontrados com percentuais de CO no substrato variando desde 50% (complementado com 10% de areia), na Li de 50% da  $Et_0$ , até 56% (complementado com 4% de areia), na Li de 100% da  $Et_0$ .



Tabela 15. Resumo da análise de variância para os teores e os acúmulos de proteína, de cálcio e de ferro em folhas de *Pereskia aculeata* Mill. aos 122 dias após o plantio das estacas.

Fontes de variação	Teor de Proteína	Teor de Cálcio	Teor de Ferro	Acúmulo de Proteína	Acúmulo de Cálcio	Acúmulo de Ferro
Substratos (S) (% CO)	g 100 g <sup>-1</sup>	g kg <sup>-1</sup>	mg kg <sup>-1</sup>	.....g g <sup>-1</sup> .....		
0	17,52	34,08	710,58	0,48	0,09	2,00
15	20,23	27,00	618,17	0,61	0,08	1,91
30	22,81	25,08	622,17	1,03	0,11	2,96
45	24,09	23,00	515,42	1,06	0,11	2,31
60	23,74	21,83	424,42	0,60	0,06	1,14
Teste F	8,14**	40,78**	12,06**	10,62**	5,18**	6,10**
Lâminas (Li) (%Et <sub>0</sub> )	g 100 g <sup>-1</sup>	g kg <sup>-1</sup>	mg kg <sup>-1</sup>	.....g g <sup>-1</sup> .....		
50	22,07	24,90	566,35	0,39	0,04	1,05
75	22,04	26,45	568,65	0,76	0,09	2,02
100	20,92	27,25	599,45	1,12	0,14	3,12
Teste F	86,24**	4,16*	0,56 <sup>NS</sup>	31,63**	40,23**	25,21**
Teste F (S x Li)	2,41*	1,48 <sup>NS</sup>	0,70 <sup>NS</sup>	2,95**	1,67 <sup>NS</sup>	1,27 <sup>NS</sup>
CV (%)	4,77	10,00	19,02	38,28	37,38	44,83

CV: Coeficiente de variação; \*\*, \*, <sup>NS</sup> Significativo aos níveis de probabilidade de 1%, 5% e não significativo, respectivamente, pelo teste F; CO: composto orgânico; Et<sub>0</sub>: evapotranspiração de referência.

Tabela 16. Teor de proteína em folha de *P. aculeata* (T Prot; g 100 g<sup>-1</sup>) - Resumo da análise estatística e equação de regressão para a superfície de resposta (19), valores máximos e mínimos e respectivas combinações entre o percentual de composto orgânico na composição do substrato (x - composto - %) e lâminas de irrigação (y - lâmina - % Et<sub>0</sub>), aos 122 dias após o plantio das estacas.

Regressão	F	p	R <sup>2</sup>
Modelo ajustado	34,56 **	< 0,0001	0,95
T Prot=15,724807 + 0,209154x + 0,092724y - 0,002349x <sup>2</sup> + 0,00054xy - 0,00088y <sup>2</sup> (19)			
Valores estimados com a equação (19)	Teor (g 100 g <sup>-1</sup> )		Mínimo
	Máximo	Mínimo	Máximo
	24,4	16,2	( <sup>1</sup> ) 52% CO 69% Et <sub>0</sub> ( <sup>2</sup> ) 0% CO 100% Et <sub>0</sub>

\*\* Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F; (<sup>1</sup>) Substrato composto por 52% de CO + 8% de areia média lavada e 40% de solo argiloso (79,1% de argila); (<sup>2</sup>) Substrato composto por 60% de areia lavada e 40% de solo argiloso (79,1% de argila).

O máximo teor potencial de proteína nas folhas (ponto de máximo da superfície de resposta) foi atingido dentro dos limites das combinações substratos x Li avaliadas, com 52% de CO (complementado com 8% de areia média) no substrato



e Li de 69% da  $ET_0$ . O teor menor foi resultado da combinação de 0% de CO (60% de areia média) no substrato com a Li de 100% de  $ET_0$  (Tabela 16 e Figura 13).

Em relação ao teor mínimo (0% de CO + 60% de areia média e Li de 100% da  $ET_0$ ) o maior valor alcançado (52% de CO + 8% de areia média e LI de 69% da  $Et_0$ ) representou acréscimo de cerca de 51% no teor de proteína nas folhas.

A análise conjunta do comportamento apresentado pelas isolinhas da Figura 13 (A e B) evidencia que o teor de proteína nas folhas foi mais fortemente influenciado pelo teor de CO combinado com teor de areia média no substrato do que pela Li dentro dos percentuais dos dois tratamentos avaliados neste experimento.

Redução no teor de proteína nas folhas com o aumento da Li em *P. aculeata* também foi verificada por Queiroz (2012). O acréscimo de 60% no volume de água aplicado resultante do aumento do potencial mátrico no substrato de -70 kPa para -10 kPa diminuiu linearmente ( $p < 0,01$ ) o teor de proteína em folhas de *P. aculeata* cultivada durante 120 dias em substrato composto por solo, areia média e esterco de bovino na proporção de 6:3:1 em volume.

O efeito positivo do aumento do teor de composto orgânico no teor de proteína nas folhas também foi verificado em alface. Os teores de proteína bruta da parte aérea de alface foram influenciados apenas pelas doses de composto orgânico e não pelas de adubação mineral. Os teores de proteína bruta cresceram linearmente com o aumento das doses de composto orgânico até 160 t ha<sup>-1</sup>. A cada aumento de 1 t ha<sup>-1</sup> de composto orgânico houve um incremento de 0,02% no teor de proteína bruta (SOUZA et al., 2005).

Resultados de outras pesquisas obtiveram teores muito variados de proteína em folhas de *P. aculeata*: 20,5% (TAKEITI et al., 2009), 24,73% (SILVA et al., 2005), 17,4% e 25,4% (ALMEIDA FILHO; CAMBRAIA, 1974), 14,1% e 24,0% (MORAES et al., 2010), 11,9% e 19,9% (QUEIROZ, 2012) e, nesta pesquisa, de 16,2% a 24,4%. Essas diferenças são devidas, provavelmente, a diferentes condições climáticas, oferta de água e de nutrientes, tempo de cultivo e forma de condução, o que sugere a necessidade da realização de mais pesquisas e publicação de material com orientações e informações consistentes sobre as qualidades e formas de produção e consumo dessa planta.

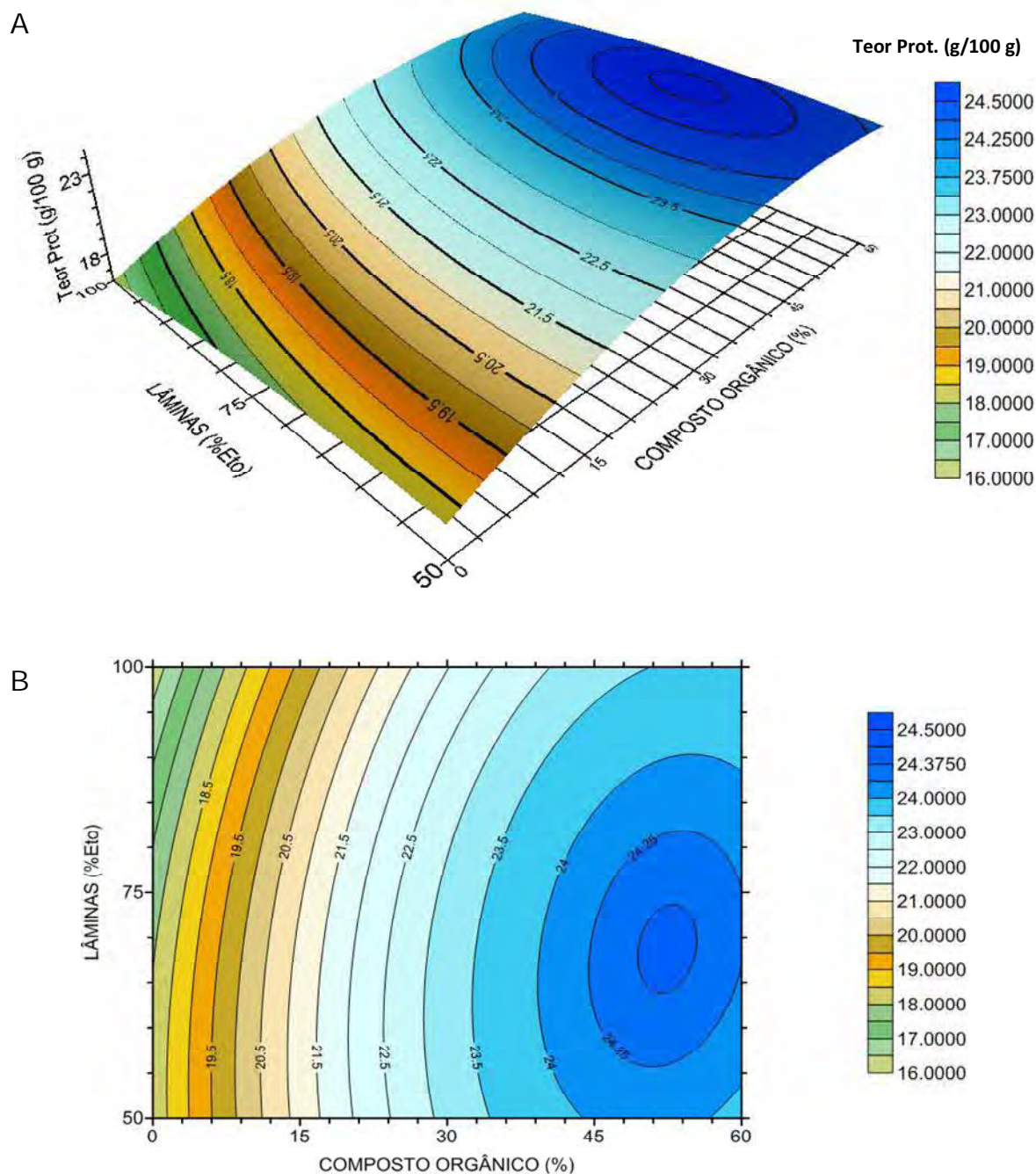


Figura 13. Superfície de resposta para teor de proteína em folhas de *P. aculeata* em função de doses de composto orgânico no substrato (%) e de lâminas de irrigação (%Et<sub>0</sub>), aos 122 DAP. **A** – superfície tridimensional com isolinhas; **B** – superfície bidimensional com isolinhas.

Os resultados positivos do aumento do teor de proteína com o aumento do percentual de CO no substrato até cerca de 53% de CO em média para as Li variando de 50% a 100% da Et<sub>0</sub> sugerem que o aumento nas doses do composto orgânico aumenta a disponibilidade de elementos no solo, como N, P, Mg e S

(Tabela 6) que, segundo Malavolta, Vitti e Oliveira (1997), quando absorvidos pelas plantas implicarão em maior produção de proteínas.

Os teores de proteína encontrados na massa seca de folhas de hortaliças convencionais bastante utilizadas na alimentação, segundo a Taco (2006) são muito variados. Na alface americana chega a 21,4%, na alface crespa a 33,3%, na chicória a 22,4%, na couve-flor a 26,4%, no repolho branco a 17,0% e na taioba a 26,8%. Isso indica que as folhas de *P. aculeata* possuem potencial para serem inseridas na dieta humana.

Com relação ao acúmulo de proteína nas folhas (Tabela 15), este foi influenciado pela interação dos dois fatores ( $p < 0,01$ ) e o modelo de superfície de resposta foi significativo ( $p < 0,01$ ) resultando na equação (20) expressa na Tabela 17. O resultado da aplicação dessa equação e a interpretação das isolinhas apresentadas na Figura 14 evidenciaram que a combinação de 40% de CO no substrato com a Li de 100% da  $ET_0$  resultou no acúmulo máximo de proteína nas folhas enquanto que o acúmulo mínimo foi resultado de 60% de CO com a Li de 50% da  $ET_0$ .

Como o acúmulo depende da massa seca produzida, as isolinhas de acúmulo de proteínas apresentadas na Figura 14 apresentam comportamento semelhante ao das isolinhas da superfície de resposta da MSF. Dessa forma, dentro das doses de CO + areia média no substrato o aumento da Li aumentou linearmente o acúmulo de proteína nas folhas enquanto que dentro das Li o aumento das doses de CO no substrato aumentou o acúmulo de proteína nas folhas segundo um comportamento quadrático. Os valores máximos para cada lâmina foi crescendo sendo atingido na Li de 50% com cerca de 30% de CO (e 30% de areia) até atingir o maior valor máximo na Li de 100% da  $Et_0$  combinada com 40% de CO (complementada com 20% de areia média) no substrato.

Tabela 17. Acúmulo de proteína em folha de *P. aculeata* (Ac. Prot.; g 100 g<sup>-1</sup>) - Resumo da análise estatística, equação de regressão para a superfície de resposta (20), valores máximos e mínimos e respectivas combinações entre o percentual de composto orgânico na composição do substrato (x – composto - %) e lâminas de irrigação (y – lâmina - %Et<sub>0</sub>), aos 122 dias após o plantio das estacas.

Regressão	F	p	R <sup>2</sup>
Modelo ajustado	7,13**	0,0058	0,80
Ac Prot.= -0,209293+0,016836x+0,008627y-0,000502x <sup>2</sup> +0,000238xy-0,000007528y <sup>2</sup> (20)			
Valores estimados com a equação (20)	Acúmulo (g 100 g <sup>-1</sup> )		Máximo
	Máximo	Mínimo	Mínimo
	1,40	0,12	( <sup>1</sup> ) 40% CO 100% Et <sub>0</sub> ( <sup>2</sup> ) 60% CO 50% Et <sub>0</sub>

\*\* Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F; (<sup>1</sup>) Substrato composto por 40% de CO + 20% de areia média lavada e 40% de solo argiloso (79,1% de argila); (<sup>2</sup>) Substrato composto por 60% de CO e 40% de solo argiloso (79,1% de argila).

Em comparações bioquímicas entre hortaliças produzidas nos sistemas de cultivo orgânico e convencional, Rossetto et al. (2008) verificou que a tendência do perfil dos produtos obtidos utilizando-se adubação orgânica é de maiores acúmulos de substâncias denominadas como nutracêuticas, como o da proteína, e da não interferência na composição centesimal (teores).

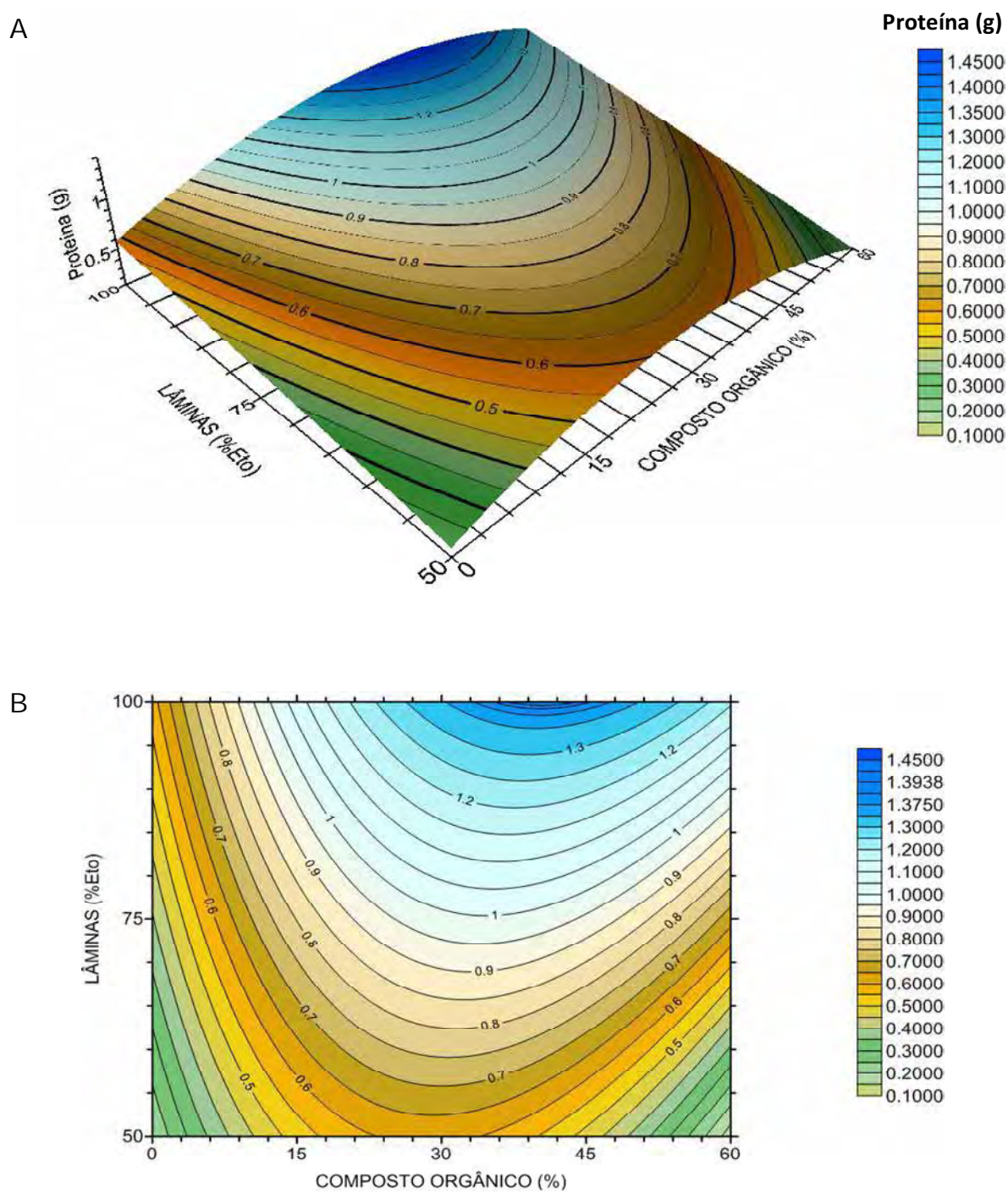


Figura 14. Superfície de resposta para acúmulo de proteína em folhas de *P. aculeata* em função de doses de composto orgânico no substrato (%) e de lâminas de irrigação (%Et<sub>0</sub>), aos 122 DAP. **A** – superfície tridimensional com isolinhas; **B** – superfície bidimensional com isolinhas.

#### 4.2.2 Teor e acúmulo de cálcio (Ca) nas folhas

Quanto ao teor de Ca nas folhas, embora a análise de variância tenha indicado que não houve interação significativa entre percentual de CO no substrato e as Li (Tabela 18), a análise de superfície de resposta resultou em modelo significativo ( $p < 0,01$ ), cuja equação (21) está apresentada na Tabela 18 e a representação gráfica nas isolinhas da Figura 15.

A aplicação da equação (21) permitiu detectar que o teor máximo de Ca ocorreu com a combinação da Li de 90% da  $Et_0$  com 0% de CO no substrato, enquanto que a combinação da menor Li (50% da  $Et_0$ ) com a maior concentração de CO no substrato (60%) (Figura 15) resultou no menor teor de Ca nas folhas.

Tabela 18. Teor de cálcio em folha de *P. aculeata* (Ca;  $g\ kg^{-1}$ ) - Resumo da análise estatística e equação de regressão para a superfície de resposta (21), valores máximos e mínimos e respectivas combinações entre o percentual de composto orgânico na composição do substrato (x - composto - %) e lâminas de irrigação (y - lâmina - %  $Et_0$ ), aos 122 dias após o plantio das estacas.

Regressão	Valor de F	p	R <sup>2</sup>
Modelo ajustado	20,94 **	0,0001	0,92
Ca = 29,091667 - 0,484722x + 0,108y + 0,003704x <sup>2</sup> + 0,000976xy - 0,0006y <sup>2</sup> (21)			
	Teor ( $g\ kg^{-1}$ )	Máximo	Mínimo
Valores estimados com a equação (21)	Máximo	Substrato	Lâmina
	Mínimo	Substrato	Lâmina
	34,0	20,2	( <sup>1</sup> ) 0% CO 90% $Et_0$ ( <sup>2</sup> ) 60% CO 50% $Et_0$

\*\* Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F; (<sup>1</sup>) Substrato sem CO + 60% de areia média lavada e 40% de solo argiloso (79,1% de argila); (<sup>2</sup>) Substrato composto por 60% de CO e 40% de solo argiloso (79,1% de argila).

O aumento do percentual de CO para todas as Li provocou a redução do teor de Ca nas folhas. As reduções percentuais maiores ocorreram com o acréscimo de 0% para 15% de CO e foram gradualmente reduzindo com o aumento de CO. Dentro dos percentuais de CO o aumento de Li, aumentou percentualmente mais o teor de Ca com o aumento da Li de 50% para 75% e menos de 75% para 100% da  $Et_0$ , excetuando-se em 0% de CO em que de 90% para 100% da  $Et_0$  houve redução no teor de Ca. Esses acréscimos foram pequenos mas crescentes com o aumento do conteúdo de CO no substrato. As reduções percentuais do teor de Ca em função do aumento do percentual de CO no substrato foram mais acentuadas do que os acréscimos devidos ao aumento da Li.



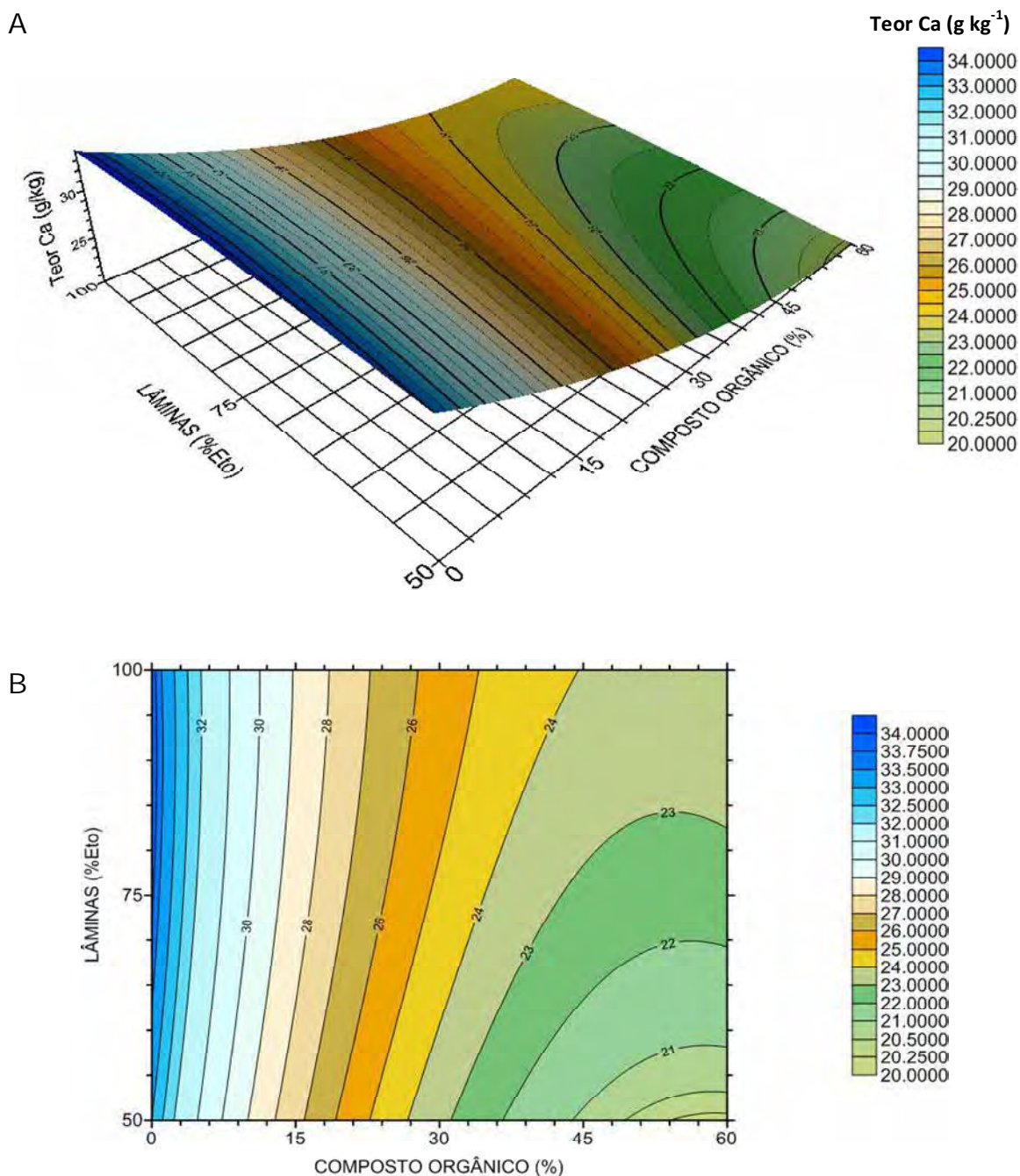


Figura 15. Superfície de resposta para teor de Ca em folhas de *P. aculeata* em função de doses de composto orgânico no substrato (%) e de lâminas de irrigação (% $\text{Et}_0$ ), aos 122 DAP. **A** – superfície tridimensional com isolinhas; **B** – superfície bidimensional com isolinhas.

Tal comportamento fica evidenciado na Figura 15 pela maior verticalidade das isolinhas ou maior paralelismo destas em relação ao eixo das lâminas de irrigação (Li), indicando que a variação do teor de Ca nas folhas foi mais fortemente influenciada pelo conteúdo de CO do que pela Li.

A redução nos teores de Ca com o aumento das doses de CO no substrato pode ser explicada pelo efeito da interação entre K e Ca, uma vez que, conforme a Tabela 6 (nutrientes após incubação) com o aumento das doses de CO no substrato, de 0% para 60%, o percentual de aumento nos teores de K foi, aproximadamente, de 2.500%, enquanto o do Ca foi menor, aproximadamente, de 1.190%. Esse grande incremento de K, segundo Prado (2008), causa decréscimo nos teores de Ca e Mg que, em doses extremas pode provocar a queda na produção. Nesse sentido, teores foliares de até 1,8 % de K proporcionam diminuição aceitável de Ca e Mg foliar com produção satisfatória. Entretanto, níveis mais altos de K levam à queda muito acentuada nos teores de Ca e Mg foliar, de forma que deve ser evitada no manejo da adubação.

Embora o efeito das lâminas tenha sido significativo (Tabela 15), sua influência na variação do teor de Ca nas folhas foi menos importante do que a das doses de CO no substrato. Queiroz (2012) observou que o teor de cálcio em folhas de ora-pro-nóbis não foi influenciado pelos potenciais mátricos no solo, quando estes variaram de - 10 kPa a - 70 kPa.

No que se refere ao teor de Ca na folha mesmo tendo ocorrido uma redução, de forma significativa, com o aumento de CO de 0% para 60% na constituição do substrato, com resultados variando de 33,9 para 20,2 g kg<sup>-1</sup> nas folhas (Tabela 28), esses valores podem ser considerados satisfatórios, pois segundo Kerbauy (2004) a demanda de Ca pelas plantas, para um crescimento ótimo, está dentro da faixa de concentração de 10 a 50 g kg<sup>-1</sup> de matéria seca, dependendo da espécie e da parte da planta. Almeida Filho e Cambraia (1974) encontraram valores entre 28 e 34 g kg<sup>-1</sup> em folhas de *P. aculeata*.

O composto orgânico, obtido da compostagem de resíduos sólidos, ao serem utilizados para produção vegetal, auxiliam na manutenção da agregação, no aumento da CTC, na capacidade de retenção de água, K, Ca e Mg trocável, na redução da lixiviação de nutrientes e na diminuição da toxicidade de Al e Mn, além de desempenharem a função dos corretivos, elevando os teores dos cátions trocáveis, de modo equivalente ou superior às aplicações de calcário. Todavia, aplicações sucessivas e em elevadas doses do composto de lixo sem o devido monitoramento, podem causar efeitos negativos ao solo e às plantas (ABREU



JÚNIOR; MURAOKA; OLIVEIRA, 2001).

Nos estudos de Souza et al. (2005), os teores foliares de cálcio nas plantas de alface não foram influenciados pelas doses de composto orgânico, e pela presença de adubo mineral. Os valores médios de cálcio da parte aérea da alface oscilaram de 11,7 a 13,7 mg kg<sup>-1</sup> de massa seca.

Rodrigues e Casali (1991) e Vidigal et al. (1995) constataram, também em alface, decréscimos nos teores de cálcio na parte aérea das plantas, com a elevação das doses de composto orgânico.

Aplicando irrigação com efluente de esgoto tratado em lâminas correspondentes a 0%, 100%, 125%, 150% e 200% da necessidade hídrica da cultura, em experimento com cana de açúcar no campo, Blum, Melfi e Montes (2012) verificaram que as concentrações de Ca nos tecidos foram influenciadas positivamente pelo aumento da lâmina de irrigação.

Considerando o acúmulo de Ca nas folhas, como esta variável depende da massa seca acumulada nas folhas (MSF), tanto o percentual de CO no substrato quanto as Li tiveram efeito significativo ( $p < 0,01$ ), mas embora a análise de variância tenha indicado que não houve interação significativa entre percentual de CO no substrato e as Li (Tabela 15), a análise de superfície de resposta resultou em modelo significativo ( $p < 0,01$ ), cuja equação (22) está apresentada na Tabela 19 e a representação gráfica nas isolinhas da Figura 16. Os acúmulos máximo (0,1564 g) e mínimo (0,0071 g) (Tabela 19) foram obtidos, respectivamente, com as combinações de 31% de CO com Li de 100% da Et<sub>0</sub> e 60% de CO e Li de 50% da Et<sub>0</sub>.

Tabela 19. Acúmulo de cálcio em folha de *P. aculeata* (Ac. Ca; g) - Resumo da análise estatística, equação de regressão para a superfície de resposta (22), valores máximos e mínimos e respectivas combinações entre o percentual de composto orgânico na composição do substrato (x – composto - %) e lâminas de irrigação (y – lâmina - %Et<sub>0</sub>), aos 122 dias após o plantio das estacas.

Regressão	F	p	R <sup>2</sup>
Modelo ajustado	8,27**	0,0035	0,82
Ac. Ca = $-0,011642 + 0,000719x + 0,001041y - 0,000035568x^2 + 0,000014654xy + 0,000003036y^2$ (22)			
Valores estimados com a equação (22)	Acúmulo (g kg <sup>-1</sup> )		Máximo
	Máximo	Mínimo	Mínimo
	0,1564	0,0071	( <sup>1</sup> ) 31% CO 100% Et <sub>0</sub> ( <sup>2</sup> ) 60% CO 50% Et <sub>0</sub>

\*\* Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F; (<sup>1</sup>) Substrato com 31% de CO + 29% de areia média lavada e 40% de solo argiloso (79,1% de argila); (<sup>2</sup>) Substrato composto por 60% de CO e 40% de solo argiloso (79,1% de argila).

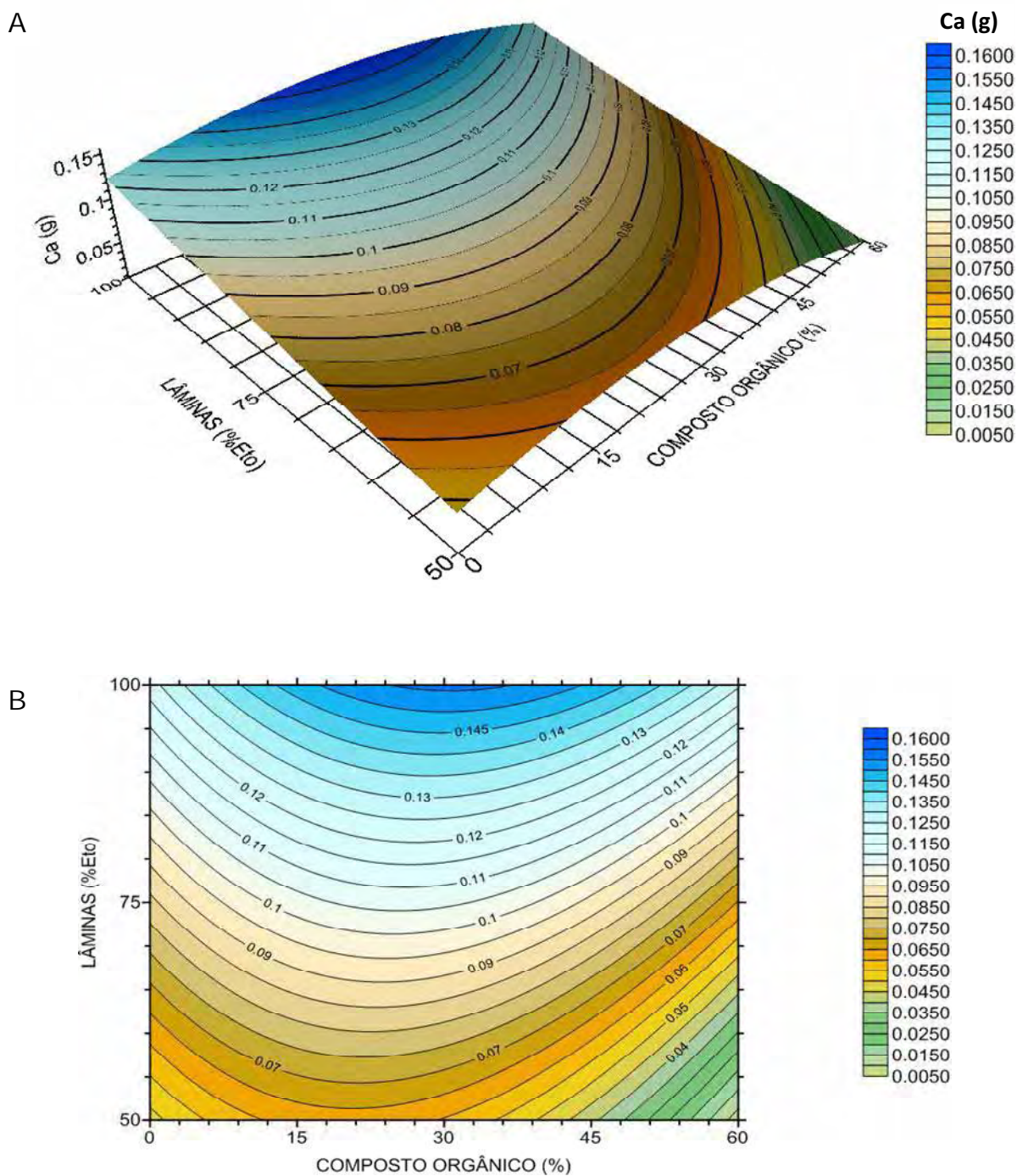


Figura 16. Superfície de resposta para acúmulo de Ca em folhas de *P. aculeata* em função de doses de composto orgânico no substrato (%) e de lâminas de irrigação (% $Et_0$ ), aos 122 DAP. **A** – superfície tridimensional com isolinhas; **B** – superfície bidimensional com isolinhas.

Analisando-se a Figura 16 (A e B) e comparando-a com a Figura 9 (A e B), verifica-se a clara influência da resposta da MSF nos resultados de acúmulo de Ca

como resposta dessa variável aos fatores Li e composição do substrato.

Em todos os percentuais de CO + areia média no substrato o aumento das Li aumentou o Ca acumulado nas folhas por que a MSF aumentou proporcionalmente mais do que a pequena redução nos teores de Ca verificados com o aumento das Li (Tabela 18 – equação (21) e Figura 15).

Dentro das Li os valores máximos de acúmulo de Ca ocorreram com doses crescentes de CO a partir de 21% de CO (39% de areia média) para a Li de 50% da Et<sub>0</sub> até 31% de CO (29% de areia média) no substrato.

#### 4.2.3 Teor e acúmulo de ferro (Fe) nas folhas

Na Tabela 15 verificou-se, pela análise de variância, que somente o percentual de CO no substrato teve efeito significativo no teor de Fe nas folhas, mas o modelo de superfície de resposta foi significativo ( $p < 0,01$ ) e a aplicação da equação (23) resultante possibilitou a determinação da combinação de CO e Li que produziram os teores máximo e mínimo (Tabela 20), os quais foram obtidos, o máximo ( $724,05 \text{ mg kg}^{-1}$ ) com 0% de CO e Li de 100% da Et<sub>0</sub>, e o mínimo ( $415,88 \text{ mg kg}^{-1}$ ) com 60% de CO e Li de 65% da Et<sub>0</sub> (Tabela 20).

Tabela 20. Teor de ferro em folha de *P. aculeata* (T Fe;  $\text{mg kg}^{-1}$ ) - Resumo da análise estatística e equação de regressão para a superfície de resposta (23), valores máximos e mínimos e respectivas combinações entre o percentual de composto orgânico na composição do substrato (x - composto - %) e lâminas de irrigação (y - lâmina - % Et<sub>0</sub>), aos 122 dias após o plantio das estacas.

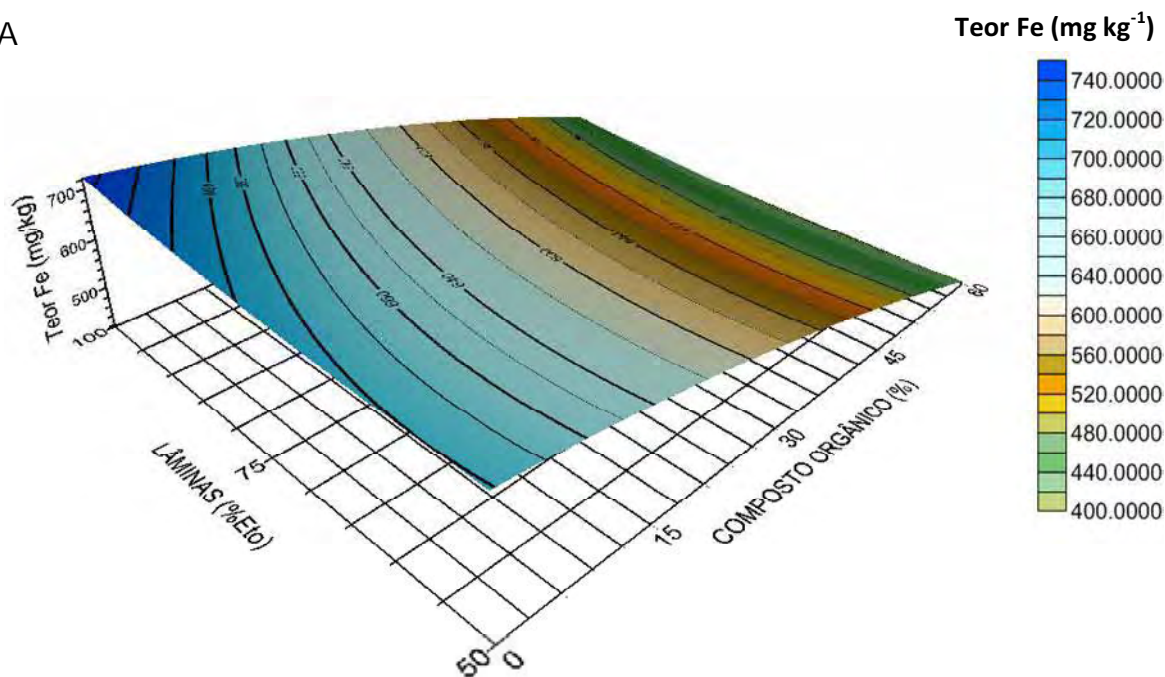
Regressão	Valor de F	p	R <sup>2</sup>
Modelo ajustado	10,96 **	0,0013	0,86
$Fe = 751,85 - 1,945x - 2,558y - 0,034259x^2 - 0,006667xy + 0,0228y^2$ (23)			
	Teor ( $\text{mg kg}^{-1}$ )		Mínimo
Valores estimados com a equação (23)	Máximo		Mínimo
	Máximo	Mínimo	Mínimo
	724,05	415,88	( <sup>1</sup> ) 0% CO 100% Et <sub>0</sub> ( <sup>2</sup> ) 60% CO 65% Et <sub>0</sub>

\*\* Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F; (<sup>1</sup>) Substrato sem CO + 60% de areia média lavada e 40% de solo argiloso (79,1% de argila); (<sup>2</sup>) Substrato composto por 60% de CO e 40% de solo argiloso (79,1% de argila).

A análise das isolinhas de teor de Fe em função do CO e da Li apresentadas na Figura 17 evidencia que o efeito das Li foi mais importante para percentuais de CO menores do que 15%. Na medida em que o percentual de CO no substrato vai aumentando as isolinhas vão se tornando mais verticalizadas, mais paralelas ao eixo

das lâminas o que caracteriza a diminuição do efeito das Li.

A



B

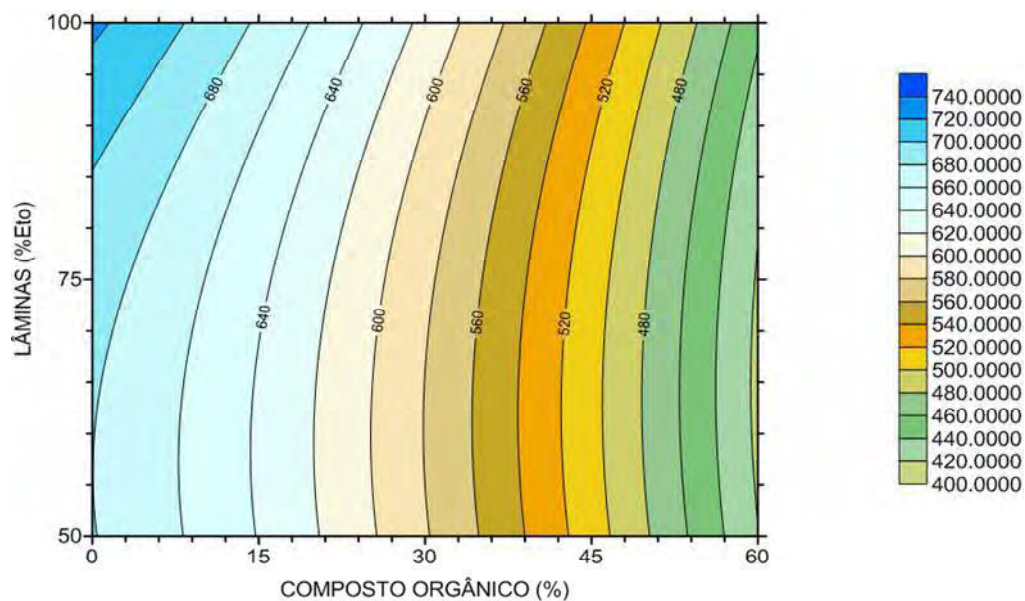


Figura 17. Superfície de resposta para teor de Fe em folhas de *P. aculeata* em função de doses de composto orgânico no substrato (%) e de lâminas de irrigação (%Et<sub>0</sub>), aos 122 DAP. **A** – superfície tridimensional com isolinhas; **B** – superfície bidimensional com isolinhas.

O efeito das Li dentro de cada percentual de CO no substrato foi de aumento do teor de Fe com o aumento da Li. No entanto, o decréscimo no teor de Fe nas folhas em função do aumento de CO, verificado para todas as Li, foi mais acentuado.

Dentre os constituintes das folhas de *P. aculeata*, o ferro, juntamente com as proteínas, é um dos nutrientes que despertam mais interesse visto que atua no combate e prevenção à anemia.

Os teores médios de ferro encontrados nas folhas de *P. aculeata* obtidas neste trabalho (415,9 a 724,1 mg kg<sup>-1</sup>; Tabela 20) são bastante elevados se comparados com os teores em folhas de algumas hortaliças convencionais relacionadas na Taco (2006), conhecidas pela maior parte da população, como a alface americana (107), a alface crespa (102), a chicória (102), a couve-flor (69), o repolho branco (38) e a taioba (176).

De acordo com Bataglia (1991) citado por Borkert et al. (2001), são considerados teores médios de Fe nas plantas entre 50 e 250 mg kg<sup>-1</sup>, sendo que valores acima de 1000 mg kg<sup>-1</sup> geralmente são associados à toxicidade.

A redução do teor de Fe nas folhas com o aumento da dose do composto orgânico no substrato pode ser explicada pela interação P-Fe que, segundo Kabata-Pendias e Pendias (1985), citados por Borkert et al. (2001), comumente ocorre tanto no metabolismo da planta como no solo. Nos substratos utilizados nesta pesquisa, o incremento nas concentrações de P com o aumento nas doses de CO de 0% para 60%, foi de aproximadamente 1553% (17,1 para 248,5 mg dm<sup>-3</sup>, respectivamente; Tabela 13). A afinidade entre Fe<sup>3+</sup> e H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup> é alta e, dessa forma, a precipitação de FePO<sub>4</sub>.H<sub>2</sub>O pode facilmente ocorrer sob condições favoráveis. Assim os ânions fosfato competem com a planta em relação ao ferro e isso interfere não só na absorção, mas também no transporte interno do nutriente. Para Elliott e Lauchli, 1985, citados por Borkert et al. (2001), entre os mecanismos propostos para explicar o decréscimo da absorção de ferro pelas plantas, em condições de elevados teores de fósforo, incluem-se a imobilização do ferro na solução do solo, a inibição da absorção de ferro pelas raízes e transporte das raízes até a parte aérea e, segundo Dekock et al. (1979), também citado por Borkert et al. (2001), a inativação do ferro na planta.

Os substratos testados neste experimento apresentavam níveis crescentes de manganês em função do aumento do porcentual de CO (Tabela 10), cuja análise inicial indicou  $706 \text{ mg kg}^{-1}$  (Tabela 12), que podem ser considerados altos visto que segundo Silva (1976), Foy et al. (1988) e Pavan e Bingham (1981), citados por Borkert et al. (2001), existem grandes diferenças entre as espécies de plantas na absorção de manganês mas, por exemplo, para as cultivares comerciais do cafeeiro as faixas de nível tóxico se iniciam a partir de  $400 \text{ mg kg}^{-1}$ , no solo. Ainda, segundo Olsen (1972), também citado por Borkert et al. (2001) a interação Fe – Mn é bastante comum, sendo que a toxicidade do Mn é associada com menor absorção e transporte de ferro. Portanto os níveis elevados de Mn podem ter influenciado no decréscimo do teor de Fe com o aumento das doses de CO nos substratos avaliados.

De acordo com Kabata-Pendias e Pendias (1985), citados por Borkert et al. (2001), quantidades excessivas de Mn, assim como de metais pesados, níquel e cobalto em particular, causam redução na absorção e na translocação de ferro e resultam em decréscimo no teor de clorofila.

Blum, Melfi e Montes (2012), em experimento com cana de açúcar no campo, aplicando irrigação com efluente de esgoto tratado em lâminas correspondentes a 0%, 100%, 125%, 150% e 200% da necessidade hídrica da cultura, verificou que as concentrações de Fe nos tecidos não foram influenciadas pela irrigação.

Na Tabela 15 verificou-se, pela análise de variância, que tanto as variações do porcentual de CO no substrato quanto nas Li tiveram efeito significativo ( $p < 0,01$ ) no acúmulo de Fe nas folhas, sendo que o modelo de superfície de resposta (Figura 18) foi significativo ( $p < 0,01$ ) e a aplicação da equação (24) resultante possibilitou a determinação da combinação de CO e Li que produziram os acúmulos máximo e mínimo (Tabela 21), os quais foram obtidos, o máximo (3,67) com 28% de CO e Li de 100% da  $Et_0$ , e o mínimo (0,11) com 60% de CO e Li de 50% da  $Et_0$  (Tabela 21).

Tabela 21. Acúmulo de ferro em folha de *P. aculeata* (Ac. Fe; mg kg<sup>-1</sup>) - Resumo da análise estatística, equação de regressão para a superfície de resposta (24), valores máximos e mínimos e respectivas combinações entre o percentual de composto orgânico na composição do substrato (x – composto - %) e lâminas de irrigação (y – lâmina - %Et<sub>0</sub>), aos 122 dias após o plantio das estacas.

Regressão	F	p	R <sup>2</sup>
Modelo ajustado	7,24**	0,0056	0,80
Ac. Fe = -0,434961+0,052081x+0,021338y-0,001222x <sup>2</sup> + 0,000166xy + 0,000101y <sup>2</sup> (24)			
	Acúmulo (mg kg <sup>-1</sup> )		Mínimo
Valores estimados com a equação (24)	Máximo		Mínimo
	Máximo	Mínimo	Mínimo
	3,67	0,11	( <sup>1</sup> ) 28% CO 100% Et <sub>0</sub> ( <sup>2</sup> ) 60% CO 50% Et <sub>0</sub>

\*\* Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F; (<sup>1</sup>) Substrato com 28% CO + 32% de areia média lavada e 40% de solo argiloso (79,1% de argila); (<sup>2</sup>) Substrato composto por 60% de CO e 40% de solo argiloso (79,1% de argila).



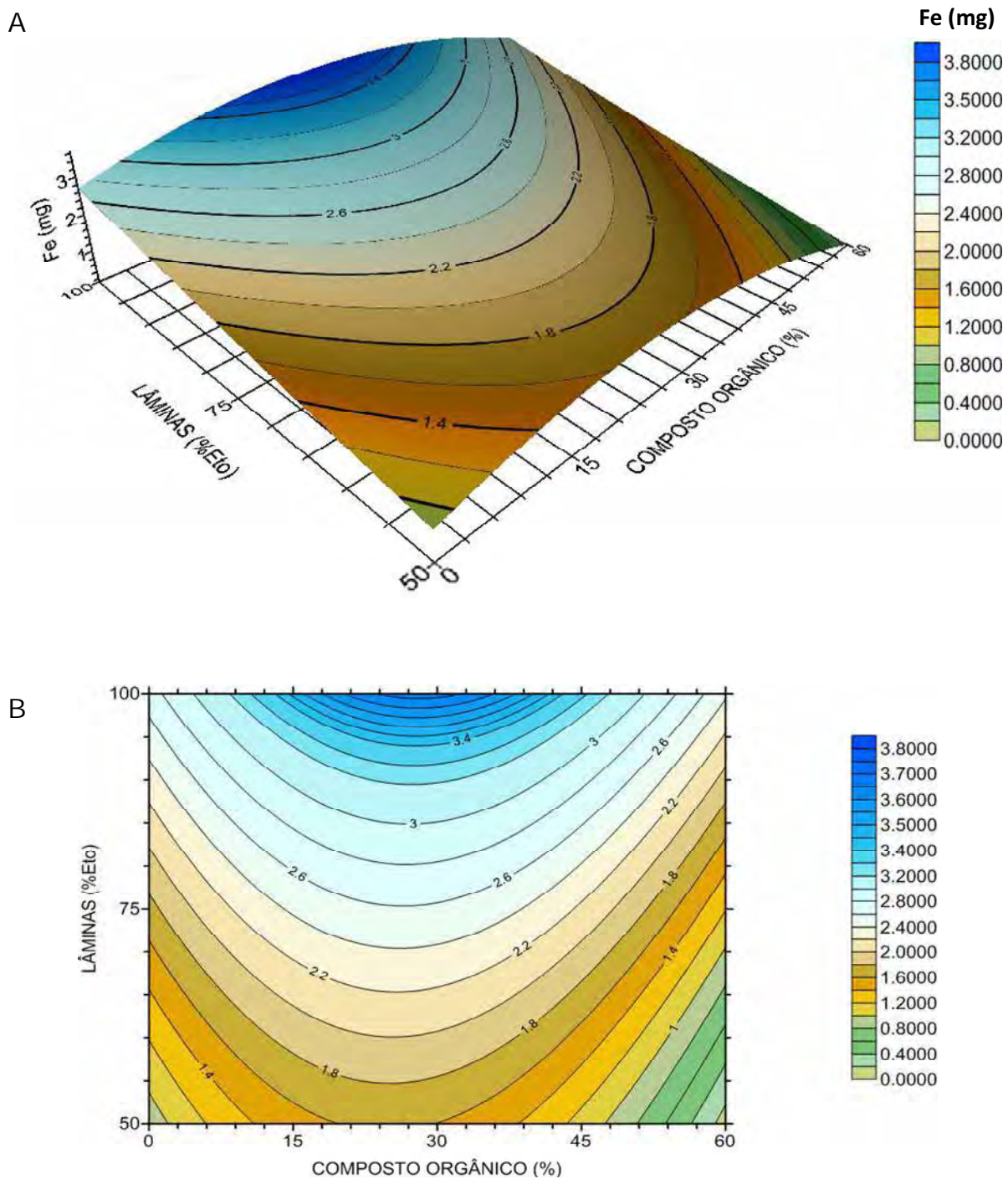


Figura 18. Superfície de resposta para acúmulo de Fe em folhas de *P. aculeata* em função de doses de composto orgânico no substrato (%) e de lâminas de irrigação (%Et<sub>0</sub>), aos 122 DAP. **A** – superfície tridimensional com isolinhas; **B** – superfície bidimensional com isolinhas.



### 4.3 Considerações Gerais

Vários resultados de pesquisas apontam as vantagens e a necessidade da aplicação, nos solos e na preparação de substratos, de composto orgânico produzido por meio da compostagem de resíduos sólidos orgânicos gerados pelas atividades antrópicas. Algumas delas são: a manutenção da umidade, possibilitando a redução da utilização de água de irrigação; o aumento da fertilidade uma vez que, normalmente, são utilizados resíduos orgânicos ricos em macro e micronutrientes, possibilitando redução no custo de produção principalmente porque pode substituir em grande parte o calcário que seria aplicado e diminuir a necessidade de aplicação de adubo mineral. O composto orgânico funciona também como um adubo de liberação lenta de nutrientes, melhora a estrutura física do solo aumentando a sua capacidade de drenagem e de absorção e adsorção de água que ficará disponível por mais tempo para as raízes das plantas e, ainda, evitando a perda de nutrientes por lixiviação; o aumento das atividades biológicas uma vez que o ambiente fica propício ao desenvolvimento dos microrganismos responsáveis por grande parte dos processos que promovem a disponibilização, por meio da mineralização, de nutrientes na forma adequada para a absorção pela planta. Tudo isso resulta numa melhoria da dinâmica dos nutrientes no solo que culminará no aumento da produção da cultura, tanto no que se refere à quantidade de biomassa quanto aos teores de nutriente e de substâncias importante para a nutrição humana e animal.

No entanto, são necessários vários cuidados com a aplicação de um composto orgânico no solo principalmente quanto à origem dos resíduos utilizados na sua preparação e quanto às doses utilizadas para a produção vegetal, independente se a produção do mesmo é realizada em grande escala industrialmente ou a nível doméstico. Furtini Neto e Tokura (2000) afirmam que o excesso de um nutriente no solo reduz a eficácia de outros e, por conseguinte pode diminuir o rendimento das culturas. Portanto, além de análises do composto orgânico para a verificação da presença de patógenos, também são necessárias análises para a detecção de elementos potencialmente tóxicos e dos teores dos macro e micronutrientes, uma vez que doses muito elevadas podem levar à toxidez ou à interação negativa entre alguns deles.

Normalmente ainda é mais comum a utilização de composto orgânico em viveiros de produção de mudas, na horticultura e em projetos de menor escala de pequenas propriedades, uma vez que o processo de compostagem se torna mais barato com a utilização dos resíduos produzidos no local ou próximo, pois quase sempre o transporte e a utilização de embalagens elevam o seu custo ao ponto de inviabilizar sua utilização para produção comercial.

A planta de *P. aculeata*, por ser uma cactácea encontrada espontaneamente no cerrado, é tida como um planta rústica e tolerante ao déficit hídrico no solo. No entanto, verifica-se que esta espécie responde positivamente ao incremento de água no solo em termos de produção de massa e de acúmulo de nutrientes, sendo portanto, recomendado o uso da irrigação e de manejo da irrigação a fim de evitar o déficit hídrico no solo ou no substrato, em cultivos sistematizados com finalidade de exploração comercial desta planta.

## 5 CONCLUSÕES

Considerando os limites de lâmina de irrigação e de doses de composto orgânico no substrato, os quais delinearão os tratamentos neste experimento, para a produção de mudas de *Pereskia aculeata* por meio de estacas caulinares, as principais conclusões que podem ser evidenciadas são:

Excetuando-se em raízes, a acumulação de massa seca nas partes e na planta toda é influenciada pela interação entre lâminas de irrigação e doses de composto orgânico no substrato e que o aumento das lâminas de irrigação de 50% para 100% da evapotranspiração de referência ( $E_{t_0}$ ) foi mais importante para o ganho de massa seca na planta do que o aumento no substrato das doses do composto orgânico. Doses acima de 30% do composto orgânico utilizado são prejudiciais à acumulação de massa seca nas plantas dessa espécie enquanto que o aumento da lâmina de 50% para 100% da  $E_{t_0}$  incrementou o ganho de massa seca;

Com relação à qualidade nutricional da folha, os teores de proteína, de cálcio (Ca) e de Ferro (Fe) foram influenciados pela interação entre os fatores lâmina de irrigação e doses do composto no substrato. No entanto, o aumento nas doses do composto teve mais influência do que o aumento nas lâminas de irrigação.

Para os teores de proteína nas folhas, as lâminas de irrigação apresentam efeito depressivo, principalmente nas menores doses do composto orgânico até 30% deste, a partir do qual o efeito das lâminas torna-se positivo com o aumento até 69% da  $E_{t_0}$  e negativo a partir daí até 100% da  $E_{t_0}$ . Para todas as lâminas de irrigação avaliadas, o teor de proteína na folha aumenta com o aumento da dose do composto orgânico no substrato até 52%. Dessa dose em diante, o aumento causa efeito depressivo;

Com relação ao Ca na folha, o aumento da dose do composto orgânico no substrato reduziu o teor de Ca para todas as lâminas de irrigação aplicadas, e estas, dentro de cada dose do composto, praticamente não afetam o teor de Ca na folha até, aproximadamente, 15% do composto orgânico no substrato. A partir desse valor de composto, o aumento da lâmina de irrigação passa a ter efeito positivo mais

pronunciado no teor de Ca, enquanto que o aumento da dose do composto orgânico continua a exercer efeito negativo.

O teor de Fe diminui acentuadamente com o aumento da dose do composto orgânico para todas as lâminas de irrigação e o efeito do aumento da lâmina de irrigação é positivo e menos pronunciado na medida em que aumenta a dose do composto orgânico.

## 6 REFERÊNCIAS

ABREU JUNIOR, C. H.; MURAOKA, T.; OLIVEIRA, F. C. Condutividade elétrica, reação do solo e acidez potencial em solos adubados com composto de lixo. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, v. 24, p. 635-657, 2000.

ABREU JÚNIOR, C. H.; MURAOKA, M.; OLIVEIRA, F. C. Cátions trocáveis, capacidade de troca de cátions e saturação por bases em solos brasileiros adubados com composto de lixo urbano. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 58, n. 4, p. 813-824, 2001.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil - 2009**. Brasília, DF, 2009. 203 p. p. 51-75.

ALBUQUERQUE, M. G. P. T.; SABAA SRUR, A. U. O.; FREIMAN, L. O. Composição centesimal e escore de amino-ácidos em três espécies de ora-pro-nobis (*Pereskia aculeata* Mill. *P. bleu* De Candolle e *P. pereskia* (L) Karsten). **Boletim da Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 25, n. 1, p. 7-12, 1991.

ALLEN R. G.; PEREIRA L. S.; RAES D.; SMITH M.; **Evapotranspiración del cultivo**: guia para la determinación de los requerimientos de água de los cultivos. (Estudio FAO Riego y Drenaje , 56).Roma: FAO, 2006. 298 p. p. 01-86.

ALMEIDA FILHO, J.; CAMBRAIA, J. Estudo do valor nutritivo do "Ora-Pro-Nobis". **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 21, n. 114, p. 105-111, 1974.

AMADOR DE LUCENA, A. M.; CARVALHO GUERRA, H. O.; GARÓFALO CHAVES, L. H. e COSTA, F. X. Influência da natureza do substrato e da água de irrigação no crescimento de mudas de flamboyant (*Delonix regia*). **Revista Caatinga**, v. 20, n 3, jul-set, UFRSA, Mossoró, p. 112-120, 2007.

ANDREAZZA, R.; ANTONIOLLI, Z. I.; SILVA, R. F. da S.; LONGHI, S. J. Espécies de *Pisolitus sp.* na produção de mudas de *eucalyptus grandis* hill ex maiden em solo arenoso. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 14, n. 2, p. 51-59, 2004.

ARAÚJO, T. V.; JOAQUIM, W. M. Análise da germinação de sementes de ora- - pro-nobis (*Pereskia aculeata*) *in vitro*. In: X Encontro Latino Americano De Iniciação Científica e VI Encontro Latino Americano de Pós-graduação. **Anais...** UNIVAP, 2007.

BANDEIRA, G. R. L.; PINTO, H. C. S.; MAGALHÃES, P. S.; ARAGÃO, C. A.; QUEIROZ, S. O. P.; SOUZA, E. R.; SEIDO, S. L. Manejo de irrigação para cultivo de alface em ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, v. 29, n. 2, Brasília, p. 237-241, 2011.

BARBOSA, J. C.; MALDONADO JÚNIOR, W. **AgroEstat Sistema para análises de ensaios agronômicos**, versão 1.0, 2010.

- BATAGLIA, O. C. Análise química de plantas. In: FERREIRA, M. E. e CRUZ, M. C. P. **Micronutrientes na agricultura**. Piracicaba, POTAFOS/CNPq, 1991. p. 289-308.
- BENINCASA, M. M. P. **Análise de crescimento de plantas**. Jaboticabal, SP: FUNEP, 2003. p. 1-56, 118-120.
- BENINCASA, M. M. P.; LEITE, I. C. **Fisiologia Vegetal**. Jaboticabal, SP: FUNEP, 2004. p.1-19, 37-40.
- BEZERRA, J. R. C.; DIAS, J. M.; PEREIRA, J. R.; GUEDES, F. X. **Consumo hídrico do algodoeiro BRS 200 Marron**. Campina Grande: EMBRAPA, 2009. (Circular Técnica 129).
- BLUM, J. ; MELFI, A. J.; MONTES, C. R. Nutrição mineral da cana de açúcar irrigada com efluente de esgoto tratado, em área com aplicação de fosfogesso. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.47, n.4, p.593-602, 2012.
- BORKERT, C. M.; PAVAN, M. A. E BATAGLIA, O. C. Disponibilidade e Avaliação de Elementos Catiônicos: Ferro e Manganês. In: FERREIRA, M. F.; CRUZ, M. C. P.; RAIJ, B. van; ABREU, C. A. **Micronutrientes e Elementos Tóxicos na Agricultura**. Jaboticabal, SP: CNPq/FAPESP/POTAFOS, 2001. Cap. 7, p. 151-185.
- BOVI, M.L.A.; SPIERING, S.H.; BARBOSA, A.M.M. Densidade radicular de progênies de pupunheira em função de adubação NPK. **Horticultura Brasileira**, v.17, n.3, p.186-93, 1999.
- BRINTON, W. F. An international look at compost standards. **Biocycle**, v.42, n 4, p.74-76, 2001.
- BRASIL. **Vigilância Alimentar e Nutricional - SISVAN**. Ministério da Saúde. Brasília, DF, 2004. 120 p. Disponível em: [http://pfdc.pgr.mpf.gov.br/atuacao-e-conteudos-de-apoio/publicacoes/alimentacao-adequada/orientacoes\\_basicas\\_sisvan.pdf](http://pfdc.pgr.mpf.gov.br/atuacao-e-conteudos-de-apoio/publicacoes/alimentacao-adequada/orientacoes_basicas_sisvan.pdf). Acesso em: 15 ago. 2012.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Métodos Físico-Químicos para Análise de Alimentos. Edição IV. Instituto Adolfo Lutz. Brasília: Ministério da Saúde, 2005.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Boas Práticas Agrícolas (BPA) de plantas medicinais, aromáticas e condimentares** /ed. preliminar Marianne Christina Scheffer, Cirino Corrêa Júnior; Coordenação Maria Consolacion Udry, Nivaldo Estrela Marques e Rosa Maria Peres Kornijezuk – Brasília: MAPA/SDC, 2006. 48p.
- BRASIL. Ministério Saúde. Secretaria de ciência, Tecnologia e Insumos Estratégicos. **Programa Nacional de Plantas Medicinais e Fitoterápicos**. Brasília, 2007. 77p.

BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Guia Alimentar para a População Brasileira**. 1ª ed. 1.ª reimpressão. Secretaria de Atenção à Saúde Departamento de Atenção Básica Série A. Normas e Manuais Técnicos, 210 p, 2008.

CHAVES, F. C. M. e MATTOS, S. H. Adubação orgânica em hortelã-rasteira (*Mentha x villosa* Huds). **Horticultura Brasileira**, v.16, n. 1, p. 42-47, 1998.

CORRÊA, R. M; PINTO, J. E. B. P; REIS, E. S.; COSTA, L. C. B; ALVES, P. B. Crescimento, produção de óleo essencial e trocas gasosas em orégano influenciados por diferentes lâminas de irrigação. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 6, p.1888-1892, 2009.

CORRÊA, R. M, PINTO, J. E. B. P.; REIS, E.S; COSTA, L.C.B.; ALVES, P.B.; NICULAN, E.S.; BRANT, R.S. Adubação orgânica na produção de biomassa de plantas, teor e qualidade de óleo essencial de orégano (*Origanum vulgare* L.) em cultivo protegido. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Botucatu, v.12, n.1, P. 80-89, 2010.

COSTA, N. M. S.; SILVA, G. O., RESENDE, S. G., TOFANELLI, M. B. D. Sistema de condução na produção de ora-pro-nobis. In: SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, p. 1-7. 2008. **Anais...** Anápolis: UEGO, 2008.

COSTA, M. S. S. M.; COSTA, L. A. M.; DECARLI, L. D.; PELÁ, A.; SILVA, C. J.; MATTER, U. F.; OLIBONE, D. Compostagem de resíduos sólidos de frigorífico. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 13, n. 1, p.100-107, 2009.

COUTO, M. E. **Coleção de plantas medicinais, condimentares e aromáticas**. Embrapa Clima Temperado, 2007. 91p.

CRAVO, M. S., MURAOKA, T.; GINÉ, M. F. Poluição do solo e qualidade ambiental - Caracterização química de compostos de lixo urbano de algumas usinas brasileiras. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 22, n. 3, p. 547-553, 1998.

DOORENBOS, J. e KASSAM, A.H. **Efeito da água no rendimento das culturas**. Tradução: GHEYI, H. R., SOUSA, A. A, MEDEIROS, J. F. e DAMASCENO, F. A. V. Estudos FAO 33: Irrigação e Drenagem, Campina Grande: UFPB, 1994. p. 45-86.

DUARTE, M. R.; HAYASHI, S. S. Estudo anatômico de folha e caule de *Pereskia aculeata* Mill.(Cactaceae). **Revista Brasileira de Farmacognósia**, Curitiba, v. 15, n. 2, p. 103-109, 2005.

EMBRAPA. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Pelotas: EMBRAPA, 2006. 306 p.

EMBRAPA. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Avaliação Químico- Bromatológica de Alimentos Produzidos em Terras Baixas para Nutrição Animal**. 2. ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA (Documento 270), 2009. 28 p.

FACHINI, E.; GALBIATTI, J. A.; PAVANI, L. C. Níveis de irrigação e de composto de lixo orgânico na formação de mudas cítricas em casa de vegetação. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 24, n. 3, p. 578-588, 2004.

FAGERIA, N. K. **Solos tropicais e aspectos fisiológicos das culturas**. Brasília: EMBRAPA:CNPAF, 1989. 425p.

FAGERIA, N. K.; BALIGAR, V. C.; EDWARD, D. G. Soil-Plant nutrient relationships at low pH stress. In: BALIGAR, V. C.; DUNCAN, R. R., (ed.). **Crops as enhancers of nutrient use**. New York: Academic Press, 1990. p. 475-507.

FERNANDES, C.; CORÁ, J. E.; ARAÚJO, A. C. Utilização do tanque Classe A para a estimativa da evapotranspiração de referência dentro da casa de vegetação. **Engenharia Agrícola**, n 24: 46-50, 2004.

FERREIRA, V. M.; MAGALHÃES, P. C.; DURÃES, F. O. M.; VASCONCELLOS, C. A e ARAÚJO NETO, J. C. acúmulo e distribuição de macronutrientes em dois híbridos duplos de milho, em função da disponibilidade de água no solo. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**. V.7, n.1, p. 1-17, Sete Lagoas, MG, 2008.

FIDÉLIX, M. P.; PULITANO, V. M. S. E.; PEREIRA, C. A. M. Análises nutricionais e sensoriais do ora-pro-nóbis (*Pereskia aculeata* Mill). In: Conferência de Iniciação Científica, p. 1184, 2009. São Carlos. **Anais...** São Carlos: UFSCar, 2009.

FIGUEIRÊDO, S. F. **Estabelecimento do momento de irrigação com base na tensão de água no solo para a cultura do feijoeiro**. USP-ESALQ. 1998, 72 f. Dissertação (Mestrado). Universidade de São Paulo, ESALQ, Piracicaba, SP, 1998.

FRANCO, G. **Tabela de composição química dos alimentos**. 9 ed. São Paulo: Atheneu, 2004. 307 p.

FURTINI NETO, A.E.; TOKURA, A.M. **Fertilidade e adubação de plantas medicinais**. Lavras: Editora da Universidade Federal de Lavras, 2000. v.1, 81p.

GALVÃO JÚNIOR, A. C. **Aspectos operacionais relacionados com usinas de reciclagem e compostagem de resíduos sólidos domiciliares no Brasil**. 113 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade de São Paulo, São Carlos, SP, 1994.

GOLDEN SOFTWARE. Surface Mapping System. **Surfer version 9.9.785**. Mar 26 2010.

GOTO, R; GUIMARÃES, V. F; ECHER, M. M. (2001). Aspectos fisiológicos e nutricionais no crescimento e desenvolvimento de plantas hortícolas. In:\_\_\_\_\_ **Fertirrigação: flores, frutas e hortaliças**. Guaíba, Agropecuária, 2001. p.241–268.

GRONNER, A.; SILVA, V. D. da; MALUF, W. R. Ora-pro-nobis (*Pereskia aculeata*) - a carne de pobre. **Boletim Técnico de Hortaliças**, Lavras, 1. ed., n. 37, 1999. 2p.



IAL - INSTITUTO ADOLFO LUTZ. Procedimentos e determinações gerais. In: **Métodos Físico-químicos para análise de alimentos**. 4ª edição/1ª edição digital. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, v. 1, 2008. cap. 4, p. 83-158, p. 123-124.

KERBAUY, G. B. **Fisiologia Vegetal**. Guanabara Koogan: Rio de Janeiro, 2004. p. 1-75.

KIEHL, E. J. **Adubação orgânica: 500 perguntas e 500 respostas**. Piracicaba, Degaspari, 2008. p. 1-18,, 82-95.

KIEHL, E. J. **Fertilizantes orgânicos**. São Paulo: Agronômica/Ceres, 1985. P. 283-319.

KIEHL, E. J. **Novo Fertilizantes Orgânicos**. Piracicaba, SP: Degaspari, 2010. P. 1-10,73-84,196-196,211-213.

KINUPP, V. F.; BARROS, I. B. I. D. Teores de proteínas e minerais de espécies nativas, potenciais hortaliças e frutas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, SP, v. 28, n. 4, p. 846-857, 2008.

KLAR, A. E. **Irrigação: frequência e quantidade de aplicação**. São Paulo: Nobel, 1991. 156 p.

LIMA, A. A. **Absorção e eficiência de utilização de nutrientes por híbridos de melão (*Cucumis melo* L.)**, 2001. 60 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2001.

LOHMANN, P. **Dossiê: Os minerais na alimentação**. Food ingredients Brasil. N. 4, 2008. Disponível em: [www.revista-fi.com](http://www.revista-fi.com). Acesso em: 25 out. 2011.

LOPES, J. L. W.; GUERRINI, I. A.; SAAD, J. C. C. Qualidade de mudas de eucalipto produzidas sob diferentes lâminas de irrigação e dois tipos de substrato. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 31, n. 5, p 835-843, 2007.

LUI, J. J.; GALBIATTI, J. A.; MALHEIROS, E. B. Efeito da irrigação e utilização de lixo orgânico na formação de mudas de eucalipto. **Holos Environment**, v. 8, n.2, p. 179-194, 2008.

MAGALHÃES, A.C.N. Análise quantitativa do crescimento. In: FERRI, M.G. (Coord.). **Fisiologia vegetal**. 2.ed. rev. atual. São Paulo: Ed. Pedagógica e Universitária. v.1, cap.8, p.333-350, 1985.

MALAVOLTA, E. **Elementos de Nutrição Mineral de Plantas**. São Paulo, Agronômica Ceres, 1980. p. 32-48.

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

MANTOVANI, J. R.; FERREIRA, M. E.; CRUZ, M. C. P.; BARBOSA, J. C.; FREIRIA, A. C. Mineralização de carbono e de nitrogênio provenientes de composto de lixo urbano em argissolo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 30, n. 4, p. 677-684, 2006.

MARQUES, P. A. A.; BERNARDI FILHO, L.; SANTOS, A. C. P. Crescimento, produção de óleo essencial e trocas gasosas em orégano influenciados por diferentes lâminas de irrigação. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.39, n.6, p.1888-1892, 2009.

MARTINS, E. R.; CASTRO, D. M.; CASTELLANI, D. C. & DIAS, J. E. **Plantas medicinais**. Viçosa, MG: UFV, 1998. p. 220.

MAZIA, R. S.; SARTOR, C. F. P. Influência do tipo de solo usado para o cultivo de *Pereskia aculeata* sobre propriedade proteica. **Revista Saúde e Pesquisa**, v. 5, n. 1, p. 59-65, 2012.

MERCÊ, A. L. R.; LANDALUZE, J. S.; MANGRICH, A. S.; SZPOGANICZ, B.; SIERAKOWSKI, M.R. Complexes of arbinogalactan of *Pereskia aculeata* and  $Co^{2+}$ ,  $Cu^{2+}$ ,  $Mn^{2+}$  and  $Ni^{2+}$ . **Bioresource Technology**, Curitiba, v. 76, n. 1, p. 29-37, 2001.

MONTEIRO, J. H. P. **O composto orgânico no combate a erosão pluvial**. Rio de Janeiro: Centro de Pesquisas Aplicadas da COLURB, p 3-11, 1981.

MORAES, C. M. S.; QUEIROZ, C. R. A. A.; ANDRADE, R. R.; PAVANI, L. C. Composição centesimal do caule de ora-pro-nóbis cultivada sob diferentes luminosidades. In: Mostra Científica e Tecnológica de Alimentos, 3, 2010, Uberlândia, MG. **Anais...** Uberlândia: IFTM, 2010b. p.1-4.

MUNIZ, H. J. T. **Colecionando Frutas**. Arte e Ciência, 2008. 352 p.

OLIVEIRA, F.C. **Disposição de lodo de esgoto e composto de lixo urbano num Latossolo Vermelho-Amarelo cultivado com cana-de-açúcar**. 2000. 247 f. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo. Piracicaba, 2000.

OLIVEIRA, A. E. S.; SÁ, J. R.; MEDEIROS, J. F.; NOGUEIRA, N. W.; SILVA, K. J. P. Interação da adubação organo-mineral no estado nutricional das plantas. **Revista Verde**, Mossoró, v. 5, n. 3, p. 53-58, 2010.

OLIVEIRA, L. M. D.; SANTOS, L. S.; QUEIROZ, C. R. A. A.; ANDRADE, R. R.; PAVANI, L.C. Aproveitamento de frutos de ora-pro-nóbis para elaboração de geleia. In: MOSTRA CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA DE ALIMENTOS, **Anais...** Uberlândia: IFTM. 2011.

ORRICO JÚNIOR, M. A. P.; ORRICO, A. C. A.; LUCAS JÚNIOR, J.; URIBE, I. E. Compostagem da fração sólida da água residuária de suinocultura. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 29, n. 3, p. 483-491, 2009.

ORRICO JÚNIOR, M. A. P.; ORRICO, A. C. A.; LUCAS JÚNIOR, J.; URIBE, I. E. Compostagem dos resíduos da produção avícola: cama de frangos e carcaça de aves. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 30, n. 3, p. 538-545, 2010.

PAULA, C. C E RIBEIRO, O. B. C. **Cultivo Prático de Cactáceas**. 1ª reimpressão. Viçosa: UFV, p 29-30, 2008.

PAULA, M. B. de; MESQUITA, H. A. de; NOGUEIRA, F. D. **Nutrição e adubação do abacaxizeiro**., v. 19, n. 195, p. 33-39, 1998. (Informe Agropecuário).

PEREIRA, A. R.; VILLA NOVA, N. A.; SEDIYAMA, G. C. **Evapo(transpi)ração**. Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, 1997. 183 p.

PÔRTO, D. R. Q.; CECÍLIO FILHO, A. B.; MAY, A.; BARBOSA, J.C. Acúmulo de macronutrientes pela cebola 'Optima' estabelecida por semeadura direta. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 24, n. 4, p. :470-475, 2006.

PRADO, R. D. M. **Nutrição mineral de Plantas**. Jaboticabal: UNESP, 2008. p. 9-29, 53-62, 181-200, 259-270, 341-353.

QUEIROZ., C. R. A. A. **Cultivo e composição química de Ora-pro-nóbis (*Pereskia aculeata* Mill.) sob déficit hídrico intermitente no solo**.2012. 144 f. Tese (Doutorado em Agronomia – Ciência do Solo) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias. Jaboticabal, SP, 2012.

RAIJ, B. van. **Fertilidade do solo e adubação**. Piracicaba: Agronômica/Ceres/Potafos, 1991. P. 30-52.

RAIJ, B. van; ABREU, C. A. **Micronutrientes e Elementos Tóxicos na Agricultura**. Jaboticabal, SP: CNPq/FAPESP/POTAFOS. Cap. 7, p 151-159, 2001.

RAMOS, M. J. M. **Caracterização de sintomas de deficiência de macronutrientes e de boro em abacaxizeiro cultivar imperial**. 2006. 95 f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) – Universidade Estadual do Norte Fluminense “Darcy Ribeiro”, Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias. Campos dos Goytacazes, RJ, 2006.

RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P.T.G.; VENEGAS, V. H. A. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**. 5ª Aproximação. Viçosa: CFSEMG, 1999. p. 52-60.

RODRIGUES, E. T.; CASALI, V. W. A. Efeito da adubação orgânica sobre o pH e a condutividade elétrica em solos cultivados com alface. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.9, n.1, p.162-164, 1991.

RODRIGUES, L. H. A. Uso Agrícola de Composto Orgânico. In: SPADOTTO, C. A.; RIBEIRO, W. C. **Gestão de Resíduos na Agricultura e Agroindústria**. Botucatu, SP: FEPAF, cap. IV, p. 95-97, 2006.

ROGEZ, H. **Açaí**: preparo, composição e melhoramento da conservação. Belém: EDUFPA. 2000. 313 p.

RÖMHELD, V. Aspectos fisiológicos dos Sintomas de Deficiência e Toxicidade de Micronutrientes e Elementos Tóxicos em Plantas Superiores. In: FERREIRA, M. F.; CRUZ, M. C. P.; RAIJ, B. van; ABREU, C. A. **Micronutrientes e Elementos Tóxicos na Agricultura**. Jaboticabal, SP: CNPq/FAPESP/POTAFOS. Cap. 4, p. 71-87, 2001.

ROSSETTO, M. R. M.; LIMA, G. P. P.; ROCHA, S. A.; LOPES, T. V. C.; BERNHARD, A. B. Comparações bioquímicas entre hortaliças produzidas nos sistemas de cultivo orgânico e convencional. In: Congresso Brasileiro de Olericultura, 48. *Resumos...* Maringá: ABH, 2008. Palestra (CD-ROM). Disponível em [www.abhorticultura.com.br/](http://www.abhorticultura.com.br/). Acesso em: 14 dez. 2012.

SABONARO, D. Z.; GALBIATTI, J. A. Efeito de níveis de irrigação em substratos para a produção de mudas de ipê-roxo. **Scientia Forestalis**, n. 74, p. 95-102, 2007.

SANTOS, L. S.; OLIVEIRA, L. M.; ANDRADE, R. R.; QUEIROZ, C. R. A. A.; GALBIATTI, J. A.; PAVANI, L. C. Produção de licor de frutos de ora-pro-nóbis. In: MOSTRA CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA DE ALIMENTOS, **Anais...** Uberlândia: IFTM, 2011a.

SANTOS, R. F.; LIMA, L.; ALTIVO, F. S.; LALLA, J. G.; MING, L. C. Produção de fitomassa, teor e produtividade do óleo essencial de *Baccharis dracunculifolia* DC. em função da adubação orgânica. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Botucatu, v. 13, n. especial, p. 574-581, 2011b.

SCHMITZ, J. A. K.; SOUZA, P. V. D.; KAMPF, A. N. Propriedades químicas e físicas de substratos de origem mineral e orgânica para o cultivo de mudas em recipientes. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 32, n. 6, p. 937-944, 2002.

SEDIYAMA, G. C. **Evapotranspiração**: necessidade de água para os cultivos. Brasília: ABEAS, 1996. 167p.

SEDIYAMA, M. A. N.; VIDIGAL, S. M.; SANTOS, M. R.; SALGADO, L. T. Rendimento de pimentão em função da adubação orgânica e mineral. **Horticultura Brasileira**, Vitória da Conquista, v. 27, n. 3, p. 294-299, 2009.

SILVA, S. R. S.; DEMUNER, A. J.; BARBOSA, L. C. A.; CASALI, V. W. D.; NASCIMENTO, E. A.; PINHEIRO, A. L. Efeito do estresse hídrico sobre características de crescimento e a produção de óleo essencial de *Melaleuca alternifolia* Cheel. **Acta Scientiarum. Agronomy**. Maringá - PR, v. 24, n. 5, p. 1363-1368, 2002.

SILVA, M. C. da; ROCHA, C. R.; SILVA, T. M.; SILVA, M. R.; PINTO, N. A. V. D. **Teores de proteínas, e fibras de taioba, ora-pro-nobis, serralha e mostarda coletadas no município de Diamantina - MG**, 2005.

Disponível em: <[www.fevale.edu.br/seminario/cd/files/pdf/2907.pdf](http://www.fevale.edu.br/seminario/cd/files/pdf/2907.pdf)>. Acesso em: 09 out. 2011.

SILVA, F. C. Uso Agrícola de Composto Orgânico. In: SPADOTTO, C. A.; RIBEIRO, W. C. **Gestão de Resíduos na Agricultura e Agroindústria**. Botucatu, SP: FEPAF, cap. IV, p. 95-113, 2006.

SILVA, M. I. S.; GUIMARÃES, E. C.; TAVARES, M. Previsão da temperatura média mensal de Uberlândia, MG, com modelos de séries temporais. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 12, n. 5, p. 480-485, 2008.

SILVA, A. A.; COSTA, A. M.; LANA, R. M. Q.; LANA, A. M. Q. Recycling of nutrients with application of organic waste in degraded pasture. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 32, n. 2, p. 405-414, 2012.

SOARES, C. R. F. S.; GRAZZIOTTI, P. H. ; SIQUEIRA, J. O.; CARVALHO, J. G. E MOREIRA, F. M. S. Toxidez de zinco no crescimento e nutrição de *Eucalyptus maculata* e *Eucalyptus urophylla* em solução nutritiva. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, n. 2, p. 339-348, fev. 2001.

SOUZA, P. A. ; NEGREIROS, M. Z. ; MENEZES, J. B. ; BEZERRA NETO, F.; SOUZA, G.L. F. M.; CARNEIRO, C. R.; QUEIROGA, R. C. F. de Características químicas de folhas de alface cultivada sob efeito residual da adubação com composto orgânico. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 23, n.3, p. 754-757, 2005.

SOUZA, A. V. V.; SOUZA, D.D.; SILVA, F. P.; SANTOS, U. S.; SANTOS, M. C.; OLIVEIRA, F. J. V., 2012. Influência do estresse hídrico e adubação orgânica na produção e rendimento de óleo essencial de alecrim de tabuleiro. **Horticultura Brasileira**, v. 30, n. 2, (Suplemento - CD Rom), julho 2012.

STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM. SAS: **Statistical Analysis System - Getting Started with the SAS**. Learning Edition. 2002. Cary, NC: SAS Institute. 2002. 86p.

TACO: **Tabela brasileira de composição de alimentos**/ NEPA-UNICAMP.- T113 Versão II. -- 2. ed. -- Campinas, SP: NEPA-UNICAMP, 113p, 2006.

TACO: **Tabela brasileira de composição de alimentos** / NEPA – UNICAMP.- 4. ed. rev. e ampl.. -- Campinas: NEPAUNICAMP, 161 p., 2011.

TBCA/USP. UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. Faculdade de Ciências Farmacêuticas. Departamento de Alimentos e Nutrição Experimental/BRASILFOODS (1998). **Tabela Brasileira de Composição de Alimentos** – (TBCA/USP). Versão 5.0, 2008. Disponível em: <<http://www.fcf.usp.br/tabela>> Acesso em 18 nov. 2011.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. Tradução: SANTARÉM, E. R. : Artmed, Porto Alegre, RS, v. 1, 2004. 722 p.

TAKEITTI, C. Y.; ANTÔNIO, G. C.; MOTTA, E. M. P.; QUEIROZ, F. P. C. e PARK, K. J. Nutritive evaluation of a non-conventional leafy vegetable (*Pereskia aculeata* Miller). **International Journal of Food Sciences and Nutrition**. v. 1, n. 60, p. 148-160, 2009.

TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C. Metodologia de análises de solo, plantas, adubos orgânicos e resíduos. In: BISSANI, C. A. et al. (Eds.). **Fertilidade dos solos e manejo da adubação de culturas**. Porto Alegre: Gênese, 2004. p. 61-66.

TORRES, P.; PÉREZ, A.; ESCOBAR, J. C.; URIBE, I. E.; IMERY, R. Compostaje de biosólidos de planta de tratamiento de águas residuales. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 27, n. 1, p. 267-275, 2007.

TRIGUEIRO, R. M.; GUERRINI, I. A. Uso de biosólidos como substrato para produção de mudas de eucalipto. **Scientia Forestalis**, n. 64, p. 150-162, 2003.

VIDIGAL, S. M.; RIBEIRO, A. C.; CASALI, V. W. D.; FONTES, L. E. F. Resposta da alface (*Lactuca sativa* L.) ao efeito residual da adubação orgânica I – ensaio de campo (a). **Revista Ceres**, Viçosa, v.42, n.239, p.80-88, 1995a.

VIDIGAL, S. M.; RIBEIRO, A. C.; CASALI, V. W. D.; FONTES, L. E. F. Resposta da alface (*Lactuca sativa* L.) ao efeito residual da adubação orgânica II – ensaio de casa de vegetação (b). **Revista Ceres**, Viçosa, v.42, n.239, p.89-97, 1995b.

VIEIRA, P. A. S.; PEREIRA, L. G. R.; SOUZA, T. C.; DOURADO, D. L. Produção de biomassa e composição bromatológica do feijão-de-rola submetido a diferentes doses de esterco ovino no Submédio do São Francisco. **Livestock Research for Rural Development**, v. 22, n. 7, artigo#127, 2010. Disponível em: <<http://www.lrrd.org/lrrd/7/viei22127.htm>>. Acesso em: 06 nov. 2012.

VIEIRA, H.; CHAVES, L. H. G.; VIÉGAS, R. A. Crescimento inicial de moringa (*Moringa oleifera* Lam) sob omissão de nutrientes. **Revista Caatinga**, v. 21, n. 4, p. 51-56, 2008.

## APÊNDICES

Apêndice 1. Dados diários das variáveis climatológicas fornecidos pela estação meteorológica do INMET localizada no Campus da Universidade Federal de Uberlândia - MG, utilizados para o cálculo diário da evapotranspiração de referência ( $E_{t_0}$ ).

<b>Maio</b>	<b>Tmáx.</b>	<b>Tmín.</b>	<b>URmáx.</b>	<b>URmín.</b>	<b><math>u_2</math></b>	<b><math>e_s</math></b>	<b><math>e_a</math></b>	<b>Rs</b>	<b><math>E_{t_0}</math></b>
<b>Dia</b>	(°C)		(%)		( $m\ s^{-1}$ )	(kPa)		( $MJ\ m^{-2}\ dia^{-1}$ )	( $mm\ dia^{-1}$ )
7	30,5	19,4	68	31	0,9	3,31	1,44	19,33	2,52
8	31,2	19,2	70	30	0,8	3,38	1,46	18,54	2,37
9	25,3	18,6	93	51	1,2	2,68	1,82	10,04	1,83
10	25,0	17,0	94	51	0,9	2,55	1,72	11,14	1,68
11	26,0	15,2	88	34	1,0	2,54	1,33	19,36	2,16
12	22,1	12,6	79	37	1,0	2,06	1,09	19,32	2,08
13	24,7	8,2	77	16	0,4	2,10	0,67	20,74	1,93
14	28,9	11,0	74	24	1,1	2,65	0,96	19,36	2,82
15	30,6	17,1	68	20	1,0	3,17	1,10	19,45	2,90
16	31,7	15,9	65	15	0,6	3,24	0,94	18,61	2,60
17	31,6	16,8	50	13	0,9	3,28	0,78	18,19	3,16
18	27,5	18,6	66	35	1,3	2,91	1,35	12,97	2,67
19	26,6	17,5	95	56	1,0	2,74	1,92	12,02	1,65
20	24,1	14,2	95	35	1,0	2,31	1,29	19,10	2,01
21	25,0	11,6	88	33	0,6	2,27	1,12	18,94	1,86
22	27,0	11,8	84	21	0,6	2,47	0,95	19,01	2,13
23	28,7	13,5	81	27	0,7	2,74	1,16	18,70	2,25
24	28,6	17,0	76	46	1,2	2,93	1,63	13,63	2,26
25	30,1	20,5	83	39	0,8	3,34	1,83	14,14	2,00
26	30,5	17,9	88	33	0,7	3,21	1,62	17,22	2,02
27	27,9	17,9	78	26	1,3	2,90	1,29	18,24	2,78
28	27,2	15,5	82	34	1,4	2,68	1,33	17,99	2,61
29	26,8	15,9	80	32	1,5	2,66	1,29	16,27	2,78
30	28,4	16,5	77	30	1,1	2,87	1,30	17,56	2,58
31	22,5	15,8	93	49	0,8	2,26	1,50	22,22	1,60

Apêndice 2. Dados diários das variáveis climatológicas fornecidos pela estação meteorológica do INMET localizada no Campus da Universidade Federal de Uberlândia - MG, utilizados para o cálculo diário da evapotranspiração de referência ( $E_t_0$ ).

<b>Junho</b>	<b>Tmáx.</b>	<b>Tmín.</b>	<b>URmáx.</b>	<b>Urmín.</b>	<b><math>u_2</math></b>	<b><math>e_s</math></b>	<b><math>e_a</math></b>	<b>Rs</b>	<b><math>E_t_0</math></b>
<b>Dia</b>	(°C)		(%)		( $m\ s^{-1}$ )	(kPa)		( $MJ\ m^{-2}\ dia^{-1}$ )	( $mm\ dia^{-1}$ )
1	26,3	12,4	82	22	0,6	2,43	0,97	18,38	2,16
2	21,1	15,3	91	41	0,9	2,12	1,30	16,00	1,77
3	25,3	15,8	92	53	1,6	2,51	1,68	16,93	2,01
4	25,9	16,3	88	48	1,7	2,60	1,62	17,71	2,28
5	22,2	16,9	93	67	1,2	2,30	1,79	5,87	1,47
6	21,0	10,6	92	31	0,4	1,88	0,97	15,87	1,61
7	25,4	10,2	85	25	0,5	2,24	0,93	17,25	1,96
8	28,3	12,7	73	14	0,5	2,66	0,80	17,54	2,28
9	28,2	15,5	62	25	0,8	2,79	1,02	17,17	2,57
10	27,5	16,2	73	35	0,9	2,76	1,31	16,06	2,25
11	28,2	15,6	82	22	0,7	2,80	1,26	15,60	2,13
12	26,4	14,9	82	35	1,3	2,57	1,30	16,45	2,46
13	24,9	13,6	82	38	1,6	2,35	1,24	17,32	2,52
14	24,9	12,8	74	33	1,4	2,31	1,07	17,73	2,67
15	26,7	12,3	77	25	1,0	2,47	0,99	17,73	2,58
16	27,6	13,5	72	26	0,9	2,62	1,04	17,79	2,50
17	29,1	13,6	69	18	0,7	2,79	0,90	17,65	2,52
18	28,0	12,2	75	19	0,9	2,60	0,89	17,82	2,66
19	28,2	14,6	63	22	1,2	2,74	0,94	17,67	3,02
20	29,3	16,0	60	19	1,0	2,95	0,93	17,59	2,97
21	29,8	15,1	64	20	0,6	2,95	0,97	17,44	2,38
22	30,9	15,9	62	23	0,7	3,14	1,07	16,66	2,51
23	29,1	17,5	67	27	1,1	3,01	1,21	15,11	2,82
24	27,3	16,4	79	30	1,9	2,75	1,28	17,21	3,17
25	27,5	14,9	79	30	1,2	2,68	1,22	17,34	2,63
26	27,6	16,6	76	27	1,2	2,80	1,21	17,63	2,74
27	25,2	12,6	76	30	1,3	2,33	1,03	17,75	2,66
28	26,9	14,4	71	29	0,8	2,59	1,10	17,59	2,33
29	27,3	14,9	73	25	1,2	2,66	1,07	17,63	2,75
30	26,6	14,9	70	27	1,1	2,59	1,07	17,68	2,65



Apêndice 3. Dados diários das variáveis climatológicas fornecidos pela estação meteorológica do INMET localizada no Campus da Universidade Federal de Uberlândia - MG, utilizados para o cálculo diário da evapotranspiração de referência ( $E_t_0$ ).

<b>Julho</b>	<b>Tmáx.</b>	<b>Tmín.</b>	<b>URmáx.</b>	<b>Urmín.</b>	<b><math>u_2</math></b>	<b><math>e_s</math></b>	<b><math>e_a</math></b>	<b>Rs</b>	<b><math>E_t_0</math></b>
<b>Dia</b>	(°C)	(°C)	(%)	(%)	( $m\ s^{-1}$ )	(kPa)	(kPa)	( $MJ\ m^{-2}\ dia^{-1}$ )	( $mm\ dia^{-1}$ )
1	26,3	14,1	66	24	1,4	2,51	0,94	17,83	3,04
2	27,3	14,4	63	27	1,4	2,63	1,01	17,60	3,08
3	27,3	16,2	63	31	1,2	2,73	1,14	15,42	2,74
4	26,5	16,2	69	25	1,6	2,65	1,07	17,39	3,20
5	26,8	15,2	71	20	1,6	2,63	0,97	17,85	3,28
6	27,1	14,8	81	32	1,5	2,63	1,26	17,64	2,74
7	25,2	14,4	76	23	1,3	2,42	0,99	18,01	2,79
8	26,8	15,5	61	27	1,1	2,64	1,01	16,50	2,77
9	27,9	17,1	52	25	1,1	2,85	0,98	17,18	2,92
10	28,5	15,1	74	27	0,5	2,80	1,16	14,51	2,08
11	28,2	17,1	64	23	1,3	2,88	1,06	17,40	3,07
12	29,1	18,5	68	32	1,6	3,08	1,37	16,25	3,12
13	26,9	19,5	78	40	1,4	2,90	1,59	8,58	2,44
14	29,8	17,0	94	36	0,9	3,07	1,67	12,21	2,05
15	29,3	16,9	88	31	1,4	3,00	1,48	17,48	2,68
16	28,6	18,4	68	28	2,2	3,01	1,27	18,05	3,73
17	27,9	17,5	75	29	2,1	2,88	1,29	17,55	3,48
18	27,8	15,7	70	29	1,8	2,76	1,67	17,76	3,27
19	26,9	16,5	73	32	2,2	2,71	1,25	18,54	3,38
20	28,6	16,7	77	29	1,5	2,91	1,30	18,25	2,99
21	27,7	17,0	69	29	1,7	2,83	1,21	18,72	3,16
22	29,0	17,3	63	30	1,8	2,99	1,22	18,57	3,41
23	29,7	17,9	59	20	1,5	3,11	1,02	18,68	3,55
24	28,6	16,2	58	17	2,0	2,88	0,87	18,50	4,15
25	25,3	14,3	67	30	1,6	2,43	1,03	19,28	3,01
26	27,3	14,0	72	26	0,9	2,61	1,05	18,27	2,45
27	25,0	19,1	57	31	1,4	2,69	1,12	10,27	2,88
28	26,6	16,0	72	29	2,1	2,65	1,16	18,90	3,45
29	26,9	18,2	64	26	1,5	2,82	1,13	17,33	3,11
30	26,3	17,0	65	32	1,8	2,68	1,18	19,15	3,16
31	28,3	15,4	62	21	1,0	2,80	0,95	19,72	2,88

Apêndice 4. Dados diários das variáveis climatológicas fornecidos pela estação meteorológica do INMET localizada no Campus da Universidade Federal de Uberlândia - MG, utilizados para o cálculo diário da evapotranspiração de referência ( $E_t$ ).

<b>Agosto</b>	<b>Tmáx.</b>	<b>Tmín.</b>	<b>URmáx.</b>	<b>Urmín.</b>	<b><math>u_2</math></b>	<b><math>e_s</math></b>	<b><math>e_a</math></b>	<b>Rs</b>	<b><math>E_t</math></b>
<b>Dia</b>	(°C)		(%)		( $m\ s^{-1}$ )	(kPa)		( $MJ\ m^{-2}\ dia^{-1}$ )	( $mm\ dia^{-1}$ )
1	30,2	17,5	56	19	1,1	3,15	0,97	19,44	3,13
2	29,0	16,8	56	22	1,3	2,96	0,98	19,60	3,29
3	29,4	16,4	48	20	1,3	2,98	0,86	19,63	3,42
4	27,8	17,2	50	22	1,5	2,85	0,90	19,73	3,47
5	28,4	15,3	76	23	0,9	2,80	1,11	18,97	2,52
6	28,5	14,7	75	22	0,8	2,78	1,05	19,36	2,52
7	29,6	15,0	60	19	0,9	2,92	0,90	19,70	2,81
8	30,4	17,6	53	21	1,0	3,18	0,99	19,06	3,02
9	31,7	15,8	62	17	0,7	3,24	0,95	19,44	2,64
10	31,9	20,7	34	15	1,4	3,58	0,77	19,36	4,18
11	28,7	17,7	58	25	2,1	2,98	1,08	20,04	4,01
12	27,4	16,5	65	27	1,9	2,76	1,10	20,72	3,47
13	28,7	17,6	55	25	1,4	2,97	1,05	18,02	3,25
14	28,1	15,0	68	29	0,7	2,75	1,13	16,15	2,27
15	27,0	13,2	64	25	1,2	2,54	0,93	17,74	2,85
16	27,3	11,8	69	13	1,0	2,51	0,71	20,94	2,98
17	27,7	12,1	60	15	2,1	2,56	0,70	21,18	4,27
18	26,1	12,4	57	18	1,9	2,41	0,71	21,92	3,85
19	26,1	12,6	59	23	1,6	2,42	0,82	22,24	3,36
20	26,4	12,7	63	23	1,2	2,45	0,86	22,08	2,88
21	29,3	14,4	50	14	1,3	2,86	0,69	21,84	3,56
22	29,1	15,9	46	20	1,7	2,92	0,82	22,34	3,98
23	28,7	14,9	47	18	1,4	2,82	0,75	22,54	3,60
24	30,6	15,9	47	12	1,3	3,10	0,69	22,60	3,81
25	29,9	15,9	53	16	1,1	3,01	0,82	22,59	3,31