

EFEITO DE SILICATO E TENSÕES DE ÁGUA NO SOLO NO  
CRESCIMENTO DO MARACUJAZEIRO AMARELO

**ADILSON CATEN**

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE FLUMINENSE  
DARCY RIBEIRO - UENF

CAMPOS DOS GOYTACAZES - RJ  
FEVEREIRO - 2013

EFEITO DE SILICATO E TENSÕES DE ÁGUA NO SOLO NO  
CRESCIMENTO DO MARACUJAZEIRO AMARELO

**ADILSON CATEN**

“Tese apresentada ao Centro de Ciências e  
Tecnologias Agropecuárias da Universidade  
Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro,  
como parte das exigências para obtenção do  
título de Doutor em Produção Vegetal”.

Orientador: Prof. Dr. Almy Junior Cordeiro de Carvalho

CAMPOS DOS GOYTACAZES – RJ  
FEVEREIRO - 2013

## FICHA CATALOGRÁFICA

Preparada pela Biblioteca do **CCTA / UENF** 030/2013

Caten, Adilson

Efeito de silicato e tensões de água no solo no crescimento de maracujazeiro amarelo / Adilson Caten. – 2013.

105 f. : il.

Orientador: Almy Junior Cordeiro de Carvalho

Tese (Doutorado em Produção Vegetal) – Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias. Campos dos Goytacazes, RJ, 2013.

Bibliografia: f. 86 - 106.

1. Passifloráceas 2. Silício 3. Biometria 4. Déficit hídrico 5. Polifenóis  
I. Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias. II. Título.

CDD – 634.425

EFEITO DE SILICATO E TENSÕES DE ÁGUA NO SOLO NO  
CRESCIMENTO DO MARACUJAZEIRO AMARELO

**ADILSON CATEN**

“Tese apresentada ao Centro de Ciências e  
Tecnologias Agropecuárias da Universidade  
Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro,  
como parte das exigências para obtenção do  
título de Doutor em Produção Vegetal”.

Aprovada em 07 de fevereiro de 2013.

Comissão examinadora:

---

Prof. Dr. Hugo Alberto Ruiz (D.Sc., Solos e Nutrição de Plantas) – UFES

---

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Marta Simone Mendonça Freitas (D.Sc., Produção Vegetal) – UENF

---

Prof. Dr. Ruimário Inácio Coelho (D.Sc., Produção Vegetal) – UFES

---

Prof. Dr. Almy Junior Cordeiro de Carvalho (D.Sc., Produção Vegetal) – UENF  
Orientador

A MINHA ESPOSA MARIA LUIZA E AS MINHAS FILHAS,  
RAQUEL E PRISCILA POR SEREM O INCENTIVO DE MINHAS  
CONQUISTAS E ALEGRIA DE VENCÊ-LAS;

AOS MEUS PAIS: JOÃO CATEN E MARIA FARIA CATEN,

PELOS CONSELHOS EMBUTIDOS NA SIMPLICIDADE,  
HONESTIDADE E RESPEITO... ESTÍMULOS QUE ME  
FIZERAM FORTE.

**DEDICO**

## **AGRADECIMENTO**

Ao Criador, por me amparar nos momentos difíceis, dando força interior para superar os obstáculos, mostrando os caminhos nas horas incertas e suprimindo todas as minhas necessidades;

Ao Prof. Dr. Almy Junior Cordeiro de Carvalho, por sua competente orientação, pela constante disposição em dirimir dúvidas e incertezas, assim como pelos princípios éticos que regem a sua conduta pessoal e profissional;

Ao Prof. Dr. Ruimário Inácio Coelho pelas contribuições científicas, indicando novos caminhos, além de contar com sua amizade e disponibilidade;

Ao Prof. Dr. Hugo Alberto Ruiz, pelos seus ensinamentos e colaboração na coorientação;

Ao Prof. Dr. Ricardo Ferreira Garcia, Coordenador do curso de pós-graduação quando do meu ingresso, pelas orientações e atenção dispensada;

Aos componentes da banca de defesa: Dr<sup>a</sup>. Marta Simone Mendonça Freitas, Dr. Ruimário Inácio Coelho e Dr. Hugo Alberto Ruiz, pela disponibilidade em aceitar participar e compartilhar comigo deste momento tão importante na minha vida profissional;

Aos professores, Dr. José Carlos Lopes, Dr. Renato Ribeiro Passos, Dr. José Augusto Teixeira do Amaral pelas valiosas contribuições no desenvolvimento deste trabalho;

Aos funcionários do laboratório de análises de solos CCA-UFES, Sônia Maria da Silva e Ronaldo Maraboti;

A Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro pela oportunidade concedida para a minha formação;

A CAPES e a FAPERJ, pelo apoio financeiro deste trabalho;

A todas aquelas pessoas que direta e indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho.

## SUMÁRIO

RESUMO .....	vii
ABSTRACT .....	ix
1. INTRODUÇÃO .....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	4
2.1. Aspectos gerais do maracujazeiro .....	4
2.1.1. Características botânicas e reprodutivas .....	4
2.1.2. Aspectos econômicos do maracujá.....	5
2.2. Silício no solo.....	6
2.2.1. Silício na planta.....	8
2.2.2. Silício como indutor ou potencializador de mecanismos de resistência de plantas a patógenos, insetos e pragas.....	10
2.2.3. Silício e Polifenóis .....	11
2.3. Escória de siderúrgica como fonte de silício.....	15
2.4. Nutrição do maracujazeiro .....	17
2.5. Irrigação no maracujazeiro .....	20
2.5.1. Indicadores com base em dados atmosféricos .....	21
2.5.2. Indicadores com base nos dados da planta .....	23
2.5.3. Indicadores com base nos dados do solo .....	24

3. TRABALHOS .....	27
3.1. AVALIAÇÃO BIOMÉTRICA EM MARACUJAZEIRO SUBMETIDO A NÍVEIS DE ESCÓRIA DE ACIARIA E DE TENSÕES DE ÁGUA NO SOLO .....	27
INTRODUÇÃO.....	28
MATERIAL E MÉTODOS.....	31
RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	36
CONCLUSÕES.....	41
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	41
3.2. TEORES DE MINERAIS E DE POLIFENÓIS EM MARACUJAZEIRO SUBMETIDO A NÍVEIS DE SILICATO E DE TENSÕES DE ÁGUA NO SOLO	45
INTRODUÇÃO.....	46
MATERIAL E MÉTODOS.....	48
RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	53
CONCLUSÕES.....	61
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	62
3.3. ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO, EM FUNÇÃO DE NÍVEIS DE ESCÓRIA DE ACIARIA E DE TENSÕES DE ÁGUA, APÓS CULTIVO COM MARACUJAZEIRO.....	66
INTRODUÇÃO.....	67
MATERIAL E MÉTODOS.....	70
RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	75
CONCLUSÕES.....	80
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	80
4. RESUMO E CONCLUSÕES.....	84
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	86

## RESUMO

CATEN, Adilson; D.Sc.; Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. Fevereiro de 2013. Efeito de silicato e tensões de água no solo no crescimento do maracujazeiro amarelo. Orientador: Prof. Dr. Almy Junior Cordeiro de Carvalho; Coorientador: Prof. Dr. Hugo Alberto Ruiz

Este trabalho foi desenvolvido com o objetivo de avaliar o efeito de doses crescente de escória de aciaria e tensões de água no solo na biometria do maracujazeiro em cinco épocas predeterminadas, nos teores de polifenóis na folha, nos teores de nutrientes na planta e nas características químicas do substrato. Para isto, foi instalado um experimento em casa de vegetação, utilizando amostras de um Latossolo Vermelho Amarelo distrófico. Os tratamentos foram dispostos segundo um arranjo fatorial 4 x 3 x 5 sendo: 4 níveis de escoria de aciaria (0; 4,091; 8,183 e 12,275 g/vaso); 3 tensões da água no substrato (15, 30 e 50 kPa), e 5 épocas de amostragem para as análises biométricas (52, 82, 97, 112 e 127 dias após a semeadura), sendo que o último período de amostragem foi utilizado para análises de elementos minerais e polifenóis, e o substrato de cultivo para as análises químicas. O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso, com parcelas subdivididas, com três repetições. Nas parcelas aplicaram-se as doses de escória e as tensões da água no substrato. As subparcelas corresponderam às cinco épocas de amostragem. Assim, cada bloco contou com 60 unidades experimentais. As principais conclusões foram: a tensão de água aplicada no substrato interfere nas

características do crescimento do maracujazeiro, quanto maior a tensão, menor é o ganho de fitomassa na planta; escória de aciaria não afeta o crescimento do maracujazeiro amarelo na faixa de pH estudado; o efeito da tensão de água no substrato para o maracujazeiro amarelo varia com a idade da planta; as tensões de água aplicadas ao substrato, não influenciam os teores de polifenóis e Si na folha, Ca, P, Mg e Mn no caule e Cu no caule e folha; o aumento na tensão de água no substrato até ao nível de 50 kPa promove incrementos nos teores de N no caule e na raiz, de K na folha, caule e raiz e de P nas folhas de maracujazeiro amarelo; os teores de Si, nas folhas, no caule e nas raízes do maracujazeiro amarelo reduziram com aplicação da escória de aciaria; aplicação de escória de aciaria eleva o teor de, P, Ca, Mn e na raiz e N, Mg e Zn nas folhas do maracujazeiro amarelo; escória de aciaria reduz os teores de Cu, nas raízes e no caule e Zn nas raízes e caule, na tensão de 15kPa no maracujazeiro amarelo; no substrato de cultivo, o silício, o manganês, o ferro e o fósforo e zinco tiveram sua disponibilidade aumentada com a aplicação das doses da escória de aciaria; com o aumento das tensões de água no substrato reduziu os teores de fósforo, e aumentou o manganês e o zinco; a elevação do pH do substrato a 5,8 para todos os tratamentos que combinavam diferentes doses de escória e tensões de água pode ter minimizado as alterações químicas no substrato.

## ABSTRACT

Caten, Adilson, D.Sc., Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. February 2013. Effect of silicate and soil water stress on growth of yellow passion fruit. *Sci Verse*. Adviser: Prof. Dr. Almy Junior Cordeiro de Carvalho; Co-adviser: Prof. Dr. Hugo Alberto Ruiz

This work was carried out to evaluate the effect of increasing doses of flue dust and soil water tensions in biometrics passion in five predetermined times, the levels of polyphenols in leaf nutrient levels in the plant and chemical characteristics of the substrate. For this, an experiment was conducted in a greenhouse, using samples of a Typic Hapludox. The treatments were arranged in a factorial 4 x 3 x 5 with: 4 levels of steelmaking slag (0, 4,091, 8,183 and 12,275 g / pot), 3 water tensions substrate (15, 30 and 50 kPa), and 5 sampling times (52, 82, 97, 112 and 127 days after sowing). The experimental design was a randomized block, split-plot design with three replications. In the plots were applied doses of slag and water tensions substrate. The subplots correspond to the five sampling periods. Thus, each block had 60 experimental units. The data were submitted to analysis of variance and when significant, used the test tukey and regression at 5% probability according to each situation. The main conclusions were: The water tension on the substrate interferes with the growth characteristics of passion fruit, the higher the voltage, the lower the gain in plant biomass; steel slag does not affect the growth of passion fruit in the pH range studied; the effect of water stress on the substrate for the passion fruit varies with

the age of the plant, the water tension applied to the substrate does not influence the levels of polyphenols in the leaf and Si, Ca, P, Mg and Mn and Cu in the stem and leaf; increased tension in the substrate water up to the level of 50 kPa promotes increases in N content in the stem and root of K in leaf, stem and root and P in the leaves of passion fruit, the content Si in leaves, stems and roots of yellow passion fruit decreased with application of steel slag, steel slag application elevates the content of P, Ca, Mn and the root and N, Mg and Zn in leaves yellow , steel slag reduces the Cu content in the roots and stem and Zn in roots and stems, the voltage 15kPa in yellow passion fruit, the culture substrate, silicon, manganese, iron and phosphorus and zinc had increased its availability with herbicide application of steel slag, with rising tensions substrate water lowered phosphorus levels, and increased manganese and zinc, the elevation of the substrate pH to 5.8 for all treatments that combined different doses of slag and water tensions can be minimized chemical changes in the substrate.

## 1. INTRODUÇÃO

O maracujazeiro amarelo tem uma importância significativa no setor agrícola brasileiro, principalmente devido às características físico-químicas e fármaco-terapêuticas dos frutos, além da produtividade e aceitação pelo mercado consumidor (Natale et al., 2006). O cultivo dessa espécie está entre as atividades agrícolas de maior expressão econômica e de elevado alcance social no Brasil, ela vem crescendo sistematicamente ao longo dos anos na maioria dos estados brasileiros gerando empregos e divisas para o País.

O maracujazeiro amarelo representa 95% da área plantada e do volume comercializado em todo o País com 60% da produção destinada ao consumo *in natura* e o restante destinado às indústrias de processamento, sendo o suco o principal produto (Ferraz e Lot, 2006). A exportação de maracujá ainda é incipiente. Tem ocorrido em pequena escala, sob as formas de fruta fresca, e principalmente, suco concentrado. Os principais destinos são os países europeus. A participação da fruta no total das exportações de maracujá do Brasil tem-se restringido a 1,5%, porque o mercado interno absorve quase a totalidade da produção. Os sucos concentrados representam a maior parcela da exportação, alcançam as melhores cotações e ganhos em divisas, sendo atualmente comercializado mais intensamente com Holanda, Estados Unidos, Porto Rico, Japão e Alemanha, os quais importam 76% do suco concentrado produzido no Brasil (Meletti, 2011).

O maracujazeiro é cultivado principalmente na região nordeste do país, correspondendo a 75,99% da produção nacional. O estado da Bahia é o maior produtor, participando com 50,11%; o Ceará produz 17,38%; o Espírito Santo produz 5,05%; Sergipe participa com 4,99%; Minas Gerais com 4,02% e os demais estados com 18,44%. Trata-se de uma planta tropical que não tolera geada ou vento frio, desenvolvendo-se melhor em temperaturas aproximadas de 25°C (IBGE, 2010).

O Brasil é um dos poucos países do mundo com enorme potencial para aumentar a produção de maracujá, seja pelo aumento de produtividade, seja pela expansão da área plantada e contribuir, não somente para uma maior oferta da fruta no contexto mundial, mas também, para atender a crescente demanda interna de sua população. Entende-se que o aumento da produtividade do maracujazeiro amarelo, via utilização de técnicas de manejo sustentáveis de fertilização com escórias de aciaria se constitui em um forte instrumento de preservação ambiental e crescimento da produtividade.

A irrigação tem sido reconhecida como parte fundamental no manejo da cultura do maracujazeiro, principalmente em regiões subúmidas e semiáridas, além de ser uma alternativa de produção na entressafra em regiões onde a precipitação é considerada razoável, como é o caso da região Sudeste. Há muitas divergências sobre o manejo da cultura relativo à irrigação, todavia, a irrigação poderá antecipar a produção colocando frutos no mercado ainda no período de entressafra (Koetz, 2010).

A correção da acidez do solo, quando necessária, irrigação e adubação assumem lugar de destaque no manejo desta cultura, pois são responsáveis pelos maiores ganhos de produtividade. Em razão disso, essas práticas devem ser aplicadas visando à maximização da eficiência, de modo que os retornos dos investimentos dispensados a esses insumos possam contribuir para maior rentabilidade para os produtores.

A utilização do silício na agricultura torna-se particularmente interessante quando se considera como um antiestressante natural. O silício tem um papel importante nas relações planta-ambiente, pois pode dar às culturas condições para suportar adversidades climáticas, edáficas e biológicas (Lima Filho, 2004). Por essa razão, o interesse pela adubação silicatada vem aumentando principalmente pela disponibilidade de fontes comerciais. Seu uso contribui para diminuir o passivo

ambiental das indústrias de ferro e ácido e corrigir a acidez do solo com a mesma eficiência do calcário, além de fornecer o silício, considerado um elemento benéfico para muitas culturas de interesse econômicas (Prado e Natale, 2006).

Apesar do silício, não ser considerado um elemento essencial aos vegetais, ele tem proporcionado aumentos na produtividade e na resistência a estresses bióticos e abióticos em algumas espécies de plantas: arroz, cana-de-açúcar, milho, capim kikuiu, capim bermuda, alfafa, feijão, tomate, alface (Korndörfer e Lepsch, 2001), porém, pouco se sabe da sua importância para o maracujazeiro. O silício pode representar uma alternativa interessante do ponto de vista nutricional, principalmente na redução do estresse hídrico, em área não irrigada. A sua inclusão na adubação, como alternativa de manejo para os solos pode proporcionar um maior retorno econômico para os agricultores.

## **HIPÓTESE**

Aplicação de silicato de cálcio pode proporcionar maior crescimento e desenvolvimento do maracujazeiro amarelo e maior tolerância ao déficit hídrico.

## **OBJETIVOS**

- Avaliar a influência no maracujazeiro amarelo cultivado sob déficit hídrico e tratado com escória de aciaria, na biometria, nos teores de polifenóis nas folhas, nutrientes minerais e silício na planta;
- Alterações químicas do solo influenciadas pelo cultivo e pela aplicação do silicato de cálcio.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1. Aspectos gerais do maracujazeiro

#### 2.1.1. Características botânicas e reprodutivas

A família Passifloraceae está dividida em duas tribos, Paropsieae e Passiflorieae (Cervi, 2006), possuindo aproximadamente 650 espécies e 18 gêneros (Nunes e Queiroz, 2007). Incluem árvores, arbustos, cipós e trepadeiras e são encontrados principalmente em regiões tropicais. O antigo sistema de classificação colocou a Passifloraceae na ordem Violales, mas os sistemas modernos utilizam a proposta do Grupo *Angiosperm Phylogeny*, de classificá-la na ordem Malpighiales (Feuillet e Macdougall, 2003).

O Gênero *Passiflora* possui um grande número de espécies, sendo cerca de 120 nativas do Brasil (Bernacci, 2003). A espécie mais cultivada em toda a América Tropical é a *Passiflora edulis* Sims f. *flavicarpa* Deg. (*maracujá amarelo*). Também conhecida como maracujá azedo com ampla utilização na indústria alimentícia e farmacológica (Faleiro et al. 2006). A espécie *Passiflora edulis* apresenta as características da família Passifloráceas, porém difere-se das demais pela presença de cinco estames, cinco pétalas, cinco sépalas, ginandróforo ereto com estames de extremidades livres e com três estigmas (Lima e Cunha, 2004).

Apesar de terem origem nos trópicos, as espécies comerciais de maracujazeiro desenvolvem-se em condições climáticas distintas, variando das regiões quentes dos trópicos (0<sup>o</sup> de latitude) até as de clima subtropical (35<sup>o</sup> latitude

sul). A produtividade é fortemente afetada pela radiação solar, temperatura, número de horas de brilho solar e pela umidade do solo. A cultura desenvolve-se bem em regiões com altitudes entre 100 e 1.000 metros, com temperatura média anual entre 20 e 32°C e precipitação pluviométrica entre 1.200 mm e 1.900 mm. Sabe-se que a precipitação acima desse limite, durante o florescimento, prejudica a produção, por afetar o processo de polinização inviabilizando o grão-de-pólen. Desta forma, o fornecimento de água regular permite floração e frutificação quase contínua, desde que não existam outros fatores limitantes (Brasil, 2010).

A propagação do maracujazeiro amarelo pode ser por via sexuada ou assexuada. Os pomares comerciais são estabelecidos por mudas obtidas por sementes. Deste modo, a elevada heterozigose existente determina uma alta variabilidade das plantas, decorrendo, deste fato, a falta de uniformidade dos pomares. A propagação vegetativa, realizada por meio de estaquia ou enxertia, é utilizada na manutenção de materiais de plantio com boas características agronômicas, favorecendo a multiplicação de plantas produtivas tolerantes a pragas e doenças (Silva et al., 2005).

O maracujazeiro se destaca entre as frutas tropicais pela qualidade sensorial e farmacoterapêutica de suas folhas e frutos, teores equilibrados de sais minerais e vitaminas A e C, além da cultura apresentar ciclo relativamente curto e ser de fácil manejo, com rápido retorno econômico (Gurgel et al., 2007).

### **2.1.2. Aspectos econômicos do maracujá**

Brasil, Colômbia, Peru e Equador, tradicionalmente são os países considerados como principais produtores de maracujá. O mercado internacional de suco concentrado e polpa de maracujá é dominado pelo Equador, Colômbia e Peru. Esses países aparecem como grandes exportadores. Os principais países importadores de suco e polpa de maracujá são a Alemanha e a Holanda. No tocante ao mercado de fruto *in natura*, os países africanos são os maiores produtores dos frutos de cor roxa e os países sul-americanos os maiores produtores dos frutos de cor amarela. Os principais países importadores são o Reino Unido, a França e a Bélgica (Anuário da Agricultura Brasileira, 2009).

Apesar de ser uma fruta do século XVII, o maracujazeiro amarelo adquiriu importância no Brasil a partir dos anos de 70. Dados estatísticos do IBGE apontam

que esse interesse vem aumentando gradativamente nos últimos anos. Em 2011, de acordo com a Pesquisa Municipal de Produção Agrícola (PAM), houve um aumento de 22,13% na produção da fruta, em comparação ao ano de 2009 (IBGE, 2011).

As diferenças nas produtividades do maracujazeiro entre as regiões produtoras se devem principalmente, às características dos solos cultivados, e aos sistemas de manejo de cultura. O fruto *in natura* tem sido vendido para as CEASAS, feiras livres e supermercados. Este segmento de mercado é o mais atrativo para os produtores, uma vez que os preços alcançados têm sido compensadores, mesmo ocorrendo variações durante o ano. Para mercado mais exigente, os frutos são classificados e embalados de acordo com os padrões estabelecidos pelo Programa Brasileiro para a Melhoria dos Padrões Comerciais e Embalagens de Hortigranjeiros (Lima et al., 2006).

## 2.2. Silício no solo

O silício (Si) é um componente majoritário de minerais do grupo dos silicatos, compreende aproximadamente 28% da crosta terrestre, superado apenas pelo oxigênio. Ocorre principalmente como mineral inerte das areias, quartzo ( $\text{SiO}_2$  puro), caulinita, micas, feldspatos e em outros argilominerais silicatados (Ma et al., 2001). Apesar da grande quantidade do silício na natureza, a grande maioria das classes de solos, que já passaram por processo de dessilicatização, a exemplo dos Latossolos, solos orgânicos e arenosos como os Neossolos Quartzarênicos, apresenta baixos teores solúveis deste elemento (Savant et al., 1997).

Em regiões temperadas os teores de silício, como  $\text{SiO}_2$ , excedem os dos sesquióxidos de ferro e alumínio, enquanto nos solos de regiões tropicais ocorre o contrário. Os solos dos trópicos que são altamente intemperizados podem apresentar, em alguns casos, quantidades de silício cinco a dez vezes menores que solos de regiões temperadas. A capacidade do solo de liberar silício para a solução é influenciada pela quantidade de sesquióxidos, o qual retém  $\text{SiO}_2$  e pelo grau de intemperismo do solo, mostrando que essa quantidade é diretamente dependente da estabilidade dos minerais da fase sólida (Foy, 1992).

Uma pequena fração do silício total está presente na solução do solo, como ácido monossilícico ( $\text{H}_4\text{SiO}_4$ ) desprovido de carga elétrica, e o restante encontra-se na forma não dissociada, nas frações do solo. A solubilidade do elemento ocorre na

faixa de pH entre 4 a 9, sendo controlada principalmente pelo pH dependente das reações de adsorção dos sesquióxidos (Ferreira, 2008).

O ácido monossilícico comporta-se como ácido fraco, na solução do solo. Na medida em que o pH aproxima da neutralidade, apenas 0,2% se ionizam na forma carregada negativamente  $\text{Si(OH)}^{-3}$  (Mckeague e Cline, 1963) citado por Dechen e Nachtigall (2010) e com a sua solubilidade limitada a  $2 \text{ mmol L}^{-1}$ . Acima desta concentração ocorre a polimerização e produção de partículas coloidais de sílica hidratada ( $\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ) (Birchall, 1995). A concentração de silício na forma solúvel, na solução do solo varia de 0,1 a  $0,6 \text{ mmol L}^{-1}$  (Knight e Kinrade, 2001).

O Si tem a função de reduzir a biodisponibilidade dos metais, presente na solução do solo. Segundo Paim et al. (2006) o ácido silícico pode estar na solução do solo, como ácido monossilícico  $[\text{Si(OH)}_4]$ , polímeros e ácido polissilícico. Para Dietzel (2000) os polímeros de silício consistem de tetraedros, que são ligados via ligações do tipo Si-O-Si, podendo formar sílica dimérica  $[\text{Si}_2\text{O}_3(\text{OH})_4^{2-}]$ , trimérica  $[\text{Si}_3\text{O}_5(\text{OH})_5^{3-}]$ , tetramérica  $[\text{Si}_4\text{O}_8(\text{OH})_4^{4-}]$  e assim sucessivamente. De acordo com estes pesquisadores a aplicação de doses maiores que  $100 \text{ mg dm}^{-3}$  de Si ao solo promove a mudança da coordenação do Si de quatro para seis, sendo esse o ponto de partida para sua polimerização e consequente formação de complexos insolúveis Si-metal no solo.

As principais fontes de ácidos silícicos presente na solução do solo vem da decomposição de resíduos vegetais, dissociação de ácido silícico polimérico, liberação de silício dos óxidos e hidróxidos de Fe e Al, dissociação de minerais cristalinos, adição de fertilizantes silicatados e água de irrigação, e os principais drenos incluem a precipitação do silício em solução, polimerização do ácido silícico, lixiviação, adsorção em óxidos e hidróxidos de Fe e Al e a absorção pelas plantas, (Lima Filho, 1999). Na Figura 1, estão representados os fatores que governam a disponibilidade do silício no solo.



Figura 1. Fatores que governam a concentração de Si na solução do solo. Fonte: Savant et al., (1999).

### 2.2.1. Silício na planta

O Si é absorvido na sua forma neutra, como ácido monossilícico ( $\text{H}_4\text{SiO}_4$ ), através de um processo passivo controlado pela transpiração, via xilema, juntamente com a água (fluxo de massa), ou por um mecanismo ativo, através de transportadores específicos situados na membrana plasmática das células das raízes (Mitani e Ma, 2005).

Os elementos minerais que estimulam o crescimento das plantas, porém não atendem a todos os critérios de essencialidades propostos por Arnon e Stout (1939) ou os que são essenciais somente para certas espécies ou sob condições específicas, são denominados de elementos benéficos e entre esses o silício que tem um papel importante nas relações planta-ambiente, por dar às culturas melhores condições para suportarem adversidades edafoclimáticas e biológicas, atuando como um antiestressante natural (Lima Filho, 2009).

A essencialidade do Si foi demonstrada para algumas espécies de algas que incorporam o Si em suas estruturas (Lima Filho, 2002). Nesses organismos, o Si é importante no metabolismo de alguns aminoácidos e proteínas. Para as plantas superiores foi demonstrada somente em algumas espécies da família Equisitaceae apesar de ser um constituinte majoritário dos vegetais (Nunes, 2012).

As plantas diferem na sua capacidade em absorver silício. A variação é resultado tanto da fisiologia das diferentes espécies, quanto do ambiente onde as plantas se desenvolvem. A diferença ocorre até mesmo entre genótipo de uma mesma espécie (Chagas, 2004).

O transporte do silício, para os órgãos das plantas ocorre a favor de um fluxo de transpiração, sendo que o acúmulo pode ser regulado pela produção de matéria seca. A relação entre acúmulo e produção segue um comportamento em curva sigmoide (Mauad, 2006). Esta curva pode ser repetida muitas vezes ao longo da vida da planta, de acordo com as estações do ano, mostrando a relação direta do acúmulo de silício com as condições climáticas e da transpiração (Motomura et al., 2002).

Existem na planta três locais reconhecidos de deposição de silício: a parede celular, o lúmen celular e os espaços intercelulares nos tecidos das raízes, talos ou na camada extracelular da cutícula (Sangster et al., 2001). Em relação ao acúmulo de silício nas plantas superiores, elas podem ser classificadas em acumuladoras, aquelas que possuem teores foliares superiores a 1% da matéria seca, e não acumuladoras, com teores menores que 0,5% (Ma et al., 2001). Nas culturas acumuladoras de silício, a concentração é maior na parte aérea do que na raiz (Wiese et al., 2007). Os cereais de inverno (trigo, aveia, centeio e cevada) e a cana-de-açúcar chegam a acumular mais de 1% e nas dicotiledôneas menos de 0,1% de Si. O silício acumulado nos tecidos das plantas representa entre 0,1 a 10% da matéria seca das mesmas (Korndörfer et al., 2004).

Ma et al., (2006) trabalhando com a cultura de arroz, identificaram um gene que controla a acumulação de silício. O gene *Lsi 1*, codifica uma proteína da família das aquaporinas, localizada na membrana plasmática de células radiculares. Esta pesquisa abre possibilidade de que as plantas que absorvem pouco silício, como a maioria das dicotiledôneas possam ser modificadas geneticamente para absorverem quantidades maiores, tornando-se mais resistentes a estresses bióticos e abióticos.

Não existe ainda definição para a quantidade máxima de silício a ser utilizada pela planta. Tudo indica que, quanto mais silício ela absorver maiores serão seus efeitos. Ainda não se constatou efeito tóxico do silício nas plantas, não havendo limites para a aplicação desse elemento. O limite acontece se for considerado o efeito corretivo dos silicatos, isto é, quando a dose de silicatos

provocarem aumentos de pH e de saturação por bases acima dos valores desejados. Neste caso, podem acontecer desequilíbrios nutricionais, principalmente de micronutrientes catiônicos (cobre, ferro, zinco e manganês) e de fósforo, devido aos processos de insolubilização (Korndörfer et al., 2004).

Os efeitos benéficos que o silício proporciona às plantas estão associados, à retenção de metais nas raízes e na inibição da translocação para a parte aérea (Shi et al., 2005a), distribuição mais homogênea de metais na planta, formação de complexos Si-polifenóis nos tecidos (Maksimovic et al., 2007), redução da peroxidação dos lipídios da membrana das células, via estimulação de antioxidantes enzimáticos e não enzimáticos (Shi et al., 2005b), aumento da taxa fotossintética, através da melhoria da arquitetura foliar, redistribuição do manganês na planta (Goussain et al., 2002; Basagli et al., 2003; Korndörfer et al., 2004), formação de nódulos em leguminosas, proteção contra temperaturas extremas, aumento da massa individual das sementes, fertilidade dos grãos de pólen, produção de carboidratos e açúcares (Lima Filho, 2002), prevenção contra o progresso da senescência foliar, distribuição de clorofila, aumento da resistência ao ataque de insetos praga, nematoides, doenças fúngicas, redução da taxa de transpiração através do controle do mecanismo de abertura e fechamento dos estômatos (Korndörfer et al., 2002a; Michereff et al., 2005).

### **2.2.2. Silício como indutor ou potencializador de mecanismos de resistência de plantas a patógenos, insetos e pragas**

Quando a demanda metabólica da planta por um determinado nutriente é maior que seu suprimento pelo meio externo, diversos mecanismos são acionados para a manutenção do equilíbrio bioquímico e fisiológico da planta. Neste contexto, o bioquímico é o principal mecanismo utilizado pelas plantas no controle das enfermidades causadas por patógenos, contudo, uma prática alternativa é manejar a nutrição mineral para aumentar a resistência à doença (Marschner, 1995 *citado por* Pozza et al., 2004). Dentre os elementos minerais utilizados, o silício (Si) destaca-se por reduzir a severidade de ataques de pragas e doenças importantes (Gomes et al., 2008).

A diminuição na resistência a fatores estressantes, bióticos ou abióticos, poderá ocorrer quando a concentração do ácido silícico estiver abaixo de um limite crítico, que ainda não se conhece exatamente (Nunes, 2012). O efeito inibidor do Si

em doenças causadas por fungos ocorre tanto nas monocotiledôneas quanto nas dicotiledôneas. As plantas ao sofrerem um estresse biótico e ou abiótico, aumentam sua produção de fitoalexinas, que são substâncias que desempenham função importante na tolerância às doenças de plantas e aos insetos. Geralmente, as fitoalexinas são tóxicas para o hospedeiro, acumulando-se em células mortas. A resistência ao patógeno ocorre quando estes compostos acumulam-se rapidamente, e em altas concentrações, no local de infecção, resultando na morte do patógeno (Lindhout, 2002).

O silício interfere positivamente no controle dos mecanismos de defesa das plantas, proporcionando, maior resistência a ataque de insetos herbívoros, e que esse mecanismo da resistência inclui defesas mecânicas ou químicas constitutivas e induzidas, ou a combinação das duas. O mecanismo de defesa induzida das plantas envolve a produção de lignina, proteínas relacionadas à defesa, enzimas hidrofílicas, espessamento das paredes celulares e a produção de fitoalexina (Keeping e Kvedaras, 2008).

Segundo Reynolds et al., (2009), o Si pode melhorar a defesa da planta hospedeira por intermédio de um terceiro nível trófico, intensificando a atração de inimigos naturais, com o consequente controle biológico pela indução de resistência da planta, provavelmente, por diferentes voláteis e/ou pela quantidade de voláteis produzidos pela planta atacada por insetos.

### **2.2.3. Silício e Polifenóis**

As plantas produzem uma quantidade grande de metabólitos secundários que podem ser classificados conforme as suas características estruturais e as suas vias Biosintéticas. Os metabólitos secundários nas plantas podem ser divididos em três grupos distintos quimicamente: compostos fenólicos, terpenos e alcaloides (Taiz e Zeiger, 2009).

O termo polifenóis usa-se atualmente para designar compostos que vão desde simples ácidos fenólicos a taninos condensados altamente polimerizados (King, 1999). Esta variedade estrutural dificulta a sua caracterização, quantificação e estudo (Acamovic e Stewart, 2000) com o agravante os polifenóis de diferentes plantas serem quimicamente distintos e apresentarem diferentes graus de polimerização (Smith et al., 2003).

Os polifenóis são uma classe de fitoquímicos, com pelo menos 8.000 membros conhecidos e por décadas, despertaram o interesse de cientistas, por serem essenciais à fisiologia da planta pela contribuição em sua morfologia (pigmentação); envolvimento no seu crescimento e reprodução; e ainda, por oferecer resistência a patógenos e predadores, (Bravo 1998; Ishimoto, 2008).

Os polifenóis encontram-se difundidos em todo reino vegetal. São comuns em Gimnospérmicas e em Angiospérmicas, sendo que nestas últimas são mais frequentes nas Dicotiledôneas do que nas Monocotiledôneas. Os polifenóis encontram-se distribuídos por toda a planta: nos tecidos germinativos (provavelmente como proteção contra o frio), nas folhas (mais frequentes nas páginas superiores), nas raízes (atuando como barreira química à penetração e colonização das raízes por organismos patogênicos), nas sementes (associados à manutenção da dormência, apresentam propriedades alelopáticas e bactericidas) e no caule e casca (implicados na regulação do crescimento dos tecidos e na inibição da atividade microbiana) (Cunha-Santino et al., 2002). Em virtude de estarem normalmente retidos em vacúolos ou na superfície serosa das plantas, não interferem no metabolismo das plantas. Quando se dá a ruptura das células, essas substâncias ficam livres e inativas enzimas, precipitam proteínas e formam ligações com os ácidos nucleicos da célula (Nishitani e Osawa, 2003).

Os dois principais grupos de polifenóis são as ligninas e os taninos. Estes dois compostos são os mais importantes componentes dos vegetais. A lignina é uma macromolécula tridimensional amorfa, de natureza aromática e muito complexa, encontrada nas plantas terrestres, associada à celulose na parede celular cuja função é de conferir rigidez, impermeabilidade e resistência a ataques microbiológicos e mecânicos aos tecidos vegetais (Saliba et al., 2001).

A lignina é um componente estável das paredes das células, atuando na defesa contra agentes patogênicos e estresse hídrico (Kurup et al., 1994; Robbers et al., 1997), proporciona suporte mecânico à plantas, além de transporte de nutrientes, água e metabólitos, (Meldau, 2010), está presente em todas as plantas vasculares, com proporção variável, em madeiras duras de 25 a 35%, madeiras macias de 18 a 25% e gramíneas de 10 a 30% (Bononi, 1999).

Os taninos compreendem um grande grupo de substâncias complexas, e que ocorrem, em geral, como misturas de polifenóis difíceis de separar por não se cristalizarem. Em virtude disso, muitos destes compostos nunca foram isolados e

caracterizados, dificultando a compreensão da sua origem biogenética (Robbers et al., 1997). Os taninos são amplamente distribuídos dentro do reino vegetal, sendo comuns tanto em espécies gimnospermas como angiospermas. Dentro das angiospermas, os taninos são mais comuns nas dicotiledôneas do que nas monocotiledôneas (Aguilar, 1999).

Radomski et al. (2004), observaram que em ambientes de sombra os teores de Si e de polifenóis totais em *Maytenus ilicifolia* foram iguais a 1075 mg kg<sup>-1</sup> e 7,0%, respectivamente, enquanto que no ambiente a pleno sol os teores foram de 692 mg kg<sup>-1</sup> e 10,3%. Segundo os autores, esta relação inversa entre a presença de Si e dos compostos polifenólicos poderia ser atribuída ao papel do Si na defesa da planta, no caso de ambientes de sombra, onde a síntese dos polifenóis é reduzida pela menor disponibilidade de luz.

Inanaga e Okasaka (1995) relataram o papel do Si e do Ca na formação de ligações entre carboidratos e lignina, a partir da sua associação com ácidos fenólicos e anéis aromáticos, nas paredes celulares de plantas de arroz, o que confere maior resistência aos tecidos vegetais.

O Si fornece proteção às plantas contra raios UV e defesa contra herbivoria, a partir de depósitos na parede celular formados a um menor custo energético para a planta (Goto et al., 2003).

Os flavonoides ocorrem em abundância entre os produtos de origem vegetal e são amplamente distribuídos nas plantas. Os flavonoides têm várias funções nas plantas, protegem contra a incidência de raios ultravioleta, microrganismos patogênicos, e inibição enzimática. Os flavonoides estão presentes em grandes quantidades nas angiospermas, apresentando nesse grupo grande diversidade estrutural (Simões et al., 2001).

Os flavonoides possuem diversos benefícios para o corpo humano, se consumidos na quantidade correta. Possuem ações anti-inflamatória, hormonais, anti-hemorrágicas, antialérgicas e até mesmo para prevenção do câncer e doenças do coração. Também é atribuído aos flavonoides o auxílio na absorção da vitamina C. Porém, o efeito mais importante dos flavonoides é a propriedade antioxidante, uma importante substância que combate os radicais livres do corpo humano, desintoxicando o organismo, e aproveitando melhor os nutrientes. Eles têm sido cada vez mais pesquisados pela indústria, para explorar ao máximo o

potencial da substância, e fazer com que ela se faça presente, em maior quantidade, nos alimentos (Lopes et al., 2000).

A distribuição dos flavonóides nos vegetais está relacionada com diversos fatores, variando com o filo/ordem/família do vegetal, bem como da variação das espécies. Os flavonóides encontrados nas folhas podem ser diferentes, daqueles presentes nas flores, galhos, raízes e frutos. O mesmo composto ainda pode apresentar diferentes concentrações dependendo do órgão vegetal em que se encontra (Simões et al., 2001). Petry et al., (2001) determinaram teores de flavonoides totais de 2,9 e 4,6 mg/100g, em extratos hidroalcoólico de folhas de *Passiflora alata* e *Passiflora edulis*, respectivamente.

Nos frutos e nas folhas das plantas além da presença de nutrientes há também compostos com ação antioxidante, de natureza fenólica. Segundo Dhawan et al., (2004), o gênero *Passiflora* possui importantes componentes fitoquímicos com atividade antioxidante, como compostos fenólicos, glicosídeos e alcaloides. A composição química dos extratos de folhas de *P. alata* e de *P. edulis* indica a presença de polifenóis como constituintes majoritários. Lima (2010), avaliando os teores de polifenóis na matéria seca foliar de diferentes genótipos de *Passifloras*, cultivados na presença e na ausência de adubação com esterco bovino, obteve teores foliares de polifenóis entre 13,1 e 23,2 g kg<sup>-1</sup> de matéria seca, com menores valores em *Passiflora alata* sem adubação com esterco bovino.

A polpa do maracujá contém vários nutrientes essenciais à nutrição humana, além de compostos funcionais com propriedades antioxidantes, tais como os compostos fenólicos e a vitamina C. Esses compostos apresentam efeitos na prevenção de enfermidades, com propriedades antitumorais e antivirais, (Cohen et al., 2008). Esses autores estudaram os teores desses compostos fenólicos e da vitamina C, em híbrido do maracujazeiro azedo BRS Ouro Vermelho em diferentes sistemas de produção. Os resultados encontram-se na Tabela 1.

Tabela 1. Teores de polifenóis totais (Pol), flavonóides totais (Flav) e vitamina C (Vit. C) na polpa do híbrido BRS Ouro Vermelho em sistema de produção convencional

Tratamentos	Pol. (mg/100g)	Flav. (mg/100g)	Vit. C (mg/100g)
1	41,44 ± 0,00 (a)	3,50 ± 0,07(a)	14,78 ± 0,08 (b)
2	35,64 ± 0,08 (c)	3,21 ± 0,30 (a)	11,47 ± 0,03 (c)
3	38,30 ± 0,49 (b)	3,34 ± 0,46 (a)	15,88 ± 0,23 (a)

Os valores de uma mesma coluna, referentes a cada amostra, com a mesma letra, não diferem significativamente entre si (Teste de Tukey a 5 % de significância). As análises foram realizadas em triplicata. Tratamento 1 — Cultivo convencional sem mandioca. Tratamento 2 — Cultivo convencional com mandioca plantada no lado leste da espaldeira. Tratamento 3 — Cultivo convencional com mandioca plantada nos dois lados da espaldeira.

### 2.3. Escória de siderúrgica como fonte de silício

A escória de alto-forno é o resíduo do processo siderúrgico que tem como primeira etapa a obtenção do ferro bruto e impuro, ferro-gusa, por meio da redução do minério de ferro, enquanto que, a escória de aciaria é obtida no processo de produção do aço pela utilização do ferro-gusa, sistema que exige menor grau de impureza (Prado e Fernandes, 2001).

A quantidade e a solubilidade de silício, presentes nesses materiais são variáveis de acordo com o tipo de escória produzida. Nas escórias de alto-forno, o teor varia entre 360 a 420 g kg<sup>-1</sup> e nas escórias de aciaria entre 120 a 220 g kg<sup>-1</sup>. O silício das escórias de aciaria é mais solúvel, comparado com o mesmo elemento da escória de alto-forno (Piau, 1995).

A maioria dos solos do Brasil apresenta baixo pH e elevados níveis tóxicos de alumínio, dificultando o crescimento e desenvolvimento das plantas. Isso gera menor disponibilidade de nutrientes, com menor exploração do volume de solo pelas raízes e, assim, menor produtividade é obtida quando não são realizadas práticas de correção da acidez do solo (Miguel et al., 2010).

A utilização de resíduos industriais na agricultura como fonte de nutrientes ou como corretivos da acidez é uma tendência decorrente da necessidade de minimizar os efeitos negativos do acúmulo de resíduos nos centros de produção (Marciano et al., 2001). As escórias siderúrgicas são as fontes mais abundantes e baratas de silicatos. Apesar de estarem disponíveis no mercado brasileiro, têm sido pouco comercializadas para esse fim (Quaggio, 2000).

Uma técnica alternativa para a correção da acidez do solo é a substituição total ou parcial do carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ) e, ou, magnésio ( $\text{MgCO}_3$ ) pelo silicato de Cálcio ( $\text{CaSiO}_3$ ) e, ou, magnésio ( $\text{MgSiO}_3$ ), que apresentam reações semelhantes às do calcário, podem disponibilizar o ânion silicato ( $\text{H}_3\text{SiO}_4^-$ ), que por sua vez, pode concorrer com o ânion fosfato diácido pelos mesmos sítios de adsorção (Carvalho et al., 2000a). Segundo Souza et al. (2008), após a ação alcalinizante do solo pelo silicato, ocorre a formação do  $\text{H}_4\text{SiO}_4$ , que se transforma em  $\text{H}_3\text{SiO}_4^-$  em pH próximo de 7,0, em seguida pode ser adsorvido pelos óxidos de  $\text{Fe}^{2+}$  e  $\text{Al}^{3+}$  da fração argila (Camargo, 2006) e isto ocorre quando se aplica o silício antes do calcário e do fósforo das fertilizações.

Os silicatos para serem utilizados na agricultura devem apresentar granulometria adequada, presença de elementos nutrientes, condições para fornecer o silício solúvel às plantas e corrigir a acidez do solo com a mesma eficiência do calcário. Além dessas características positivas, a presença de metais pesados deve ser analisada pelo aspecto ambiental de contaminação do solo e das águas superficiais e subterrâneas (Prado e Fernandes, 2001).

Lima Filho (2004) relata que o uso de fertilizantes silicatados aumenta a eficiência da adubação NPK. Segundo o autor, os silicatos apresentam boas propriedades de adsorção e promovem menor lixiviação de  $\text{K}^+$  e de outros nutrientes móveis no solo. Mauad et al., (2003) trabalharam com adubação nitrogenada combinada com a adubação silicatada na cultura do arroz, observaram na menor dose de nitrogênio aplicada, aumento de silício na folha. Segundo Fonseca (2007), isso se deve, provavelmente, à competição que existe entre os íons  $\text{H}_3\text{SiO}_4^-$  e o  $\text{NO}_3^-$  pelos sítios de absorção da planta.

Quando o objetivo nas adubações é fornecer silício, a aplicação deve ser feita quando o solo apresentar valores inferiores a  $20 \text{ mg dm}^{-3}$  (ácido acético  $0,5 \text{ mol L}^{-1}$ ), ou ainda de 6 a  $8 \text{ mg dm}^{-3}$  ( $\text{CaCl}_2$   $0,05 \text{ mol L}^{-1}$ ) (Reis et al., 2008). Ressalta-se que a dose de silicato a ser aplicada no solo depende da reatividade da fonte, do teor de Si no solo e da cultura considerada. Quando o objetivo, é apenas a correção solo, pode-se adotar qualquer um dos métodos de recomendação de calagem (Korndörfer et al., 2004).

Os benefícios proporcionados pelos corretivos silicatados às plantas são observados com maior frequência em solos com veranicos ou períodos secos prolongados, geada, alta incidência de pragas e/ou doenças (Soratto e Crusciol,

2008), e em solos muito intemperizados, ácidos, com alto potencial de lixiviação, e baixa relação sílica/ sesquióxido de Fe e Al ( $< 0,5$ ) (Korndörfer et al., 2002b).

#### **2.4. Nutrição do maracujazeiro**

A maioria das regiões produtoras de maracujá convive com a baixa produtividade, devido à falta de tecnologia, desde a produção das mudas até a manutenção da cultura. Os ciclos alternados de vegetação e de produção apresentados pelo maracujazeiro amarelo exigem ótimo estado nutricional das plantas em todas as fases do processo produtivo, pois há grande demanda por energia na planta e forte drenagem de nutrientes das folhas para os frutos em desenvolvimento, reduzindo a intensidade vegetativa da planta, requerendo, assim, um programa de adubação que permita a manutenção da cultura em estado nutricional adequada (Costa, 2008).

Sabe-se que o maracujazeiro absorve pequena quantidade de nutrientes, até 60 dias do transplante. Depois, cresce gradativa e significativamente a absorção de N, P, K e Mg. Após 180 dias aumenta a absorção de Ca e S. No período que antecede o aparecimento de frutos é vigorosa a demanda de N, K e Ca (Lima, 2006). Segundo Prado e Natale (2006), geralmente o acúmulo de nutrientes pela planta acompanha o acúmulo de matéria seca, e no caso do maracujazeiro, isso ocorre a partir de 120 dias após o plantio, sendo ascendente e contínuo, até atingir o acúmulo máximo, aos 240 dias.

A resposta das culturas à adubação pode ser mais dependente da interação entre nutrientes do que do nutriente isolado. Assim, na literatura é muito conhecida a interação positiva entre N e K. Prado et al., (2004) trabalharam com adubação potássica, na forma de cloreto de potássio, com dose fixa de nitrogênio ( $300 \text{ mg de N por dm}^3$ ) e concluíram que a dose de  $225 \text{ mg de K por dm}$  de solo, resultou em maior desenvolvimento das mudas, além de melhor nutrição e maior produção de matéria seca.

De acordo com Almeida et al. (2006), o maior desenvolvimento das mudas de maracujazeiro (altura, diâmetro do caule, número de folhas, área foliar e matéria seca da parte aérea e raiz) cultivadas em Latossolo Vermelho ocorreu com as doses de  $150 \text{ mg de N por dm}$  e de  $300 \text{ mg de K por dm}$ , parceladas em quatro vezes.

Borges et al., (2002) ao estudarem os efeitos de doses de N, P e K em Latossolo Amarelo franco-argilo-arenoso, com  $2 \text{ mg kg}^{-1}$  de P e  $78 \text{ mg kg}^{-1}$  de K, não obtiveram efeitos na produtividade nem sobre os teores de N e P nas folhas; no entanto, notaram que o aumento das doses de K no solo elevou, os teores do nutriente nas folhas.

Exigência do maracujazeiro em potássio supera o nitrogênio. Neste sentido Carvalho et al. (2001) verificaram em maracujazeiro amarelo que a maior produção de frutos e de suco foi observada quando a relação foliar N:K era igual a 1:2,2 e 1:2,8, respectivamente.

Sousa et al. (2008) observaram deficiência de potássio no maracujazeiro, mesmo com a aplicação frequente do elemento, segundo os autores, isto pode ser atribuído à idade das plantas, época de coleta das folhas, emissão das flores, gavinhas, botões florais e desenvolvimento de frutos. Segundo Araújo et al., (2005), é no período de frutificação, formação e maturação dos frutos, que as plantas mais demandam potássio, principal nutriente para o maracujazeiro, nesta fase.

A aplicação de fósforo incrementa o desenvolvimento das plantas, Prado et al., (2005) aplicaram fósforo na dose de  $450 \text{ mg dm}^{-3}$ , em substrato com baixo teor de P, observaram melhoria no estado nutricional e maior desenvolvimento das mudas e que a maior produção de matéria seca das mudas esteve associada com a concentração no solo próxima a  $180 \text{ mg de P por dm}^3$  e na parte aérea e raiz de 4,5 e 3,6 g de P por kg, respectivamente.

Brasil e Nascimento, (2010) estudaram a influência do calcário e do fósforo em maracujazeiro amarelo, obtiveram os maiores incrementos, em termos de altura e matéria seca da parte aérea com a aplicação de fósforo. Segundo os autores, a aplicação combinada de  $160 \text{ mg dm}^{-3}$  de P, em solo com saturação por bases estimada de 47%, correspondeu ao rendimento da matéria seca da parte aérea do equivalente a 90% da máxima produção.

As deficiências de micronutrientes, principalmente zinco e boro são as mais comuns em culturas, tornando um dos fatores limitantes do aumento da produtividade. A quantidade destes micronutrientes aplicados, geralmente é baixa, em função disto tem-se uma alta relação benefício/custo nos sistemas de produção.

Natale et al., (2004) verificaram maior desenvolvimento das mudas de maracujá amarelo (diâmetro do caule, altura, área foliar e matéria seca da parte

aérea e raízes) e maiores teores de macro e micronutrientes, durante 70 dias, em resposta à adição de zinco. O maior crescimento e produção de matéria seca estiveram associados à dose de 5 mg dm<sup>-3</sup> de Zn (10 kg ha<sup>-1</sup> de Zn), correspondendo a 2,5 mg dm<sup>-3</sup> de Zn no solo (extrator DTPA) e 22,1 mg kg<sup>-1</sup> de Zn na parte aérea do maracujazeiro.

Os teores adequados de nutrientes essenciais nos tecidos foliares do maracujazeiro ainda não foram estabelecidos nas suas fases fenológicas. Embora vários autores sugiram faixas apropriadas para os nutrientes (Tabela 2).

Tabela 2. Faixas de concentração de nutrientes observados em folhas de maracujazeiro em diferentes estudos

Nutrientes	1	2	3	4	5	6
N (g kg <sup>-1</sup> )	36-40	40-58,7	42-52	56	35-58	44,3-53,5
P (g kg <sup>-1</sup> )	2,1-3,0	2,9-5,0	1,5-2,5	3,48	2,31-3,85	2,46-3,25
K (g kg <sup>-1</sup> )	23,6-32,4	26,1-45	20-30	22	24,1-38	18,4-29,3
Ca (g kg <sup>-1</sup> )	17,4-27,7	5,5-20	17-27	14,14	6,13-14,4	9,6-13,8
Mg (g kg <sup>-1</sup> )	2,1	2,9-5,6	3-4	3,31	2,13-4,28	2,68-3,92
S (g kg <sup>-1</sup> )	4,4	3,0-5,2	3,2-4,0	4,42	3,11-4,64	2,91-4,82
Zn (mg kg <sup>-1</sup> )	26-49	25-80	50-80	31,9	21,1-31,8	74-221
Cu (mg kg <sup>-1</sup> )	15-16	3,9-20	5-20	-	4,41-8,47	3,33-4,85
Mn (mg kg <sup>-1</sup> )	433-604	84,5-600	100-250	49	44,4-94,5	30,4-39,5
Cl (g kg <sup>-1</sup> )	-	-	-	22,1	19,9-28,9	14,2-23,2
Fe (mg kg <sup>-1</sup> )	116-233	76,2-200	100-200	92,9	77-135	72-162
B (mg kg <sup>-1</sup> )	39-47	27,9-69,4	40-60	27,8	22,8-	22,5-40,7

1. Haag et al., 1973; 2. Malavolta et al., 1989; 3. Bataglia e Santos, 2001; 4. Freitas et al.; 2007; 5. Carvalho et al., 2002; 6. Alves, 2003.

A aplicação de corretivo de acidez pode reduzir os níveis de micronutrientes na planta. Fonseca et al., (2005), trabalharam com mudas de maracujá doce em Latossolo Vermelho Amarelo e Latossolo Vermelho, com e sem calagem, concluíram que o incremento do valor da saturação por bases no solo reduziu os teores de Zn na matéria seca da parte aérea do maracujazeiro de 33,15 mg kg<sup>-1</sup> (V = 40%) para 28,97 (V = 80%).

Alguns elementos químicos acumulam mais em certas partes da planta. Lopes (2000) observou que o B, Cu e Zn, no maracujazeiro doce concentraram-se na parte aérea, ao passo que o Mn e o Fe na raiz. Observou ainda que os

micronutrientes tiveram um acúmulo na parte aérea na seguinte ordem decrescente Fe>B>Mn>Zn>Cu.

Segundo Sousa e Borges (2011), o manganês é o micronutriente mais absorvido no maracujazeiro. Apesar do elemento ser encontrado em maior quantidade nos frutos, comparado aos outros micronutrientes, somente 6,4% são exportados. Após o aparecimento dos frutos (oitavo e nono mês), o crescimento torna-se exponencial, aumentando a absorção dos micronutrientes, principalmente Mn e Fe.

## **2.5. Irrigação no maracujazeiro**

O monitoramento contínuo da umidade no solo em áreas irrigadas é muito importante, pois objetiva avaliar se a água aplicada na irrigação está prontamente armazenando-se no solo explorado pelas raízes ou se transferindo por percolação. Entre essa e outras razões, a irrigação tem sido reconhecida como parte fundamental do manejo do maracujazeiro, não só como condição essencial, em regiões subúmida e semiárida, mas também como alternativa de produção na entressafra (Sousa et al., 2006).

As pesquisas vêm demonstrando a importância de monitoramento da água no maracujazeiro. Carvalho et al., (2002) avaliaram os efeitos da adubação nitrogenada e da irrigação, sobre os teores foliares dos nutrientes N, P, K, Ca, Mg, S, Cl, Zn, Mn, Fe, B, Cu e do elemento mineral Na em diferentes épocas do desenvolvimento do maracujazeiro amarelo e concluíram que a irrigação elevou os teores de Cl e de Na nas folhas e não influenciou nos teores foliares dos demais nutrientes avaliados.

Lucas (2002), com o objetivo de estudar o efeito de lâminas de irrigação e doses de potássio aplicadas via fertirrigação por gotejamento no desenvolvimento, na produtividade e na qualidade de frutos do maracujazeiro amarelo, utilizou doses de K<sub>2</sub>O variando de zero (testemunha) até 800 g de K<sub>2</sub>O por planta, concluiu que houve efeito significativo das lâminas de irrigação sobre o diâmetro do caule e a área foliar do maracujazeiro amarelo. E que, o peso do fruto, a densidade do suco, a espessura da casca e o rendimento do suco foram influenciados significativamente pelas lâminas de irrigação, pelas doses de potássio e pela interação entre esses fatores. A produção total de frutos foi influenciada significativamente pelos tratamentos, obtendo-se um valor máximo de 14.806 kg

ha<sup>-1</sup> com a combinação de 118,5 mm de água com dose nula de potássio e um valor mínimo de 8.879 kg ha<sup>-1</sup> obtido com a aplicação de 171,5 mm de água e 400 g de K<sub>2</sub>O por planta.

As tensões de água no solo podem interferir na produtividade do maracujazeiro. Koetz et al., (2010) estudaram o efeito de tensões de água no solo entre 15 e 60 kPa sobre o comportamento qualitativo do maracujá amarelo em ambiente protegido e natural, evidenciando que em ambiente protegido, com o controle das condições climáticas e da água, os frutos são ligeiramente menos ácidos do que em nível de campo.

Níveis suficientes de umidade no solo possibilitam ganhos quantitativos e qualitativos em razão de incrementos nos níveis de produtividade, uniformidade, continuidade de produção e melhorias nos atributos externos e internos dos frutos (Freire et al., 2010). Cabe salientar, que o teor de água no solo é um dos fatores que mais influencia o florescimento da cultura do maracujá. A falta de umidade no solo provoca a queda das folhas e dos frutos, principalmente no início de seu desenvolvimento. Se chegarem a se formar, os frutos podem crescer com enrugamento, prejudicando a qualidade da produção (Costa et al., 2009).

A época mais adequada para irrigar a planta pode ser simplificada de acordo com cada caso ou estratégia de manejo adotada, sendo, muitas vezes, tomada como base na avaliação da deficiência de água no solo em conjunto com indicadores da atmosfera, planta ou solo (Marouelli et al., 2011).

### **2.5.1. Indicadores com base em dados atmosféricos**

A evapotranspiração é definida como a perda de água por meio da evaporação do solo e da transpiração das plantas. É um processo biofísico que envolve o conteúdo de água do solo, a passagem da água através da planta, a perda de água por transpiração através dos estômatos das folhas e o transporte de água na atmosfera por meio dos processos difusivos e turbulentos. Sua estimativa é de fundamental importância para o planejamento da irrigação das culturas, para aplicação em modelos de previsão de crescimento e produção de culturas e para propósitos ecofisiológicos (Rana et al., 2001).

A quantificação da evapotranspiração é muito importante, pois possibilita estratégias de manejo em função das condições climáticas da região e hídricas do solo (Lima et al., 2005). O método Penman-Monteith, um dos mais utilizados para

cálculo da evapotranspiração, possui variados elementos meteorológicos em sua solução, sendo o recomendado pela FAO como modelo global padrão para estimativa da evapotranspiração da cultura de referência. Assim, muitos são os estudos para comparar os resultados obtidos por outros métodos em relação ao mesmo, em várias regiões do país (Silveira et al., 2011).

O Boletim de irrigação e drenagem nº 56 da FAO (FAO-56) sugere para estimar a evapotranspiração da cultura ( $ET_c$ ), a fórmula:  $ET_c = K_c \cdot ET_o$ , em que,  $ET_o$  é a evapotranspiração de referência e  $K_c$  um coeficiente empírico da cultura. Na  $ET_o$  são incorporados os efeitos das condições meteorológicas; enquanto  $K_c$  representa as características da planta (área foliar, arquitetura foliar, cobertura vegetal, altura, entre outras) que diferenciam a cultura analisada da cultura de referência (Allen et al., 2005).

Tonny et al., (2006) determinaram na cultura do maracujazeiro 6 estádios de desenvolvimento, com valores de  $K_c$  de 0,6 para a fase de crescimento vegetativo apical, 0,9 para a fase de crescimento vegetativo lateral, 1,2 para a fase de floração e frutificação, 1 para a fase de maturação dos frutos, 0,8 para a fase pós-maturação dos frutos e 1 para a fase de renovação de ramos no segundo ciclo de produção.

Sousa et al., (2001) apresentaram valores de  $K_c$  determinados a partir da evapotranspiração da cultura, obtida por meio lisímetro de drenagem e vários métodos de estimativas de  $ET_o$ , cujos maiores valores de  $K_c$  (1,48) foram obtidos pelo método de Thornthwaite para estimativa da  $ET_o$ . Para os métodos do tanque classe A e Penman Monteith, os valores de  $K_c$  foram próximos 1,24 e 1,16 respectivamente. Portanto, como a  $ET_o$  depende das condições climáticas locais, ao se utilizar esses dados deve-se verificar qual o método mais apropriado para estimativa da evapotranspiração de referência da região, ou aquele que estiver disponível.

Carvalho et al., (2000b) trabalharam com maracujazeiro amarelo, em um solo Podzólico, em condição de campo, com quatro doses de N (50, 250, 450 e 650 g planta<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> de N) na forma de ureia, sob seis lâminas de irrigação (0, 25, 50, 75, 100 e 125% da evapotranspiração de referência  $ET_o$ ), que corresponderam a lâminas totais de água (irrigação + precipitação efetiva) de 826, 1.041, 1.195, 1.293, 1.481 e 1.733 mm, respectivamente. Os autores concluíram que, nas condições de estudos realizadas, a máxima produtividade de frutos, 41,3 t ha<sup>-1</sup>, é obtida quando

se aplica  $290 \text{ g planta}^{-1} \text{ ano}^{-1}$  de N, sob uma lâmina de irrigação de 75% da  $ET_o$ , o que corresponde a uma lâmina total de água (irrigação + precipitação efetiva) de 1.293 mm. Segundo os autores não houve resposta às doses nitrogenadas nas lâminas de irrigação de 0, 25, 100 e 125% da  $ET_o$ .

### 2.5.2. Indicadores com base nos dados da planta

O organismo vegetal integra os efeitos das condições ambientais e faz a interface entre o solo e a atmosfera. Portanto, um procedimento lógico para programar as irrigações seria avaliar o estado hídrico da planta (Marouelli et al., 2011).

Na avaliação da deficiência de água nas plantas, considera-se a folha como o principal órgão a ser avaliado. O potencial hídrico foliar é um indicador do *status* hídrico do vegetal, ou seja, informa a disponibilidade de água na planta. A diminuição na disponibilidade hídrica no solo reduz o potencial hídrico foliar, diminuindo assim a turgescência da célula (Nogueira et al., 2008).

Um sistema prático e de qualidade disponível para estimar a tensão de água nas paredes celulares (apoplasma) das plantas, no campo, é a câmara de Scholander, também denominada de câmara de pressão. A sua utilização como quantificador do potencial hídrico foliar possibilita uma forma mais prática e dinâmica da demonstração da influência do estresse hídrico (Freire et al., 2009).

Quando o nível de água no solo diminui, o potencial do solo e da folha também diminui e como consequência o déficit hídrico se desenvolve nas folhas e as células guardas perdem turgor, causando fechamento estomático (Bianchi, 2004). Mesmo havendo variações ao longo do dia (déficit de curto prazo) em plantas irrigadas, o potencial da água na folha tem sido utilizado em estudos das relações hídricas dos vegetais, representando um bom indicador do estado hídrico da planta, podendo ser utilizado como critério para irrigação em sistemas de monitoramento (Yatapanage e So, 2001).

As medições do potencial da água nas folhas requerem alguns cuidados, a fim de que os dados obtidos reflitam o verdadeiro estado hídrico da planta. No caso do uso da câmara de Scholander, a pressurização deve ser lenta e deve-se evitar a perda de água após a coleta da folha, colocando-a em saco de plástico. Além disso, o tempo entre a retirada da folha e a medição deve ser o menor possível. A determinação do ponto de equilíbrio, isto é, quando a seiva inicia a saída do xilema

é, por vezes, difícil de ser feita, e depende do tipo de planta, o que pode induzir a erros (Bergonci et al., 2000).

Quanto à variação diária no  $\Psi_{\text{folha}}$ , existem plantas classificadas como anisohídricas, que têm ampla variação diária segundo a variação da condutância estomática e plantas com menor amplitude diária no  $\Psi_{\text{folha}}$ , independente da condutância estomática, classificadas como isohídricas (Vieira Júnior et al., 2007).

Schultz (2003) detectou dois tipos de comportamento, isohídrico e anisohídrico, em duas cultivares de videira de origens diferentes, uma méstica e outra de ambiente mediterrâneo, e a diferença de comportamento foi atribuída às diferenças de  $L_p$  dos ramos e pecíolo e não da folha. Sendo assim, não se pode fazer essa classificação por espécie, mas sim pela arquitetura hidráulica das plantas, em função do seu ambiente de origem.

### **2.5.3. Indicadores com base nos dados do solo**

A estrutura do solo tem sido considerada um bom indicador de qualidade do solo, por influenciar direta ou indiretamente importantes processos e fenômenos de importância agronômica e ambiental que ocorrem no solo, como retenção e infiltração de água, susceptibilidade à erosão, aeração, atividade microbiana, dentre outros (Resende et al., 2012).

Informações sobre o teor de água do solo existente na zona radicular das plantas, bem como sobre a energia com que a água está retida no solo, têm sido uma das estratégias mais utilizadas para definição do momento de irrigar. Ao contrário de dados com base na planta, os indicadores com base no solo possibilitam determinar, além do momento da irrigação, a quantidade de água a ser aplicada por irrigação. Esses indicadores podem ser expressos por meio do teor de água no solo, tensão de água no solo e/ou uma junção dos dois, utilizando-se a curva de retenção de água no solo (Marouelli et al., 2011).

Embora o tensiômetro tenha algumas limitações (Bakker et al., 2007) como qualquer instrumento, ele tem sido utilizado de modo satisfatório na determinação da energia com que a água está retida pela matriz do solo. Uma das limitações é que ele funciona até cerca de -0,085 MPa. Considerando que o intervalo do potencial mátrico agronomicamente importante varia de 0 (zero) a -1,5 MPa, o tensiômetro poderia ser considerado um instrumento por demais limitado. No entanto, para a atividade agrícola comercial, a faixa de interesse é de

0 a -0,1 MPa, na qual a densidade de fluxo da solução no solo é apreciável para a maioria dos solos cultivados (Reichardt, 1990).

Carvalho et al. (2010) mostraram na cultura do maracujazeiro que o momento de irrigação pode ser definido pela tensão da água no solo, medida em tensiômetros. Para chegar a esta conclusão, os pesquisadores instalaram 16 tensiômetros a 0,15 m da planta e a 0,20 m de profundidade e irrigavam toda vez que a tensão medida a 0,20 m de profundidade atingia o valor mais próximo possível de 15 kPa, 30 kPa, 45 kPa e 60 kPa de cada tratamento, pois o sistema de irrigação não era automatizado, com leituras pela manhã e à tarde. Quatro tensiômetros dos instalados eram de punção para as tensões de 15 kPa a 60 kPa, sendo um tensiômetro para cada repetição do tratamento. Os autores concluíram que a irrigação pode ser realizada para tensão de água no solo de 60 kPa em ambiente protegido e natural sem comprometer a produtividade da cultura.

Os elementos produtivos do maracujazeiro, número de frutos por planta e peso médio dos frutos, são os grandes responsáveis pelo aumento significativo da produtividade. Assim, o manejo da irrigação condiciona o solo a se manter com ótimo teor de água favorecendo a um melhor desenvolvimento da cultura e, em contrapartida, maior produtividade (Araújo Neto et al., 2005).

A tensão de água na matriz do solo é um importante indicador de disponibilidade de água para as plantas, pois caracteriza o estado da energia da água que interage com a matriz do solo, representando uma medida da quantidade de energia requerida pelas plantas para extrair água. Quanto mais fortemente a água estiver retida no solo, maior será a quantidade de energia que a planta terá que despende para absorver a água necessária a atender às suas necessidades metabólicas, com destaque para a transpiração. Desse modo, medidas de tensão podem ser utilizadas para avaliar indiretamente a deficiência hídrica das plantas, pois a taxa de transpiração é controlada, dentro de certos limites, pelo próprio solo (Marouelli et al., 2011).

A quantidade de água requerida e a frequência da irrigação são funções das variáveis do solo, da planta e da atmosfera e dependem da energia com que a água se encontra retida no solo e conseqüentemente da energia que a planta deve exercer para retirar essa água (Klar, 2001).

Pelo método da tensão de água no solo, a tensão na qual se deve iniciar a irrigação é o valor que, na curva característica de água no solo, corresponda a uma

umidade relativa ao consumo de 30% da água disponível no solo. Caso não se disponha da curva, pesquisadores recomendam, para solo arenoso, que os teores de água correspondam a valores de potencial de água no solo próximo de 6 kPa e para solo de textura média a argilosa, próximo de 20 kPa. O potencial de água no solo para a cultura do maracujá não deve exceder a 20 kPa durante os períodos críticos de diferenciação de flores e pegamento de frutos (Rotondano e Melo 2007).

Figuerêdo et al., (2003) testaram três níveis de potenciais de água no solo (-30; -60; e -500 KPa) e quatro doses de nitrogênio (0, 100, 250 e 400 gramas de N planta<sup>-1</sup>ano<sup>-1</sup>), na forma de ureia, aplicadas em dez parcelas iguais durante o ano, via água de irrigação em um Latossolo Vermelho franco argilo-arenoso com fertilidade previamente corrigida, na cultura do maracujá doce. Os resultados mostraram que os maiores níveis de produtividade foram alcançados quando a tensão de água no solo a 20 cm de profundidade atingia valores próximos de -54 KPa.

### 3. TRABALHOS

#### 3.1. AVALIAÇÃO BIOMÉTRICA EM MARACUJAZEIRO SUBMETIDO A NÍVEIS DE ESCÓRIA DE ACIARIA E DE TENSÕES DE ÁGUA NO SOLO

**RESUMO** - Com o objetivo de avaliar o efeito do silício na biometria do maracujazeiro amarelo foi conduzido um experimento em casa de vegetação, com doses de escória de aciaria e diferentes tensões de água no solo. O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso, com parcelas subdivididas, com três repetições. As parcelas receberam 4 (quatro) níveis de escória de aciaria (0,0; 4,091; 8,183 e 12,275 g vaso<sup>-1</sup>) x 3 (três) tensões de água no substrato (15 kPa, 30 kPa e 50 kPa) e nas subparcelas, 5 (cinco) tempos de retiradas de planta para análises biométricas (52, 82, 97, 112 e 127 dias, após o semeio). Observou-se efeito das tensões de água aplicadas ao substrato sobre as características para crescimento do maracujazeiro com avaliação até aos 127 dias após o plantio. A aplicação da escória de aciaria não influenciou no crescimento do maracujazeiro no período estudado considerando as características avaliadas. O efeito da tensão de água no solo para o maracujazeiro amarelo varia com a idade da planta.

**Palavras-chave:** maracujá azedo, silício, crescimento e déficit hídrico.

## ALLOMETRIC EVALUATION IN PASSION FRUIT SUBMITTED TO LEVELS OF SLAG STEEL AND SOIL WATER TENSION

**ABSTRACT** - The objective of this study was to evaluate the growth of passion fruit, grown in soil under four doses of steel slag and three levels of water tension. The experiment was conducted in a greenhouse in a randomized complete block design, with split plots in a factorial 4 (levels of steel slag) x 3 (levels of water pressures) x 5 (sampling times) with three replications. The plots consisted of 4 levels of steel slag (4.091, 8.183 and 12.275 g pot<sup>-1</sup>) and 3 levels of water stress (15, 30 and 50 kPa) and the sub-plots consisted of five days of collection (52, 82, 97, 112 and 127 days after planting) for analyzes of allometrics measurement. It was observed effect of water stress applied to the substrate on the growth characteristics for evaluation of passion fruit with up to 127 days after planting. The application of steel slag did not influence the growth of passion fruit in the period studied considering the characteristics evaluated. The effect of soil water tension for passion fruit varies with the age of the plant.

**Keywords:** passion fruit tart, silicon, growth and water deficit.

### INTRODUÇÃO

O Brasil abriga o centro de diversidade genética do gênero *Passiflora*. A principal espécie cultivada no País é a *Passiflora edulis* Sims f. *flavicarpa* Deg, conhecida por maracujá amarelo, ou maracujá azedo, uma fruteira de clima tropical com ampla distribuição geográfica (Matta, 2005). A cultura, a partir das duas últimas décadas assumiu posição de destaque em relação a área cultivada e volume de produção estimado pelo consumo *in natura* e pela demanda crescente do mercado agroindustrial (Pimentel et al., 2009).

A expansão dos plantios tem gerado uma demanda por tecnologias de produção mais adequadas, capazes de elevar a produtividade e a qualidade dos frutos (Carvalho et al., 2000). Nesse contexto, a irrigação, a correção do solo quando necessária e na dose adequada, seguido de adubação balanceada assumem lugar de destaque no manejo dessa cultura, pois são responsáveis pelos maiores ganhos de produtividade. Em razão disso, estas práticas devem ser

aplicadas de forma correta visando à maximização da eficiência dos efeitos benéficos de cada uma delas, de modo que, o retorno dos investimentos dispensados com estes insumos possa trazer rentabilidade para os produtores.

O maracujazeiro é uma planta que floresce e frutifica durante vários meses do ano, sendo influenciado pelo fotoperíodo, temperatura e umidade relativa. Por ser uma cultura de crescimento contínuo e vigoroso torna-se exigente em água, principalmente, na fase de floração e frutificação (Gondim, 2003). A carência hídrica no solo pode reduzir seu crescimento, sua floração, seu número e peso médio de frutos, refletindo-se na perda da produtividade, por isso o cultivo torna-se mais rentável sob regime de irrigação (Costa et al., 2005).

Entre os fatores de produção, a água limita com mais frequência o rendimento das culturas cultivadas, principalmente em regiões com precipitações pluviais irregulares. A irrigação suplementar constitui uma alternativa para maximizar a produtividade e reduzir o risco do investimento realizado, propiciando um maior número de safras ao ano com maior geração de rendas (Soares et al., 2010).

A disponibilidade de recursos hídricos e adubação em níveis adequados são de fundamentais importâncias para o crescimento, desenvolvimento e produção de um vegetal (Floss, 2004). Nesta circunstância, o estudo da biometria pode fornecer informações importantes para a caracterização de aspectos morfológicos das espécies, constituindo também um instrumento importante para detectar a variabilidade genética dentro de populações e as relações entre estas alterações e os fatores ambientais, contribuindo em estudos sobre a diversidade genética, conservação e exploração dos recursos de valor econômico, tais como, a utilização das práticas agronômicas sobre o crescimento do vegetal (Gusmão et al., 2006).

A quantidade de água a ser aplicada é normalmente determinada pela necessidade hídrica da cultura, podendo ser estimada através da evapotranspiração ou por meio da tensão da água no solo. Para se determinar o momento da irrigação, podem-se utilizar outras medidas de avaliação de água no solo ou considerar os sintomas de deficiência de água nas plantas (Silva e Barreto, 2004).

O fornecimento da água na quantidade adequada, a correção da acidez do solo quando necessária, as adubações, os tratamentos culturais, entre outros

fatores, tornam-se de fundamental importância para o aumento da produtividade das culturas. Segundo Prado et al., (2003), o interesse pela adubação silicatada está aumentando principalmente pela disponibilidade de fontes comerciais. Seu uso como corretivo da acidez do solo com a mesma eficiência do calcário, além de fornecer o silício considerado um micronutriente benéfico para a produção de várias culturas, contribui para reduzir o passivo ambiental das indústrias de ferro e ácido.

As escórias siderúrgicas podem ser utilizadas como uma fonte de silício na agricultura, desde que apresente alto conteúdo de Si solúvel, relações e quantidades de Ca e Mg adequado e baixos teores de metais pesados (Korndörfer et al., 2002). São as fontes mais abundantes e baratas de silicatos. Apesar de estar disponíveis no mercado brasileiro, têm sido pouco comercializadas para esse fim (Quaggio, 2000).

A sua utilização na agricultura torna-se particularmente interessante pelo fornecimento do silício, considerado um elemento com ação antiestressante natural. Desempenha papéis importantes nas relações planta-ambiente, proporcionando às culturas condições para suportar adversidades climáticas, edáficas e biológicas (Lima Filho, 2005).

Trabalhos que envolvam dados biométricos, a partir do início do desenvolvimento da passiflora, juntamente com aplicação de escória de aciaria em substratos com níveis diferenciados de umidade são escassos na literatura. Nessa conjuntura, o silício pode representar uma alternativa interessante, principalmente na redução do estresse hídrico, em área não irrigada. A sua inclusão na adubação, como alternativa de manejo para os solos pode proporcionar um maior retorno econômico para os agricultores. Segundo Korndörfer et al., (2003), apesar de ser considerado um nutriente não essencial aos vegetais, ele tem proporcionado aumentos na produtividade e na resistência a estresses bióticos e abióticos em algumas espécies de interesse econômico.

Objetivou-se nesta pesquisa, avaliar o efeito de doses crescente de escória de aciaria em diferentes tensões de água no substrato na biometria do maracujazeiro amarelo cultivado em casa de vegetação.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação instalado no Centro de Ciência Agrária da Universidade Federal do Espírito Santo (CCA-UFES), no município de Alegre-ES, tendo por coordenadas geográficas 20° 45' 49" S e 41° e 48' 58" W, com altitude de 150 m e clima subtropical do tipo "Aw" com estação seca no inverno, de acordo com a classificação de Koppen. A casa de vegetação foi equipada com termohigrógrafo para obtenção diária das temperaturas máxima e mínima, das umidades máxima e mínima e da radiação solar ( $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ). As leituras obtidas durante o período experimental estão apresentadas na Figura 1.

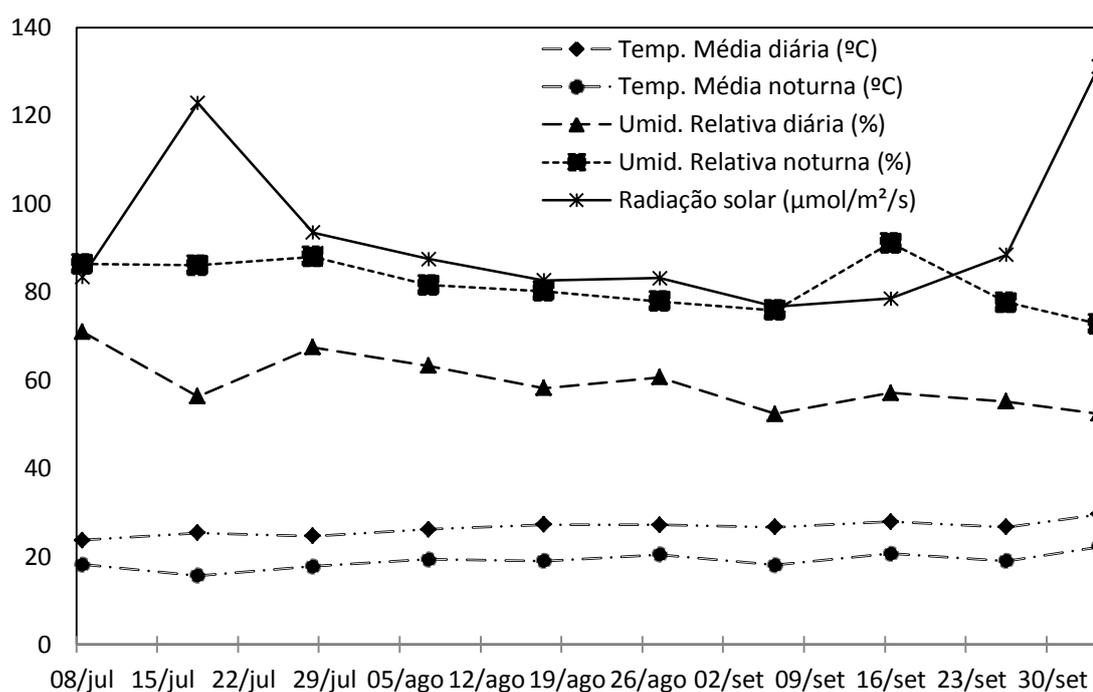


Figura 1. Temperatura do ar, umidade relativa e radiação solar na casa de vegetação durante a condução do experimento com maracujazeiro amarelo.

O experimento foi conduzido no período de junho a outubro de 2011. O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, com três repetições. Os tratamentos foram dispostos segundo um arranjo fatorial 4 x 3, sendo quatro níveis de escória de aciaria (0,0; 4,091; 8,183 e 12,275 g vaso<sup>-1</sup>), e três tensões de água no substrato (15, 30 e 50 kPa). Cada tratamento foi constituído por um vaso de 8 dm<sup>3</sup> de capacidade, preenchido parcialmente com 5 kg com os respectivos substratos de cultivo.

O solo dos respectivos substratos de cultivo foi um Latossolo Vermelho Amarelo distrófico, com textura média no horizonte A (Embrapa, 1999), o qual foi coletado na camada arável de 0 a 20 cm em uma região de relevo acidentado no município de Alegre-ES. Após a coleta o solo foi seco ao ar, destorroado e passado em uma peneira de 2 mm para obtenção da terra fina seca ao ar (TFSA). Posteriormente, o solo foi desinfestado através do processo de solarização para eliminação de ervas daninhas e patógenos (Ritzinger e Rocha, 2010). Em seguida o solo e a escória de aciaria foram individualmente homogeneizados e caracterizados quimicamente, Tabelas 1 e 2, respectivamente.

Tabela 1. Caracterização química e física do latossolo vermelho amarelo distrófico antes da incorporação dos corretivos de acidez (mistura de CO<sub>3</sub><sup>2-</sup> e escória de aciaria)

pH em H <sub>2</sub> O	P <sup>(1)</sup>	K <sup>(1)</sup>	Na <sup>(1)</sup>	Ca <sup>(2)</sup>	Mg <sup>(2)</sup>	Al <sup>(2)</sup>	SB <sup>(3)</sup>	H+Al <sup>(4)</sup>	T <sup>(5)</sup>	V <sup>(6)</sup>	m <sup>(7)</sup>
	(mg dm <sup>-3</sup> )			(mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )						(%)	
4,73	4	30	5	5,7	2,1	13	8,79	59	67,8	12,96	59,66
C.O <sup>(8)</sup>	S <sup>(9)</sup>	Si <sup>(10)</sup>	Fe <sup>(1)</sup>	Mn <sup>(1)</sup>	Zn <sup>(1)</sup>	Cu <sup>(1)</sup>	B <sup>(11)</sup>				
%	(mg dm <sup>-3</sup> )										
1,46	3	8,13	46,93	0,25	5,75	0,8	0,28				
D.a (kg dm <sup>-3</sup> )	Argila <sup>(12)</sup>	silte	areia	Água retida no solo (kg kg <sup>-1</sup> ) <sup>(13)</sup>							
	(g kg <sup>-1</sup> )			(kPa)							
1,25	670	40	290	9	15	30	50				
				0,178	0,166	0,140	0,126				

<sup>(1)</sup> Extrator HCl 0,05 mol L<sup>-1</sup> + H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,0125 mol L<sup>-1</sup>. <sup>(2)</sup> Extrator KCl 1 mol L<sup>-1</sup>. <sup>(3)</sup> Soma de bases. <sup>(4)</sup> Acidez potencial – extrator acetato de cálcio 0,5 mol L<sup>-1</sup>. <sup>(5)</sup> T pH 7,0. <sup>(6)</sup> Saturação por bases. <sup>(7)</sup> Saturação por Al. <sup>(8)</sup> Carbono orgânico (Walkley - Black). <sup>(9)</sup> Extrator Ca(H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub> 0,01 mol L<sup>-1</sup>. <sup>(10)</sup> Extrator cloreto de cálcio 0,01 mol L<sup>-1</sup>. <sup>(11)</sup> Extrator água quente. <sup>(12)</sup> Método da pipeta (EMBRAPA, 1997). <sup>(13)</sup> Extrator de Richards, 1965.

Para estabelecer as doses de escória de aciaria necessárias para elevar o pH a valor predeterminado de 5,8 foram realizadas as curvas de incubação do solo. Paralelamente, foram feitas curvas para ajuste do pH com mistura de carbonatos de cálcio e de magnésio, na mesma proporção Ca:Mg determinada

para a escória de aciaria. As misturas foram incubadas por 30 dias, em meio aeróbio, mantendo-se a umidade na faixa de 9 kPa, com controle diário da umidade por pesagem.

O pH do solo, determinado na relação 1 : 2,5 (solo : água), foi relacionado com as doses de escória (E) e a mistura de carbonatos (M) por meio de equações de regressão:  $\text{pH} = 4,932 + 0,0001972E$  ( $R^2 = 0,99$ ) e  $\text{pH} = 4,804 + 0,0002625M$  ( $R^2 = 0,99$ ), em que E e M são expressas em t. ha<sup>-1</sup>, considerando-se 1 ha = 2000 m<sup>3</sup>. A equação correspondente a E foi utilizada para calcular a dose de escória necessária para elevar o pH para 5,8. As doses restantes foram de 0, 1/3 e 2/3 daquela previamente indicada.

Tabela 2. Características químicas, físicas e físico-química da escória de aciaria (Recmix) e das misturas de CO<sub>3</sub><sup>-2</sup> (CaCO<sub>3</sub> e MgCO<sub>3</sub> p.a)

Características	Escória de aciaria	Mistura de CO <sub>3</sub> <sup>-2</sup>
CaO (g kg <sup>-1</sup> ) <sup>(1)</sup>	298,4	298,4
MgO (g kg <sup>-1</sup> ) <sup>(1)</sup>	164,4	164,4
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> total (g kg <sup>-1</sup> ) <sup>(1)</sup>	3,7	0,10
K <sub>2</sub> O total (g kg <sup>-1</sup> ) <sup>(1)</sup>	1,4	0,3
S (mg dm <sup>-3</sup> ) <sup>(3)</sup>	0,07	0,01
SiO <sub>2</sub> total (g kg <sup>-1</sup> ) <sup>(1)</sup>	198	0,1
SiO <sub>2</sub> (mg dm <sup>-3</sup> ) <sup>(4)</sup>	0,63	0,01
Boro (mg dm <sup>-3</sup> ) <sup>(5)</sup>	0,06	0,0
Cobre (mg dm <sup>-3</sup> ) <sup>(2)</sup>	0,17	0,0
Ferro (mg dm <sup>-3</sup> ) <sup>(2)</sup>	1,38	0,037
Manganês (mg dm <sup>-3</sup> ) <sup>(2)</sup>	0,39	0,0
Zinco (mg dm <sup>-3</sup> ) <sup>(2)</sup>	0,36	0,0
Níquel (mg dm <sup>-3</sup> ) <sup>(1)</sup>	0,007	0,001
Poder de neutralização <sup>(1)</sup>	93,89	106,7
Eficiência relativa	100,00	100,00
Análise físico-química (PRNT)*		
Escória		93,89
Mistura de CO <sub>3</sub> <sup>-2</sup>		106,70

<sup>(1)</sup> MAPA, 2008 <sup>(2)</sup> Extrator HCl 0,05 mol L<sup>-1</sup> + H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,0125 mol L<sup>-1</sup>. <sup>(3)</sup> Extrator Ca(H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>) 0,01 mol L<sup>-1</sup>. <sup>(4)</sup> Korndörfer, et al., (2004). <sup>(5)</sup> Extrator água quente.\*PRNT: Poder relativo de neutralização total, calculado a partir da granulometria passante na peneira de 50mesh e do poder de neutralização.

As doses complementares da mistura de carbonatos foram calculadas de forma a elevar o pH de todas as amostras de solo para 5,8. Cada parcela recebeu as doses da escória de aciaria e da mistura de carbonatos assim calculadas. Em

acrécimo, incorporaram-se doses de nivelamento de P ( $250 \text{ mg kg}^{-1}$ ), N ( $60 \text{ mg kg}^{-1}$ ), K ( $150 \text{ mg kg}^{-1}$ ), Zn ( $5 \text{ mg kg}^{-1}$ ), B ( $0,5 \text{ mg kg}^{-1}$ ) e Cu ( $1 \text{ mg kg}^{-1}$ ) (Malavolta, 1981), na forma de superfosfato triplo (44 % de  $\text{P}_2\text{O}_5$ ), ureia (45% de N), cloreto de potássio (60 % de  $\text{K}_2\text{O}$ ), sulfato de zinco (22% de Zn) ácido bórico (17 % de B) e sulfato de cobre, respectivamente. Os substratos de cultivo dos diferentes tratamentos foram incubados por 30 dias, em meio aeróbio, mantendo-se a umidade na faixa de 9 kPa, com controle diário da umidade por pesagem. Decorrido esse período, retiraram-se amostras dos substratos de cultivo nos diferentes tratamentos correspondentes aos níveis de escória de aciaria que foram então caracterizados quimicamente.

As sementes utilizadas no experimento foram extraídas de frutos maduros, adquiridos no comércio local, e colocadas juntamente com a polpa em um recipiente de vidro onde permaneceram por 72 horas. Ao final deste período o material foi colocado em uma peneira e lavado em água corrente de modo a separar as sementes da mucilagem. Após a lavagem as sementes foram colocadas sobre folhas de papel absorvente para secarem a sombra, por um período de três dias. Findo esse tempo, as sementes foram distribuídas aleatoriamente nas parcelas.

O controle da umidade do solo foi realizado por meio de um tensiômetro (Ruiz, 1986) para cada tratamento em cada repetição. Desse modo, utilizaram-se 36 tensiômetros nos três blocos experimentais. A reposição de água nos quatro vasos restantes era realizada segundo a leitura do tensiômetro para o tratamento e bloco respectivos.

No início da fase experimental todas as parcelas receberam água para manter a tensão em 9 kPa, mantendo-se essa umidade até o desbaste final. Foram semeadas 25 sementes de maracujá amarelo por vaso. Antes da semeadura as sementes foram colocadas em água por um período de 48 horas. Os desbastes das mudas foram feitos em três épocas, aos 30, 37 e 45 dias após a semeadura, deixando-se 10, 3 e 1 planta, que apresentavam maior homogeneidade, por vaso, respectivamente.

Aos 15, 30 e 45 dias após emergência realizaram-se adubações nitrogenadas em cobertura em cada vaso de cultivo, com a incorporação de 60, 90 e 90  $\text{mg kg}^{-1}$  de N. Após o desbaste final iniciou-se o controle de água para as respectivas tensões de trabalho de 15, 30 e 50 kPa, suspendendo-se a irrigação

após atingir os valores indicados. O controle hídrico foi realizado diariamente acrescentando-se água destilada, quando necessário. A Figura 2 mostra o aparelho usado nas aferições das tensões de água no solo.



Figura 2. Descrição do aparelho usado nas aferições das tensões de água no substrato.

Aos 52, 82, 97 e 112 dias após a semeadura foi escolhido, aleatoriamente, um vaso de cada tratamento e bloco, por sorteio, totalizando 36 vasos, para a realização das determinações. O ensaio foi finalizado aos 127 dias após semeadura, analisando-se os materiais dos vasos que receberam os tensiômetros.

As características avaliadas foram: altura da planta (cm), número de folha por planta, diâmetro do colo (mm), matéria seca da parte aérea e da raiz (g), área foliar (cm<sup>2</sup>) e volume de raiz (cm<sup>3</sup>).

Após a remoção das plantas, para efetuar as análises biométricas, o material retirado era colocado em caixa de isopor, e no final da operação levado ao laboratório para efetuar as leituras da área foliar com o auxílio de um aparelho integrador de área portátil LI-COR modelo LI-3100. Para determinar altura das plantas foram utilizadas régua e fita métrica graduada em centímetros, sendo que a medida foi efetuada a partir do colo da planta até a gema apical. O volume de raiz foi determinado utilizando-se uma proveta graduada. O diâmetro do colo foi determinado no limite de separação entre o solo e a parte aérea da planta, utilizando-se um paquímetro. O número de folhas por planta foi contado a partir da folha basal até a última folha aberta. Para a determinação da matéria seca da parte aérea e da raiz, as plantas foram colocadas em estufa de circulação forçada

de ar por 72 horas a 75<sup>0</sup>C, e quando atingiram peso constante, procedeu-se a mensuração da matéria seca da parte aérea e das raízes.

Os dados obtidos foram submetidos a análises de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey, exceto para as características biométricas nas diferentes épocas de amostragem, cujos dados foram submetidos à análise de regressão. Todas as análises foram comparadas em nível de 5% de probabilidade.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Verificou-se após 52, 82, 97, 112 e 127 dias após a semeadura, que as doses da escória de aciaria aplicada não afetaram as características biométricas avaliadas para o maracujazeiro amarelo (Figura 3 e Tabelas 4 e 5).

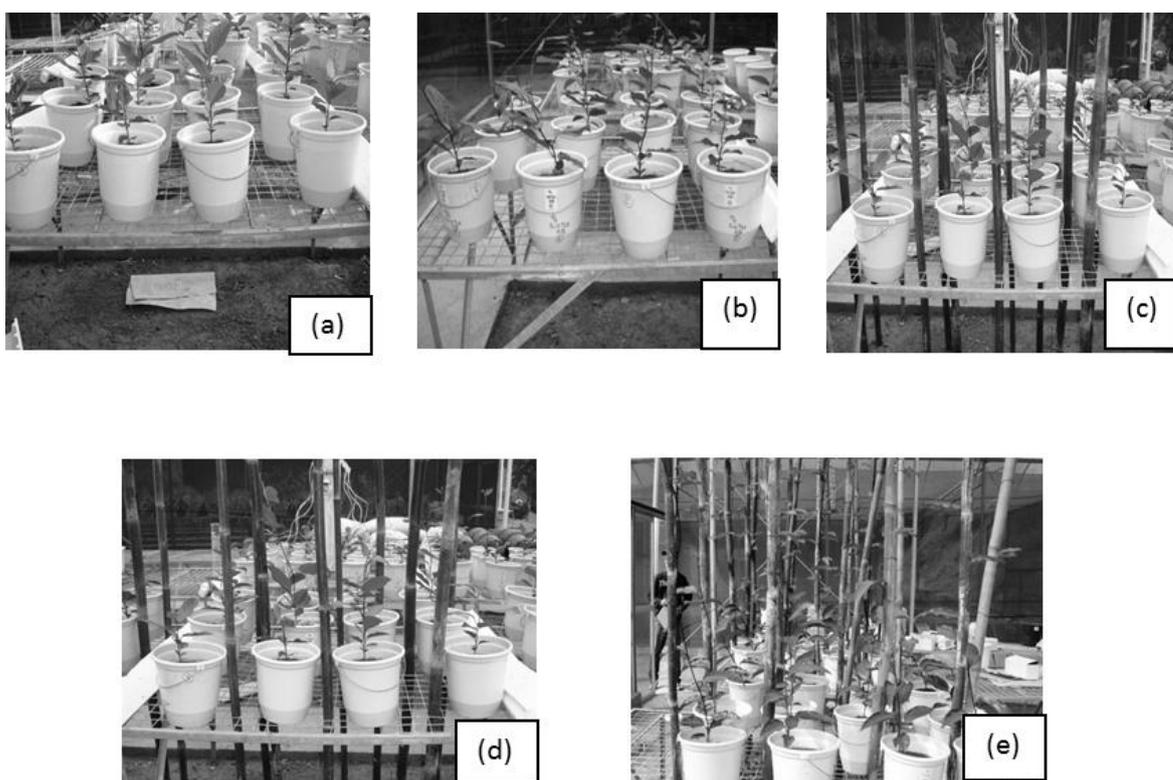


Figura 3. Planta de maracujazeiro amarelo, aos 52 (a), 82 (a), 97(c), 112(d) e 127(e) dias, após a semeadura.

Os resultados obtidos nessa pesquisa diferem dos observados por Prado e Natale (2005). Esses autores usaram escória de aciaria, em mudas de maracujazeiro, e observaram aumento quadrático, para altura, número de folhas, diâmetro do caule e matéria seca da parte aérea e raízes.

Tabela 4. Médias para as características: altura da planta (AP); diâmetro do colo (DC); número de folhas (NF) e área foliar (AF) do maracujazeiro amarelo, submetido à escória de aciaria

Características da planta*				
Doses escória (g vaso <sup>-1</sup> )	AP (cm)	DC (mm)	NF	AF (cm <sup>2</sup> )
0,0	150,0 a	5,37 a	17,36 a	1263 a
4,091	146,7 a	5,59 a	17,40 a	1219 a
8,183	149,7 a	4,40 a	17,44 a	1301 a
12,275	148,7 a	5,56 a	17,51 a	1221 a
Média	115,0	5,48	17,43	1251
CVa (%)	4,53	2,31	3,92	6,50
C.Vb (%)	9,39	7,53	8,54	15,07

\* Médias nas colunas seguidas pela mesma letra minúscula não diferem entre si, pelo Teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade; coeficiente de variação das parcelas (CVa); coeficiente de variação das subparcelas (CVb).

Tabela 5. Médias para as características: matéria seca da parte aérea (MSA), matéria seca da raiz (MSR), matéria seca total (MST) e volume de raiz (VR) do maracujazeiro amarelo, submetido a escória de aciaria

Características da planta*				
Doses escória (g vaso <sup>-1</sup> )	MSA (g planta <sup>-1</sup> )	MSR (g planta <sup>-1</sup> )	MST (g planta <sup>-1</sup> )	VR (mL)
0,0	11,97 a	1,82 a	13,80 a	23,44 a
4,091	11,75 a	1,87 a	13,63 a	22,26 a
8,183	12,09 a	1,96 a	14,04 a	23,53 a
12,275	12,26 a	1,91 a	14,17 a	21,86 a
Média	12,02	1,89	13,91	22,77
CVa (%)	5,91	5,40	5,10	6,28
CVb (%)	13,38	17,54	11,73	17,49

\* Médias nas colunas seguidas pela mesma letra minúscula não diferem entre si, pelo Teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade; coeficiente de variação das parcelas (CVa); coeficiente de variação das subparcelas (CVb).

Quanto às tensões de água no solo não se observou efeito sobre as características biométricas da planta em avaliações aos 52 dias após a semeadura (Tabelas 6, 7 e 8), provavelmente, devido ao fato dos tratamentos ainda não terem interagido com a planta em fase inicial de desenvolvimento.

O nível de tensão de água no solo apresenta efeito significativo no crescimento do maracujazeiro com avaliação das características altura da planta, diâmetro do colo e matéria seca total e volume de raízes como características do

crescimento. Comportamento explicado em um modelo de segundo grau para diâmetro do colo e matéria seca total (Figuras 4b e 6a, respectivamente) e de primeiro grau para altura da planta e volume de raiz (Figuras 4a e 6b, respectivamente) para avaliações realizadas até aos 127 dias após a semeadura. Com o melhor desempenho para o crescimento na tensão de 15 kPa com a diferença, em relação às demais tensões, se tornando mais visível com o avanço no desenvolvimento da planta.

Tabela 6. Efeito de tensões e idade da planta após a semeadura, sobre as características, altura da planta e diâmetro do colo no maracujazeiro amarelo

Idade da Planta (dias)	Altura de Plantas (cm)*				Diâmetro do colo (mm)*			
	Tensão (kPa)				Tensão (kPa)			
	15	30	50	Media	15	30	50	Média
52	11,8 a	11,5 a	10,3 a	11,2	3,08 a	2,70 a	2,77 a	2,85
82	119,9 a	97,2 b	65,6 c	94,2	5,53 a	5,29 ab	4,98 b	5,27
97	193,7 a	163,9 b	124,5 c	160,7	6,39 a	6,14 a	6,43 b	6,32
112	254,9 a	214,6 b	173,6 c	214,3	7,05 a	6,24 b	5,80 c	6,36
127	281,9 a	265,2 b	243,4 c	263,5	7,47 a	6,91 b	6,44 c	6,94
Média	172,4	150,5	123,7		7,35	5,46	5,28	
CVa (%)	4,53				2,31			
CVb(%)	9,39				7,53			

\* Médias nas linhas seguidas pela mesma letra minúscula não diferem entre si, pelo Teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade;

O comportamento não se mostrou uniforme para a mesma característica de crescimento como pode ser observado para número de folhas e área foliar (Figuras 5a e 5b, respectivamente), sendo quadrática na tensão 50 kPa e linear nas tensões 15 e 30 kPa. Em relação à área foliar o comportamento linear foi observado apenas na tensão 50 kPa. Não obstante os diferentes comportamentos, porém sempre crescente, confirma que o aproveitamento de água pelas plantas está diretamente associado a expansão do sistema radicular como demonstrado nas diferentes tensões de água no solo. Para plantas adultas de maracujazeiro amarelo, diversos pesquisadores (Carvalho et al., 2000; Figuerêdo et al., 2003; Vieira Júnior et al., 2007; Suassuna et al., 2010) relatam efeito positivo da água no solo, no crescimento de mudas de maracujazeiro amarelo.

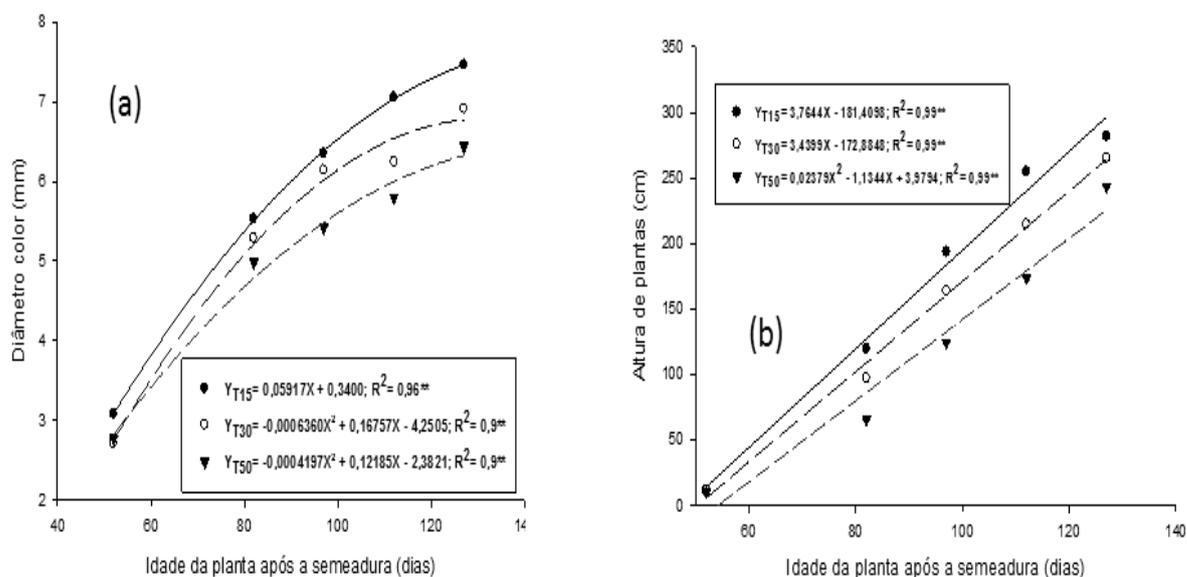


Figura 4. Efeito de tensões de água no solo sobre as características, diâmetro do colo (a) e altura da planta (b) do maracujazeiro amarelo.

Tabela 7. Efeito de tensões e idade da planta após a semeadura sobre as características, número de folhas e área foliar no maracujazeiro amarelo

Idade da planta (dias)	Nº de folhas por planta*				Área foliar por planta (cm <sup>2</sup> )*			
	Tensão (kPa)				Tensão (kPa)			
	15	30	50	Média	15	30	50	Média
52	7,67 a	7,58 a	7,17 a	7,47	154,1 a	129,1 a	127,6 a	136,9
82	15,58 a	14,58 a	12,33 a	14,16	926,1 a	709,8 b	528,5 c	721,8
97	19,83 a	17,50 b	15,33 c	17,55	1570,1 a	1215,5 b	902,5 c	1229,4
112	25,00 a	20,83 b	19,42 b	21,75	2208,1 a	1789,4 b	1365,9 c	1787,8
127	28,75 a	25,83 b	14,25 c	22,94	2813,1 a	2418,0 b	1909,5 c	2389,3
Média	19,37	17,26	13,70		1.534,50	1.252,40	966,80	
CVa (%)	3,92				6,50			
CVb (%)	8,54				15,07			

\* Médias nas linhas seguidas pela mesma letra minúscula não diferem entre si, pelo Teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade; coeficiente de variação das parcelas (CVa); coeficiente de variação das subparcelas (CVb).

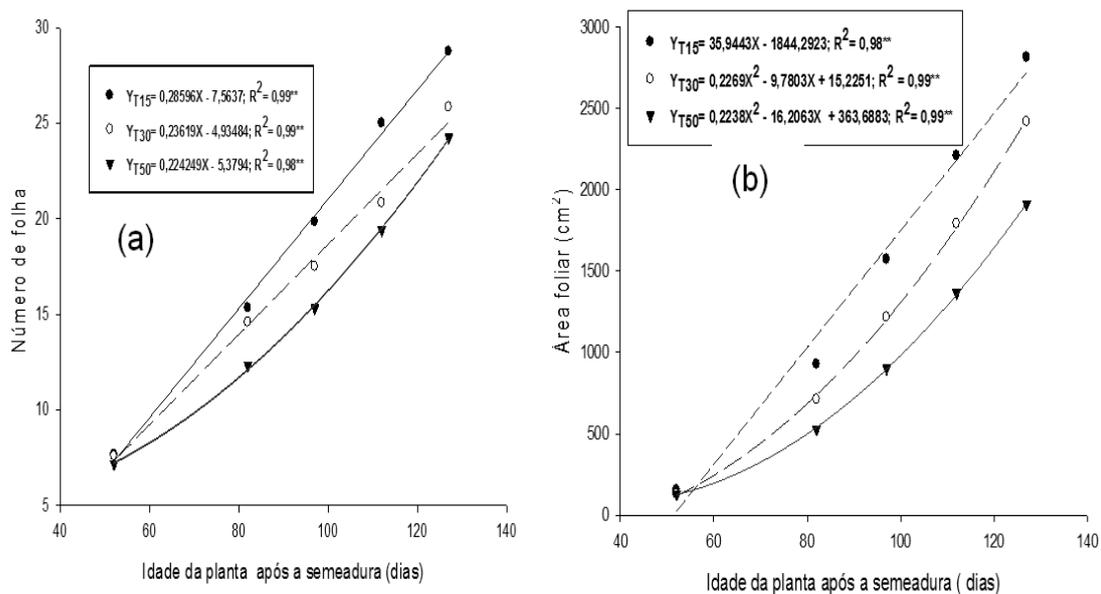


Figura 5. Efeito de tensões de água no solo sobre as características, número de folha (a) e na área foliar (b) do maracujazeiro amarelo.

Tabela 8. Efeito das tensões e idade da planta após a semeadura sobre as características, matéria seca e volume de raiz no maracujazeiro amarelo

Idade da planta	Matéria seca total (g planta <sup>-1</sup> )*				Volume de raiz (cm <sup>3</sup> )*			
	Tensão (kPa)			Média	Tensão (kPa)			Média
	15	30	50		15	30	50	
52	0,86 a	0,76 a	0,69 a	0,77	4,09 a	3,78 a	3,23 a	3,30
82	7,56 a	5,56 b	4,11 b	5,74	23,17 a	19,29 b	14,38 c	18,95
97	15,43 a	11,64 b	8,16 c	11,74	26,67 a	21,50 b	17,83 c	22,00
112	27,42 a	20,21 b	14,40 c	20,68	44,75 a	34,17 b	21,25 c	33,39
127	38,63 a	30,18 b	23,05 c	30,62	46,75 a	35,42 b	25,33 c	35,83
Média	17,98	13,67	10,08		29,09	22,83	16,40	
CVa (%)	5,10				6,28			
CVb (%)	11,73				17,49			

\* Médias nas linhas seguidas pela mesma letra minúscula não diferem entre si, pelo Teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade; coeficiente de variação das parcelas (CVa); coeficiente de variação das subparcelas (CVb).

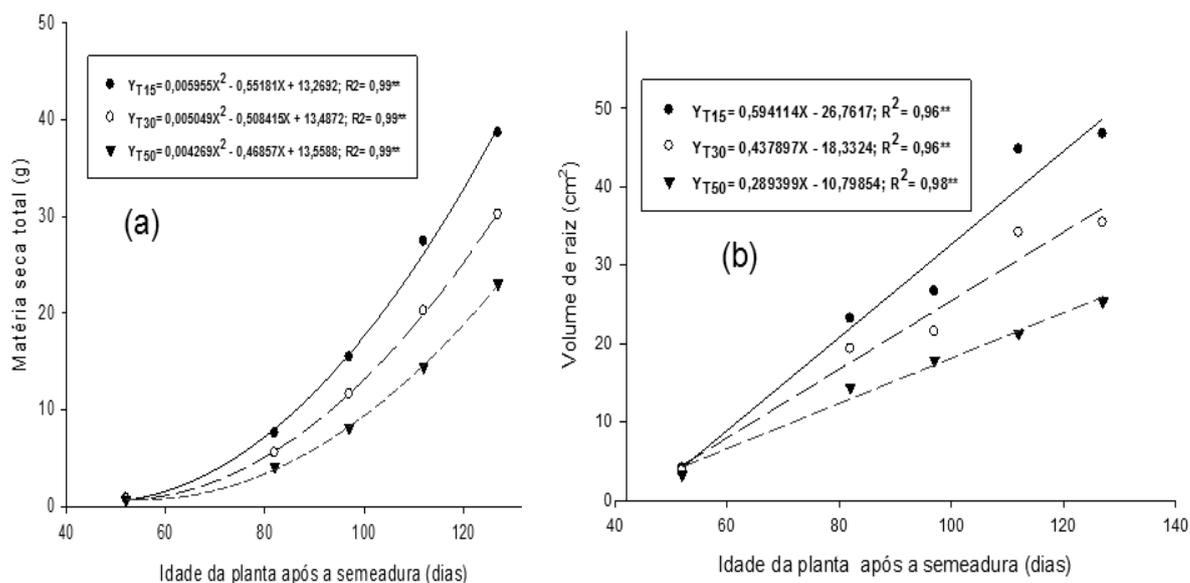


Figura 6. Efeito de tensões de água no solo sobre as características, matéria seca (a) e volume de raiz (b) de planta de maracujazeiro amarelo.

## CONCLUSÕES

- A tensão de água no solo interfere nas características do crescimento do maracujazeiro, quanto maior a tensão, menor é o ganho de fitomassa na planta;
- Escória de aciaria não afeta o crescimento do maracujazeiro amarelo na faixa de pH estudado;
- O efeito da tensão de água no solo para o maracujazeiro amarelo varia com a idade da planta.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Carvalho, A.J.C. de, Martins, D.P., Monnerat, P.H., Bernardo, S. (2000) Adubação Nitrogenada e Irrigação no Maracujazeiro-Amarelo. I. Produtividade e qualidade dos Frutos. *Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília*, 35(6):1101-1108.
- Costa, E.G. da, Carneiro, P.T., Soares, F.A.L., Fernandes, P.D., Gheyi, H.R., Cavalcante, L.F. (2005) Crescimento inicial do maracujazeiro amarelo sob diferentes tipos e níveis de salinidade da água de irrigação. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande*, v.9 (Suplemento), p.242-247.

- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA). (1997) Serviço Nacional de Levantamento e Conservação do Solo. *Manual de métodos de análise do solo*. Rio de Janeiro, 212p.
- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA). (1999) Centro Nacional de Pesquisa de Solos. *Sistema brasileiro de classificação de solos*. Rio de Janeiro, 359p.
- Figuerêdo, S.F., Azevedo, J.A. de, Andrade, L.M. de, Junqueira, N.T.V., Andrade, L.R.M. de, Gomes, A.C. (2003) *Produtividade do maracujá-doce em resposta à níveis de tensão de água e fertirrigação nitrogenada em solos de cerrado. Planaltina: EMBRAPA, 22p.*
- Floss, E.L. (2004) *Fisiologia das plantas cultivadas*. Passo Fundo: UPF, 536p.
- Gondim, S. C. (2003) *Comportamento do maracujazeiro amarelo IAC 273/277 + 275, em função do número de plantas por cova e lamina de água*. Dissertação (Mestrado em Manejo e Conservação de Solo e Água) - Paraíba – PB, Universidade Federal da Paraíba – UFPB, 73p.
- Gusmão, E., Vieira, F.A., Fonseca-Junior, E.M. (2006) Biometria de frutos e endocarpos de murici (*Byrsonima verbascifolia* Rich. ex A. Juss.). *Cerne*, Lavras, 12(1):84-91.
- Korndörfer, G.H., Pereira, H.S., Camargo, M.S. (2002) *Silicatos de cálcio e magnésio na agricultura*. GPSi-ICIAGU-UFU, 23p. (Boletim técnico, 1).
- Korndörfer, G.H. (2003) *Resposta da cultura da cana-de-açúcar à adubação fosfatada*. Informações Agronômicas, Piracicaba, 102:7.
- Korndörfer, G.H., Pereira, H.S., Nola, A. (2004) Análise de silício: solo, planta e fertilizante. Uberlândia: GPSi-ICIAG-UFU, 34p. (*Boletim técnico*, 2).
- Lima Filho, O.F. (2005) O silício é um fortificante e antiestressante natural das plantas. *Campo e Negócios*, p.67-70.
- Malavolta, E. (1981) *Manual de química agrícola: adubos e adubação*. 3. ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 594p.
- Matta, F.P. (2005) *Mapeamento de Q R L para Xanthomonas axonopodis pv. Em passiflorae em maracujá amarelo (Passiflora edulis Sims f. flavicarpa Deg.)*. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11137/tde-19052005-154945/>>. Acesso em: 20/07/2012.

- Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) (2008) *Manual de métodos analíticos oficiais para fertilizantes minerais, orgânicos, organominerais e corretivos*. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br>>. Acesso em: 23/10/2012.
- Pimentel, L.D., Santos, C.E.M., Ferreira, A.C.C., Martins, A.A., Wagner Júnior, A., Bruckner, C.H. (2009) Custo de produção e rentabilidade do aracujazeiro no mercado agroindustrial da Zona da Mata Mineira. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal, 31(2): 397-407.
- Prado, R.M., Fernandes, F.M., Natale, W. (2003) Efeito residual da escória de siderurgia como corretivo da acidez do solo na soqueira da cana-de-açúcar. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, 27: 287-296.
- Prado, R. de M., Natale, W. (2005) Efeito da aplicação de silicato de cálcio no crescimento, no estado nutricional e na produção de matéria seca de mudas de maracujazeiro. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental*, Campina Grande, 9(2):185-190.
- Quaggio, J.A. (2000) *A acidez e calagem em solos tropicais*. Campinas: Instituto Agrônomo, 111p.
- Richards, L.A. (1965) Physical conditions of water in soil. In: Black, C.A. (Ed.). *Methods of soil analysis: physical and mineralogical properties, including statistics of measurements and sampling*. Madison: Asa, 128-152p.
- Ritzinger, C.H.S.P., Rocha, H.S. (2010) *Uso da solarização como alternativa para o preparo de solo ou substrato para produção de mudas isenta de patógenos de solo*. EMBRAPA, Cruz das Almas, BA, 12p.
- Ruiz, H.A. (1986) *Efeito do conteúdo de água sobre o transporte de fósforo em dois latossolos*. Tese (Doutorado em Solos) – Viçosa – MG, Universidade Federal de Viçosa – UFV, 86p.
- Silva, A.A.G., Barreto, A.N. (2004) *Caracterização do solo e clima: técnicas para um manejo de irrigação otimizada*. In: Barreto, A.N., Silva, A.A.G. da, Bolfe, E.L. Irrigação e drenagem na empresa agrícola: impacto ambiental versus sustentabilidade. Aracaju: EMBRAPA, 417p.
- Soares, C.F., Peiter, M.X., Robaina, A.D., Parizi, A.R.C., Ramão, C.J., Vivan, G.A. (2010) Resposta da produtividade de híbridos de milho cultivado em diferentes estratégias de produção. *Irriga*, Botucatu, 15(1):36-50.

- Suassuna, J.F., de Melo, A.S. de, Ferraz, R.L. de S., Pereira, V.M., Sousa, M.S. da S. (2011) Rendimento e Qualidade da produção de híbrido de maracujazeiro-amarelo 'IAC 273/277' sob diferentes níveis de irrigação. *Revista Caatinga*, Mossoró, 24(4):115-122.
- Vieira Júnior, P.A., Dourado Neto, D., Oliveira, R.F., Peres, L.E.P., Martin, T.N., Manfron, P.A., Bonnacarrere, R.A.G. (2007) Relações entre o potencial e a temperatura da folha de plantas de milho e sorgo submetidas a estresse hídrico. *Acta Scientiarum Agronomy*, Maringá, 29(4):555-561.

### 3.2. TEORES DE MINERAIS E DE POLIFENÓIS EM MARACUJAZEIRO SUBMETIDO A NÍVEIS DE SILICATO E DE TENSÕES DE ÁGUA NO SOLO

**RESUMO** - O objetivo deste trabalho foi o de avaliar os teores de nutrientes minerais, silício e polifenóis no maracujazeiro amarelo, cultivado em solo submetido a quatro doses de escória de aciaria e a três níveis de tensões de água. O experimento foi conduzido em casa de vegetação, utilizando-se um delineamento em blocos ao acaso, em esquema fatorial com 4 níveis de escória de aciaria (0,0; 4,091; 8,183 e 12,275 g vaso<sup>-1</sup>) x 3 tensões de água no substrato (15, 30 e 50 kPa), com três repetições. As tensões de água aplicadas ao substrato não influenciaram nos teores de polifenóis e de Si na folha, de Ca, P, Mg e Mn no caule e Cu no caule e na folha. O aumento na tensão de água no substrato provocou incrementos nos teores de N no caule e na raiz, de K na folha, no caule e raiz e de P nas folhas. Os teores de Si reduziram nas folhas, no caule e na raiz com aplicação da escória de aciaria. Nessas condições, os teores de P, Ca, Mn e Zn nas raízes aumentaram, mas houve reduções nos teores de Mg e N na folha, de Cu e Zn na raiz e de Zn no caule.

**Palavras-chaves:** *Passiflora*, maracujá, calcário, silício.

### MINERAL CONTENT AND POLYPHENOLS IN PASSION FRUIT SUBMITTED TO SLAG STEEL LEVELS AND WATER TENSIONS

**ABSTRACT** - The aim of this study was to evaluate the mineral content and polyphenols content in passion fruit grown in soil under four doses of steel slag and three levels of water stress. The experimental design was a randomized

block, set in a factorial 4 (doses steel slag) x 3 (soil water tensions), with three replications. The doses of steel slag were 0.0, 4.091, 8.183 and 12.275 g pot<sup>-1</sup>, and the water tensions applied to the soil were 15, 30 and 50 kPa. Water tensions applied to the soil did not affect the levels of polyphenols and Si in the leaf, and Ca, P, Mg and Mn in the stem, and Cu in the stem and leaf. The increase water tension in the soil caused increases in the levels of N in the stem and root, of K in leaf, stem and root and of P in the leaves. Si contents decreased in the leaves, and stem and root with application of the steel slag steel. Under these conditions, the contents of P, Ca, Mn and Zn in roots increased, but there were reductions in levels of Mg and N in the leaf, Cu and Zn in the root and Zn in the stem.

**Keywords:** Passiflora, passion fruit, lime, silicon.

## INTRODUÇÃO

O maracujazeiro (*Passiflora edulis* Sims f. *flavicarpa* Deg.) conhecido como maracujá amarelo ou azedo é a espécie mais cultivada da família Passifloraceae (EMBRAPA, 2006). É originário da América tropical e é cultivado em todo o território brasileiro. Em 2011 a cultura do maracujazeiro ocupou uma área plantada de 61.631 ha, com uma produção de 923.035 toneladas (IBGE, 2011). Segundo Pires et al. (2008), a expansão do cultivo se dá tanto pelas condições edafoclimáticas favoráveis, quanto pela aceitação de seu fruto para o consumo *in natura* e para a indústria de polpa além de apresentar potencial para atender várias opções de mercado, tais como o de plantas ornamentais e o farmacêutico.

Essa espécie apresenta atividades farmacológica e toxicológica tendo importância no uso terapêutico. As folhas, os frutos e as raízes são as partes geralmente utilizadas, para esse fim. Esses órgãos contêm uma diversidade de compostos na sua composição química, tais como alcaloides (passiflorina, harmina, harmano), flavonoides glicosilados (vitexina, isovitexina, orientina, isorientina, saponarina), álcoois, ácidos graxos, harmal, taninos e resinas (Corrêa et al., 2005). Dentre os compostos do metabolismo secundário presentes no maracujazeiro, os fenóis podem apresentar potencial alelopático sobre outras espécies vegetais (Bravo, 1998; Dreosti, 2000).

A composição dessas diversas substâncias e a produtividade das plantas depende de vários fatores dentre os quais a disponibilidade hídrica e a fertilidade do solo. Sabe-se que a água é o principal fator que interfere na produção agrícola. A irrigação quando bem conduzida no maracujazeiro pode proporcionar incrementos nos níveis de produtividade, uniformidade, continuidade de produção e melhorias nos atributos externos e internos dos frutos (Gurgel et al., 2007). Segundo Bernardo (2007), o fator água deve ser otimizado, de modo a se adequar o uso de outros fatores de produção para obterem-se maiores produtividades das plantas com uma melhor combinação dos insumos empregados.

Apesar dos conhecimentos já alcançados em relação à correção da acidez e à melhoria da fertilidade do solo no aumento da produtividade das culturas, a busca por novos insumos agrícolas é de suma importância para uma agricultura sustentável e ecologicamente viável (Melo e Furtine Neto, 2003). Dentre as opções para disposição final de alguns resíduos, a sua reutilização é sem dúvida, a mais interessante, seja do ponto de vista econômico ou ambiental e, muitas vezes, social. No Brasil, a principal destinação dos resíduos, ainda são os aterros sanitários, que na maioria das vezes, não atendem aos padrões ambientais de qualidade (Pires e Mattiazzo, 2008). O uso de resíduos industriais, na agricultura tem sido amplamente estudado visando demonstrar a viabilidade ou não do uso desses produtos gerados no processo industrial. Entretanto, para ser possível a sua utilização, estudos agronômicos são necessários para indicarem os efeitos positivos no sistema solo-planta, seja como material corretivo ou como fonte de nutrientes (Prado e Natale, 2005).

As escórias siderúrgicas podem ser utilizadas na agricultura, basicamente como fornecedoras de Ca, Mg e Si para as culturas ou como corretivo da acidez do solo (Corrêa et al., 2007). Sua utilização na agricultura minimizaria seu acúmulo nos pátios das indústrias produtoras de ferro e aço (Prado et al., 2004) mas, apesar desses efeitos benéficos, este resíduo pode conter metais pesados em teores relativamente elevados (Araújo e Nascimento, 2005). A ação benéfica do silício tem sido associada a diversos efeitos indiretos, dentre os quais, destacam-se o aumento na capacidade fotossintética, planta mais eretas, redução da transpiração, aumento da resistência mecânica das células, diminuição dos

efeitos tóxicos do Mn, Fe e metais pesados e aumento da absorção e metabolismo de elementos, tais como o fósforo (Lana et al., 2003).

O presente trabalho teve como objetivo avaliar os teores de polifenóis, elementos minerais e silício no maracujazeiro amarelo, cultivado em casa de vegetação, submetido a doses de escória de aciaria e a tensões hídricas.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação localizado no Centro de Ciência Agrária da Universidade Federal do Espírito Santo (CCA-UFES), situado em Alegre-ES, nas coordenadas geográficas de 20° 45' 49" S e 41° e 48' 58" W, com altitude de 150 m e clima subtropical do tipo "Aw" com estação seca no inverno, de acordo com a classificação de Koppen. A casa de vegetação foi equipada com termohigrógrafo para obtenção diária das temperaturas máxima e mínima, das umidades máxima e mínima e da radiação solar ( $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ). As leituras obtidas durante o período experimental estão apresentadas na Figura 1.

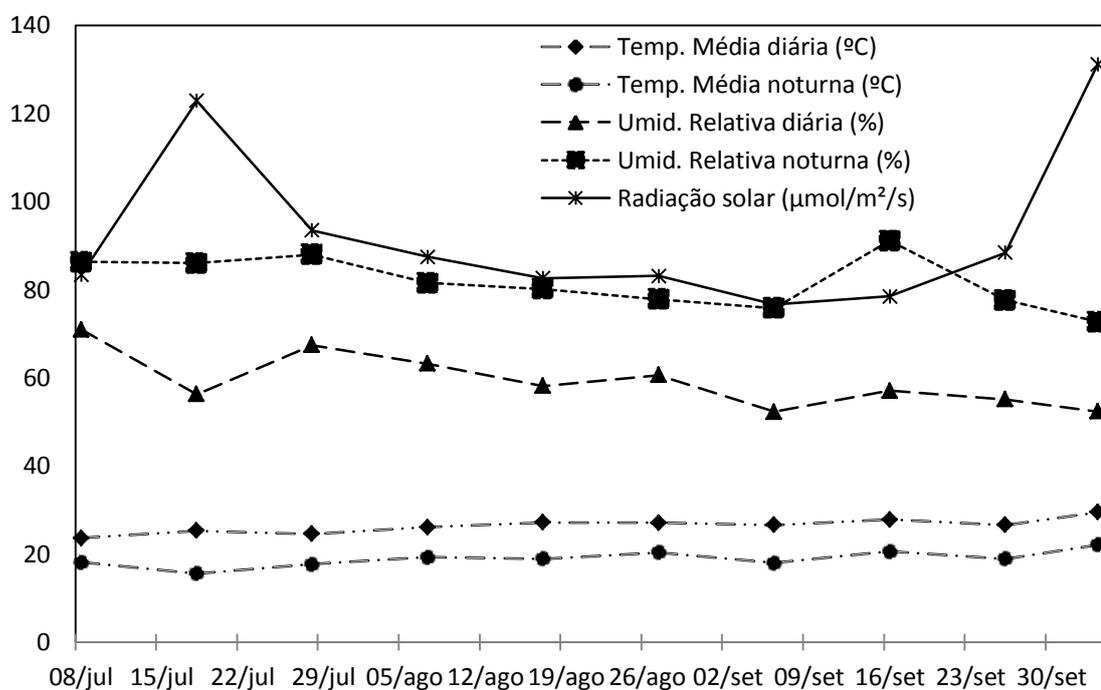


Figura 1. Temperatura do ar, umidade relativa e radiação solar na casa de vegetação durante a condução do experimento com maracujazeiro amarelo.

O experimento foi conduzido no período de junho a outubro de 2011. O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, com três repetições. Os tratamentos foram dispostos segundo um arranjo fatorial 4 x 3, sendo quatro níveis de escória de aciaria (0,0; 4,091; 8,183 e 12,275 g vaso<sup>-1</sup>), e três tensões de água no solo (15, 30 e 50 kPa). Cada tratamento foi constituído por um vaso de 8 dm<sup>3</sup> de capacidade, preenchido parcialmente com 5 kg com os respectivos substratos de cultivo.

O solo dos respectivos substratos de cultivo foi um Latossolo Vermelho Amarelo distrófico, com textura média no horizonte A (EMBRAPA, 1999), o qual foi coletado na camada arável de 0 a 20 cm em uma região de relevo acidentado no município de Alegre-ES. Após a coleta o solo foi seco ao ar, destorroado e passado em uma peneira de 2 mm para obtenção da terra fina seca ao ar (TFSA). Posteriormente, o solo foi desinfestado através do processo de solarização para eliminação de ervas daninhas e patógenos (Ritzinger e Rocha, 2010). Em seguida o solo e a escória de aciaria foram individualmente homogeneizados e caracterizados quimicamente, Tabelas 1 e 2, respectivamente.

Tabela 1. Caracterização química e física do latossolo vermelho amarelo distrófico antes da incorporação dos corretivos de acidez (mistura de CO<sub>3</sub><sup>2-</sup> e escória de aciaria)

pH em H <sub>2</sub> O	P <sup>(1)</sup>	K <sup>(1)</sup>	Na <sup>(1)</sup>	Ca <sup>(2)</sup>	Mg <sup>(2)</sup>	Al <sup>(2)</sup>	SB <sup>(3)</sup>	H+Al <sup>(4)</sup>	T <sup>(5)</sup>	V <sup>(6)</sup>	m <sup>(7)</sup>
	(mg dm <sup>-3</sup> )			(mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )						(%)	
4,73	4	30	5	5,7	2,1	13	8,79	59	67,8	12,96	59,66
C.O <sup>(8)</sup>	S <sup>(9)</sup>		Si <sup>(10)</sup>	Fe <sup>(1)</sup>	Mn <sup>(1)</sup>	Zn <sup>(1)</sup>	Cu <sup>(1)</sup>		B <sup>(11)</sup>		
%	(mg dm <sup>-3</sup> )										
1,46	3		8,13	46,93	0,25	5,75	0,8		0,28		
D.a (kg dm <sup>-3</sup> )	Argila <sup>(12)</sup>		silte	areia	Água retida no solo (kg kg <sup>-1</sup> ) <sup>(13)</sup>						
	(g kg <sup>-1</sup> )			(kPa)							
1,25	670		40	290	9	15	30		50		
					0,178	0,166	0,140		0,126		

<sup>(1)</sup> Extrator HCl 0,05 mol L<sup>-1</sup> + H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,0125 mol L<sup>-1</sup>. <sup>(2)</sup> Extrator KCL 1 mol L<sup>-1</sup>. <sup>(3)</sup> Soma de bases. <sup>(4)</sup> Acidez potencial – extrator acetato de cálcio 0,5 mol L<sup>-1</sup>. <sup>(5)</sup> T pH 7,0. <sup>(6)</sup> Saturação por bases. <sup>(7)</sup> Saturação por Al. <sup>(8)</sup> Carbono orgânico (Walkley - Black). <sup>(9)</sup> Extrator Ca(H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub> 0,01 mol L<sup>-1</sup>. <sup>(10)</sup> Extrator cloreto de cálcio 0,01 mol L<sup>-1</sup>. <sup>(11)</sup> Extrator água quente. <sup>(12)</sup> Método da pipeta (EMBRAPA, 1997). <sup>(13)</sup> Extrator de Richards, 1965.

Para estabelecer as doses de escória de aciaria necessárias para elevar o pH a valor predeterminado de 5,8 foram realizadas as curvas de incubação do solo. Paralelamente, foram feitas curvas para ajuste do pH com mistura de

carbonatos de cálcio e de magnésio, na mesma proporção Ca:Mg determinada para a escória de aciaria. As misturas foram incubadas por 30 dias, em meio aeróbio, mantendo-se a umidade na faixa de 9 kPa, com controle diário da umidade por pesagem.

Tabela 2. Características químicas, físicas e físico-químicas da escória de aciaria (Recmix) e das misturas de  $\text{CO}_3^{-2}$  ( $\text{CaCO}_3$  e  $\text{MgCO}_3$  p.a)

Características	Escória de aciaria	Mistura de $\text{CO}_3^{-2}$
CaO ( $\text{g kg}^{-1}$ ) <sup>(1)</sup>	298,4	298,4
MgO ( $\text{g kg}^{-1}$ ) <sup>(1)</sup>	164,4	164,4
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> total ( $\text{g kg}^{-1}$ ) <sup>(1)</sup>	3,7	0,1
K <sub>2</sub> O total ( $\text{g kg}^{-1}$ ) <sup>(1)</sup>	1,4	0,3
S ( $\text{mg dm}^{-3}$ ) <sup>(3)</sup>	0,07	0,01
SiO <sub>2</sub> total ( $\text{g kg}^{-1}$ ) <sup>(1)</sup>	198	0,1
SiO <sub>2</sub> ( $\text{mg dm}^{-3}$ ) <sup>(4)</sup>	0,63	0,01
Boro ( $\text{mg dm}^{-3}$ ) <sup>(5)</sup>	0,06	0,0
Cobre ( $\text{mg dm}^{-3}$ ) <sup>(2)</sup>	0,17	0,0
Ferro ( $\text{mg dm}^{-3}$ ) <sup>(2)</sup>	1,38	0,037
Manganês ( $\text{mg dm}^{-3}$ ) <sup>(2)</sup>	0,39	0,0
Zinco ( $\text{mg dm}^{-3}$ ) <sup>(2)</sup>	0,36	0,0
Níquel ( $\text{mg dm}^{-3}$ ) <sup>(1)</sup>	0,007	0,001
Poder de neutralização <sup>(1)</sup>	93,89	106,7
Eficiência relativa	100,00	100,00
Análise físico-química (PRNT)*		
Escória		93,89
Mistura de $\text{CO}_3^{-2}$		106,70

<sup>(1)</sup> MAPA, 2008 <sup>(2)</sup> Extrator HCl 0,05 mol L<sup>-1</sup> + H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,0125 mol L<sup>-1</sup>. <sup>(3)</sup> Extrator Ca(H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>) 0,01 mol L<sup>-1</sup>. <sup>(4)</sup> Korndörfer, et al., (2004). <sup>(5)</sup> Extrator água quente.\*PRNT: Poder relativo de neutralização total, calculado a partir da granulometria passante na peneira de 50mesh e do poder de neutralização.

O pH do solo, determinado na relação 1 : 2,5 (solo : água), foi relacionado com as doses de escória (E) e a mistura de carbonatos (M) por meio de equações de regressão:  $\text{pH} = 4,932 + 0,0001972E$  ( $R^2 = 0,99$ ) e  $\text{pH} = 4,804 + 0,0002625M$  ( $R^2 = 0,99$ ), em que E e M são expressas em t. ha<sup>-1</sup>, considerando-se 1 ha = 2000 m<sup>3</sup>. A equação correspondente a E foi utilizada para calcular a dose de escória necessária para elevar o pH para 5,8. As doses restantes foram de 0, 1/3 e 2/3 daquela previamente indicada.

As doses complementares da mistura de carbonatos foram calculadas de forma a elevar o pH de todas as amostras do substrato para 5,8. Cada parcela recebeu as doses da escória de aciaria e da mistura de carbonatos assim calculadas. Em acréscimo, incorporaram-se doses de nivelamento de P (250 mg kg<sup>-1</sup>), N (60 mg kg<sup>-1</sup>), K (150 mg kg<sup>-1</sup>), Zn (5 mg kg<sup>-1</sup>), B (0,5 mg kg<sup>-1</sup>) e Cu (1 mg kg<sup>-1</sup>) (Malavolta, 1981), na forma de superfosfato triplo (44% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), ureia (45% de N), cloreto de potássio (60% de K<sub>2</sub>O), sulfato de zinco (22% de Zn) ácido bórico (17% de B) e sulfato de cobre, respectivamente. Os substratos de cultivo dos diferentes tratamentos foram incubados por 30 dias, em meio aeróbio, mantendo-se a umidade na faixa de 9 kPa, com controle diário da umidade por pesagem. Decorrido esse período, retiraram-se amostras dos substratos de cultivo nos diferentes tratamentos correspondentes aos níveis de escória de aciaria que foram então caracterizados quimicamente.

As sementes utilizadas no experimento foram extraídas de frutos maduros, adquiridos no comércio local, e colocadas juntamente com a polpa em um recipiente de vidro onde permaneceram por 72 horas. Ao final deste período o material foi colocado em uma peneira e lavado em água corrente de modo a separar as sementes da mucilagem. Após a lavagem as sementes foram colocadas sobre folhas de papel absorvente para secarem a sombra, por um período de três dias. Findo esse tempo, as sementes foram distribuídas aleatoriamente nas parcelas.

O controle da umidade do solo foi realizado por meio de um tensiômetro (Ruiz, 1986) para cada tratamento em cada repetição. Desse modo, utilizaram-se 36 tensiômetros nos três blocos experimentais. A reposição de água nos quatro vasos restantes era realizada segundo a leitura do tensiômetro para o tratamento e bloco respectivos.

No início da fase experimental todas as parcelas receberam água para manter a tensão em 9 kPa, mantendo-se essa umidade até o desbaste final. Foram semeadas 25 sementes de maracujá amarelo por vaso. Antes da semeadura as sementes foram colocadas em água por um período de 48 horas. Os desbastes das mudas foram feitos em três épocas, aos 30, 37 e 45 dias após a semeadura, deixando-se 10, 3 e 1 planta, que apresentavam maior homogeneidade, por vaso, respectivamente.

Aos 15, 30 e 45 dias após emergência realizaram-se adubações nitrogenadas em cobertura em cada vaso de cultivo, com a incorporação de 60, 90 e 90 mg kg<sup>-1</sup> de N. Após o desbaste final iniciou-se o controle de água para as respectivas tensões de trabalho de 15, 30 e 50 kPa, suspendendo-se a irrigação após atingir os valores indicados. O controle hídrico foi realizado diariamente acrescentando-se água destilada quando necessário. A Figura 2 mostra o aparelho usado nas aferições das tensões de água no substrato de cultivo.

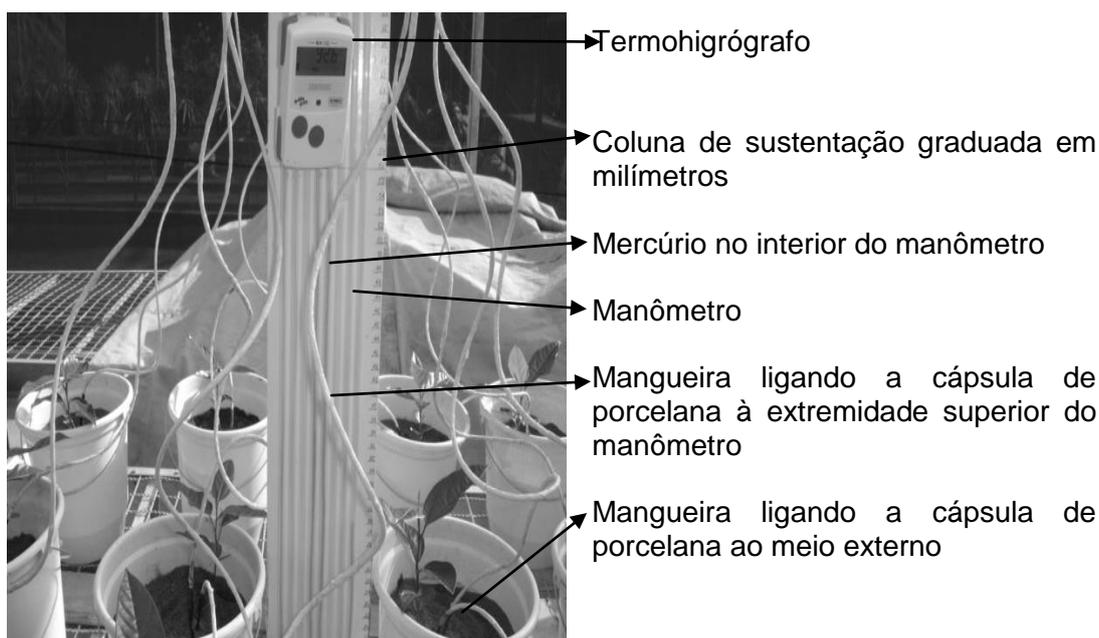


Figura 2. Descrição do aparelho usado nas aferições das tensões de água no substrato.

O término do experimento coincidiu com a coleta das plantas e retirada das raízes, aos 127 dias após a semeadura, com a coleta das plantas para as análises químicas.

Os materiais vegetais foram coletados, lavados com água destilada e separados em raízes, caules e folhas, os quais foram acondicionados separadamente em sacos de papel. Foi amostrada somente a quarta folha totalmente expandida a partir do ápice do ramo em cada repetição de cada tratamento. Feito isso, foram transferidos para uma estufa de circulação forçada de ar para secar a 65 a 70°C, até peso constante. Posteriormente, as diferentes partes vegetais foram moídas em moinho tipo Willey com peneira de 40 *mesh* e acondicionadas em recipientes de polietileno para posteriormente serem efetuadas as digestões nitroperclórica e sulfúrica.

Após a digestão nitroperclórica foram analisadas as concentrações de nitrogênio total (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), enxofre (S), zinco (Zn), cobre (Cu) e manganês (Mn) na matéria seca das raízes, do caule e das folhas. O Ca, Mg, Mn, Zn e Cu foram analisados por espectrofotometria de absorção atômica, o K por fotometria de chama, o P por colorimetria e o S total pelo método turbidimétrico. O Si foi quantificado segundo a metodologia proposta por Korndörfer et al. (2004) e os demais elementos, seguiram os protocolos apresentados por Carmo et al. (2000). Determinou-se também os polifenóis solúveis totais utilizando-se o método Folin-Denis em meio básico de acordo com metodologia descrita por Anderson e Ingram (1993). O nitrogênio total foi obtido após digestão sulfúrica e destilação pelo método Kjeldahl.

Os dados foram submetidos à análise de variância. Foi utilizado o teste de Tukey para comparar as tensões de água no substrato dentro de cada dose de escória de aciaria e ajustes de regressões para comparar as doses de escória de aciaria dentro de cada uma das tensões hídricas. Todas as análises foram realizadas em nível de 5% de probabilidade.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os teores de silício (Si) nas raízes e no caule do maracujazeiro amarelo foram influenciados pela tensão de água no substrato, o mesmo não ocorrendo nos tecidos foliares (Figura 3 e Tabela 3).



Figura 3. Plantas de maracujazeiro amarelo aos 127 dias após a sementeira.

Tabela 3. Teores de silício na matéria seca do maracujazeiro amarelo em função de níveis de escória de aciaria e de tensões de água no substrato

Tensão hídrica (kPa)	Raiz (g kg <sup>-1</sup> )	Caule (g kg <sup>-1</sup> )					Folha (g kg <sup>-1</sup> )	
		Escória de aciaria (kg ha <sup>-1</sup> )						
		0	4,091	8,183	12,275	Média		
15	8,90 a *	5,40 b	5,16 b	5,43 a	6,43 a	5,60	4,88 a	
30	8,27 b	6,10 a	5,13 b	5,90 a	5,87 ab	6,10	4,72 a	
50	8,84 ab	5,50 ab	6,67 a	5,53 a	5,53 b	5,42	5,01 a	
Média	8,67	5,65	5,65	5,62	5,94	5,71	4,87	
CV%	6,54	5,49					13,1	7,47

\* Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Os maiores teores de Si ocorreram nas raízes, seguido pelo caule e folhas. As tensões hídricas alteraram muito pouco os teores de Si nas diferentes partes das plantas, embora houvesse uma tendência de maiores teores de Si nas raízes sob menores tensões hídricas, independente dos níveis de escória de aciaria e no caule das plantas sob baixas tensões hídricas e altos níveis de escória de aciaria. Os teores de Si na raiz ( $Y_{raízes} = 0,898 - 0,00499x$ ,  $R^2 = 0,68^*$ ), no caule ( $Y_{caule} = 0,541 - 0,0144x + 0,00184x^2$ ,  $R^2 = 0,99^*$ ) e nas folhas ( $Y_{folha} = 0,505 - 0,0204x + 0,00184x^2$ ,  $R^2 = 0,99^{**}$ ), em função dos níveis de escória de aciaria, quando se utilizou a tensão de 15 kPa, foram influenciados pela aplicação da escória.

Os teores de polifenóis observados nesta pesquisa variaram entre 18,3 e 19,5 g kg<sup>-1</sup> de matéria seca foliar do maracujazeiro amarelo, sendo que os teores não foram influenciados pela aplicação de escória de aciaria e nem pela tensão de água no substrato (Tabela 4). Resultados semelhantes também foram observados por Lima (2010) para o maracujazeiro amarelo.

Tabela 4. Teores de polifenóis na matéria seca da folha do maracujazeiro amarelo em função de níveis de escória de aciaria e de tensões de água no substrato

Tensão hídrica (kPa)	Polifenóis (g kg <sup>-1</sup> )
15	18,7 a*
30	19,5 a
50	18,3 a
Média	18,8
CV%	7,47

\* Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Independente dos níveis de escória de aciaria, os teores médios de nitrogênio (N) na matéria seca das raízes, caules e folhas foram de 20,9, 11,3 e 31,5 g kg<sup>-1</sup>, respectivamente (Tabela 5). De modo geral, os teores de N foram incrementados com a elevação da tensão de água no substrato. A incorporação de escória de aciaria somente afetou os níveis de N nas folhas, o mesmo ocorrendo com os teores de Mg. A aplicação da escoria de aciaria, exceto no nível mais elevado, provocou modificações nos teores de N nas folhas, quando aplicada no substrato com tensão de 50 kPa ( $Y_{\text{folhas}} = 38,1 + 0,6011x - 0,0993x^2$ ,  $R^2 = 0,77^*$ ). Mesmo assim, esses teores foliares de N, na tensão de 50 kPa, apresentaram-se ligeiramente abaixo da faixa considerada adequada por Haag et al. (1973), Carvalho et al. (2002) e Malavolta et al., (1989). Todavia, Kliemann et al. (1986) explicam que essas divergências podem ser ocasionadas por várias razões, dentre elas as diferenças decorrentes da época de amostragem, bem como na parte amostrada, nas variedades, nas condições de desenvolvimento e no manejo da cultura. É importante destacar, ainda, que a última aplicação nitrogenada realizada na cultura ocorreu aos 45 dias após a semeadura. Talvez houvesse mesmo uma ligeira deficiência de nitrogênio na cultura por ocasião da coleta das folhas para se efetuar as análises químicas.

Tabela 5. Teores de Nitrogênio e de Magnésio na matéria seca do maracujazeiro amarelo em função da adubação com escória silicatada de aciaria e cultivado sob diferentes tensões de água no substrato

Tensão hídrica (kPa)	Raiz (g kg <sup>-1</sup> )	Caule (g kg <sup>-1</sup> )	Folha (g kg <sup>-1</sup> )				
			Escória de aciaria (g cova <sup>-1</sup> )				Média
			0	4,091	8,183	12,275	
Nitrogênio							
15	19,4 b	9,6 c	29,7 b	26,0 c	26,7 b	27,3 a	27,4
30	21,2 ab	11,0 b	31,7 ab	32,7 b	28,0 b	31,7 a	31,0
50	22,2 a	15,3 a	37,3 a	41,3 a	34,0 a	31,3 a	36,0
Média	20,9	11,3	32,9	33,3	29,5	30,1	31,5
CV%	9,40	10,3	8,85				
Magnésio							
15	11,4 a	1,7 a	4,7 a	4,5 a	4,3 a	3,2 a	4,2
30	10,2 b	1,6 a	4,5 a	3,6 b	3,3 b	3,8 a	3,8
50	10,5 ab	1,7 a	4,7 a	4,5 a	4,0 a	3,8 a	4,3
Média	10,7	1,7	4,6	4,2	3,9	3,6	4,1
CV%	10,06	7,04	8,00				

\* Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Os teores foliares médios de magnésio (Mg) (Tabela 5) apresentaram-se dentro da faixa considerada adequada por Malavolta et al. (1989), Carvalho et al., (2002) e Dechen e Nachtigall, (2007). Todavia, as tensões de água influenciaram os teores de Mg na raiz e na folha e não houve alteração para os teores desse elemento no caule do maracujazeiro. As variações nos teores de Mg na matéria seca das folhas em função das doses de escória de aciaria para as tensões de água no substrato de 15 e 30 Kpa são explicadas pelas equações ( $Y_{Mg} = 4,6605 + 0,04968X - 0,013669X^2$ ,  $R^2 = 0,96^*$  e  $Y_{Mg} = 4,52678 + 0,316374 X + 0,02094X^2$ ,  $R^2 = 0,99^{**}$ , respectivamente). Comportamento diferente daquele observado para uma tensão de água no substrato de 50 kPa ( $Y_{Mg} = 4,6776 - 0,07101X$ ,  $R^2 = 0,97^{**}$ ) (Tabela 5). Observa-se que o teor de Mg diminuiu com a redução do teor de umidade no substrato. Segundo Malavolta (2006), a absorção de Mg pelas plantas é feita principalmente por fluxo de massa. Por conseguinte, na medida em que há redução no teor de água no substrato ocorre concomitantemente redução na absorção desse elemento.

Os níveis de escória de aciaria não influenciaram os teores de potássio (K) nas plantas, mas as diferentes tensões hídricas aplicadas alteraram os teores desse elemento na raiz, caule e folha (Tabela 6). Quanto maior a tensão de água no substrato maiores foram os teores de K na matéria seca de raízes, caule e folhas. Observaram-se teores médios de 7,9, 10,9 e 20,3 na matéria seca da raiz, caule e folha respectivamente. Os teores foliares médios de K, nas tensões hídricas avaliadas apresentaram-se dentro da faixa considerada adequada por Alves (2003).

Tabela 6. Teores de potássio na matéria seca do maracujazeiro amarelo em função da adubação com escoria de aciaria e cultivado sob diferentes tensões de água no substrato

Tensão hídrica	Raiz (g kg <sup>-1</sup> )	Caule (g kg <sup>-1</sup> )	Folha (g kg <sup>-1</sup> )
15	7,1 b	9,8 c	17,8 b
30	8,1 ab	10,9 b	19,6 b
50	8,4 a	12,1 a	22,5 a
Média	7,9	10,9	20,3
CV%	7,88	10,94	19,95

\* Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Os teores médios de fósforo (P) na matéria seca da raiz, caule e folha foram 2,1, 1,5 e 1,5 g kg<sup>-1</sup>, respectivamente (Tabela 7). Já os teores médios de cálcio (Ca) na matéria seca da raiz, caule e folha foram 10,8, 10,9 e 23,4 g kg<sup>-1</sup>, respectivamente. Os teores foliares médios de Ca (Haag et al., 1973; Bataglia; Santos, 2001) e de P (Bataglia; Santos, 2001) apresentaram-se dentro das faixas consideradas adequadas para o maracujazeiro.

Os teores de P da matéria seca da raiz e da folha foram influenciados pelas tensões de água aplicadas, fato que não foi observado na matéria seca do caule. Houve uma distribuição relativamente homogênea desse elemento na planta, com as aplicações das tensões de água no substrato. Os teores de P na raiz foram influenciados pela aplicação da escória de aciaria, nas tensões de 30 ( $Y_{\text{raiz}} = 2,0280 + 0,0765X - 0,00567X^2$ ,  $R^2 = 0,99^{**}$ ) e de 50 kPa ( $Y_{\text{raiz}} = 2,0034 + 0,01634X$ ,  $R^2 = 0,90^*$ ).

Tabela 7. Teores de cálcio e de fósforo na matéria seca do maracujazeiro amarelo em função da adubação com escória de aciaria e cultivado sob diferentes tensões de água no substrato

Tensão hídrica (kPa)	Raiz (g kg <sup>-1</sup> )					Caule (g kg <sup>-1</sup> )	Folha (g kg <sup>-1</sup> )	
	Escória silicatada de aciaria (g vaso <sup>-1</sup> )							
	0	4,091	8,183	12,275	Média			
	Cálcio							
15	12,3 a	12,7 a	10,9 a	13,3 a	12,3	11,3 a	21,9 b	
30	8,9 b	13,3 a	9,6 a	11,6 b	10,9	10,8 a	23,6 ab	
50	8,0 b	9,8 b	9,6 a	9,6 a	9,2	10,7 a	24,7 a	
Média	9,7	11,9	10,0	11,5	10,8	10,9	23,4	
CV%	8,13						10,9	9,89
	Fósforo							
15	2,2 a	2,2 a	2,1 a	2,0 b	2,1	1,5 a	1,3 c	
30	2,0 a	2,3 a	2,3 a	2,1 ab	2,2	1,4 a	1,5 b	
50	2,0 a	2,1 a	2,1 a	2,2 a	2,1	1,4 a	1,7 a	
Média	2,1	2,2	2,1	2,1	2,1	1,5	1,5	
CV%	4,39						11,24	9,18

\* Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

As tensões de água aplicadas influenciaram os teores de Ca na raiz e na folha, o que não foi verificado no caule (Tabela 7). Na tensão hídrica de 50 kPa as alterações nos teores de Ca na raiz, em função das doses de escória de aciaria, são explicadas pela função de 1<sup>o</sup> grau  $Y_{\text{raiz}} = 8,14714 + 0,25906X$ ,  $R^2 = 0,86^{**}$ . Observa-se que os teores de Ca acumularam-se mais nas folhas do que na raiz e

caule. Segundo Dechen e Nachtigall (2007), o movimento do Ca ocorre através da corrente transpiratória em direção à parte aérea, mas depois que o elemento é transportado via xilema para essas partes torna-se imóvel na planta.

As tensões de água estudadas afetaram os teores de S na raiz, caule e folha (Tabela 8). A interação entre tensões de água no substrato e doses de escória de aciaria, verificado no caule do maracujazeiro, na tensão de 15 kPa, é explicada por intermédio da equação ( $Y_{\text{caule}} = 0,57368 + 0,01799X$ ,  $R^2 = 0,88^{**}$ ). Observou-se, ainda, que os teores médios de S na raiz, caule e folha foram de 3,2, 0,7 e 1,1 g kg<sup>-1</sup>, respectivamente (Tabela 8). Os teores foliares de S encontraram-se abaixo dos adequados segundo as faixas propostas por Carvalho et al. (2002), Alves et al. (2003) e Freitas et al. (2007). Tal ocorrência deve-se, provavelmente, ao fato de que os fertilizantes aplicados durante o crescimento e desenvolvimento da cultura tinham baixos teores de enxofre.

Os teores médios de manganês (Mn) na matéria seca da raiz, caule e folha foram 116,1, 14,2 e 65,2 mg kg<sup>-1</sup>, respectivamente (Tabela 7). Os teores foliares de Mn apresentaram-se dentro da faixa considerada adequada para o maracujazeiro por Carvalho et al. (2002), Alves, (2003) e Freitas et al. (2007). Em contraste, alguns autores como Haag et al. (1973), Malavolta et al. (1989) e Bataglia e Santos, (2001) atribuem faixas maiores para esse elemento nas folhas. É importante ressaltar que a cultura desenvolveu-se em uma faixa de pH de 5,8 e, nessa condição, o Mn é reduzido na solução do substrato com menor disponibilidade para as plantas (Raij, 2011).

Tabela 8. Teores de enxofre na matéria seca do maracujazeiro amarelo em função da adubação com escória de aciaria e cultivadas sob diferentes tensões de água no substrato

Tensão hídrica (kPa)	Raiz (g kg <sup>-1</sup> )	Caule (g vaso <sup>-1</sup> )					Folha (g kg <sup>-1</sup> )
		Escória de aciaria (g cova <sup>-1</sup> )					
		0	4,091	8,183	12,275	Média	
15	3,3 a	0,6 b	0,6 ab	0,7 a	0,8 a	0,7	1,1 b
30	2,9 b	0,5 b	0,5 b	0,8 a	0,6 a	0,6	1,0 b
50	3,4 b	0,8 a	0,8 a	0,7 a	0,6 a	0,7	1,3 a
Média	3,2	0,6	0,6	0,7	0,7	0,7	1,1
CV%	9,00	13,09					7,02

\* Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

As tensões de água aplicadas influenciaram os teores de Mn tanto na raiz quanto na folha, o que não foi verificado para o caule (Tabela 9). As interações entre tensões de água e doses de aciaria para os teores desse elemento na raiz na tensão de 15 kPa foram ( $Y_{\text{raiz}} = 80,89307 + 4,72175X$ ,  $R^2 = 0,69^{**}$ ) e de 30 kPa foi ( $Y_{\text{raiz}} = 68,68269 + 14,63548X - 0,985050X^2$ ,  $R^2 = 0,63^{**}$ ). Independente das tensões hídricas a aplicação das doses de escória de aciaria afetou os teores de Mn no caule ( $Y_{\text{caule}} = 11,3980 + 0,9399X - 0,050176X^2$ ,  $R^2 = 0,99^{**}$ ) e na folha ( $Y_{\text{folha}} = 56,0620 + 1,4956X$ ,  $R^2 = 0,75^{**}$ ).

As tensões de água aplicadas alteraram os teores de cobre (Cu) na raiz, o mesmo não se verificando para o elemento no caule e na folha (Tabela 9). As interações ocorridas entre tensões de água e doses de aciaria para os teores de Cu na raiz, na tensão de 50 kPa ( $Y_{\text{raiz}} = 25,86245 - 0,84507X$ ,  $R^2 = 0,89^{**}$ ) e no caule, independente da tensão hídrica, ( $Y_{\text{caule}} = 5,6326 - 0,2488X + 0,02158 X^2$ ,  $R^2 = 0,96^{**}$ ), foram alterados pela aplicação da escória de aciaria. Os teores médios de Cu na matéria seca da raiz, caule e folha do maracujazeiro foram, respectivamente, 20,5, 5,4 e 11 mg kg<sup>-1</sup> (Tabela 9). Os teores foliares de Cu apresentaram-se dentro da faixa considerada adequada por Malavolta et al. (1989) e por Bataglia e Santos (2001).

As tensões de água aplicadas influenciaram os teores de Zn na raiz, caule e folhas (Tabela 10). Os teores de Zn foram alterados pelas doses de escória de aciaria. As interações verificadas entre tensões de água e doses de aciaria para os teores desse elemento na raiz na tensão de 15 kPa foram ( $Y_{\text{raiz}} = 155,60307 - 4,14772X$ ,  $R^2 = 0,96^{**}$ ), de 30 kPa foi ( $Y_{\text{raiz}} = 122,44913 + 4,143888X - 0,48873X^2$ ,  $R^2 = 0,82^*$ ) e de 50 kPa foi ( $Y_{\text{raiz}} = 138,15325 - 9,81588X - 0,667224X^2$ ,  $R^2 = 0,99^{**}$ ); no caule essas interações na tensão hídrica de 15 kPa foram ( $Y_{\text{caule}} = 147,42247 - 14,79028X + 0,731912X^2$ ,  $R^2 = 0,99^{**}$ ) e de 50 kPa foi ( $Y_{\text{caule}} = 78,9514 + 11,3517X - 0,96443X^2$ ,  $R^2 = 0,57^{**}$ ); e na folha, independente da tensão hídrica, foi de ( $Y_{\text{folha}} = 68,31374 + 1,48265X$ ,  $R^2 = 0,57^*$ ). Em média os teores do elemento na raiz e na folha diminuíram com o aumento da tensão de água no substrato. Com a elevação das doses da escória de aciaria ocasionou redução nos teores de Zn na raiz. Os teores médios do elemento, na raiz, caule e folha, foram respectivamente, 122,1; 98,8 e 75,8 mg kg<sup>-1</sup>. Os teores foliares de Zn apresentaram-se dentro da faixa considerada adequada para o maracujazeiro por Malavolta et al. (1989), Bataglia e Santos (2001) e Alves (2003).

Tabela 9. Teores de manganês e de cobre na matéria seca do maracujazeiro amarelo em função da adubação com escória de aciaria e cultivado sob diferentes tensões de água no substrato

Tensão hídrica (kPa)	Raiz (mg kg <sup>-1</sup> )					Caule (g kg <sup>-1</sup> )	Folha (g kg <sup>-1</sup> )	
	Escória silicatada de aciaria (g vaso <sup>-1</sup> )							
	0	4,091	8,183	12,275	Média			
Manganês								
15	87,3 a	80,9 c	139,0 a	132,3 b	109,9	13,2 a	58,3 b	
30	61,8 a	132,8 b	101,8 b	106,8 b	100,4	14,2 a	63,3 ab	
50	83,0 a	205,5 a	93,6 b	171,3 a	138,4	15,2 a	74,1 a	
Média	77,4	139,7	111,5	136,8	116,1	14,2	65,2	
CV%	11,27						13,95	19,39
Cobre								
15	23,0 ab	24,2 a	19,3 a	20,0 a	21,6	5,3 a	11,6 a	
30	17,5 b	19,9 a	19,4 a	19,5 a	19,1	5,4 a	10,9 a	
50	27,3 a	20,4 a	18,5 a	16,4 a	20,7	5,4 a	10,4 a	
Média	22,6	21,5	19,1	28,3	20,5	5,4	11	
CV%	15,36						13,96	16,58

\* Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 10. Teores de zinco na matéria seca da raiz, caule e folha do maracujazeiro amarelo em função da adubação com escória de aciaria e cultivadas sob diferentes tensões de água no substrato

Tensão hídrica (kPa)	Escória de aciaria (g vaso <sup>-1</sup> )				
	0	4,091	8,183	12,275	Média
Raiz					
15	152,2 a	145,0 a	119,3 a	104,1 a	130,2
30	120,0 b	138,5 a	116,3 a	102,1 a	119,2
50	138,0 ab	109,4 b	102,0 a	118,3 a	116,9
Média	136,7	131	112,5	108,2	122,1
CV%	9,20				
Caule					
15	148,3 a	96,7 b	77,9 b	75,3 a	99,6
30	126,5 b	81,5 b	133,5 a	77,3 a	104,7
50	72,7 c	128,1 a	88,8 b	79,2 a	92,2
Média	115,8	102,1	100,1	77,3	98,8
CV%	9,00				
Folha					
15	82,7 a	79,4 a	90,1 a	73,1 a	81,3
30	74,1 ab	76,4 a	79,4 ab	75,3 a	76,3
50	68,1 b	69,8 a	68,6 b	73,1 a	69,9
Média	75	75,2	79,4	73,8	75,8
CV%	7,87				

\* Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Os resultados alcançados neste trabalho quanto aos teores de elementos minerais nas folhas e raízes diferem em parte dos estudos realizados por Prado e Natale. (2005). Esses autores também trabalharam com mudas de maracujazeiro amarelo, submetido a doses de silicato de cálcio. Eles obtiveram aumentos em decorrência da presença do silicato nos teores de Ca e reduções no conteúdo de Cu, Mn, e Zn na parte aérea e na raiz e não observaram respostas significativas quanto aos teores de N, P, K, Mg e S. As diferenças nos resultados dos dois trabalhos podem estar relacionadas ao pH do substrato de cultivo, que no presente estudo foi mantido na faixa de 5,8 durante toda a fase experimental. Além disso, as plantas do presente estudo foram submetidas a diferentes tensões de água no substrato, enquanto que na pesquisa desenvolvida por Prado e Natale, (2005) não estava relacionada com os mesmos objetivos.

## CONCLUSÕES

- As tensões de água aplicadas ao substrato, não influenciam os teores de polifenóis e de Si nas folhas, de Ca, P, Mg e Mn no caule e de Cu no caule e folha;
- O aumento na tensão de água no substrato até o nível de 50 kPa promove incrementos nos teores de N na raiz e no caule, de K na raiz, caule e folha e de P nas folhas;
- Os teores de Si na raiz, no caule e folhas reduzem com aplicação de escória de aciaria;
- A aplicação de escória de aciaria eleva os teores de P, Ca e Mn na raiz e de N, Mg e Zn nas folhas;
- Na tensão hídrica de 15 kPa a aplicação de escória de aciaria reduz os teores de Zn e de Cu nas raízes e no caule.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alves, E.A.B. (2003) *Estabelecimento de faixas e teores adequados de nutrientes foliares em maracujazeiro amarelo, mamoeiro formosa e coqueiro anão verde cultivado no Norte Fluminense*. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Campos dos Goytacazes – RJ, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro – UENF, 64p.
- Anderson, J.M., Ingram, J.S.I. (1993) *Tropical Soil biology and fertility: a handbook of methods*. 2nd ed., Wallingford: CAB International, 171p.
- Araújo, J.C.T., Nascimento, C.A.W.A. (2005) Redistribuição entre frações e teores disponíveis de zinco em solos incubados com lodo de esgoto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, 29:635-644.
- Bataglia, O.C., Santos, W.R. (2001) Estado nutricional de plantas perenes: avaliação e monitoramento. *Informações Agronômicas*, Piracicaba, 96:1-8.
- Bernardo, S. (2007) *Produção agrícola e uso da água. Importância e padrões do uso da água na agricultura brasileira*. Disponível em: <<http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/upf/salassier.pdf>>. Acesso em: 16/12/2012.
- Bravo, L. (1998) Polyphenols: chemistry, dietary sources, metabolism, and nutritional significance, *Nutrition Reviews*, New York, 56(11):317-333.
- Carmo, C.A.F. de S. do, Araújo, W.S. de, Bernardi, A.C. de C., Saldanha, M.F.C. (2000). *Métodos de análise de tecidos vegetais utilizados pela Embrapa Solos*. Embrapa Solos, Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 41p.
- Carvalho, A.J.C. de, Monnerat, P.H., Martins, D.P., Bernardo, S., Silva, J.A. da (2002) Teores foliares de nutrientes no maracujazeiro amarelo em função de adubação nitrogenada, irrigação e épocas de amostragem. *Scientia Agrícola*, Piracicaba, 59(1):121-127.
- Corrêa A.D, Batista R.S, Quintas L.E. (2005) *Plantas Medicinais: do cultivo à terapêutica* - Contém formulação e modo de preparo de cosméticos. 6. ed. Petrópolis: Vozes, p.103.

- Corrêa, J.C., Büll, L.T., Crusciol, C.A.C., Marcelino, R., Mauad, M. (2007) Correção da acidez e mobilidade de íons em Latossolo com aplicação superficial de escória, lama cal, lodos de esgoto e calcário. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, 42:1307-1317.
- Dechen, A.R., Nachtigall, G.R. (2007) Elementos Requeridos à Nutrição de Plantas. In: Novais, R.F., Alvarez V.V.H., Barros, N.F. de, Fontes, R.L.F., Cantarutti, R.B., Neves, J.C.L. *Fertilidade do Solo*. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. p.91-132.
- Dreosti, I. E. (2000) Antioxidant polyphenols in tea, cocoa, and wine. *Nutrition*, Australia, 16(7-8):692-4.
- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA). (1997) Serviço Nacional de Levantamento e Conservação do Solo. *Manual de métodos de análise do solo*. Rio de Janeiro, 212p.
- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA). (1999) Centro Nacional de Pesquisa de Solos. *Sistema brasileiro de classificação de solos*. Rio de Janeiro, 359p.
- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA). (2006): *Mandioca e Fruticultura. Perguntas e Respostas: Maracujá*. Disponível em: <[http://www.cnpmf.embrapa.br/index.php?p=perguntas\\_e\\_respostas-maracuja.php#especies](http://www.cnpmf.embrapa.br/index.php?p=perguntas_e_respostas-maracuja.php#especies)>. Acesso em: 09/04/2013.
- Freitas, M.S.M., Monnerat, P.H., Vieira, I.J.C., Carvalho, A.J.C. de (2007). Flavonoides e composição mineral de folhas de maracujazeiro amarelo em função da posição da folha no ramo. *Ciência Rural*, Santa Maria, 37(6):1634-1639.
- Gurgel, R.L.S., Souza, H.A., Teixeira, G.A., Mendonça, M., Ferreira, E. (2007) Adubação fosfatada e composto orgânico na produção de mudas de maracujazeiro-amarelo. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, Recife, 2(4):262-267.
- Haag, H.P., Oliveira, G.D., Borduchi, A.S., Sarruge, J.R. (1973) Absorção de nutrientes por duas variedades de maracujá. *Anais da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz*, Piracicaba, 30:267-279.

- IBGE. (2011) Produção Agrícola Municipal. *Culturas Temporárias e Permanentes*. Disponível em: <[http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/pam/2011/default\\_pdf.shtm](http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/pam/2011/default_pdf.shtm)>. Acesso em 05/04/2013.
- Kliemann, J.H., Campelo Júnior, J.H., Azevedo, J.A. de, Guilherme, M.R., Genú, P.J. de C. (1986) Nutrição mineral e adubação do maracujazeiro. In: Haag, H. P. (Coord.). *Nutrição mineral e adubação de fruteiras tropicais*. Campinas: Fundação Cargill, p.247-284.
- Lana, R.M.Q., Korndörfer, G.H., Zanão Júnior, L.A., Silva, A.F. da, Lana, A.M.Q. (2003) *Efeito do silicato de cálcio sobre a produtividade e acumulação de silício no tomateiro*. *Bioscience Journal*, Uberlândia, 19(2):15-20.
- Korndörfer, G.H, Pereira, H.S., Camargo, M.S. (2004) *Silicato de cálcio e magnésio na agricultura*. 3.ed., Uberlândia: UFU/ICIAG, 28p. (Boletim Técnico, 2).
- Malavolta, E. (1981) *Manual de química agrícola: adubos e adubação*. 3. ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 594p.
- Malavolta, E., Vitti, G.C., Oliveira, S.A. (1989) *Avaliação do estado nutricional das plantas*. Piracicaba: POTAFOS, 201p.
- Malavolta, E. (2006) *Manual de nutrição mineral de plantas*. São Paulo: Ceres,, 638p.
- Melo, P.C. de, Furtini Neto, A.E. (2003) Avaliação do Lithothamnium como corretivo da acidez do solo e fonte de nutrientes para o feijoeiro. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, 27(3):508-519.
- Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) (2008) *Manual de métodos analíticos oficiais para fertilizantes minerais, orgânicos, organominerais e corretivos*. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br>>. Acesso em: 23/10/2012.
- Pires, A.M.M., Mattiazzi, M.E. (2008) *Avaliação da viabilidade do uso de resíduos na Agricultura*. Jaguariúna: EMBRAPA, 9p. (Circular Técnica, 19).
- Pires, A.A., Monnerat, H.P., Marciano, C.R., Pinho, L.G.R., Zampirolli, P.D., Rosa, R.C., Muniz, R.A. (2008) Efeito da adubação alternativa do maracujazeiro amarelo nas características químicas e físicas do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, 32:1997-2005.

- Prado, R.M., Natale, W., Fernandes, F.M. (2004) Liberação de micronutrientes de uma escória de siderurgia aplicada em um Latossolo Vermelho Amarelo. *Revista de Agricultura*, Piracicaba, 79:260-274.
- Prado, R.M., Natale, W. (2005) Efeitos da aplicação de resíduo industrial (silicato de cálcio) no desenvolvimento, no estado nutricional e na produção de matéria seca de mudas de maracujazeiro. *Revista Brasileira Engenharia Agrícola Ambiental*, Campina Grande, 9 (2):185-190.
- Raij, B. van. (2011) *Fertilidade do solo e manejo de nutrientes*. Piracicaba: IPNI. 420 p.
- Richards, L.A. (1965) Physical conditions of water in soil. In: Black, C.A. (Ed.). *Methods of soil analysis: physical and mineralogical properties, including statistics of measurements and sampling*. Madison: Asa: 128-152p.
- Ritzinger, C.H.S.P., Rocha, H.S. (2010) *Uso da solarização como alternativa para o preparo de solo ou substrato para produção de mudas isenta de patógenos de solo*. EMBRAPA, Cruz das Almas, BA, 12p.
- Ruiz, H.A. (1986) *Efeito do conteúdo de água sobre o transporte de fósforo em dois latossolos*. Tese (Doutorado em Solos) – Viçosa – MG, Universidade Federal de Viçosa – UFV, 86p.

### 3.3. ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO, EM FUNÇÃO DE NÍVEIS DE ESCÓRIA DE ACIARIA E DE TENSÕES DE ÁGUA, APÓS CULTIVO COM MARACUJAZEIRO

**RESUMO** - O objetivo deste trabalho foi o de avaliar os efeitos de níveis de escória de aciaria e de tensões de água no solo sobre as características químicas de um Latossolo Vermelho Amarelo distrófico após o cultivo com maracujazeiro. O experimento foi conduzido em casa de vegetação, com todos os tratamentos mantidos em uma mesma faixa de pH de 5,8. O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso, em um esquema fatorial 4 (doses de escória de aciaria ) x 3 (tensões de água no solo), com três repetições. Os níveis de escória de aciaria foram 0,0; 4,091; 8,183 e 12,275 g vaso<sup>-1</sup> e as tensões de água no solo foram 15; 30 e 50 kPa. Após 127 dias de cultivo retiraram-se as plantas de maracujazeiro, e o solo foi analisado quanto às características químicas para os teores de fósforo, potássio, cálcio, magnésio, silício, zinco, cobre e de manganês, bem como para a acidez total, a soma de bases, a capacidade de troca de cátions a pH 7,0 e a saturação por bases. Os resultados permitiram concluir que as doses de escória de aciaria aumentaram a disponibilidade dos elementos silício, manganês, ferro, zinco e fósforo. Já o incremento das tensões de água no solo reduziu os teores de zinco e de fósforo, e aumentou os teores de manganês. A elevação do pH do substrato para 5,8, previamente estabelecido para todos os tratamentos, que combinavam diferentes doses de escória de aciaria e tensões de água, pode ter minimizado as alterações químicas no solo.

**Palavras-chave:** maracujá azedo, tensão matricial, calcário, silício.

## SOIL CHEMICAL ATTRIBUTES, SUBMITTED TO SLAG STEEL AND THE WATER TENSION, AFTER PREVIOUS PASSION FRUIT CULTIVATION

**ABSTRACT** - The aim of this study was to evaluate the effects of levels of steel slag and of water tension on the chemical characteristics of a dystrophic Yellow latosol (Oxisol) after previous passion fruit cultivation. The experiment was conducted in a greenhouse, with all treatments kept in the same range of pH 5.8. The experimental design was a randomized block, set in a factorial 4 (doses steel slag) x 3 (soil water tension), with three replications. The doses of steel slag were 0.0, 4.091, 8.183 and 12.275 g pot<sup>-1</sup>, and the tensions soil water were 15, 30 and 50 kPa. After 127 days of cultivation of passion fruit were removed passion fruit, and the soil was analyzed for chemical characteristics for contents of phosphorus, potassium, calcium, magnesium, silicon, zinc, copper and manganese, as well as the total acidity, sum of bases, cation exchange capacity at pH 7.0 and base saturation. The results showed that doses of steel slag increased the availability of the elements silicon, manganese, iron, zinc and phosphorus. Already the increase of water tensions in the culture substrate reduced the concentrations of zinc and phosphorus, and increased levels of manganese. The elevation of the substrate pH to 5.8, previously established for all treatments, which combine different doses of flue dust and water tension, may have minimized chemical changes in the soil.

**Keywords:** passion fruit tart, matrix tension, limestone, silicon.

### INTRODUÇÃO

O Brasil é o maior produtor e consumidor mundial do maracujá amarelo (*Passiflora edulis* Sims f. *flavicarpa* Deg) também conhecido como maracujá azedo, que representa aproximadamente 95% da produção nacional (Dias et al. 2012). Apesar da franca expansão dessa cultura, os solos disponíveis para a produção agrícola no Brasil apresentam em grande parte limitações de natureza química, física e biológica, resultando em baixas produtividades (IFA/UNEP, 2000). De acordo com Oliveira et al. (2005), a fertilidade natural dos solos brasileiros disponíveis para o plantio é muito baixa, tornando-se indispensável a

correção da acidez, e quase sempre a aplicação de fertilizantes para viabilizar os sistemas de produção agrícola.

A contínua expansão dos plantios agrícolas e a técnica dos cultivos adotada elegem a exploração do maracujazeiro amarelo como atividade rentável, impulsionada tanto pela agroindústria de sucos como pela crescente demanda do consumo *in natura* (Gondim, 2000). O emprego de técnicas de condução adequadas como adubações, tipo de espaldeira, controle de pragas, doenças, irrigação, polinização, critérios de colheita e de pós-colheita permite um rápido retorno do capital investido no cultivo do maracujazeiro (Rodrigues, 2007).

Desde a seleção das sementes para formação das mudas até a colheita, a produção inicia-se em até seis meses após o plantio. Dentre os fatores que interferem no crescimento e desenvolvimento do maracujazeiro, a irrigação, em regiões de precipitações irregulares, tem sido de grande valia na busca de uma produção contínua e uniforme, com frutos de boa qualidade. A importância fisiológica da água decorre das funções que ela desempenha na planta, como principal constituinte dos tecidos (Angelocci, 2002; Taiz e Zeiger, 2009).

O uso racional da água requer o conhecimento das variáveis do clima, do solo e da planta e de alguns aspectos relacionados ao transporte da água no sistema solo-planta-atmosfera. Dentro de um contexto amplo, o manejo da irrigação consiste na determinação do momento, da quantidade e de como aplicar a água, levando-se em consideração os demais aspectos do sistema produtivo, como a adubação, controle fitossanitário, informações climatológicas e econômicas, e os tratos culturais. O manejo racional da irrigação pode ser realizado avaliando diretamente o solo, por meio de tensiômetros, sensores eletrométricos, dissipação térmica, sonda de nêutrons, sonda enviroscan, reflectometria no domínio do tempo – TDR, tomografia computadorizada e atenuação de raios-gamas, ou por avaliação climática, determinando-se a evapotranspiração da cultura de interesse ou estimando-a mediante a evapotranspiração de referência (Pires et al., 2001).

A maioria dos solos utilizada na agricultura brasileira apresenta uma acidez elevada em condições naturais, necessitando de aplicação de calcário ou de escória silicatada (Pires et al. 2003). Uma vantagem da escória de aciaria é que ela encerra o silício na sua composição e corrige a acidez do solo com a mesma eficiência do calcário (Prado e Fernandes, 2001).

A escória de aciaria é gerada no processo de fabricação do aço, resultante da transformação do ferro gusa líquido em aço, através de processos de oxidação (Mourão e Gentile, 2007). Os elementos do minério de ferro e do carvão, que não foram reduzidos no processo siderúrgico de formação do aço, combinam-se com o cálcio (Ca) e o magnésio (Mg) do calcário, dando origem aos silicatos de cálcio e magnésio (Pereira, 1978; Korndörfer et al., 2004).

É conhecido o potencial de uso agrícola da escória de aciaria como alternativa ao tradicional calcário. Elas corrigem a acidez dos solos e fornecem o silício, considerado um elemento importante para o crescimento e desenvolvimento de muitas espécies de plantas de interesse econômico: arroz, cana-de-açúcar, milho, capim kikuiu, capim bermuda, alfafa, feijão, tomate, alface (Korndörfer e Lepsch, 2001). Segundo Braga (2010), a solubilidade do silício, nos diversos produtos, é bastante variável. As escórias de alto-forno apresentam maiores teores de silício, com baixa solubilidade, enquanto que as escórias de aciarias apresentam menores teores, mas com maior solubilidade desse elemento.

As principais características de uma fonte de Si para fins de uso na agricultura são o alto conteúdo de Si “disponível”, as boas propriedades físicas, a pronta disponibilidade às plantas e baixo custo. Os agregados siderúrgicos são as fontes mais abundantes e baratas de silicatos e a sua viabilização na agricultura pode reduzir o passivo ambiental (Korndörfer et al., 2002). Deve-se destacar que as indústrias siderúrgicas produziram em 2011 cerca de 4,93 milhões de toneladas de escórias silicatadas (I.A.B, 2011). Em países como o Japão, EUA e China praticamente todo agregado siderúrgico é reciclado, sendo parte dele usado como fertilizante (Prado e Fernandes, 2001).

A reatividade das escórias varia de acordo com a sua granulometria, seu tipo de solo, sua dosagem seu tempo de contato com o solo. Os silicatos são aplicados, em sua maioria, na forma sólida. A sua utilização na agricultura requer granulometria fina, presença de elementos nutrientes, condições para fornecerem o silício solúvel às plantas (Pereira et al. 2007) e ausência de metais pesados nocivos à saúde (Souza, 2007). A maioria das pesquisas com escórias silicatadas tem mostrado seus efeitos apenas como corretivo de acidez e como fonte de alguns nutrientes para as plantas. Há, portanto, a necessidade de separar o efeito do pH do efeito do silicato, uma vez que a alteração do pH pode proporcionar

mudança significativa na composição dos nutrientes presentes na solução do solo.

O objetivo deste trabalho foi o de avaliar as características químicas de um Latossolo Vermelho Amarelo distrófico em função da aplicação de diferentes doses de escória aciaria e tensões de água, após cultivo com maracujazeiro.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação localizado no Centro de Ciência Agrária da Universidade Federal do Espírito Santo (CCA-UFES), situado em Alegre-ES, nas coordenadas geográficas de 20°45'49" S e 41°48'58" W, com altitude de 150 m e clima subtropical do tipo "Aw" com estação seca no inverno, de acordo com a classificação de Koppen. A casa de vegetação foi equipada com termohigrógrafo para obtenção diária das temperaturas máxima e mínima, das umidades máxima e mínima e da radiação solar ( $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ). As leituras obtidas durante o período experimental estão apresentadas na Figura 1.

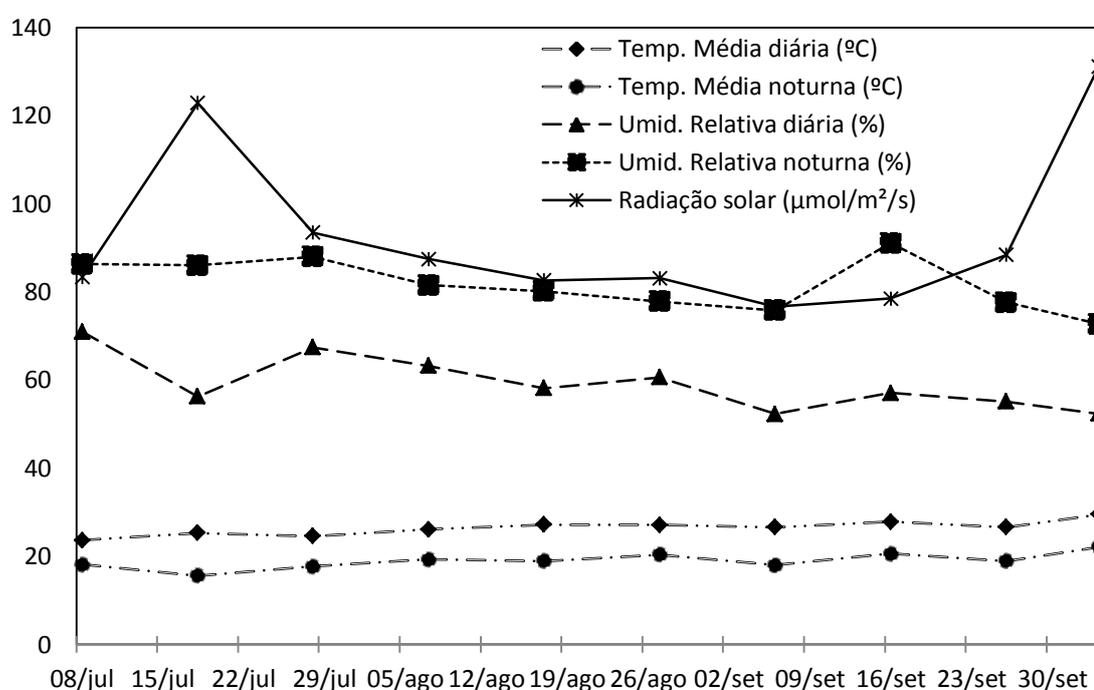


Figura 1. Temperatura do ar, umidade relativa e radiação solar na casa de vegetação durante a condução do experimento com maracujazeiro amarelo.

O experimento foi conduzido no período de junho a outubro de 2011. O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, com três repetições. Os tratamentos foram dispostos segundo um arranjo fatorial 4 x 3, sendo quatro níveis de escória de aciaria (0,0; 4,091; 8,183 e 12,275 g vaso<sup>-1</sup>), e três tensões de água no solo (15, 30 e 50 kPa). Cada tratamento foi constituído por um vaso de 8 dm<sup>3</sup> de capacidade, preenchido parcialmente com 5 kg com os respectivos substratos de cultivo.

O solo dos respectivos substratos de cultivo foi um Latossolo Vermelho Amarelo distrófico, com textura média no horizonte A (EMBRAPA, 1999), o qual foi coletado na camada arável de 0 a 20 cm em uma região de relevo acidentado no município de Alegre-ES. Após a coleta o solo foi seco ao ar, destorroado e passado em uma peneira de 2 mm para obtenção da terra fina seca ao ar (TFSA). Posteriormente, o solo foi desinfestado através do processo de solarização para eliminação de ervas daninhas e patógenos (Ritzinger e Rocha, 2010). Em seguida o solo e a escória de aciaria foram individualmente homogeneizados e caracterizados quimicamente, Tabelas 1 e 2, respectivamente.

Tabela 1. Caracterização química e física do latossolo vermelho amarelo distrófico antes da incorporação dos corretivos de acidez (mistura de CO<sub>3</sub><sup>2-</sup> e escória de aciaria)

pH em H <sub>2</sub> O	P <sup>(1)</sup>	K <sup>(1)</sup>	Na <sup>(1)</sup>	Ca <sup>(2)</sup>	Mg <sup>(2)</sup>	Al <sup>(2)</sup>	SB <sup>(3)</sup>	H+Al <sup>(4)</sup>	T <sup>(5)</sup>	V <sup>(6)</sup>	m <sup>(7)</sup>
	(mg dm <sup>-3</sup> )			(mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )						(%)	
4,73	4	30	5	5,7	2,1	13	8,79	59	67,8	12,96	59,66
C.O <sup>(8)</sup>	S <sup>(9)</sup>	Si <sup>(10)</sup>	Fe <sup>(1)</sup>	Mn <sup>(1)</sup>	Zn <sup>(1)</sup>	Cu <sup>(1)</sup>	B <sup>(11)</sup>				
% (mg dm <sup>-3</sup> )											
1,46	3	8,13	46,93	0,25	5,75	0,8	0,28				
D.a (kg dm <sup>-3</sup> )	Argila <sup>(12)</sup>	silte	areia	Água retida no solo (kg kg <sup>-1</sup> ) <sup>(13)</sup>							
	(g kg <sup>-1</sup> )			(kPa)							
1,25	670	40	290	9	15	30	50				
				0,178	0,166	0,140	0,126				

<sup>(1)</sup> Extrator HCl 0,05 mol L<sup>-1</sup> + H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,0125 mol L<sup>-1</sup>. <sup>(2)</sup> Extrator KCL 1 mol L<sup>-1</sup>. <sup>(3)</sup> Soma de bases. <sup>(4)</sup> Acidez potencial – extrator acetato de cálcio 0,5 mol L<sup>-1</sup>. <sup>(5)</sup> T pH 7,0. <sup>(6)</sup> Saturação por bases. <sup>(7)</sup> Saturação por Al. <sup>(8)</sup> Carbono orgânico (Walkley - Black). <sup>(9)</sup> Extrator Ca(H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub> 0,01 mol L<sup>-1</sup>. <sup>(10)</sup> Extrator cloreto de cálcio 0,01 mol L<sup>-1</sup>. <sup>(11)</sup> Extrator água quente. <sup>(12)</sup> Método da pipeta (EMBRAPA, 1997). <sup>(13)</sup> Extrator de Richards, 1965.

Para estabelecer as doses de escória de aciaria necessárias para elevar o pH a valor pré-determinado de 5,8 foram realizadas as curvas de incubação do solo. Paralelamente, foram feitas curvas para ajuste do pH com mistura de carbonatos de cálcio e de magnésio, na mesma proporção Ca:Mg determinada para a escória de aciaria. As misturas foram incubadas por 30 dias, em meio aeróbio, mantendo-se a umidade na faixa de 9 kPa, com controle diário da umidade por pesagem.

Tabela 2. Características químicas, físicas e físico-químicas da escória de aciaria (Recmix) e das misturas de  $\text{CO}_3^{-2}$  ( $\text{CaCO}_3$  e  $\text{MgCO}_3$  p.a)

Características	Escória de aciaria	Mistura de $\text{CO}_3^{-2}$
CaO ( $\text{g kg}^{-1}$ ) <sup>(1)</sup>	298,4	294,4
MgO ( $\text{g kg}^{-1}$ ) <sup>(1)</sup>	164,4	164,4
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> total ( $\text{g kg}^{-1}$ ) <sup>(1)</sup>	3,7	0,1
K <sub>2</sub> O total ( $\text{g kg}^{-1}$ ) <sup>(1)</sup>	1,4	0,3
S ( $\text{mg dm}^{-3}$ ) <sup>(3)</sup>	0,07	0,01
SiO <sub>2</sub> total ( $\text{g kg}^{-1}$ ) <sup>(1)</sup>	198	0,1
SiO <sub>2</sub> ( $\text{mg dm}^{-3}$ ) <sup>(4)</sup>	0,63	0,01
Boro ( $\text{mg dm}^{-3}$ ) <sup>(5)</sup>	0,06	0,0
Cobre ( $\text{mg dm}^{-3}$ ) <sup>(2)</sup>	0,17	0,0
Ferro ( $\text{mg dm}^{-3}$ ) <sup>(2)</sup>	1,38	0,037
Manganês ( $\text{mg dm}^{-3}$ ) <sup>(2)</sup>	0,39	0,0
Zinco ( $\text{mg dm}^{-3}$ ) <sup>(2)</sup>	0,36	0,0
Níquel ( $\text{mg dm}^{-3}$ ) <sup>(1)</sup>	0,007	0,001
Poder de neutralização <sup>(1)</sup>	93,89	106,7
Eficiência relativa	100,00	100,00
Análise físico-química (PRNT)*		
Escória		93,89
Mistura de $\text{CO}_3^{-2}$		106,70

<sup>(1)</sup> MAPA, 2008 <sup>(2)</sup> Extrator HCl 0,05 mol L<sup>-1</sup> + H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,0125 mol L<sup>-1</sup>. <sup>(3)</sup> Extrator Ca(H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>) 0,01 mol L<sup>-1</sup>. <sup>(4)</sup> Korndörfer, et al., (2004). <sup>(5)</sup> Extrator água quente.\*PRNT: Poder relativo de neutralização total, calculado a partir da granulometria passante na peneira de 50mesh e do poder de neutralização.

O pH do solo, determinado na relação 1 : 2,5 (solo : água), foi relacionado com as doses de escória (E) e a mistura de carbonatos (M) por meio de equações de regressão:  $\text{pH} = 4,932 + 0,0001972E$  ( $R^2 = 0,99$ ) e  $\text{pH} = 4,804 + 0,0002625M$  ( $R^2 = 0,99$ ), em que E e M são expressas em t. ha<sup>-1</sup>, considerando-se 1 ha = 2000 m<sup>3</sup>. A equação correspondente a E foi utilizada para calcular a dose de escória

necessária para elevar o pH para 5,8. As doses restantes foram de 0, 1/3 e 2/3 daquela previamente indicada.

As doses complementares da mistura de carbonatos foram calculadas calculada de forma a elevar o pH de todas as amostras de solo para 5,8. Cada parcela recebeu as doses da escória de aciaria e da mistura de carbonatos assim calculadas. Em acréscimo, incorporaram-se doses de nivelamento de P (250 mg kg<sup>-1</sup>), N (60 mg kg<sup>-1</sup>), K (150 mg kg<sup>-1</sup>), Zn (5 mg kg<sup>-1</sup>), B (0,5 mg kg<sup>-1</sup>) e Cu (1 mg kg<sup>-1</sup>) (Malavolta, 1981), na forma de superfosfato triplo (44% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), ureia (45% de N), cloreto de potássio (60% de K<sub>2</sub>O), sulfato de zinco (22% de Zn) ácido bórico (17% de B) e sulfato de cobre, respectivamente. Os substratos de cultivo dos diferentes tratamentos foram incubados por 30 dias, em meio aeróbio, mantendo-se a umidade na faixa de 9 kPa, com controle diário da umidade por pesagem. Decorrido esse período, retiraram-se amostras dos substratos de cultivo nos diferentes tratamentos correspondentes aos níveis de escória de aciaria que foram então caracterizados quimicamente.

As sementes utilizadas no experimento foram extraídas de frutos maduros, adquiridos no comércio local, e colocadas juntamente com a polpa em um recipiente de vidro onde permaneceram por 72 horas. Ao final deste período o material foi colocado em uma peneira e lavado em água corrente de modo a separar as sementes da mucilagem. Após a lavagem as sementes foram colocadas sobre folhas de papel absorvente para secarem a sombra, por um período de três dias. Findo esse tempo, as sementes foram distribuídas aleatoriamente nas parcelas.

O controle da umidade do solo foi realizado por meio de um tensiômetro (Ruiz, 1986) para cada tratamento em cada repetição. Desse modo, utilizaram-se 36 tensiômetros nos três blocos experimentais. A reposição de água nos quatro vasos restantes era realizada segundo a leitura do tensiômetro para o tratamento e bloco respectivos.

No início da fase experimental todas as parcelas receberam água para manter a tensão em 9 kPa, mantendo-se essa umidade até o desbaste final. Foram semeadas 25 sementes de maracujá amarelo por vaso. Antes da semeadura as sementes foram colocadas em água por um período de 48 horas. Os desbastes das mudas foram feitos em três épocas, aos 30, 37 e 45 dias após

a semeadura, deixando-se 10, 3 e 1 planta, que apresentavam maior homogeneidade, por vaso, respectivamente.

Aos 15, 30 e 45 dias após emergência realizaram-se adubações nitrogenadas em cobertura em cada vaso de cultivo, com a incorporação de 60, 90 e 90 mg kg<sup>-1</sup> de N. Após o desbaste final iniciou-se o controle de água para as respectivas tensões de trabalho de 15, 30 e 50 kPa, suspendendo-se a irrigação após atingir os valores indicados. O controle hídrico foi realizado diariamente acrescentando-se água destilada quando necessário. A Figura 2 mostra o aparelho usado nas aferições das tensões de água no substrato de cultivo.

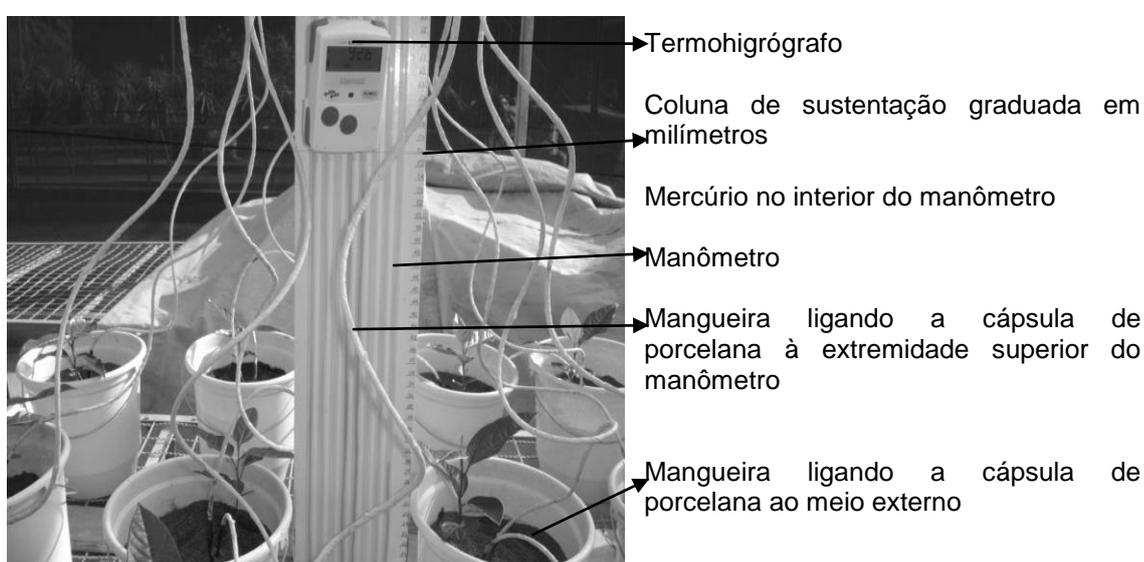


Figura 2. Descrição do aparelho usado nas aferições das tensões de água no solo.

O término do experimento coincidiu com a coleta das plantas, aos 127 dias após a semeadura. Após a remoção das plantas retirou-se de cada unidade experimental uma amostra de solo na camada de 0 a 10 cm de profundidade. Os solos coletados foram secos e passados em peneira de 2 mm de malha, para obtenção de TFSA. Em seguida, o material foi encaminhado ao laboratório para realizações das análises químicas.

As características químicas avaliadas no substrato de cultivo foram: fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), acidez total (H+Al), soma de bases (SB), capacidade de troca de cátions a pH 7,0 (CTC), saturação por bases (V), e silício (Si), zinco (Zn), cobre (Cu) e manganês (Mn), disponíveis. As características determinadas em laboratório foram feitas de acordo com as

metodologias propostas pela EMBRAPA (1997). Para a determinação do silício disponível no solo, foi utilizada a metodologia descrita por Korndörfer et al., (2004).

Os dados foram submetidos à análise de variância. Foi utilizado o teste de Tukey para comparar as tensões de água no solo dentro das doses e regressões para comparar as doses dentro das tensões. Ambas as comparações foram feitas em nível de 5% de probabilidade.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados das análises químicas do solo utilizado na pesquisa, antes da incorporação dos corretivos de acidez (mistura de  $\text{CO}_3^{2-}$  e escória de aciaria) encontram-se na Tabela 1. Os dados mostraram tratar-se de um solo com alta acidez e com baixos teores de cálcio, magnésio, potássio, fósforo e T a pH 7,0 média, o que é característico de latossolos mais intemperizados.

Após a incorporação dos corretivos de acidez (mistura de  $\text{CO}_3^{2-}$  e escória de aciaria) e aplicação de adubos, as características relacionadas à fertilidade do solo, na sua maioria foram corrigidas para níveis médios a altos (Tabela 3), conforme preconiza Prezzoti et al. (2007). Assim, pode sugerir que a tensão de água (9 kPa) aplicada ao substrato durante o período de incubação de 30 dias, antes da semeadura foi suficiente para solubilizar os corretivos. Deve-se destacar que os materiais usados na correção da acidez do solo (mistura de  $\text{CO}_3^{2-}$  e escória de aciaria) tinham as mesmas concentrações de bases, e o mesmo poder de neutralização.

Ao final do experimento, após a coleta das plantas de maracujazeiro, aos 127 dias contados a partir da semeadura, foram feitas análises químicas nos substratos, cujos resultados encontram-se na Tabela 4. Observa-se que no final da experimentação o pH do substrato de cultivo do maracujazeiro decresceu para 5,3. Esse incremento na concentração hidrogeniônica do substrato provavelmente esteja relacionado com o cultivo do maracujazeiro, pois as plantas geralmente liberam ácidos orgânicos na região da rizosfera (Shen et al., 2004), que podem ter contribuído na diminuição do pH do solo. Deve-se considerar, ainda, que o nitrogênio foi aplicado na forma amoniacal, que ao ser absorvido as plantas excretam  $\text{H}^+$  para manter a eletroneutralidade das células (Kirkby e Knight, 1977).

Os atributos químicos do solo que apresentaram significância correlacionaram em grande parte com o silicato constituinte da escória de aciaria e com os níveis de tensão hídrica aplicados. Os teores de P e Mn foram afetados pela tensão de água no solo e pelas doses da escória de aciaria e o conteúdo de Zn somente foi influenciado pelas tensões de água no solo, ocorrendo um decréscimo a partir da tensão hídrica de 30 kPa (Tabela 5). Verifica-se que em média os níveis de P aumentaram e o conteúdo de Mn diminuiu com o aumento do teor de água no solo. Quanto ao fósforo, as menores tensões hídricas podem ter favorecido a solubilização do superfosfato triplo aplicado no substrato.

Tabela 3. Análises químicas do substrato de cultivo antes do plantio do maracujazeiro, após a incubação com as doses de escória de aciaria e misturas de carbonatos ( $\text{CaCO}_3$  e  $\text{MgCO}_3$ )

Características	Escória de aciaria (E)		Misturas de $\text{CO}_3^{-2}$ (M)	
	(g/vaso)		(g/vaso)*	
	0,0 (E) + 10,438 (M)	4,091 (E) + 6,959 (M)	8,183 (E) + 3,479 (M)	12,275 (E) + 0,0 (M)
pH $\text{H}_2\text{O}$ (1:2,5)	5,83	5,82	5,79	5,81
P ( $\text{mg dm}^{-3}$ ) <sup>(1)</sup>	236	223	226	228
K ( $\text{mg dm}^{-3}$ ) <sup>(1)</sup>	160	158	152	146
Na ( $\text{mg dm}^{-3}$ ) <sup>(1)</sup>	5,78	5,44	5,22	4,78
Ca ( $\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$ ) <sup>(2)</sup>	30,1	33,3	38,4	35,6
Mg ( $\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$ ) <sup>(2)</sup>	21,7	17,6	20,4	14,9
SB ( $\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$ ) <sup>(3)</sup>	56,15	55,18	62,29	54,37
Al+H ( $\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$ ) <sup>(4)</sup>	22,15	23	23,5	22,5
T ( $\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$ ) <sup>(5)</sup>	78,35	78,19	86,42	76,87
V (%) <sup>(6)</sup>	71,66	70,58	72,82	70,73
C.O ( $\text{g kg}^{-1}$ ) <sup>(7)</sup>	1,46	1,43	1,42	1,46
S ( $\text{mg dm}^{-3}$ ) <sup>(8)</sup>	8,43	8,6	8,8	8,93
Si ( $\text{mg dm}^{-3}$ ) <sup>(9)</sup>	10,71	13,21	22,43	29,09
Fe ( $\text{mg dm}^{-3}$ ) <sup>(1)</sup>	23,52	23,2	28,71	24,05
Mn ( $\text{mg dm}^{-3}$ ) <sup>(1)</sup>	1,83	3,31	6,42	7,37
Zn ( $\text{mg dm}^{-3}$ ) <sup>(1)</sup>	4,14	3,74	4,63	4,27
Cu ( $\text{mg dm}^{-3}$ ) <sup>(1)</sup>	0,66	0,32	0,54	0,51
B ( $\text{mg dm}^{-3}$ ) <sup>(10)</sup>	0,61	0,67	0,62	0,61

<sup>(1)</sup> Extrator  $\text{HCl}$   $0,05 \text{ mol L}^{-1}$  +  $\text{H}_2\text{SO}_4$   $0,0125 \text{ mol L}^{-1}$ . <sup>(2)</sup> Extrator  $\text{KCl}$   $1 \text{ mol L}^{-1}$ . <sup>(3)</sup> Soma por bases. <sup>(4)</sup> Acidez potencial – extrator acetato de cálcio  $0,5 \text{ mol L}^{-1}$ . <sup>(5)</sup> T pH 7,0. <sup>(6)</sup> Saturação por bases. <sup>(7)</sup> Carbono orgânica (Walkley - Black). <sup>(8)</sup> Extrator  $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)$   $0,01 \text{ mol L}^{-1}$ . <sup>(9)</sup> Extrator cloreto de cálcio  $0,01 \text{ mol L}^{-1}$ . <sup>(10)</sup> Extrator água quente. \* Dose de corretivo para elevar o pH do solo a 5,8.

Tabela 4. Média das análises químicas do substrato após a coleta das plantas de maracujazeiro, aos 127 dias, contados a partir da semeadura

pH H <sub>2</sub> O	P <sup>(1)</sup>	K <sup>(1)</sup>	Na <sup>(1)</sup>	Ca <sup>(1)</sup>	Mg <sup>(1)</sup>	Al <sup>(1)</sup>	SB <sup>(3)</sup>	H+Al <sup>(4)</sup>	T <sup>(5)</sup>
5,30	(mg dm <sup>-3</sup> )			(mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )					
	76,7	92,5	5	23	11	0,0	37	28	65
V <sup>(6)</sup>	m <sup>(7)</sup>	Si <sup>(9)</sup>	C.O <sup>(8)</sup>	S <sup>(10)</sup>	Fe <sup>(1)</sup>	Mn <sup>(1)</sup>	Cu <sup>(1)</sup>	Zn <sup>(1)</sup>	B <sup>(11)</sup>
(%)		(mg dm <sup>-3</sup> )	(g kg <sup>-1</sup> )	(mg kg <sup>-1</sup> )					
57,3	0,0	15,65	1,21	6	28,17	3,24	0,44	3,94	0,65

<sup>(1)</sup> Extrator HCl 0,05 mol L<sup>-1</sup> + H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,0125 mol L<sup>-1</sup>. <sup>(2)</sup> Extrator KCL 1 mol L<sup>-1</sup>. <sup>(3)</sup> Soma de bases. <sup>(4)</sup> Acidez potencial – extrator acetato de cálcio 0,5 mol L<sup>-1</sup>. <sup>(5)</sup> T. pH 7,0. <sup>(6)</sup> Saturação por bases. <sup>(7)</sup> Saturação por Alumínio <sup>(8)</sup> Carbono orgânica (Walkley - Black). <sup>(9)</sup> Cloreto de cálcio a 0,0025 mol L<sup>-1</sup> <sup>(10)</sup> Extrator Ca(H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub> 0,01 mol L<sup>-1</sup> <sup>(11)</sup> Extrator água quente.

Tabela 5. Comparações entre os teores de zinco, fósforo e manganês no substrato, após a coleta das plantas de maracujazeiro, aos 127 dias contados a partir da semeadura, em função das tensões hídricas e das doses da escória de aciaria

Tensão (kPa)	Zn (mg kg <sup>-1</sup> )	Escoria de aciaria (g vaso <sup>-1</sup> )					Escoria de aciaria (g vaso <sup>-1</sup> )				
		0	4,091	8,183	12,275	Médias	0	4,091	8,183	12,275	Médias
		P (mg kg <sup>-1</sup> )					Mn (mg kg <sup>-1</sup> )				
15	4,28a*	73,89a	84,67a	82,45a	82,27a	80,82	0,74b	2,00b	4,01ab	5,72a	3,12
30	3,78b	73,86a	75,82ab	75,41a	80,21a	76,33	0,80b	2,93a	3,60b	5,19ab	3,13
50	3,78b	80,66a	74,46b	58,90b	65,07b	69,77	1,54a	2,99a	4,43a	4,97b	3,48
Médias	3,95	76,14	78,32	72,25	75,58		1,03	2,64	4,01	5,29	
CV%	5,74	6,08					8,57				

\* Médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade.

Com a incorporação da escória de aciaria os teores de P aumentaram de forma linear na tensão de 30 kPa (Figura 3a). Embora a escória utilizada tenha resíduo de alguns elementos químicos na sua composição (Tabela 2), é provável que as respostas ocorridas com a aplicação da escória de aciaria estejam relacionadas de algum modo com a presença do silicato. Isto porque segundo Savant et al. (1999), podem ocorrer aumentos nos níveis de fósforo solúvel com aplicação de escória silicatada devido à redução da adsorção do fosfato pelo silicato, pois há evidências de que estes ânions competem pelo mesmo sítio de adsorção. Contudo, para as tensões de 15 e 50 kPa não houve ajuste de modelos com coeficientes de correlação significativos para o fósforo disponível no solo.

Os teores de manganês aumentaram linearmente com aplicação de escória de aciaria em todas as tensões hídricas estudadas (Figura 3 b). A hipótese que pode explicar o incremento dos teores de manganês poderia ser a

presença do elemento na escória (Tabela 2), pois à medida que se aumentou a dose de escória, elevou-se concomitantemente os níveis de manganês no substrato de cultivo.

Segundo Prado et al. (2004), os efeitos da aplicação de escória de siderurgia sobre a liberação de micronutrientes para o solo podem ser atribuídos às variações decorrentes da origem da matéria-prima empregada e do tipo de processo industrial utilizado pela siderúrgica. Isto influencia a composição química do resíduo, a que se somam outras variáveis, como a dose, a forma de incorporação e os atributos físico-químicos inerentes a cada solo. Deve-se considerar, ainda, que a elevação do pH para 5,8 antes do início da fase experimental, para todos os tratamentos, os quais combinavam diferentes doses de escória de aciaria e tensões de água, pode ter minimizado as alterações químicas no substrato de cultivo.

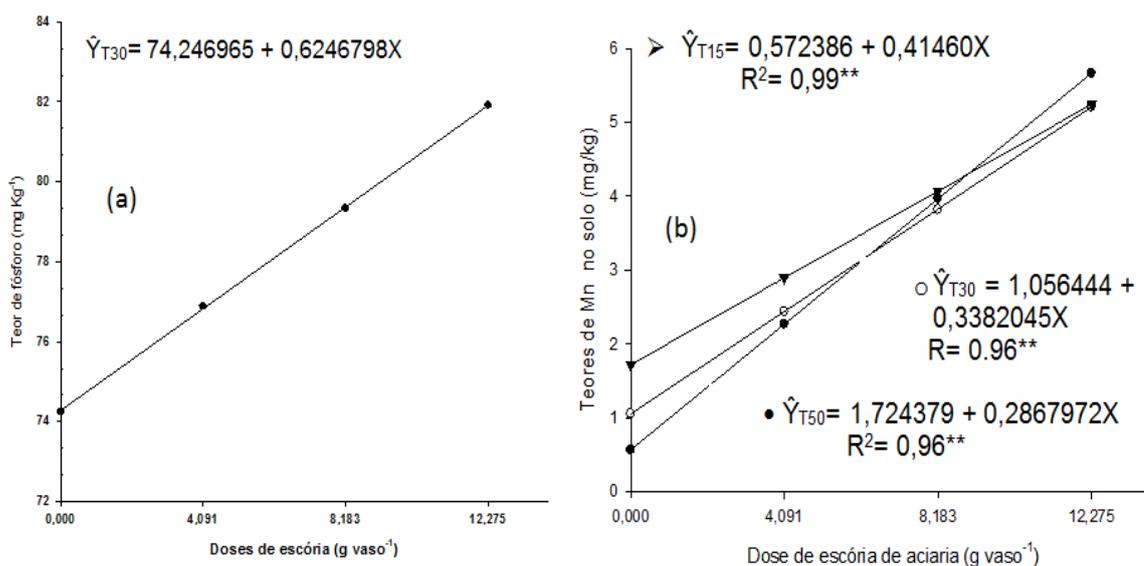


Figura 3. Teores de fósforo na tensão de água no substrato de 30 kPa e teores de manganês nas tensões de água no substrato de 15 kPa, 30 kPa e 50 kPa, após a coleta das plantas em função dos níveis de escória de aciaria, aos 127 dias contados a partir da semeadura do maracujazeiro.

Verificaram-se aumentos nos teores de Fe (Figura 4a) e Zn (Figura 4b) e de Si (Figura 5) com a aplicação da escória de aciaria. O aumento nos teores de Si está associado à elevação das doses do produto no substrato de cultivo, enquanto que os incrementos nos teores de Fe e de Zn devem estar relacionados com a composição química da escória (Tabela 2). Na equação encontrada para

os teores de ferro, a aplicação de  $8,50 \text{ g vaso}^{-1}$  da escória de aciaria, equivalente a  $4,25 \text{ t. ha}^{-1}$  do produto, proporciona um teor máximo do elemento na solução do substrato de cultivo de  $29,42 \text{ mg kg}^{-1}$ . Na equação obtida para o zinco, para obter-se um teor máximo na solução do substrato de cultivo de  $4,08 \text{ mg kg}^{-1}$  torna-se necessária uma aplicação de  $8,46 \text{ g vaso}^{-1}$ , equivalente a  $4,23 \text{ t ha}^{-1}$  do produto.

Considerando que a maioria dos Latossolos em condições naturais tem baixos teores de nutrientes disponíveis para as plantas, a incorporação dessa escória poderia beneficiar o maracujazeiro, através da elevação dos teores de B, Zn, Cu e Si na solução do solo (Tabela 2).

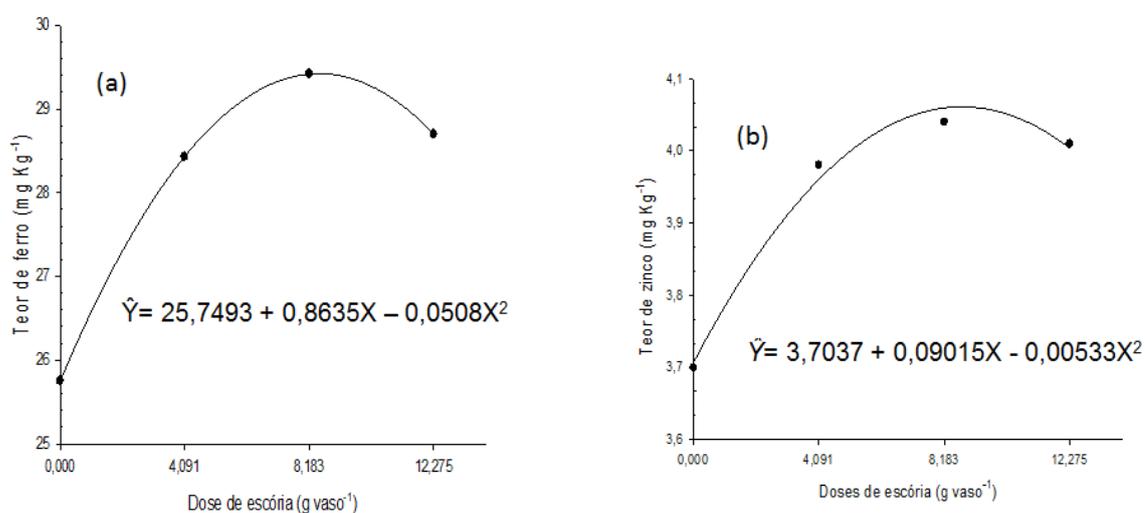


Figura 4. Teores de ferro e de zinco no substrato em função da aplicação de doses de escória de aciaria após a coleta das plantas, aos 127 dias contados a partir da semeadura do maracujazeiro.

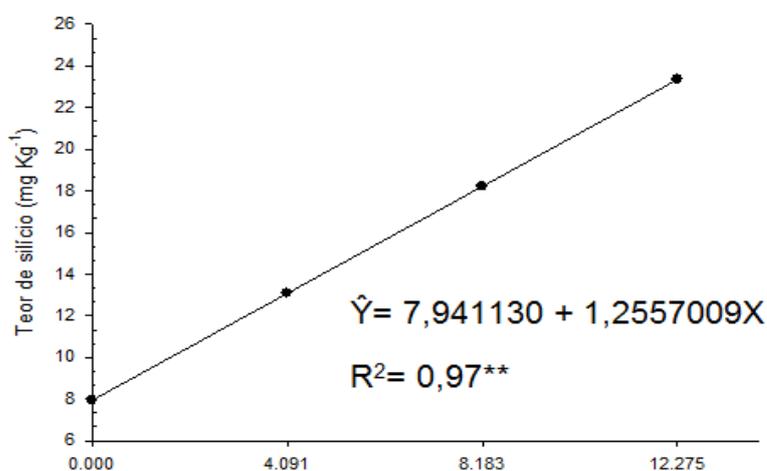


Figura 5. Teores de silício solúvel no substrato em função da aplicação de doses de escória de aciaria após a coleta das plantas, aos 127 dias contados a partir da semeadura do maracujazeiro.

## CONCLUSÕES

- A aplicação de escória de aciaria aumenta os teores de silício, manganês, ferro, fósforo e zinco no solo cultivado com maracujazeiro;
- O aumento das tensões de água reduz os teores de zinco e de fósforo, e aumenta os teores de manganês no solo;
- A elevação do pH do solo a 5,8 para todos os tratamentos que combinavam diferentes doses de escórias e tensões de água pode ter minimizado as alterações químicas no solo.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Angelocci, L.R. (2002) *Água na planta e trocas gasosas/energéticas com a atmosfera: Introdução ao tratamento biofísico*. Piracicaba: ESALQ/USP, Departamento de Ciências Exatas, 272p.
- Braga, G.N.M. (2010) *A Escolha dos Silicatos de Cálcio e Magnésio para Agricultura*. Disponível em: <<http://agronomiacomgismonti.blogspot.com.br/2010/02/escolha-dos-silicatos-de-calcio-e.html>>: Acesso em: 25/09/2012.
- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA). (1997) Serviço Nacional de Levantamento e Conservação do Solo. *Manual de métodos de análise do solo*. Rio de Janeiro, 212p.
- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA). (1999) Centro Nacional de Pesquisa de Solos. *Sistema brasileiro de classificação de solos*. Rio de Janeiro, 359p.
- Dias, T.J., Cavalcante, L.F., Nunes, J.C., Freire, J.L. de O., Nascimento, J.A.M. (2012) Qualidade física e produção do maracujá amarelo em solo com biofertilizante irrigado com águas salinas. *Semina: Ciências Agrárias*, Londrina, 33(1):2905-2918.
- Gondim, P.J.S. (2000) Aplicação de cloreto de cálcio na conservação de maracujazeiro-amarelo sob refrigeração. (Trabalho de Conclusão de Curso em Agronomia) – Paraíba- PB, Universidade Federal da Paraíba – UFPB, 44p.

- IFA/UNEP. (2000) *O uso de fertilizantes minerais e o meio ambiente*. (Mineral Fertilizer Use and The Environment, autoria de K.F. Isherwood.) Tradução de Alfredo Sched Lopes e Luiz Roberto G. Guilherme. São Paulo: Anda, 63p.
- Indústria do Aço no Brasil (I.A.B). (2011) Disponível em: <<http://www.acobrasil.org.br/site/portugues/umeros/estatisticas.asp?par=201112>>. Acesso em: 21/08/2012.
- Kirkby, E.A., Knight, A.H. (1977) Influence of the level of nitrate nutrition on uptake and assimilation, organic acid accumulation, and cation-anion balance in whole tomato plants. *Plant Physiology*, 60:349-353.
- Korndörfer, G.H., Lepsch, I. (2001) Effect of silicon on plant growth and yield. In: Datnoff, L.E., Korndörfer, G.H., Snyder, G.H. (Ed.). *Silicon in agriculture*. Amsterdam: Elsevier, p.133-147.
- Korndörfer, G.H., Pereira, H.S., Camargo, M.S. (2002) *Papel do silício na produção de cana-de-açúcar*. STAB, Piracicaba, 21(1):6-9.
- Korndörfer, G.H., Pereira, H.S., Nola, A. (2004) *Análise de silício: solo, planta e fertilizante*. Uberlândia: GPSi-ICIAG-UFU, 34p. (Boletim técnico, 2).
- Malavolta, E. (1981) *Manual de química agrícola: adubos e adubação*. 3. ed., São Paulo: Agronômica Ceres, 594p.
- MAPA (Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento). (2008) *Manual de métodos analíticos oficiais para fertilizantes minerais, orgânicos, organominerais e corretivos*. Brasília, 141p.
- Mourão, M.B., Gentile, E. (2007) Histórico dos processos de obtenção de ferro e aço. In: *Introdução à Siderurgia*. São Paulo: ABM, 428p.
- Oliveira, I.P. de, Costa, K.A. de P., Rodrigues, C., Macedo, F.R., Moreira, F.P., Santos, K.J.G. dos (2005). Manutenção e correção da fertilidade do solo para inserção do cerrado no processo produtivo. *Revista Eletrônica Faculdade Montes Belos, Goiás*, 1(1): 50-64.
- Pereira, J.E. (1978). *Solubilidade de alguns calcários e escórias de alto forno*. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Viçosa-MG - Universidade Federal de Viçosa. UFV, 84p.
- Pereira, H.S., Queiroz, A.A., Martins, M.R., Camargo, M.S. de, Korndörfer, G.H. (2007) Potencial de uso de agregados siderúrgicos e outras fontes de silício em quatro materiais de solo fase cerrado. *Bioscience Journal*, Uberlândia, 23(3):17-31.

- Pires, R.C.M., Sakai, E., Arruda, F.B., Folegatti, M.V. (2001) Necessidades Hídricas das culturas e manejo da irrigação. In: Miranda, J.H., Pires, R.C.M. (eds.). *Irrigação*. Piracicaba: FUNEP, cap.1, p.121-194.
- Pires, F.R., Caten, A., Martins, A.G., Esposti, M.D.D. (2003) Levantamento da fertilidade nas principais unidades de mapeamento do Espírito Santo. *Revista Ciência Agronômica*, Ceará, 34:115-123.
- Prado, R.M. de, Fernandes, F.M. (2001) Efeito da escória de siderurgia e calcário na disponibilidade de fósforo de um Latossolo Vermelho-Amarelo cultivado com cana-de-açúcar. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, 36:9.
- Prado, R.M., Natale, W., Fernandes, F.M. (2004) Liberação de micronutrientes de uma escória de siderurgia aplicada em um Latossolo Vermelho Amarelo. *Revista de Agricultura*, Piracicaba, 79:260-274.
- Prezzoti, L.C., Gomes, J.A., Dadalto, G.G., Oliveira, J.A. (2007) *Manual de recomendação de calagem e adubação para o Estado do Espírito Santo – 5ª aproximação*. Vitória: SEEA/INCAPER/CEDAGRO, p.305.
- Richards, L. A. (1965) Physical conditions of water in soil. In: Black, C.A. (Ed.). *Methods of soil analysis: physical and mineralogical properties, including statistics of measurements and sampling*. Madison: Asa:128-152p.
- Ritzinger, C.H.S.P., Rocha, H.S. (2010) *Uso da solarização como alternativa para preparo de solo ou substrato para produção de mudas isenta de patógenos de solo*. EMBRAPA, Cruz das Almas, BA, 12p.
- Rodrigues, A.C. (2007) *Biofertilizante enriquecido: efeitos no crescimento, produção, qualidade de frutos de maracujá-amarelo (Passiflora edulis f. Flavicarpa Deg.) e fertilidade do solo*. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Paraíba –PB, Universidade Federal da Paraíba – UFPB, 77p.
- Ruiz, H.A. (1986) *Efeito do conteúdo de água sobre o transporte de fósforo em dois latossolos*. Tese (Doutorado em Solos) – Viçosa – MG, Universidade Federal de Viçosa – UFV, 86p.
- Savant, N.K. Korndorfer, G.H., Datnoff, L.E., Snyder, G. H. (1999). Silicon nutrition and sugarcane production: a review. *Journal of Plant Nutrition.*, 22(12):1853-1903
- Shen, H., Yan, X., Cai, K., Matsumoto, H. (2004) Differential Al resistance and citrate secretion in the tap and basal roots of common bean seedlings. *Physiologia Plantarum*, 121(4): 595-603.

- Souza, C.M. (2007) *Uso de escória siderúrgica no cultivo de cana*. Disponível em:  
<<http://www.jornalcana.com.br/noticia/Jornal-Cana/42752+Uso-de-escoria-siderurgica-no-cultivo-de-cana>>. Acesso em: 21/11/2012.
- Taiz, L., Zeiger, E. (2009) *Fisiologia vegetal*. 4.ed., Porto Alegre: Artmed, 819p.

#### 4. RESUMO E CONCLUSÕES

Foi conduzido um experimento em casa de vegetação, com maracujazeiro amarelo, utilizando amostras de um Latossolo Vermelho Amarelo distrófico do Município de Alegre-ES, no período de junho a outubro de 2011, com objetivo de avaliar o efeito da escória de aciaria e tensões de água no solo, na biometria, nos teores de polifenóis nas folhas, nos nutrientes minerais, no silício na planta e nas características químicas do substrato: fósforo, potássio, cálcio, magnésio, acidez total, soma de bases, capacidade de troca de cátions a pH 7,0, saturação por bases, silício, zinco, cobre e manganês solúveis, aos 127 dias após o cultivo.

Os tratamentos foram dispostos segundo um arranjo fatorial 4 x 3 x 5 sendo: 4 níveis de escória de aciaria (0; 4,091; 8,183 e 12,275 g/vaso); 3 tensões da água no substrato (15, 30 e 50 kPa), e 5 épocas de amostragem para as análises biométricas (52, 82, 97, 112 e 127 dias após a semeadura), sendo que o último período de amostragem foi utilizado para análises de elementos minerais e polifenóis, e o substrato de cultivo para as análises químicas. O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso, com parcelas subdivididas, com três repetições. Nas parcelas aplicaram-se as doses de escória e as tensões da água no substrato. As subparcelas corresponderam às cinco épocas de amostragem. Assim, cada bloco contou com 60 unidades experimentais.

As principais conclusões foram:

a) Na planta

- A tensão de água no substrato interfere nas características do crescimento do maracujazeiro, quanto maior a tensão, menor é o ganho de fitomassa na planta;
- Escória de aciaria não afeta o crescimento do maracujazeiro amarelo na faixa de pH estudado;
- O efeito da tensão de água no substrato para o maracujazeiro amarelo varia com a idade da planta;
- As tensões de água aplicadas ao substrato, não influenciam os teores de polifenóis e Si na folha, Ca, P, Mg e Mn no caule e Cu no caule e folha;
- O aumento na tensão de água no substrato até o nível de 50 kPa promove incrementos nos teores de N no caule e na raiz, de K na folha, caule e raiz e de P nas folhas de maracujazeiro amarelo;
- O teor de Si, nas folhas, no caule e nas raízes do maracujazeiro amarelo reduziu com aplicação da escória de aciaria;
- A aplicação de escória de aciaria eleva o teor de, P, Ca, Mn e na raiz e N, Mg e Zn nas folhas do maracujazeiro amarelo;
- Escória de aciaria reduz os teores Cu, nas raízes e no caule e Zn na raízes e caule, na tensão de 15kPa do maracujazeiro amarelo.

b) No substrato

- O silício, o manganês, o ferro e o fósforo e zinco tiveram sua disponibilidade aumentada com a aplicação das doses da escória de aciaria;
- Com o aumento das tensões de água no substrato reduziu os teores de fósforo, e aumentou o manganês e o zinco;
- A elevação do pH do substrato a 5,8 para todos os tratamentos que combinavam diferentes doses de escória e tensões de água pode ter minimizado as alterações químicas no substrato.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acamovic, T., Stewart, C.S. (2000) Plant phenolic compounds and gastrointestinal microorganisms. *Proceedings of the International Workshop on tannins in animal and human nutrition*, Adelaide, Australia, Proceedings, 92:137-139.
- Aguilar, C., Augus, C., González, G., Favela, E. (1999) A comparison of methods to determine tannin acyl hydrolase activity. *Braz Arch Biol Technol* 42:355-361.
- Allen, R.G., Pereira L.S., Smith M., Raes D., Wright J.L. (2005) Dual Crop Coefficient Method for Estimating Evaporation from Soil and Application Extensions. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*. FAO-56, 131(1):2-13.
- Almeida, E.V., Natale, W., Prado, R. de N., Barbosa, J.C. (2006). Adubação nitrogenada e potássica no desenvolvimento de mudas de maracujazeiro. *Ciência Rural*, Santa Maria, 36(4):1138-1142.
- Alves, E.A.B. (2003) *Estabelecimento de faixas e teores adequados de nutrientes foliares em maracujazeiro amarelo, mamoeiro formosa e coqueiro anão verde cultivado no Norte Fluminense*. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Campos dos Goytacazes – RJ, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro – UENF, 64p.
- Anderson, J.M., Ingram, J.S.I. (1993) *Tropical Soil biology and fertility: a handbook of methods*. 2nd ed., Wallingford: CAB International, 171p.

- Araújo, J.C.T., Nascimento, C.A.W.A. (2005) Redistribuição entre frações e teores disponíveis de zinco em solos incubados com lodo de esgoto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, 29:635-644.
- Bataglia, O.C., Santos, W.R. (2001) Estado nutricional de plantas perenes: avaliação e monitoramento. *Informações Agronômicas*, Piracicaba, 96:1-8.
- Bernardo, S. (2007) *Produção agrícola e uso da água. Importância e padrões do uso da água na agricultura brasileira*. Disponível em: <<http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/upf/salassier.pdf>>. Acesso em: 16/12/2012.
- Angelocci, L.R. (2002) *Água na planta e trocas gasosas/energéticas com a atmosfera: Introdução ao tratamento biofísico*. Piracicaba: ESALQ/USP, Departamento de Ciências Exatas, 272p.
- Anuário da Agricultura Brasileira (2009). *Maracujá*. São Paulo: Agra FNP Pesquisas Ltda, p. 371-376.
- Araújo Neto, S.E. de, Ramos, J.D., Andrade Júnior, V.C. de, Rufini, J.C.M., Mendonça, V., Oliveira, T.K. de (2005). Adensamento, desbaste e análise econômica na produção do maracujazeiro-amarelo. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal, 27(3):394-398.
- Araújo, R.C., Bruckner, C.H., Martinez, H.E.P., Salomão, L.C.C., Venegas, V.H.A., Dias, J.M.M., Pereira, W.E., Souza, J.A. de (2005). Crescimento e produção do maracujazeiro amarelo em resposta à nutrição potássica. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal, 27(1):128-131.
- Arnon, D.I., Stout, P.R. (1939) The essentiality of certain elements in minute quantity for plants with special reference to copper. *Plant Physiology*, 14(2): 371-375.
- Bakker, G., van der Ploeg, M.J., de Rooij, G.H., Hoogendam, C.W., Gooren, H. P.A., Huiskes, C., Koopal, L.K., Kruidhof, H. (2007) New polymer tensiometers: Measuring matric pressures down to the wilting point. *Vadose Zone Journal*, 6:196-202.
- Basagli, M.A.B., Moraes, J.C., Carvalho, G.A., Ecole, C.C., Gonçalves-Gervásio, R.C.R. (2003). Effect of sodium silicate on the resistance of wheat plants to green-aphids *Schizaphis graminum* (Rond.) (Hemiptera: Aphididae). *Neotropical Entomology*, Londrina, 32(3):659-663.

- Bataglia, O.C., Santos, W.R. (2001) Estado nutricional de plantas perenes: avaliação e monitoramento. *Informações Agronômicas*, Piracicaba, 96:1-8.
- Bergonci, J.I., Bergamaschi H., Berlato M.A., Santos A.O. (2000) Potencial da água na folha como um indicador de déficit hídrico em milho. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, 35(8):1531-1540.
- Bernacci, L. C. (2003) *Passifloraceae*. In: Wanderley, M. G. L., Shepherd, G. J., Giulietti, A. M., Melhem, T. S. (Ed.). *Flora fanerogâmica do Estado de São Paulo*. São Paulo: RiMa, FAPESP, 3:247-248.
- Bianchi, C.A.M. (2004) *Avaliação de indicadores da condição hídrica em milho sob diferentes níveis de água, em semeadura direta e convencional*. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Porto Alegre – RGS, Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS, 109p.
- Birchall, J.D. The essentiality of silicone biology (1995). *Chem. Soc. Rev.*, 24:351-357.
- Bononi, V.L.R. (1999) *Zigomicetos, Basidiomicetos e Deuteromicetos: noções básicas de taxonomia e aplicações biotecnológicas*. São Paulo: Instituto de Botânica, Secretaria do Meio Ambiente, 184p.
- Borges, A.L., Caldas, R.C., Lima, A.A., Almeida, I.R. de. (2002) Efeito de doses de NPK sobre os teores de nutrientes nas folhas e no solo e na produtividade do maracujazeiro amarelo. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal, 25(2):208-213.
- Braga, G.N.M. (2010) *A Escolha dos Silicatos de Cálcio e Magnésio para Agricultura*. Disponível em: <<http://agronomiacomgismonti.blogspot.com.br/2010/02/escolha-dos-silicatos-de-calcio-e.html>>: Acesso em: 25/09/2012.
- Brasil, E.C., Nascimento, E.V.S. do (2010). Influência de calcário e fósforo no desenvolvimento e produção de variedades de maracujazeiro-amarelo. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal, 32(3):892-902.
- Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. (2010) *Portaria n.º 289/10*. Aprova o Zoneamento Agrícola de Risco Climático para a cultura de maracujá no Estado da Bahia, (D.O.U. 26/08/2010).

- Bravo, L. (1998) Polyphenols: chemistry, dietary sources, metabolism, and nutritional significance, *Nutrition Reviews*, New York, 56(11):317-333.
- Camargo, de O. A. (2006) *Reações e interações de micronutrientes no solo*. Artigo em Hypertexto. Disponível em: <[http://www.infobibos.com/Artigos/2006\\_3/micronutrientes/Index.htm](http://www.infobibos.com/Artigos/2006_3/micronutrientes/Index.htm)>. Acesso em: 23/10/2012.
- Carmo, C.A.F. de S. do, Araújo, W.S. de, Bernardi, A.C. de C., Saldanha, M.F.C. (2000). *Métodos de análise de tecidos vegetais utilizados pela Embrapa Solos*. Embrapa Solos, Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 41p.
- Carvalho, A.J.C. de, Martins, D.P., Monnerat, P.H., Bernardo, S. (2000) Adubação Nitrogenada e Irrigação no Maracujazeiro-Amarelo. I. Produtividade e qualidade dos Frutos. *Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília*, 35(6):1101-1108.
- Carvalho, A.J.C. de, Martins, D.P., Monnerat, P.H., Bernardo, S., Silva, J.A. (2001) Teores de nutrientes foliares no maracujazeiro amarelo associados à estação fenológica, adubação potássica e lâminas de irrigação. *Revista Brasileira de Fruticultura, Jaboticabal*, 23(2):403-408.
- Carvalho, A.J.C. de, Monnerat, P.H., Martins, D.P., Bernardo, S., Silva, J.A. da. (2002) Teores foliares de nutrientes no maracujazeiro amarelo em função de adubação nitrogenada, irrigação e épocas de amostragem. *Scientia Agrícola, Piracicaba*, 59(1):121-127.
- Carvalho, J. de A., Koetz, M., Sousa, A.M.G. de, Souza, K.J. de (2010). Desenvolvimento e produtividade do maracujazeiro-amarelo irrigado sob diferentes lâminas de irrigação. *Engenharia Agrícola, Jaboticabal*, 30(5):862-874.
- Carvalho, R., Furtini Neto, A.E., Curi, N., Fernandes, L.A., Oliveira Junior, A.C. (2000a). Dessorção de fósforo por silício em solos cultivados com eucalipto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa*, 24(1):69-74.
- Cervi, A.C. (2006) O gênero *Passiflora* (Passifloraceae) no Brasil, espécies descritas após o ano de 1950. *Adumbrationes ad Summae Editionem*, Madrid, 16:1-5.
- Chagas, R.C.S. (2004) *Avaliação de fontes de silício para as culturas do arroz e milho*. Tese (Doutorado) – Piracicaba – SP, Universidade de São Paulo – ESALQ, 80p.

- Cohen K.O., Tupinambá D.D., Costa A.M., Junqueira N.T.V., Faleiro, F.G., Sousa H.N., Baiocchi, M. do V. (2008) *Compostos Fenólicos e Vitamina C na Polpa Extraída dos Frutos do Híbrido de Maracujazeiro Azedo BRS-Ouro Vermelho*. ISSN, 1517-1469, Planaltina, DF, 5p. (Comunicado Técnico).
- Corrêa A.D, Batista R.S, Quintas L.E. (2005) *Plantas Medicinais: do cultivo à terapêutica* - Contém formulação e modo de preparo de cosméticos. 6. ed. Petrópolis: Vozes, p.103.
- Corrêa, J.C., Büll, L.T., Crusciol, C.A.C., Marcelino, R., Mauad, M. (2007) Correção da acidez e mobilidade de íons em Latossolo com aplicação superficial de escória, lama cal, lodos de esgoto e calcário. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, 42:1307-1317.
- Costa, A. N. da (2008). Mais áreas e mais tecnologia. (Entrevista). *Revista Frutas e Derivados*. Ano 3. Ed. 11. set.
- Costa, E.G. da, Carneiro, P.T., Soares, F.A.L., Fernandes, P.D., Gheyi, H.R., Cavalcante, L.F. (2005) Crescimento inicial do maracujazeiro amarelo sob diferentes tipos e níveis de salinidade da água de irrigação. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v.9 (Suplemento), p.242-247.
- Costa, M.M., Bonomo R., Sena Júnior, D.G. de, Gomes Filho, R.R., Ragagnin, V.A. (2009) Produção do maracujazeiro amarelo em condições de sequeiro e irrigado em Jataí, GO. *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada*, Fortaleza, 3(1):13–21.
- Cunha-Santino, M.B., Bianchini, J. L., Serrano, L.E. (2002) Aerobic and anaerobic degradation of tannic acid on water samples from Monjolinho reservoir, *Brazilian Journal of Biology*, São Carlos-SP, 62(4):585-590.
- Dechen, A.R., Nachtigall, G.R. (2007) Elementos Requeridos à Nutrição de Plantas. In: Novais, R.F., Alvarez V.V.H., Barros, N.F. de, Fontes, R.L.F., Cantarutti, R.B., Neves, J.C.L. *Fertilidade do Solo*. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. p.91-132.
- Dechen, A.R., Nachtigall, G.R. (2010) *Nutrição Mineral de Plantas*. Departamento de Solos e Nutrição de Plantas (ESALQ/USP)/Embrapa Uva e Vinho/RJ, 719p.

- Degáspari, C.H., Nina, W. (2004) Propriedades Antioxidantes de compostos fenólicos. *Revista Visão Acadêmica*. Goiás, 5(1):33-40.
- Dhawan, K., Dhawan, K., Sharma, A. (2004) Passiflora: a review update. *Journal of Ethnopharmacology*, Lausanne, 94 (1):1-23.
- Dias, T.J., Cavalcante, L.F., Nunes, J.C., Freire, J.L. de O., Nascimento, J.A.M. (2012) Qualidade física e produção do maracujá amarelo em solo com biofertilizante irrigado com águas salinas. *Semina: Ciências Agrárias*, Londrina, 33(1):2905-2918.
- Dietzel, M. (2000). Dissolution of silicates and the stability of polysilicic acid. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 64:3275-3281.
- Dreosti, I.E. (2000) Antioxidant polyphenols in tea, cocoa, and wine. *Nutrition*, Austrália, 16(7-8):692-4.
- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA). (1997) Serviço Nacional de Levantamento e Conservação do Solo. *Manual de métodos de análise do solo*. Rio de Janeiro, 212p.
- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA). (1999) Centro Nacional de Pesquisa de Solos. *Sistema brasileiro de classificação de solos*. Rio de Janeiro, 359p.
- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA). (2006): *Mandioca e Fruticultura. Perguntas e Respostas: Maracujá*. Disponível em: <[http://www.cnpmf.embrapa.br/index.php?p=perguntas\\_e\\_respostas-maracujá.php#especies](http://www.cnpmf.embrapa.br/index.php?p=perguntas_e_respostas-maracujá.php#especies)>. Acesso em: 09/04/2013.
- Faleiro, F.B., Junqueira, N.T.V., Braga, M.F. (2006) *Maracujá: demandas para a pesquisa*. Planaltina: Embrapa Cerrados, 54p.
- Ferraz, J.V., Lot, L. (2006) Fruta para consumo in natura tem boa perspectiva de renda. In: *AGRIANUAL 2007: anuário da agricultura brasileira. Maracujá*. São Paulo: FNP Consultoria e Comércio, p.387-388.

- Ferreira, S.M. (2008). *O efeito do silício na cultura do algodoeiro (Gosypium hirsutum L.): aspectos bioquímicos, qualidade da fibra e produtividade*. Tese (Doutorado) – Piracicaba – SP, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 67p.
- Feuillet, C., MacDougal, J. M. (2003) A new infrageneric classification of *Passiflora* L. (Passifloraceae). *Passiflora*, 14(1):34-38.
- Figuerêdo, S.F., Azevedo, J.A. de, Andrade, L.M. de, Junqueira, N.T.V., Andrade, L.R.M. de, Gomes, A.C. (2003) *Produtividade do maracujá-doce em resposta à níveis de tensão de água e fertirrigação nitrogenada em solos de cerrado*. Planaltina: EMBRAPA, 22p.
- Floss, E.L. (2004) *Fisiologia das plantas cultivadas*. Passo Fundo: UPF, 536p.
- Fonseca, E.B.A., Carvalho, J.G. de, Pasqual, M., Correa, J.B.D. (2005) Concentração de micronutrientes em mudas de maracujazeiro-doce propagado por sementes em função da calagem. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, 29(1):43-51.
- Fonseca, I.M. (2007). *Efeito da escória de siderurgia como fonte de silício e sua interação com a adubação nitrogenada em Brachiaria brizantha*. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Jaboticabal - SP, UEP/ FCAV, 79p.
- Foy, C. D. (1992) Soil chemical factors limiting plant root rowth. *Advances in Soil Science*. 19:97-149.
- Freire, C.S., Medeiros, D.B., Pacheco, C.M., Araújo, E.L. de, Nogueira, R.J.M.C. (2009). *Método para avaliação do status hídrico em frutíferas tropicais sob diferentes regimes hídricos com o auxílio da câmara de pressão de Scholander*. ITIA/CNPq do Laboratório de Fisiologia Vegetal, Universidade Federal Rural de Pernambuco-PE, 323p.
- Freire, J.L.O., Cavalcante, L.F., Rebequi, A.M., Dias, T.J., Nunes, J.C., Cavalcante, I.H.L. (2010). Atributos qualitativos do maracujá amarelo produzido com água salina, biofertilizante e cobertura morta no solo. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, Universidade Federal Rural de Pernambuco, 5(1):102-110.

- Freitas, M.S.M., Monnerat, P.H., Vieira, I.J.C., Carvalho, A.J.C. de (2007). Flavonoides e composição mineral de folhas de maracujazeiro amarelo em função da posição da folha no ramo. *Ciência Rural*, Santa Maria, 37(6):1634-1639.
- Gomes, F.B., Moraes, J.C., Santos, C.D. dos, Antunes, C.S. (2008) Uso de silício como indutor de resistência em batata a *Myzus persicae* (Sulzer) (Hemiptera: Aphididae). *Neotropical Entomology*, Londrina, 37:185-190.
- Gondim, P.J.S. (2000) Aplicação de cloreto de cálcio na conservação de maracujazeiro-amarelo sob refrigeração. (Trabalho de Conclusão de Curso em Agronomia) – Paraíba- PB, Universidade Federal da Paraíba – UFPB, 44p.
- Gondim, S.C. (2003) *Comportamento do maracujazeiro amarelo IAC 273/277 + 275, em função do número de plantas por cova e lamina de água*. Dissertação (Mestrado em Manejo e Conservação de Solo e Água) - Paraíba – PB, Universidade Federal da Paraíba – UFPB, 73p.
- Goto, M., Ehara, H., Karita, S., Takabe, K., Ogawa, N., Yamada, Y., Ogawa, S., Yahaya, M.S., Morita, O. (2003) Protective effect of silicon on phenolic biosynthesis and ultraviolet spectral stress in rice crop. *Plant Science*, 164: 349-356.
- Goussain, M.M., Moraes, J.C., Carvalho, J.G., Nogueira, N.L., Rossi, M.L. (2002) *Efeito do silício em plantas de milho no desenvolvimento biológico da lagarta do cartucho Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith [*Lepidoptera: Noctuidae*]). *Neotropical Entomology*, Londrina, 31:305-310.
- Gurgel, R.L.S., Souza, H.A., Teixeira, G.A., Mendonça, M., Ferreira, E. (2007) Adubação fosfatada e composto orgânico na produção de mudas de maracujazeiro-amarelo. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, Recife, 2(4):262-267.
- Gusmão, E., Vieira, F.A., Fonseca-Junior, E.M. (2006) Biometria de frutos e endocarpos de murici (*Byrsonima verbascifolia* Rich. ex A. Juss.). *Cerne*, Lavras, 12(1):84-91.

- Haag, H.P., Oliveira, G.D., Borduchi, A.S., Sarruge, J.R. (1973) Absorção de nutrientes por duas variedades de maracujá. *Anais da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz*, Piracicaba, 30:267-279.
- IBGE. (2010) Produção Agrícola Municipal. *Culturas Temporárias e Permanentes*. Rio de Janeiro, 37:1-91.
- IBGE. (2011) Produção Agrícola Municipal. *Culturas Temporárias e Permanentes*. Disponível em: <[http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/pam/2011/default\\_pdf.shtm](http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/pam/2011/default_pdf.shtm)>. Acesso em 05/04/2013.
- IFA/UNEP. (2000) *O uso de fertilizantes minerais e o meio ambiente*. (Mineral Fertilizer Use and The Environment, autoria de K.F. Isherwood.) Tradução de Alfredo Sched Lopes e Luiz Roberto G. Guilherme. São Paulo: Anda, 63p.
- Inanaga, S., Okasaka, A. (1995) Calcium and silicon binding compounds in cell walls of rice shoots. *Soil Sci. Plant Nutr.*, 41(1):103-10.
- Indústria do Aço no Brasil (I.A.B). (2011) Disponível em: <<http://www.acobrasil.org.br/site/portugues/umeros/estatisticas.asp?par=201112>>. Acesso em: 21/08/2012.
- Ishimoto, E.Y. (2008) Efeito hipolipemiante e antioxidante de subprodutos da uva em hamsters. Tese (Doutorado em Saúde Pública) – São Paulo – SP, Universidade de São Paulo – USP, 172p.
- Keeping, M.G., Kvedaras, O.L. (2008). Silicon as a plant defense against insect herbivory: response to Massey, Ennos and Hartley. *Journal of Animal Ecology*, Oxford, 77: 631-633.
- King, R.A. (1999) *The role of polyphenols in human health*. CSIRO-Human Nutrition, Adelaide, Australia, p.85-91.
- Kirkby, E.A., Knight, A.H. (1977) Influence of the level of nitrate nutrition on uptake and assimilation, organic acid accumulation, and cation-anion balance in whole tomato plants. *Plant Physiology*, 60:349-353.
- Klar, A.E. (2001) Jeito certo de irrigar. *Cultivar Máquinas*, 1:27-29.

- Kliemann, J.H., Campelo Júnior, J.H., Azevedo, J.A. de, Guilherme, M.R., Genú, P.J. de C. (1986) Nutrição mineral e adubação do maracujazeiro. In: Haag, H. P. (Coord.). *Nutrição mineral e adubação de fruteiras tropicais*. Campinas: Fundação Cargill, p.247-284.
- Knight, C.T.G., Kinrade, S.D. (2001) A primer on the aqueous chemistry of silicon. In: Datnoff, L.E., Snyder, G.H., Korndörfer, G.H. *Silicon in agriculture*. (Ed.). Amsterdam: *Elsevier Science*, p.57-84.
- Koetz, M., Carvalho, J.A., Sousa, A.M.G. de, Souza, K.J. de (2010). Qualidade de frutos do maracujazeiro amarelo em ambiente protegido e natural produzidos sob diferentes regimes de irrigação. *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada, Fortaleza*, 4(2):115–126.
- Korndörfer, G.H, Pereira, H.S., Camargo, M.S. (2004) *Silicato de cálcio e magnésio na agricultura*. 3.ed., Uberlândia: UFU/ICIAG, 28p. (Boletim Técnico, 2).
- Korndörfer, G.H. (2003) Resposta da cultura da cana-de-açúcar à adubação fosfatada. *Informações Agronômicas*, Piracicaba, 102:7.
- Korndörfer, G.H., Lepsch, I. (2001) Effect of silicon on plant growth and yield. In: Datnoff, L.E., Korndörfer, G.H., Snyder, G.H. (Ed.). *Silicon in agriculture*. Amsterdam: Elsevier, p.133-147.
- Korndörfer, G.H., Pereira, H., Camargo, M.S. (2002b) *Silicatos de Cálcio e Magnésio na Agricultura*. ed. Universidade Federal de Uberlândia. Instituto de Ciências Agrárias. Uberlândia, MG, 15p (*Boletim Técnico* nº. 1).
- Korndörfer, G.H., Pereira, H.S., Camargo, M.S. (2002) *Papel do silício na produção de cana-de-açúcar*. STAB, Piracicaba, 21(1):6-9.
- Korndörfer, G.H., Pereira, H.S., Camargo, M.S. (2002) *Silicatos de cálcio e magnésio na agricultura*. GPSi-ICIAGU-UFU, 23p. (Boletim técnico, 1).
- Korndörfer, G.H., Pereira, H.S., Nola, A. (2004) *Análise de silício: solo, planta e fertilizante*. Uberlândia: GPSi-ICIAG-UFU. 34p. (*Boletim técnico*, 2).
- Kurup, S.S., Nalwadi, U.G., Basarkar, P.W. (1994) Phenolic biosynthesis in relation to moisture stress in marigold (*Tagetes erecta* L.). *Acta Horticulturae*, 381:488-90.

- Lana, R.M.Q., Korndörfer, G.H., Zanão Júnior, L.A., Silva, A.F. da, Lana, A.M.Q. (2003) *Efeito do silicato de cálcio sobre a produtividade e acumulação de silício no tomateiro. Bioscience Journal*, Uberlândia, 19(2):15-20.
- Lima Filho, O.F. (2002) Silício: produtividade com qualidade na lavoura. *Revista Terra*. Dourados, p.28-29.
- Lima Filho, O.F. (2004) Silício combate estresses nutricionais. *Revista Escala Rural*, p.28-29.
- Lima Filho, O.F. (2005) O silício é um fortificante e antiestressante natural das plantas. *Campo e Negócios*, p.67-70.
- Lima Filho, O.F. (2009) *História e uso do silicato de sódio na agricultura*. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 112p.
- Lima Filho, O.F., Lima, M.T.G., Tsai, S.M. (1999) O silício na agricultura. *Informações Agronômicas*, Piracicaba, 87:1-7.
- Lima, A. de A. Cunha, M.A.P. (2004) *Maracujá – Produção e qualidade na passicultura*. Cruz das Almas - BA. EMBRAPA - Mandioca e Fruticultura. 396p.
- Lima, J.R. de S., Antonino, A.C.D., Lira, C.A.B. de O., Silva, I. de F. da (2005) Estimativa da evapotranspiração em uma cultura de feijão caupi, nas condições do brejo paraibano. *Agropecuária Técnica*, 26 (2): 86–92.
- Lima, L.C. de O., Siqueira, H.H., Botelho, M. (2006) Fluxo de processamento mínimo. *IV Encontro Nacional sobre Processamento Mínimo de Frutas e Hortaliças*. Palestras, Universidade de São Paulo. São Paulo, p.240.
- Lima, U. de J., O Cultivo do Maracujá (2006). Disponível em: <<http://amigonerd.net/trabalho/31241-o-cultivo-do-maracuja>>. Acesso em: 27/11/2012.
- Lindhout, P. (2002). The perspectives of polygenic resistance in breeding for durable resistance. *Euphytica*. 124:217-226.
- Lopes, P. S. N. (2000) *Micronutrientes em plantas juvenis de maracujazeiro doce (Passiflora alata Dryand)*. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Lavras – MG, Universidade Federal de Lavras - UFLA, 111p.

- Lucas, A.A.T. (2002) *Resposta do maracujazeiro amarelo (Passiflora edulis Sims var. flavicarpa Deg) a lâminas de irrigação e doses de adubação potássica*. Dissertação (Fitotecnia) – Piracicaba - SP, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz – ESAQ, 84p.
- Ma, J.F., Miyake, Y., Takahashi, E. (2001) *Silicon as beneficial elements for crop. Plants*. In: Datnoff, L. E., Snyder, G. A., Korndörfer, G. H. Silicon in agriculture. Amsterdam: Elsevier, (Studies in Plant Science), 8:17-39.
- Ma, J.F., Tamai, K., Yamaji, N., Mitani, N., Konishi, S., Katsuhara, M., Ishiguro, M., Murata, Y., Yano, M. A. (2006) silicon transporter in rice. *Nature*, London, 440 (7084): 688-691.
- Maksimovic, J.D., Bogdanovic, J., Maksimovic, V., Nikolic, M. (2007) Silicon modulates the metabolism and utilization of phenolic compounds in cucumber (*Cucumis sativus* L.) grown at excess manganese. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 170 (6):739–744.
- Malavolta, E. (1981) *Manual de química agrícola: adubos e adubação*. 3. ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 594p.
- Malavolta, E. (2006) *Manual de nutrição mineral de plantas*. São Paulo: Ceres,. 638p.
- Malavolta, E., Vitti, G.C., Oliveira, S.A. (1989) *Avaliação do estado nutricional das plantas*. Piracicaba: POTAFOS, 201p.
- MAPA (Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento). (2008) *Manual de métodos analíticos oficiais para fertilizantes minerais, orgânicos, organominerais e corretivos*. Brasília, 141p.
- Marciano, C.R., Moraes, F.C., Mattiazo, N.E. (2001) Efeito de lodo de esgoto e do lixo urbano sobre a condutividade hidráulica de um latossolo amarelo saturado e não saturado. *Revista Brasileira de Ciências do Solo*, Viçosa, 25(1):1- 9.

- Marouelli, W.A. do, Oliveira, A.S. de, Coelho, E.F., Nogueira, L.C., Souza, V.F. (2011) Manejo da água de irrigação In: Sousa, V.F. de, Marouelli, W.A., Coelho, E.F., Pinto, J.M., Coelho Filho, M. A. *Irrigação e Fertirrigação em Fruteiras e Hortaliças*. Brasília: Embrapa, p.159-232.
- Matta, F.P. (2005) *Mapeamento de Q R L para Xanthomonas axonopodis pv. Em passiflorae em maracujá amarelo (Passiflora edulis Sims f. flavicarpa Deg.)*. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/111137/tde-19052005-154945/>>. Acesso em: 20/07/2012.
- Mauad, M. (2006) *Desenvolvimento e marcha de absorção de silício em planta de arroz sob condição de déficit hídrico e adubação silicatada*. Tese (Doutor em agronomia) – Botucatu – SP, Faculdade de Ciência Agronômica, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho – UNESP, p.107.
- Mauad, M., Grassi Filho, H., Crusciol, C.A.C., Corrêa, J.C. (2003) Teores de silício no solo e na planta de arroz de terras altas com diferentes doses de adubação silicatada e nitrogenada. *Revista Brasileira de Ciência de Solo*, Viçosa, 27:867-873.
- Meldau, D.C. (2010) - *Info Escola, navegando e Aprendendo, lignina*: Disponível em: <[www.infoescola.com/compostos-químicos/lignina/](http://www.infoescola.com/compostos-químicos/lignina/)>. Acesso em: 25/07/2012.
- Meletti, L.M.M. (2011) Avanços na cultura do maracujá no Brasil. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal, [online]. 33:83-91.
- Melo, P.C. de, Furtini Neto, A.E. (2003) Avaliação do Lithothamnium como corretivo da acidez do solo e fonte de nutrientes para o feijoeiro. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, 27(3):508-519.
- Michereff, S.J, Andrade, D.E.G.T., Peruch, L.A.M., Menezes, M. (2005) Importância dos patógenos e doenças radiculares em solos tropicais. In: Michereff, S.J., Andrade, D. E. G. T., Menezes, M. (Eds). *Ecologia e manejo de patógenos radiculares em solos tropicais*. Recife: UFRPE. Imprensa Universitária, 1-18p.

- Miguel, P.S.B., Gomes, F.T., Rocha, W.S.D. da, Martins, C.E., Carvalho, C.A. de, A.V. de Oliveira (2010) Efeitos tóxicos do alumínio no crescimento das plantas: mecanismos de tolerância, sintomas, efeitos fisiológicos, bioquímicos e controles genéticos. *CES Revista*, Juiz de Fora, MG, 24: 312.
- Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) (2008) *Manual de métodos analíticos oficiais para fertilizantes minerais, orgânicos, organominerais e corretivos*. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br>>. Acesso em: 23/10/2012.
- Mitani, N., Ma, J.F. (2005). Uptake system of silicon in different plant species. *Journal of Experimental Botany*, London, 56:1255-1261.
- Motomura, M., Mita, N., Suzuki, M. (2002) Silica accumulation in long-lived leaves of *Sasa Veitchii* (Carrière) Rehder (Poaceae-Bambusoideae). *Annals of Botany*, Oxford, 90:149-152.
- Mourão, M.B., Gentile, E. (2007) Histórico dos processos de obtenção de ferro e aço. *In: Introdução à Siderurgia*. São Paulo: ABM, 428p.
- Natale, W., Prado, R. de M., Leal, R. M., Franco, C.F. (2004) Efeitos da aplicação de zinco no desenvolvimento, no estado nutricional e na produção de matéria seca de mudas de maracujazeiro. *Rev. Bras. Fruticultura*, Jaboticabal, 26(2):310-314.
- Nishitani, Y., Osawa, R. (2003) A novel colorimetric method to quantify tannase activity of viable bacteria. *Journal of Microbiological Methods*, 54:281-284.
- Nogueira, E.M., Fearnside, P.M., Nelson, B.W., Barbosa, R.I., Keizer, E.W.H. (2008) Estimates of forest biomass in the Brazilian Amazon: New allometric equations and adjustments to biomass from wood-volume inventories. *Forest Ecology and Management*. 256:1853-1867.
- Nunes A. da S. (2012) *Nutrição Mineral de Plantas*. Disponível em: <[http://anisionunesdotcom.files.wordpress.com/2012/07/apostila\\_nutricao.pdf](http://anisionunesdotcom.files.wordpress.com/2012/07/apostila_nutricao.pdf)>. Acesso em: 21/11/2012.

- Nunes, T.S., Queiroz, L.P. (2007) Uma nova espécie de *Passiflora* L. (Passifloraceae) para o Brasil. *Acta Botânica Brasilica*, Feira de Santana, 21(2):499-502.
- Oliveira, I.P. de, Costa, K.A. de P., Rodrigues, C., Macedo, F.R., Moreira, F.P., Santos, K.J.G. dos (2005). Manutenção e correção da fertilidade do solo para inserção do cerrado no processo produtivo. *Revista Eletrônica Faculdade Montes Belos*, Goiás, 1(1): 50-64.
- Paim, L.A., Carvalho, R., Abreu, C.M.P., Guerreiro, M.C. (2006) Estudo dos efeitos do silício e do fósforo na redução da disponibilidade de metais pesados em área de mineração. *Química Nova*, São Paulo, 29 (1): 28-33.
- Pereira, H.S., Queiroz, A.A., Martins, M.R., Camargo, M.S. de, Korndörfer, G.H. (2007) Potencial de uso de agregados siderúrgicos e outras fontes de silício em quatro materiais de solo fase cerrado. *Bioscience Journal*, Uberlândia, 23(3):17-31.
- Pereira, J.E. (1978). *Solubilidade de alguns calcários e escórias de alto forno*. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Viçosa-MG - Universidade Federal de Viçosa. UFV, 84p.
- Petry, R.D., Reginatto, F., De-Paris, F., Gosmann, G., Salgueiro, J. B., Quevedo, J., Kapczinski, F., Ortega, G.G., Schenkel, E.P. (2001). Comparative pharmacological study of hydroethanol extracts of *Passiflora alata* and *Passiflora edulis*, leaves. *Phytother Res.*, London, 15 (2): 162-164.
- Piau, W. C. (1995) *Efeitos de escórias de siderurgia em atributos químicos de solos e na cultura do milho (Zea mays L.)*. Tese (Doutorado em Energia Nuclear na Agricultura) – Piracicaba – SP, Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo – ESAQ, 124f.
- Pimentel, L.D., Santos, C.E.M., Ferreira, A.C.C., Martins, A.A., Wagner Júnior, A., Bruckner, C.H. (2009) Custo de produção e rentabilidade do aracujazeiro no mercado agroindustrial da Zona da Mata Mineira. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal, 31(2): 397-407.

- Pires, A.A., Monnerat, H.P., Marciano, C.R., Pinho, L.G.R., Zampirolli, P.D., Rosa, R.C., Muniz, R.A. (2008) Efeito da adubação alternativa do maracujazeiro amarelo nas características químicas e físicas do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, 32:1997-2005.
- Pires, A.M.M., Mattiazzo, M.E. (2008) *Avaliação da viabilidade do uso de resíduos na Agricultura*. Jaguariúna: EMBRAPA, 9p. (Circular Técnica, 19).
- Pires, F.R., Caten, A., Martins, A.G., Esposti, M.D.D. (2003) Levantamento da fertilidade nas principais unidades de mapeamento do Espírito Santo. *Revista Ciência Agronômica*, Ceará, 34:115-123.
- Pires, R.C.M., Sakai, E., Arruda, F.B., Folegatti, M.V. (2001) Necessidades Hídricas das culturas e manejo da irrigação. In: Miranda, J.H., Pires, R.C.M. (eds.). *Irrigação*. Piracicaba: FUNEP, cap.1, p.121-194.
- Pozza, A.A.A., Alves, E., Pozza, E.A., Carvalho, J.G. de, Montanari, M., Guimarães, P.T.G., Santos, D.M. (2004) Efeito do silício no controle da cercosporiose em três variedades de cafeeiro. *Fitopatologia Brasileira*, Brasília, 29 (2):185-188.
- Prado, R. de M., Natale, W. (2005) Efeito da aplicação de silicato de cálcio no crescimento, no estado nutricional e na produção de matéria seca de mudas de maracujazeiro. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental*, Campina Grande, 9(2):185-190.
- Prado, R.M. de, Fernandes, F.M. (2001) Efeito da escória de siderurgia e calcário na disponibilidade de fósforo de um Latossolo Vermelho-Amarelo cultivado com cana-de-açúcar. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, 36(9):1194-1204
- Prado, R.M., Braghirolli, L.F., Natale, W., Corrêa, M.C. de M., Almeida, E.V. (2004) Aplicação de potássio no estado nutricional e na produção de matéria seca de mudas de maracujazeiro-amarelo. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal - SP, 26 (2):295-299.
- Prado, R.M., Fernandes, F.M. (2001) Resposta da cana-de-açúcar à aplicação da escória de siderurgia como corretivo de acidez do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, 25:201-209.

- Prado, R.M., Fernandes, F.M., Natale, W. (2003) Efeito residual da escória de siderurgia como corretivo da acidez do solo na soqueira da cana-de-açúcar. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, 27: 287-296.
- Prado, R.M., Natale, W. (2005) Efeitos da aplicação de resíduo industrial (silicato de cálcio) no desenvolvimento, no estado nutricional e na produção de matéria seca de mudas de maracujazeiro. *Revista Brasileira Engenharia Agrícola Ambiental*, Campina Grande, 9 (2):185-190.
- Prado, R.M., Natale, W. (2006) Efeitos da aplicação da escória de siderurgia ferrocromo no solo, no estado nutricional e na produção de matéria seca de mudas de maracujazeiro. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal, 26(1):140-144.
- Prado, R.M., Natale, W., Fernandes, F.M. (2004) Liberação de micronutrientes de uma escória de siderurgia aplicada em um Latossolo Vermelho Amarelo. *Revista de Agricultura*, Piracicaba, 79:260-274.
- Prado, R.M., Vale, D.W., Romualdo, L. M. (2005) Fósforo na nutrição e produção de mudas de maracujazeiro. *Acta Scientiarum Agronomy*, Maringá, 27(3):493-498.
- Prezzoti, L.C., Gomes, J.A., Dadalto, G.G., Oliveira, J.A. (2007) *Manual de recomendação de calagem e adubação para o Estado do Espírito Santo – 5ª aproximação*. Vitória: SEEA/INCAPER/CEDAGRO, p.305.
- Quaggio, J.A. (2000) *A acidez e calagem em solos tropicais*. Campinas: Instituto Agrônomo, 111p.
- Radomski, M.I., Wisniewski, C., Curcio, G.R., Rachwal, M.G., Santos, C.A.M. (2004) Caracterização de ambientes de ocorrência natural e sua influência sobre o peso específico e o teor de polifenóis totais de folhas de espinheira-santa (*Maytenus ilicifolia* Mart.). *Rev. Bras. Pl. Med.*, Botucatu, 6 (2):36-43.
- Raij, B. van. (2011) *Fertilidade do solo e manejo de nutrientes*. Piracicaba: IPNI. 420 p.
- Rana, G., Katerji, N., Perniola, M. (2001) *Evapotranspiration of sweet sorghum: A general model and multilocal validity in semiarid environmental conditions*. *Water Resources Research*, Washington, 37:3237-3246.

- Reichardt, K. (1990) *A água em sistemas agrícolas*. São Paulo: Manole, 188p.
- Reis, M.A. dos, Arf, O., Silva, M.G. da, Sá, E.M. de, Buzetti, S. (2008) Aplicação de silício em arroz de terras altas irrigado por aspersão. *Acta Scientiarum Agronomy*, Maringá, 30 (1):37-43.
- Resende T.M., Moraes E.R. de, Franco F.O., Arruda E.M., Araújo, J.R., Santos D. da S., Borges E.N., Ribeiro B.T. (2012) Avaliação física do solo em áreas sob diferentes usos com adição de dejetos animais no bioma cerrado. *Bioscience Journal*, Uberlândia, 28 (1)179-184.
- Reynolds, O.L., Keeping, M.G., Meyer, J.H. (2009) Silicon-augmented resistance of plants to herbivorous insects: a review. *Annals of Applied Biology*, Cambridge, 155:171-186.
- Richards, L. A. (1965) Physical conditions of water in soil. In: Black, C.A. (Ed.). *Methods of soil analysis: physical and mineralogical properties, including statistics of measurements and sampling*. Madison: Asa:128-152p.
- Ritzinger, C.H.S.P., Rocha, H.S. (2010) *Uso da solarização como alternativa para o preparo de solo ou substrato para produção de mudas isenta de patógenos de solo*. EMBRAPA, Cruz das Almas, BA, 12p.
- Robbers, J.E., Speedie, M.K., Tyler, V.E. (1997) *Farmacognosia e Farmaco biotecnologia*. São Paulo: Premier, 372p.
- Rodrigues, A.C. (2007) *Biofertilizante enriquecido: efeitos no crescimento, produção, qualidade de frutos de maracujá-amarelo (Passiflora edulis f. Flavicarpa Deg.) e fertilidade do solo*. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Paraíba –PB, Universidade Federal da Paraíba – UFPB, 77p.
- Rotondano, A.K.F., Melo, B. (2007) *Irrigação em frutíferas*. Disponível em: <<http://www.fruticultura.iciag.ufu.br/irriga5.html>>. Acesso em: 20/09/2012.
- Ruiz, H.A. (1986) *Efeito do conteúdo de água sobre o transporte de fósforo em dois latossolos*. Tese (Doutorado em Solos) – Viçosa – MG, Universidade Federal de Viçosa – UFV, 86p.
- Saliba, E.O.S., Rodriguez, N.M., Morais, S.A.L., Veloso, D.P. (2001) Ligninas: Métodos de obtenção e caracterização química. *Ciência Rural*, Santa Maria, 31(5):917-928.

- Sangster, A.G., Hodson, M.J., Parry, D.W. (2001) Silicon deposition and anatomical studies in the inflorescence bracts of four *Phalaris* species with their possible relevance to carcinogenesis. *New Phytologist*, 93:105-122.
- Savant, N.K., Korndörfer, G.H., Datnoff, L.E., Snyder, G.H. (1999) Silicon nutrition and sugarcane production: a review. *Journal of Plant Nutrition*, 22(12):1853-1903.
- Savant, N.K., Snyder, G.H., Datnoff, L.E. (1997) Silicon management and sustainable rice production. *Advances in Agronomy*, San Diego, 58(1):151-199.
- Schultz, H.R. (2003) Differences in hydraulic architecture account for near-isohydric and anisohydric behaviour of two field-grown *Vitis vinifera* L. cultivars during drought. *Plant, Cell and Environ.*, 26:1393- 1405.
- Shen, H., Yan, X., Cai, K., Matsumoto, H. (2004) Differential Al resistance and citrate secretion in the tap and basal roots of common bean seedlings. *Physiologia Plantarum*, 121(4): 595-603.
- Shi, Q.H., Bao, Z.Y., Zhu, Z.J., He, Y., Qian, Q.Q., Yu, J.Q. (2005a) Silicon mediated alleviation of Mn toxicity in *Cucumis sativus* in relation to activities of superoxide dismutase and ascorbate peroxidase. *Phytochemistry*, 66 (13):1551-1559.
- Shi, X.H., Zhang, C.C., Wang, H., Zhang, F.S. (2005b) Effect of Si on the distribution of Cd in rice seedlings. *Plant and Soil*, 272 (1-2): 53-60.
- Silva, A.A.G., Barreto, A.N. (2004) *Caracterização do solo e clima: técnicas para um manejo de irrigação otimizada*. In: Barreto, A.N., Silva, A.A.G. da, Bolfe, E.L. Irrigação e drenagem na empresa agrícola: impacto ambiental versus sustentabilidade. Aracaju: EMBRAPA, 417p.
- Silva, F.M., Corrêa, L.S., Boliani, A. C., Santos, P.C. (2005) Enxertia de mesa em *P. edulis Sims f. flavicarpa Deg.* sobre *Passiflora alata Curtis*, em ambiente de nebulização intermitente. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal, 27(1): 98-101.

- Silva, A.A.G., Barreto, A.N. da. (2004) Caracterização do solo e clima: técnicas para um manejo de irrigação otimizada. In: Barreto, A. N., Silva, A. A. G., Bolfe, E. L. *A irrigação e drenagem na empresa agrícola*. Aracaju: EMBRAPA Tabuleiros Costeiros. Campina Grande, EMBRAPA Algodão, p. 13-4
- Silveira, C. da S., Souza, J. L., Maia Júnior, J. V. F., Araújo, B. A. M. de, Almeida, F. A. F., Carvalho, T. M. de, Luna, R. M. (2011) Análise espacial da evapotranspiração no estado do Ceará: análise comparativa entre métodos. XIX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. Maceió – AL. Anais. Maceió – AL: Edição dos Organizadores, p. 430-459.
- Simões, C.M.O., Schenkel, E.P., Gosmann, G., Mello, J.C.P., Mentz, L.A., Petrovick, P.R. (2001) (org.) *Farmacognosia: da planta ao medicamento*. 3. ed. Porto Alegre/Florianópolis: Editora da Universidade UFRGS / Editora da UFSC, Cap. 1, p.13-26.
- Smith, A. H., Imlay, J.A., Mackie, R.I. (2003) Increasing the oxidative stress response allows *Escherichia coli* to overcome inhibitory effects of condensed tannins. *Applied and Environmental Microbiology*, 69 (6):3406-3411.
- Soares, C.F., Peiter, M.X., Robaina, A.D., Parizi, A.R.C., Ramão, C.J., Vivian, G.A. (2010) Resposta da produtividade de híbridos de milho cultivado em diferentes estratégias de produção. *Irriga*, Botucatu, 15(1):36-50.
- Soratto, R. P., Crusciol, C. A. C. (2008) Atributos químicos do solo decorrentes da aplicação em superfície de calcário e gesso em sistema plantio direto recém-implantado. *R. Bras. Ci. Solo*, Viçosa, 32:675-688.
- Sousa, V.F. de, Borges, A.L. (2011) Irrigação e fertirrigação na cultura do maracujá. In: Sousa, V. F. de, Marouelli, W. A., Coelho, E. F., Pinto, J. M., Coelho Filho, M. A. (Ed.). *Irrigação e fertirrigação em fruteiras e hortaliças*. Brasília, DF: *Embrapa Informação Tecnológica*. Cap. 17, p.501-522.
- Sousa, V.F. de, Borges, A.L., Coelho, E.F., Vasconcelos, L.F.L., Veloso, M.E. da C., Oliveira, A. S. de, Aguiar Netto A. de O. (2001) *Irrigação e Fertirrigação do Maracujazeiro*. Teresina: Embrapa Meio-Norte. 48p. (*Circular Técnica*, 32).

- Sousa, V.F. de, Folegatti, M.V., Frizzone, J.A., Dias, T.J., Albuquerque Júnior, B. S., Batista, E. C. (2008) Níveis de irrigação e doses de potássio sobre os teores foliares de nutrientes do maracujazeiro amarelo. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, 12:4-46.
- Sousa, V.F., Folegatti, M.V., Frizzone, J.A., Corrêa, R.A.L., Viana, T.V.A. (2006) Umidade do solo na zona radicular do maracujazeiro cultivado sob irrigação localizada. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, 26 (2):365-373.
- Souza, C.M. (2007) *Uso de escória siderúrgica no cultivo de cana*. Disponível em: <<http://www.jornalcana.com.br/noticia/Jornal-Cana/42752+Uso-de-escoria-siderurgica-no-cultivo-de-cana>>. Acesso em: 21/11/2012.
- Souza, R.F. de, Faquin, V., Carvalho, R., Torres, P.R.F., Pozza, A.A.A. (2008) Atributos químicos de solos influenciados pela substituição do carbonato por silicato de cálcio. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, 32:1563-1572.
- Suassuna, J.F., de Melo, A.S. de, Ferraz, R.L. de S., Pereira, V.M., Sousa, M.S. da S. (2011) Rendimento e Qualidade da produção de híbrido de maracujazeiro-amarelo 'IAC 273/277' sob diferentes níveis de irrigação. *Revista Caatinga*, Mossoró, 24(4):115-122.
- Taiz, L., Zeiger, E. (2009) *Fisiologia vegetal*. 4.ed., Porto Alegre: Artmed, 819p.
- Tonny, J.A. da S., Marcos, V.F., Cláudio, R. da S., José, A.J., Regina, C. de M.P. (2006) Evapotranspiração e coeficientes de cultura do maracujazeiro amarelo conduzido sob duas orientações de plantio. *Irriga, Botucatu*, 11(1):90-106.
- Vieira Júnior, P.A., Dourado Neto, D., Oliveira, R.F., Peres, L.E.P., Martin, T.N., Manfron, P.A., Bonnacarrère, R.A.G. (2007) Relações entre o potencial e a temperatura da folha de plantas de milho e sorgo submetidas a estresse hídrico. *Acta Scientiarum Agronomy*, Maringá, 29 (4):555-561.
- Wiese, H., Nikolic, M., Romheld, V. (2007) Silicon in plant nutrition-Effects on zinc, manganese and boron leaf concentrations and compartmentation. In: Sateelmacher, B., Horst, W.J. (ed.). *The apoplast of higher plants: Compartment of storage, transport and reactions*. London: Springer, p.33-47.
- Yatapanage, K.G., So, H.B. (2001) The Relationship between Leaf Water Potential and Stem Diameter in Sorghum. *Agronomy Journal*, 93:1341-1343.