

**Universidade de São Paulo  
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”  
Centro de Energia Nuclear na Agricultura**

**Uso de boro e palhada no manejo sustentável e produção de citrus  
[*Citrus sinensis* (L.) Osbeck]**

**Ronaldo Alberto Duenhas Cabrera**

**Tese apresentada para obtenção do título  
de Doutor Ecologia Aplicada**

**Piracicaba  
2007**

Ronaldo Alberto Duenhas Cabrera  
Engenheiro Agrônomo

**Uso de boro e palhada no manejo sustentável e produção de citrus [*Citrus  
sinensis* (L.) Osbeck]**

Orientadora:

Profa. Dra. **SIU MUI TSAI**

**Tese apresentada para obtenção do título de Doutor  
em Ecologia Aplicada**

**Piracicaba  
2007**

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
DIVISÃO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - ESALQ/USP**

Cabrera, Ronaldo Alberto Duenhas

Uso de boro e palhada no manejo sustentável e produção de citrus [*Citrus sinensis* (L.) Osbeck] / Ronaldo Alberto Duenhas Cabrera. - - Piracicaba, 2007.  
96 p. : il.

Tese (Doutorado) - - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2007.  
Bibliografia.

1. Boro 2. Fertilidade do solo 3. Isótopos 4. Laranja 5. Matéria orgânica do solo 6. Nutrição vegetal 7. Palhada I. Título

CDD 634.31

**“Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte – O autor”**

*Agradeço a Deus,*

*Pela vida e o entusiasmo da realização*

.

*Dedico,*

*À minha querida família,  
Roberta minha esposa, Amanda e Sophia minhas filhas, pelo carinho, compreensão, apoio  
e aos maravilhosos momentos de convivência.*

*Aos meus pais José e Elza e ao meu irmão Fernando, pelos ensinamentos e apoio em  
todos os passos de minha jornada.*

*"Aos pesquisadores, extensionistas e empresários do agronegócio que acreditam em uma  
agricultura sustentável, menos agressiva, mais produtiva e rentável."*

## **AGRADECIMENTOS**

À Coordenadoria do Curso Inter-unidades – Ecologia Aplicada – CENA / ESALQ, pela oportunidade oferecida.

À Professora Dr.<sup>a</sup> Siu Mui Tsai, pela orientação, amizade, paciência, disposição e ensinamentos transmitidos.

Ao Professor Dr.<sup>o</sup> Adriano Azevedo Filho, pela amizade, ensinamentos, contribuições para realização deste trabalho e análises estatísticas.

Ao citricultor Adriano Azevedo e funcionários da Fazenda São Francisco – Araras – SP, onde foi conduzido o experimento.

Ao Dr.<sup>o</sup> Tsuioshi Yamada, pela amizade e ensinamentos.

Aos Colegas do CENA-USP: Wagner, Francisco (Chiquinho), Elias e Fábio.

Ao amigo, engenheiro agrônomo Hélio Casale.

A todas as pessoas que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho

## SUMARIO

RESUMO .....	7
ABSTRACT .....	8
LISTA DE FIGURAS .....	9
LISTA DE TABELAS .....	11
1 INTRODUÇÃO.....	12
1.1 Situação Econômica da Citricultura .....	12
1.2 Situação Técnica da Citricultura .....	13
2 REVISÃO DE LITERATURA .....	16
2.1 Matéria Orgânica .....	16
2.1.1 Manejo de mato e fitomassa .....	16
2.1.2 Efeitos da Matéria Orgânica .....	19
2.2 Boro .....	23
2.3 Isótopo de Carbono - $\delta^{13}\text{C}$ .....	26
2.4 Biomassa microbiana.....	27
2.5 Alternância de safra .....	28
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	30
3.1 Material.....	30
3.1.1 Local do experimento .....	30
3.1.2 Pomar.....	31
3.1.3 Cobertura morta (“Mulch”) e Boro .....	32
3.2 METODOLOGIA.....	34
3.2.1 Tratamentos .....	34
3.2.2 Instalação e condução do experimento .....	34
3.2.3 Mensurações .....	36
3.2.3.1 Determinação de Isótopo de Carbono - $\delta^{13}\text{C}$ .....	36
3.2.3.2 Biomassa microbiana do solo .....	38
3.2.4 Procedimentos gerais utilizados na análise estatística.....	38
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	39
4.1 Impactos na produção .....	39
4.1.1 Efeito linear na produtividade (t/ha) nas safras de 2003 a 2005. Onde os resultados positivos foram indicados em vermelho e os resultados negativos em azul .....	39
4.1.1.1 Explicação da interpretação gráfica das análises obtidas pelo método Bayesiano.....	41
4.1.1.2 Respostas de produção (t/ha) em função dos tratamentos .....	41
4.1.2 Efeito linear na produtividade (número de frutos/ha) nas safras de 2003 a 2005. Onde os resultados positivos foram indicados em vermelho e os resultados negativos em azul .....	46
4.1.3 Produção em t/ha, nas safras de 2002, 2003, 2004 e 2005 .....	52
4.1.3.1 Produção em t/ha em função das doses de MO (0, 15 e 30 t/ha), média das quatro safras .....	52

4.1.3.2 Produção em t/ha em função dos diferentes anos.....	54
4.1.3.3 Produção em t/ha em função das doses de Boro (0, 6 e 12 kg/ha), média das quatro safras.....	55
4.1.3.4 Produção (t/ha) influenciada pelos fatores ano e dose de MO .....	57
4.1.3.5 Produção (t/ha) influenciada pelos fatores ano e dose de boro .....	58
4.1.3.6 Produção (t/ha) influenciada pelos fatores ano, dose de boro e dose de MO, nas quatro safras.....	59
4.1.3.7 Produção em número de frutos/ha influenciada pelos fatores ano, dose de boro e dose de MO.....	61
4.1.4 Efeitos de duas variáveis explicativas na produção (t/ha) em função do ano safra.....	62
4.1.4.1 Explicação da interpretação gráfica dos resultados apresentados do item 4.1.4.2 ao item 4.1.4.4 .....	62
4.1.4.2 Influência da relação K/Ca, S foliar e do ano na produtividade (t/ha) .....	62
4.1.4.3 Influência da relação N/S foliar, Ca/S foliar e do ano na produtividade (t/ha) .....	63
4.1.4.4 Influência da relação N/S foliar, P/S foliar e do ano na produtividade (t/ha) .....	64
4.2 Impactos nos atributos biológicos e químicos do solo .....	65
4.2.1 Biomassa microbiana ( $\mu\text{gC/g}$ solo seco) versus MO – 0 a 20 cm de profundidade.....	65
4.2.2 Isótopo de Carbono - $\delta^{13}\text{C}$ versus MO (5, 15 e 25 cm de profundidade) .....	66
4.3 Impactos nos atributos hídricos do solo .....	68
4.4 Influência dos tratamentos e do ano nas características de químicas do solo, estado nutricional da planta e qualidade do suco .....	70
4.5 Análise econômica do uso de cobertura morta de palhada de Tifton.....	70
5 CONCLUSÕES .....	71
REFERÊNCIAS .....	73
ANEXOS.....	82

## RESUMO

Uso de boro e palhada no manejo sustentável e produção de citrus [*Citrus sinensis*] (L.) Osbeck]

A citricultura paulista está estabelecida, em sua maioria, em solos com baixos teores de matéria orgânica e, em decorrência deste fato, diversos aspectos associados à carência de nutrientes têm sido atribuídos à baixa disponibilidade da matéria orgânica. Para otimização de sistemas agrícolas que priorizem a sustentabilidade recomenda-se, por exemplo, o uso de cobertura morta (palhada), o incremento de matéria orgânica e a melhoria da fertilidade química física e biológica do solo, resultando em aumento de produtividade, maior estabilidade das produções e melhor disponibilidade de água para as plantas. O presente trabalho estudou em condições de campo, durante quatro safras, os efeitos da adição de cobertura morta (“mulch”) - 0, 15 e 30 t.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup> usando a palhada de gramínea Tifton como fonte de cobertura morta e ácido bórico aplicado via solo, nas doses de 0, 6 e 12 kg.ha<sup>-1</sup> como fonte de boro. Foram avaliados, além da produtividade (t.ha<sup>-1</sup> e número de frutos.ha<sup>-1</sup>), os aspectos associados à fertilidade de solo, aspectos físicos e nutricionais associados às variações dos tratamentos nos atributos hídricos do solo, a detecção da presença de carbono da palha no solo por metodologia isotópica do  $\delta^{13}\text{C}$  e  $\delta^{15}\text{N}$ , a atividade da biomassa microbiana, a influência dos tratamentos na qualidade do suco e aspectos econômicos quanto ao uso de palhada e boro no sistema produtivo. O experimento foi conduzido no município de Araras-SP, em pomar de laranja ‘Pêra’, com 9 tratamentos – 3 doses de palhada e 3 doses de boro, 4 repetições e 4 plantas por parcela, totalizando 144 plantas em um pomar comercial de 8 anos. A aplicação de 15 t.ha<sup>-1</sup> e 30 t.ha<sup>-1</sup> de palhada proporcionaram um aumento de 3,38 t.ha<sup>-1</sup> (15,6%) e 8,89 t.ha<sup>-1</sup> (41,1%) respectivamente. Em ambos os casos, a aplicação foi inviável economicamente, pois o custo da aplicação da cobertura morta foi maior que a receita do incremento de produtividade. Para o número de frutos.ha<sup>-1</sup> a aplicação de palhada incrementou 9,3% e 24,4% para os tratamentos de 15 t.ha<sup>-1</sup> e 30 t.ha<sup>-1</sup> respectivamente. Na camada de 0 a 20 cm de profundidade, a biomassa microbiana foi ativada na dose de 30 t.ha<sup>-1</sup> de palhada, sendo 64,7% superior à testemunha e 46,9% superior à dose de 15 t.ha<sup>-1</sup>. A aplicação de palhada de gramínea aumentou a participação de carbono de planta C<sub>4</sub> na matéria orgânica do solo, sendo que a participação foi de 44%, 54,8% e 60,9%, para as doses de 0, 15 e 30 t.ha<sup>-1</sup> respectivamente, mas a aplicação de palhada não afetou as características hídricas do solo nas profundidades de 20 e 40 cm. O efeito da aplicação de boro foi observado somente em ano de alta produtividade, acima de 40 t.ha<sup>-1</sup>, com a dose de 12 kg.ha<sup>-1</sup> produzindo 5,8 t.ha<sup>-1</sup> (16,7%) a mais que a testemunha. A relação foliar K/Ca e o teor de foliar de enxofre afetaram negativamente a produtividade, pois para cada unidade que aumenta na relação K/Ca houve diminuição de 30 t. 30 t<sup>-1</sup> e para cada unidade de aumento do teor foliar de enxofre ocorreu redução de 4 t.ha<sup>-1</sup>. Recomenda-se que a relação K/Ca deve estar em torno de 0,4 e o teor foliar de enxofre em torno de 3 g.kg<sup>-1</sup>, já a relação P/S afetou positivamente a produtividade, para cada unidade que aumenta nesta relação, ocorreu um aumento de 17 t.ha<sup>-1</sup>. O aspecto ano é um fator importante, onde o efeito da alternância bienal de alta/baixa safra ficou evidente.

**Palavras-chaves:** citros, matéria orgânica, boro, produção sustentável, água, isótopo, nutriç: citros, matéria orgânica, boro, sustentabilidade, água, isótopo, nutrição



## ABSTRACT

The use of boron and straw for sustainable management and production of citrus  
[*C. sinensis*) (L.) Osbeck]

The citrus production in the state of São Paulo has been established in its majority, on soils with low organic matter and due to this fact, several aspects related to the lack of nutrients have been attributed to the low availability of organic matter. To introduce a sustainable management for the citrus production system, the producers have been adopted the use of mulch to cover the plants. This practice has proved to increase the soil organic matter content and has been recommended for mid- and long-term improvement of the physical and chemical and biological parameters of the soil, resulting in higher productivity, a better stability in crop production and higher water availability to the citrus plants. This work studied for 4 citrus growing seasons at field conditions the effects of the addition of mulch at rates of 0, 15 and 30 t.ha<sup>-1</sup> added every year, using Tifton as source of mulch and boric acid added to the soil at rates of 0, 6 and 12 kg.ha<sup>-1</sup>. Measures included yield (t.ha<sup>-1</sup> and fruit number.ha<sup>-1</sup>), the soil nutrient composition, nutritional parameters associated to the physical and chemical variations in the soil due to the treatments, the isotopic  $\delta^{13}\text{C}$  carbon and  $\delta^{15}\text{N}$  nitrogen variation in the soil due to straw addition, the soil microbial biomass, the fruit (juice) quality and the economic aspects involving the use of these two practices – mulch and boron, in the citrus production system. The experiment was set up in Araras, São Paulo State, in a 8-year old commercial orchard of sweet orange var. Pêra, with 9 treatments – 3 rates of mulch and 3 rates of boron, 4 replicates with 4 plants for plot, in a total of 144 plants. The application of 15 t.ha<sup>-1</sup> and 30 t.ha<sup>-1</sup> of mulch increased 3,38 t.ha<sup>-1</sup> (15,6%) and 8,89 t.ha<sup>-1</sup> (41.1%) respectively, in both cases the use of mulch showed not to be economically viable, due to its high cost in the market. The fruit productivity from the mulch treatments increased 9.3% and 24.4%, in treatments with mulch added at the rates 15 t.ha<sup>-1</sup> and 30 t.ha<sup>-1</sup>, respectively. At 0-20 cm soil depth, the microbial biomass increased when 30 t.ha<sup>-1</sup> mulch was added, with 64.7% and 46.9%, corresponding to 0 t/ha and 15 t.ha<sup>-1</sup> mulch, respectively. The use of Tifton grass as mulch was positively related to increases of carbon from C<sub>4</sub>-plants in the soil organic matter content, with increases after 4 years of growth as high as 44.4%, 54.8% and 60.9%, corresponding to the rates of 0, 15 and 30 t.ha<sup>-1</sup> of mulch. Nevertheless, the addition of mulch has not affected the water content of the soil at 20 and 40 cm depth. The effect of boron was observed only at the high productivity season (more 40 t.ha<sup>-1</sup>), with the treatment of 12 kg t.ha<sup>-1</sup> yielding 5.8 t.ha<sup>-1</sup> (16.7%), when compared to the control (0 kg/ha B) treatment. The K/Ca ratio and the S-leaf concentration were negatively correlated with yield, when increases of one unit in K/Ca ratio corresponded to a decrease of 30 t.ha<sup>-1</sup> and one unit of S-leaf concentration to minus 4 t.ha<sup>-1</sup>. It is recommended that K/Ca ratio should be around 0.4 and the S-leaf concentration around 3 g/kg. The leaf ratio P/S affected positively the yield, when increases of one unit in this ratio, corresponded to increases of 17 t.ha<sup>-1</sup> in yield increases. The season (year) was an important factor, showing an alternate variation of high/low yield in every two years.

**Key works:** citrus, organic matter, boron, sustainable production, water, isotopic, mineral nutrition

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Manejo de mato com roçadeira ecológica em pomar cítrico.....	14
Figura 2	Efeitos de formas de nitrogênio ( $\text{NO}_3^-$ ou $\text{NH}_4^+$ ) nos valores de pH da rizosfera de planta de trigo com duas semanas de idade.....	21
Figura 3	Déficit hídrico anual na região de Araras-SP, no período de 2001 a 2005.....	30
Figura 4	Déficit hídrico mensal na região de Araras-SP, no período de 2001 a 2005...	31
Figura 5	Pomar onde foi conduzido o experimento na Fazenda São Francisco, Araras – São Paulo.....	32
Figura 6	Forma de aplicação da cobertura morta com palhada de Tifton.....	33
Figura 7	Efeito das variáveis explicativas na produtividade (t/ha), testado por mais de 60 modelos matemáticos, usando a ferramenta de estatística Bayesiana.....	40
Figura 8	Exemplo da disposição gráfica para interpretação do resultado obtido pelo método estatístico Bayesiano para uma variável explicativa qualquer.....	41
Figura 9	Efeitos de dose de MO (15 e 30 t/ha), dose de boro (6 e 12 kg/ha) e produção do ano anterior na produtividade em t/ha.....	42
Figura 10	Efeitos da produção em número de frutos/ha do ano anterior, N foliar, P foliar, Ca foliar, Ca foliar do ano anterior, relação N/S foliar, relação N/S foliar do ano anterior, relação P/S foliar e relação P/S foliar do ano anterior na produtividade em t/ha.....	44
Figura 11	Efeitos da relação K/Ca, relação K/Ca ano anterior, Mg foliar, S foliar, B foliar, Zn foliar, Mn foliar, Mg foliar e S foliar na produção, em t/ha.....	45
Figura 12	Efeitos de B foliar do ano anterior, Zn foliar do ano anterior e Mn foliar do ano anterior na produção em t/há.....	46
Figura 13	Efeito das variáveis explicativas na produtividade (frutos/ha), testado por mais de 60 modelos matemáticos, usando a ferramenta de estatística Bayesiana.....	47
Figura 14	Efeitos da dose de MO (15 e 30 t/ha), da dose de boro (6 e 12 kg/ha) e da produção do ano anterior (t/ha), na produtividade em número de frutos/ha.....	48
Figura 15	Efeitos do número de frutos/ha no ano anterior, N foliar, P foliar, Ca foliar, Ca foliar do ano anterior, relação N/S foliar, relação N/S foliar do ano anterior, relação P/S foliar e relação P/S foliar do ano anterior na produtividade em número de frutos/ha.....	50
Figura 16	Efeitos da relação K/Ca foliar, relação K/Ca foliar do ano passado, Mg foliar, S foliar, B foliar, Zn foliar, Mn foliar, Mg foliar AP, S foliar do ano passado, B foliar do ano passado, Zn foliar do ano passado e Mn foliar do ano passado na produtividade, em número de frutos/ha.....	51
Figura 17	Produção em t/ha - Interpretação do Gráfico de Tukey.....	53
Figura 18	Efeito de doses de MO na produtividade em t/ha.....	54

## Gracias por visitar este Libro Electrónico

Puedes leer la versión completa de este libro electrónico en diferentes formatos:

- HTML(Gratis / Disponible a todos los usuarios)
- PDF / TXT(Disponible a miembros V.I.P. Los miembros con una membresía básica pueden acceder hasta 5 libros electrónicos en formato PDF/TXT durante el mes.)
- Epub y Mobipocket (Exclusivos para miembros V.I.P.)

Para descargar este libro completo, tan solo seleccione el formato deseado, abajo:

