

**AVALIAÇÃO DE SISTEMA RADICULAR DE PORTA-ENXERTOS PARA LIMA  
ÁCIDA 'TAHITI' [*CITRUS LATIFOLIA* (YU.TANAKA) TANAKA] E RELAÇÃO COM  
ATRIBUTOS DO SOLO**

**Francisco Luis Gonçalves de Abrêu**  
Engenheiro Agrônomo

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Piauí para obtenção do Título de Mestre em Agronomia, Área de Concentração Uso e Manejo do Solo e da Água

**TERESINA**  
**Estado do Piauí – Brasil**  
**Dezembro- 2005**

**AVALIAÇÃO DE SISTEMA RADICULAR DE PORTA-ENXERTOS PARA LIMA  
ÁCIDA 'TAHITI' [*CITRUS LATIFOLIA* (YU.TANAKA) TANAKA] E RELAÇÃO COM  
ATRIBUTOS DO SOLO**

**Francisco Luis Gonçalves de Abrêu**  
Engenheiro Agrônomo

Orientador: Prof. Dr. **Adeodato Ari Cavalcante Salviano**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Piauí para obtenção do Título de Mestre em Agronomia, Área de Concentração Uso e Manejo do Solo e da Água

**TERESINA**  
**Estado do Piauí – Brasil**  
**Dezembro- 2005**

A162a

Abreu, Francisco Luis Gonçalves

Avaliação de sistema radicular de porta-enxertos para lima ácida 'Tahiti' [*Citrus latifolia* (Yu.Tanaka) Tanaka] e relação com atributos do solo. / Francisco Luis Gonçalves de Abrêu – Teresina: UFPI, 2005.

56fl.

Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal do Piauí.

1.Lima ácida 2. Raízes 3.Desenvolvimento radicular  
4. Imagens digitais 5. Densidade 6. Porta-enxerto. I.  
Título.

CDD 634.334

**AVALIAÇÃO DE SISTEMA RADICULAR DE PORTA-ENXERTOS PARA LIMA  
ÁCIDA 'TAHITI' [*CITRUS LATIFOLIA* (YU.TANAKA) TANAKA] E RELAÇÃO COM  
ATRIBUTOS DO SOLO**

**Francisco Luis Gonçalves de Abrêu**  
Engenheiro Agrônomo

Aprovada em: 09/12/2005

Comissão julgadora:

\_\_\_\_\_  
Pesquisador Dr. Fernando Luis Dultra Cintra EMBRAPA-CPATC

\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Júlio César Azevedo Nóbrega CCA/UFPI

\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Adeodato Ari Cavalcante Salviano (Orientador) CCA/UFPI

**DEDICO**

*À minha família*

## AGRADECIMENTOS

A DEUS, por me permitir cumprir mais esta jornada;

Ao Prof. Dr. Adeodato Ari Cavalcante Salviano, pelos ensinamentos;

Ao professor João Batista Lopes, sempre disponível e atencioso;

Aos colegas de mestrado Agnaldo, Alzimar, Conceição, Edson, Gilberto, Melo, Cristiane e Wilton, pela amizade e convivência ao longo do curso;

A todos aqueles com quem me correspondi, virtualmente, e dos quais recebi resposta às minhas solicitações;

Aos pesquisadores da EMBRAPA MEIO-NORTE, parceiros da UFPI no Programa de Mestrado em Agronomia;

Às Bibliotecárias Carmem Cortez, da Biblioteca Setorial de Ciências Agrárias da UFPI, e Orlane Maia, da EMBRAPA MEIO-NORTE, pelo auxílio;

Ao Diretor da Fazenda Frutan, Dr. José Alberto Coelho Paz, que permitiu o uso das instalações da Fazenda para coleta de dados;

Ao Engenheiro Agrônomo da Fazenda Frutan, Dr. Lívio de Sousa Moura, pela disponibilidade durante a minha permanência na Frutan;

Ao Técnico Agrícola da Fazenda Frutan, Carlos do Vale Pinto, pela ajuda na coleta de amostras e informações sobre a área onde foi realizada a pesquisa;

Aos estudantes de Agronomia, Tiago, Maurício e Maykon, pela ajuda na realização das análises;

À Vânia Maria Gomes da Costa Lima, pela valiosa contribuição na utilização do software SIARCS 3.0

À Joashlenny Alves de Oliveira, pela dedicação na preparação da apresentação deste trabalho;

À Prof. Dra. Belisa Ramos Bezerra;

Ao Eng. Agrônomo Hélio Lima Santos, pela ajuda na realização das análises e preparação de soluções, usadas na pesquisa;

Aos Profs. Sebastião Barros Araújo, Hormesino de Carvalho Mendes e Luiz Alves Marinho, pela presteza em atender as necessidades em água destilada e outros reagentes para análises;

Ao servidor do Laboratório de Solos do CCA, Sr. Manoel Ferreira e seu sobrinho Glenes, pela ajuda na determinação dos atributos de solo Na, K e P;

Ao Técnico Agrícola do LASO, Paulo Sérgio, pela ajuda na determinação dos atributos do solo C, N e M. O;

À Ana Nídia e Márcio, pela valiosa ajuda na realização das análises, sem a qual este trabalho não teria sido possível;

Aos servidores administrativos do CCA/UFPI, Juraci Ribeiro dos Santos, Justino Figueiredo Barbosa e Vicente de Sousa Paulo;

A todos aqueles que, direta ou indiretamente, contribuíram para o êxito deste trabalho;

Ao Colégio Agrícola, por ter permitido a minha participação no curso de Mestrado em Agronomia do CCA/ UFPI.

## SUMÁRIO

<b>LISTA DE TABELAS E FIGURA</b> .....	ix
<b>RESUMO</b> .....	x
<b>ABSTRACT</b> .....	xii
<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	1
<b>2. REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	3
<b>2.1. Importância da citricultura no Brasil e no mundo</b> .....	3
<b>2.2. Lima ácida ‘Tahiti’</b> .....	4
<b>2.2.1. Classificação e características da planta</b> .....	4
<b>2.2.2. Produção e produtividade</b> .....	5
<b>2.3. Porta-enxertos</b> .....	6
<b>2.4. Sistema Radicular e sua relação com atributos do solo</b> .....	7
<b>2.5. Principais classes de solos utilizados para o cultivo de citros no Brasil</b> .....	10
<b>2.6. Uso de imagens digitais para avaliação do desenvolvimento do sistema radicular das culturas</b> .....	10
<b>3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	12
<b>4.0 CAPÍTULO I - Avaliação do sistema radicular de três porta-enxertos para lima ácida ‘Tahiti’ através do uso de imagens digitais</b> .....	15
<b>Resumo</b> .....	15
<b>Abstract</b> .....	16
<b>1. Introdução</b> .....	16
<b>2. Material e métodos</b> .....	18
<b>3. Resultados e Discussão</b> .....	21
<b>4. Conclusões</b> .....	27
<b>5. Referências Bibliográficas</b> .....	27
<b>5.0 CAPÍTULO II - Correlação entre o desenvolvimento do sistema radicular de três porta-enxertos para lima ácida ‘Tahiti’, densidade do solo, e atributos químicos do solo</b> .....	30

<b>Resumo</b> .....	30
<b>Abstract</b> .....	31
<b>5.1. Introdução</b> .....	31
<b>5.2. Material e Métodos</b> .....	33
<b>5.3. Resultados e Discussão</b> .....	36
<b>5.3.1. Medidas descritivas dos atributos do solo</b> .....	36
<b>5.4. Conclusão</b> .....	41
<b>5.5. Referências Bibliográficas</b> .....	41

## LISTA DE TABELAS E FIGURA

### CAPÍTULO I

<b>Tabela 1</b> - Valores médios de comprimento de raízes em cm . 200cm <sup>-2</sup> , por camada e por arranjo vertical do porta-enxerto Limão Cravo.....	22
<b>Tabela 2</b> - Valores médios de comprimento de raízes em cm . 200cm <sup>-2</sup> , por camada e por arranjo vertical do porta-enxerto Flying Dragon.....	23
<b>Tabela 3</b> - Valores médios de comprimento de raízes em cm . 200cm <sup>-2</sup> , por camada e por arranjo vertical do porta-enxerto Citrumelo Swingle.....	24
<b>Figura 1</b> - Distribuição radicular em profundidade dos porta enxertos Limão Cravo, Citrumelo Swingle e Flying Dragon.....	26

### CAPÍTULO II

<b>Tabela 1</b> - Medidas descritivas dos atributos de solo na área do porta-enxerto Limão Cravo .....	38
<b>Tabela 2</b> - Medidas descritivas dos atributos de solo na área do porta-enxerto Citrumelo Swingle .....	38
<b>Tabela 3</b> - Medidas descritivas dos atributos de solo na área do porta-enxerto Flying Dragon .....	39
<b>Tabela 4</b> - Correlação entre comprimento de raízes em cm . 200cm <sup>-2</sup> , do porta-enxerto Citrumelo Swingle, densidade e atributos químicos do solo .....	40

## RESUMO

A demanda crescente por lima ácida 'Tahiti' [*Citrus latifolia* (Yu.Tanaka) Tanaka] no Brasil, tem ocupado cada vez mais destaque no mercado interno e externo do país. Este fato tem levado órgãos gerenciadores da atividade agrícola brasileira a instituir programas visando melhoria na produtividade desse citro. Ao mesmo tempo, têm sido desenvolvidas pesquisas visando conhecer cada vez mais as características do limão 'Tahiti'. Dentre esses estudos destacam-se os que vêm sendo realizados sobre o sistema radicular, como também, os que pretendem conhecer o conjunto copa/porta-enxerto e suas relações com as condições de solo e ambiente das diversas regiões brasileiras. Visando contribuir com a produção do conhecimento, sobre o uso de porta-enxerto na produção de citros, os objetivos deste trabalho foram avaliar o comprimento radicular de três porta-enxertos para lima ácida 'Tahiti' [*Citrus latifolia* (Yu.Tanaka) Tanaka] - Limão Cravo (*C. limonia* Osbeck); Citrumelo Swingle [*P. trifoliata* (L.) Raf. x *C. paradisi* Macf.]; Flying Dragon (*P. trifoliata* (L.) Raf.var. (FD), como também correlacionar o comprimento das raízes desses porta-enxertos com densidade do solo e atributos químicos do solo. O trabalho foi realizado, entre julho e agosto de 2004, em plantio comercial no município de José de Freitas, Piauí, localizado a 04<sup>o</sup> 52' de latitude S e a 42<sup>o</sup> 42' de longitude W e altitude de 110 m. O clima predominante, segundo a classificação de Koppen, é Aw', muito quente e úmido do tipo seco. A temperatura média anual é de 27,0 °C; a umidade relativa anual é de 69,2 %; os totais pluviométricos anuais situam-se em torno 1.400 mm. As chuvas são mal distribuídas e irregulares ao longo do ano, com ocorrência de período chuvoso entre dezembro a maio e maior concentração deste entre fevereiro a abril. O solo é do tipo Neossolo Quartzarênico, e o relevo é predominantemente plano a suavemente ondulado. A área foi plantada em novembro de 2001, com irrigação feita por micro aspersão, utilizando-se um aspersor por planta, e lâmina de irrigação variável ao longo do ano, aplicando-se nos períodos de agosto a dezembro entre 4,8 a 5,6 mm/dia. A adubação é dividida em duas fases: em fundação, feita em todos os talhões, quando do plantio, com as seguintes quantidades de adubo/cova: super fosfato simples - 400 a 500 g; fritas BR 12 - 120 a 150 g; calcário - 1,0 a 2,0 kg; KCl - 120 a 150 g; adubo orgânico - 2,0 a 3,0 kg, e adubação de cobertura, iniciada após 45 dias do plantio, por via manual ou fertirrigação, utilizando uréia, KCl e sulfato de magnésio, e feitas de acordo com a análise de solo, duas vezes por ano. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, com três tratamentos (porta-enxertos) e quatro repetições (trincheiras). Foram abertas trincheiras a cerca de 0,4 m do colo das plantas selecionadas de cada um dos três porta-enxertos, onde foi colocado quadro-gabarito de madeira com divisórias feitas em arame nº 18, formando quadrículas de 0,1 m na profundidade e 0,2 m na largura, o que permitiu a delimitação do perfil em cinco camadas: 0,0 a 0,1; 0,1 a 0,2; 0,2 a 0,3; 0,3 a 0,4; 0,4 a 0,5 m, e em seis posições: 0,0 a 0,2; 0,2 a 0,4; 0,4 a 0,6, sendo três à esquerda e três à direita do colo da planta, formando quadrículas de 200 cm<sup>2</sup>, para obtenção de fotografias digitais. Estas fotografias, foram submetidas ao software SIARCS 3.0, para dimensionamento do sistema radicular, em cm.200cm<sup>-2</sup>. Os dados resultantes, expressos em centímetros de raiz por quadrícula de 200 cm<sup>2</sup> de área, foram submetidos à análise de variância através do programa SAS, 1986. Para comparação de médias entre

comprimento radicular dos porta-enxertos utilizou-se o teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade. Os resultados demonstraram a superioridade do sistema radicular do porta-enxerto Limão Cravo (*C. limonia* Osbeck), sobre Flying Dragon (*P. trifoliata* (L.) Raf.var. (FD) e Citrumelo Swingle [*P. trifoliata* (L.) Raf. x *C. paradisi* Macf.]. Num segundo momento deste trabalho foi estabelecida relação entre comprimento de raízes e atributos do solo. A metodologia para obtenção dos dados e estabelecimento da relação utilizou os procedimentos adotados na parte inicial do presente estudo (delineamento experimental, abertura de trincheiras e obtenção de fotos). Foram coletadas, em cada quadrícula, definida pelo quadro-gabarito de madeira, duas amostras de solo, sendo uma para determinação de densidade do solo, e outra para determinação dos teores de argila e dos atributos químicos: pH em água, Ca, Mg, H+Al, Al, K, Na, P, SB, CTC, V%, e MO. As fotografias foram submetidas ao software SIARCS 3.0 para dimensionamento do sistema radicular, em  $\text{cm} \cdot 200\text{cm}^{-2}$ , e as amostras de solo encaminhadas a laboratório para determinação dos níveis de cada um dos atributos. Os resultados expressos em centímetros de raiz por quadrícula de  $200 \text{ cm}^2$  de área, como também os resultados das análises de solo foram submetidos à análise de variância através do programa SAS, para estabelecimento da correlação entre comprimento radicular dos porta-enxertos e atributos de solo. Para comparação de médias utilizou-se o teste de Tukey, aos níveis de 1 e de 5% de probabilidade. Os resultados demonstraram que os atributos densidade do solo, pH em água, V%, MO, Ca, Na, CTC e H+Al tiveram correlação ao nível de 1% de probabilidade com o comprimento radicular, enquanto que SB, Al e P apresentaram correlação ao nível de 5% com o comprimento radicular.

**Palavras-chave:** Lima ácida, raízes, desenvolvimento radicular, imagens digitais, densidade do solo, porta-enxerto

## ABSTRACT

The increasing demand for acid lime 'Tahiti' [*Citrus latifolia* (Yu.Tanaka) Tanaka], in Brazil has occupied more and more prominence position in the internal and external market of the country. This fact has taken manager agencies of the Brazilian agricultural activity to institute programs being objectified to propitiate greater competitiveness to the producers of acid lime 'Tahiti' in Brazil. Parallel of this has been developed research aiming to know better the characteristics of the 'Tahiti' lemon. Amongst these studies stands out that come being carried through on the radicular system, as also, that who intend to know the pantry/rootstocks set and its relations with the soil conditions and environment of the several Brazilian regions. Aiming at contribute the production of this knowledge this work objectified was to availably the development of three rootstocks roots system - Cravo Lemon (*C. limonia* Osbeck); Citrumelo Swingle [*P. trifoliata* (L.) Raf. x *C. paradisi* Macf.]; Flying Dragon (*P. trifoliata* (L.) Raf.var. (FD) - for acid lime 'Tahiti'. The work was carried through, between July and August of 2004, in commercial plantation in the city of José de Freitas, Piauí, located 04<sup>o</sup> 52' of latitude S and 42<sup>o</sup> 42' of longitude W, 110 m altitude. The predominant climate, according to classification of Koppen, is Aw', hot and very humid of the dry type. The annual average temperature is of 27,0 °C; the annual relative humidity is of 69,2 %; the annual totals pluviométrics are placed in lathe 1,400 mm; rains badly are distributed and irregular to the long of the year, with occurrence of rainy period between December the May and greater concentration of these between February the April. The ground is of the type Neossolo Quartzarênico, and the relief predominantly plain is softly waved. The area was planted in November of 2001, the irrigation is made by micron aspersion, using one aspersor for plant, with blade of changeable irrigation to long of the year, applying in the periods of August the December enters 4,8 the 5,6 mm/dia. A fertilization is divided in two phases: foundation, made in all the areas when of the plantation, with the following amounts of products/plant: super simple fosfato - 400 to 500 g; fry BR 12 - 120 to 150 g; calcareous rock - 1,0 to 2,0 kg; KCl - 120 to 150 g; organic seasoning - 2,0 to 3,0 kg, and fertilization of covering, initiate after 45 days of the plantation, for saw manual or fertirrigation, using urea, KCl and magnesium sulphate, and made in accordance with the soil analysis, two times per year. The used experimental delineation was entirely casualizads, with three treatments (rootstocks) and four repetitions (trenches). Trenches had been opened about 0,4 m of the trunk of the each one selected plants of the three rootstocks, where was placed wooden picture-answer sheet with thick partition walls made in wire n<sup>o</sup> 18, forming grids of 0,1 m in the depth and 0,2 m in the width, what it allowed the delimitation of the profile in five layers: 0,0 to 0,1; 0,1 to 0,2; 0,2 to 0,3; 0,3 to 0,4; 0,4 to 0,5 m, and in six position with 0,2 m of width, for digital photograph attainment. These had been submitted to software SIARCS 3,0 for sizing of the radicular system, in cm.200cm<sup>-2</sup>, and the resultant data submitted to the analysis of variance through program SAS, and later to the test of Tukey, the level of 5% of probability for comparison of averages, demonstrating the superiority of the radicular system of the rootstocks Cravo Lemon on Flying Dragon and Citrumelo Swingle. At as a second moment of this work it was intended to establish a relation between length of roots of the radicular system and attributes of the soil, of the of three rootstocks root system for acid lime 'Tahiti' - Cravo Lemon (*C. limonia*

Osbeck); Citrumelo Swingle [*P. trifoliata* (L.) Raf. x *C. paradisi* Macf.]; Flying Dragon (*P. trifoliata* (L.) Raf.var. (FD). The methodology for attainment of the data for establishment of the intended relation used the procedures adopted in the initial part of this work (experimental delineation, trench opening and attainment of photos). Two samples of soil were collected for determination level of clay e of the attributes soil density, pH in water, Ca, Mg, K, Na, SB, Al, H+Al, CTC, V%, P, and MO. The determination of the levels of each one of the attributes were realized in the laboratory. These data had been submitted the analysis of variance at cm.200cm<sup>-2</sup>, and the resultant data submitted to the analysis of variance through program SAS, and later to the test of Tukey, the level of of 5 and 1% of probability, for comparison of averages. The results showed level of 1% of probability of significance between length of the roots with the attributes soil density, pH in water, V%, MO, Ca, Na, CTC and H+Al, however SB, Al and P, showed level of significance of 5% with the length of the roots.

**Word-key:** Acid lime, roots, radicular development, digital images, soil density, rootstocks

## 1. INTRODUÇÃO

A produção de frutas no Brasil ocupa área de 2,2 milhões de ha. Essa atividade gera receita de R\$ 14 bilhões (IBGE, 2004), o que coloca o Brasil numa das últimas posições na produção mundial de frutas, participando somente com cerca de 1% do volume exportado mundialmente. Embora sejam baixas as exportações brasileiras de frutas frescas, pode-se considerar que o País tem potencial para maior produção e conseqüentemente maior exportação nesse segmento do agronegócio, que em 2004 exportou 848.308.636 kg, gerando uma receita de US\$ 369.755.744 (IBRAF, 2004).

O estado de São Paulo apresenta predomínio na produção de frutas frescas, em área cultivada 34%, em volume produzido em t. 49% e no total do valor do volume comercializado, 37%. O estado se destaca também em área plantada, 60%, quantidade produzida, 70% e no total do valor de volume comercializado, 67% de citros (IBGE, 2004). No entanto, vários estados do Nordeste vem-se destacando na produção e comercialização de frutas tropicais, especialmente citros, pois a região oferece luz e calor o ano inteiro, além de água em quantidade e qualidade para a irrigação, o que tem possibilitado a expansão desse cultivo (PASSOS et al., 2002). Os plantios também se desenvolvem em larga escala administrados em bases empresariais, sendo a produção destinada a atender a região Nordeste e ao mercado externo (BEZERRA, 1999).

O Brasil é o primeiro produtor mundial de citros e o maior exportador de suco concentrado congelado de laranja. Este, que é o principal produto do complexo agroindustrial da citricultura brasileira, gerou em 2004 cerca de 789 milhões de dólares, para a balança comercial brasileira, a partir de 1.010.258 t. exportadas (FAO, 2004).

A produção de lima ácida 'Tahiti' no Brasil tem aumentado consideravelmente nos últimos cinco anos, passando de 577.582 t. em 2000 para 1.000.000 t. em 2005. Mesmo assim, o Brasil ocupa apenas a 5ª colocação na produção mundial de limões e limas, participando com cerca de 9%, num volume total mundial estimado em torno de 11 milhões de toneladas (FAO, 2005), gerando cerca de R\$ 307 milhões de receita (IBGE, 2004).

Dada a importância que a produção de citros apresenta para o Brasil, e mais recentemente para o mercado piauiense, cujo volume vem apresentando significativo aumento, com amplas perspectivas de exportação para novos mercados, inclusive, para o mercado americano, faz-se necessário o desenvolvimento de estudos que visem conhecer, tanto os aspectos agrônômicos, quanto econômicos e sociais envolvidos no processo de produção do limão 'Tahiti'. Estudos dessa natureza são importantes para a seleção de material genético e orientação de tratamentos culturais como irrigação localizada, adubação e manejo de solo. Partindo dessas considerações, o presente trabalho teve por objetivos avaliar o desenvolvimento radicular de três porta-enxertos para lima ácida 'Tahiti' - Limão Cravo (*C.limonia*, Osbeck), Citrumelo Swingle (*P. trifoliata* (L.) Raf.) e Flying Dragon (*P. trifoliata* (L.) Raf.) var. Flying Dragon e, posteriormente, correlacionar esse desenvolvimento com alguns atributos do solo, nas condições ambientais do município de José de Freitas, da microrregião de Teresina, no estado do Piauí.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1. Importância da citricultura no Brasil e no mundo

A produção mundial de citros é de aproximadamente 105 milhões toneladas por ano, oriunda de extensa área cultivada com 7,6 milhões de ha. A extensão da área plantada com citros supera, em grande parte, áreas plantadas com outras fruteiras tropicais e subtropicais como banana, maçã, manga, pêra, pêssego e mamão. Os maiores produtores de laranjas do mundo são o Brasil e os Estados Unidos, que juntos contribuem com cerca de 45% do total da produção mundial. Destacam-se, ainda, a África do Sul, Espanha e Israel, com produção de laranjas e tangerinas para o mercado *in natura*, e o México, com a lima ácida 'Tahiti'. Merecem referência, também, novos parques citrícolas emergentes na Ásia, como a China (FAO, 2005).

No Brasil, a produção de citros ocorre principalmente no Estado de São Paulo, onde se concentra em torno de 85% da produção brasileira de laranjas, cerca de 18,3 milhões de t. ocupando área de 820 mil ha. Destaca-se, igualmente, a produção do 'Tahiti' e de tangerina como a Ponkan e a Tangor Murcott da ordem de 2,15 milhões de toneladas. Outros estados como Bahia, Minas Gerais, Pará, Paraná e Rio Grande do Sul contribuem para o agronegócio dos citros com a produção, principalmente, de laranjas, tangerinas e 'Tahiti' (IBGE, 2004).

As laranjas representam a principal espécie cítrica cultivada no País (IBGE, 2004). A importância do cultivo dessa espécie deve-se ao grande mercado mundial importador de suco, que tem crescido em função do conhecimento das qualidades nutricionais da fruta. A produção de citros para consumo *in natura*, nos mercados interno e externo, tem-se destacado pela crescente melhoria na qualidade dos frutos. No caso do mercado interno, além do consumo da fruta, destaca-se a demanda por laranjas, tangerinas e limões para o preparo de suco fresco.

## 2.2. Lima ácida 'Tahiti'

### 2.2.1. Classificação e características da planta

O limoeiro 'Tahiti' é árvore de porte médio que atinge 4 m de altura. Tem tronco reto, copa densa e arredondada. A folhagem é verde densa e aromática. A floração ocorre durante quase todo o ano, principalmente nos meses de outubro e novembro. As flores pequenas e brancas, muito procuradas pelas abelhas melíferas constituem matéria prima da água de flor de laranjeira. Os frutos são ricos em vitamina C e possuem, ainda, vitaminas A e do complexo B, além de sais minerais, principalmente cálcio, potássio, sódio, e ferro. O limoeiro 'Tahiti' é uma das espécies de citros de maior precocidade, apresentando, em geral, já a partir do segundo ano, uma produção significativa. Na região do Recôncavo Baiano, a produtividade de um pomar com quatro anos de idade é, em média, de 300 frutos por planta, ou o equivalente a 24 kg. Aos oito anos, a produtividade alcança 1.200 frutos, ou 96 kg/planta. Os frutos do 'Tahiti' são ovalados, normalmente sem semente, têm peso médio de 70 g, altura de 5,5 a 7,0 cm, e diâmetro de 4,7 a 6,3 cm. A casca apresenta cor verde intensa a amarelada, podendo ser rugosa a lisa, com espessura variável e vesículas de óleo deprimidas. A polpa possui cor amarelo-esverdeada e textura firme. O teor de suco é alto, cerca de 50% em peso, com valores médios de sólidos solúveis de 9 °Brix, acidez de 6% e ratio de 1,5 (MATTOS JR. et al., 2005).

O óleo essencial extraído da casca tem grande emprego industrial como aromatizante de alimentos e ingrediente de perfumaria. Um dos grandes atrativos para o consumo do limão 'Tahiti' recai sobre as propriedades medicinais superiores, e características anti-oxidantes, atribuídas ao seu conteúdo de vitamina C, como estimulante da digestão e anti-séptico, tendo amplo uso em formulações homeopáticas. É também de grande utilização na culinária para o preparo de compotas limonadas e drinques e no tempero de pratos simples a sofisticados (MATTOS JR. et al., 2003).

Os citros compreendem um grande grupo de plantas do gênero *Citrus* e outros gêneros afins (*Fortunella* e *Poncirus*) ou híbridos da família Rutaceae, representado, na maioria, por laranjas (*Citrus sinensis*), tangerinas (*Citrus reticulata* e *Citrus deliciosa*), limões (*Citrus limon*), limas ácidas como o Tahiti (*Citrus latifolia*) e

o Galego (*Citrus aurantifolia*), e doces como a lima da Pérsia (*Citrus limettioides*), pomelo (*Citrus paradisi*), cidra (*Citrus medica*), laranja-azedada (*Citrus aurantium*) e toranjas (*Citrus grandis*). São originários principalmente das regiões sub-tropicais e tropicais do sul e sudeste da Ásia, incluindo áreas da Austrália e África. Foram levados para a Europa na época das cruzadas. Chegaram ao Brasil trazidos pelos portugueses, no século XVI (MATTOS JR. et al., 2005).

A classificação botânica do limão 'Tahiti', objeto deste trabalho, é: família Rutaceae, subfamília Aurantioideae, tribo Citreae, subtribo Citrinae, gênero *Citrus* e espécie *C. latifolia* (Yu. Tanaka) Tanaka). É um fruto de exploração econômica relativamente recente. Embora o local exato de sua origem seja desconhecido, é provável que tenha sido disseminado através do 'Tahiti', daí a sua denominação (MATTOS JR. et al., 2003).

### **2.2.2. Produção e produtividade**

O Brasil produziu 1.000.000 de toneladas de limão em 52 mil ha. Este volume colocou o País na 5<sup>a</sup> posição entre os principais produtores mundiais do grupo de limões e limas (FAO, 2005). O estado de São Paulo é o maior produtor da fruta no País, com área plantada de 33.460 ha, produzindo 780.392 toneladas, e gerando com esta atividade R\$ 223.182.000,00 de receita (IBGE, 2004).

O estado do Piauí conta com cerca de 205 ha de área plantada com limão 'Tahiti'. Apesar de ser considerada uma área pequena, representa muito em termos de emprego de mão de obra e de geração de renda, pois estima-se que cada ha cultivado gere um emprego direto e dois indiretos para a população piauiense (IBGE, 2004). Dados mais recentes obtidos em empresa instalada no município de José de Freitas, confirmam a expansão do cultivo do limão no Estado, pois somente esta empresa possui pomar plantado com 250 ha, emprega 200 pessoas, tendo exportado, em 2002 para a Europa, cerca de 980 toneladas, gerando receita bruta de US\$ 1 milhão, o que representou 10% do faturamento nacional com exportações de limão 'Tahiti'.

A produtividade média brasileira dos pomares de 'Tahiti' é de cerca de 20 toneladas por hectare (IBGE, 2004). Contudo, propriedades que adotam estratégias adequadas de produção, como manejo nutricional, irrigação, tratamento fitossanitário

e procedimentos adequados de colheita, têm obtido produtividade superior a 40 toneladas por hectare (MATTOS JR. et al., 2003).

Os sistemas de produção agrícola têm-se modificado a partir de novos avanços produzidos pelo desenvolvimento tecnológico, como também, e mais recentemente, a partir da pressão do consumidor, por produtos saudáveis, e por compromissos para com a promoção social e a preservação ambiental.

Apesar da citricultura piauiense já adotar alguns desses procedimentos, pode-se destacar ainda como um dos principais entraves ao desenvolvimento deste segmento do agronegócio, a definição de porta-enxerto que melhor compatibilize interações com outros fatores viabilizadores de melhores níveis de produtividade.

### **2.3. Porta-enxertos**

Uma das decisões mais importantes no manejo do pomar é a escolha do porta-enxerto que, além de compatibilidade com a copa, deve ser o mais adaptado possível ao ecossistema. A escolha de um determinado porta-enxerto deve ser precedida, não só da análise das suas características desejáveis, como também da sua condição de adaptação ao meio ambiente. Como os porta-enxertos, em geral, diferenciam-se quanto à tolerância aos estresses ambientais e aos fatores de solo, eles surgem como uma das alternativas de manejo da cultura para a minimização desses problemas. A característica de adaptação dos diferentes materiais está, principalmente, relacionada ao volume total, configuração e distribuição lateral do sistema radicular e em profundidade no solo devido à importância das raízes na absorção de água e nutrientes, no processo respiratório e na possibilidade de rompimento de camadas adensadas (CINTRA et al., 1999).

As características físicas e químicas do solo, a presença de zonas de impedimento próximas à superfície, a adequação às condições climáticas e o conhecimento das taxas de crescimento e extensão do sistema radicular e da sua distribuição no solo, são alguns dos principais fatores a serem considerados quando da seleção de porta-enxertos de citros (CASTLE et al., 1989). O porta-enxerto é importante para a sustentação da planta e absorção de água e nutrientes do solo. No caso dos citros, tem-se observado que o porta-enxerto determina importantes

características ao conjunto copa/porta-enxerto, como tolerância a períodos de estresse hídrico, acidez elevada do solo e alta saturação de alumínio (PACE; ARAÚJO, 1986).

Existem poucos estudos sobre porta-enxertos para 'Tahiti', com predomínio em maior escala da utilização do Limão Cravo (MATTOS JR. et al., 2003). Em razão disso, foram selecionados para este estudo, além do Limão Cravo, os porta-enxertos Flying Dragon e Citrumelo Swingle, cujas características são as seguintes: Limão Cravo (*C. limonia* Osbeck), apresenta boa adaptação à solos arenosos e ligeiramente ácidos, tem alta tolerância à seca, boa resistência à gomose de tronco e de raízes, mas é suscetível ao declínio dos citros e a morte súbita dos citros, induz maturação precoce dos frutos (MATTOS JR. et al., 2005); Flying Dragon (*P. trifoliata* (L.) Raf. var. (FD), apresenta como característica desejável a indução ao nanismo do conjunto copa/porta-enxerto (FIGUEIREDO; STUCHI, 2003); Citrumelo Swingle [*P. trifoliata* (L.) Raf. x *C. paradisi* Macf.]: mostra bom desempenho em solos arenosos e argilosos, possui boa tolerância à seca, alta resistência à gomose de tronco e de raízes, favorece a produção de frutos de alta qualidade, é pouco afetado pelo declínio e tolerante à morte súbita dos citros, induz maturação dos frutos mais tardia que a apresentada pelo limão Cravo (MATTOS JR. et al., 2005).

#### **2.4. Sistema Radicular e sua relação com atributos do solo**

As raízes – a parte escondida das plantas – desempenham importantes funções durante o ciclo biótico do vegetal: absorção de água e nutrientes; respiração; produção de aminoácidos, proteínas, hormônios e outras substâncias orgânicas; excreção de açúcares, ácidos orgânicos e componentes minerais; exercem influência ativa na passagem de íons absorvidos no meio, suprindo a parte aérea da planta com produtos de sua conversão; contribuição para a agregação das partículas e abertura de canais ao longo do perfil do solo, beneficiando sua estrutura; são responsáveis pela fixação da planta no solo (REZENDE et al., 2002).

Historicamente, o estudo de processos subterrâneos, envolvendo crescimento de raiz e cinética de absorção de água e de nutrientes, têm sido um grande desafio para cientistas, na medida em que o solo provê uma barreira para a

observação e avaliação *in loco* dos processos fisiológicos associados à raiz. Via de regra, a planta ou segmentos da raiz são removidos do substrato, perdendo-se a continuidade física com a rizosfera adjacente e a comunidade microbiana associada. Se pouco ainda se conhece sobre os mecanismos de desenvolvimento do caule, muito menos se sabe sobre os da raiz. Comparativamente, a gama de informações sobre o desenvolvimento da raiz é exígua, perto do que se sabe sobre a parte aérea (MATTA, 1999).

Qualquer alteração significativa que ocorra na estrutura do solo, seja por compactação, seja por outro processo, provocará mudanças nas relações solo-ar-água, na resistência mecânica e na própria temperatura do solo e, em consequência, na resposta do solo em termos de comportamento físico ao crescimento das plantas (PEDROTTI; DIAS JR., 1996). A compactação do solo modifica a quantidade e distribuição dos tamanhos de poros alterando a quantidade e o fluxo de água no solo, aumentando a resistência à penetração do solo, reduzindo a aeração, influenciando no desenvolvimento das raízes, prejudicando suas atividades metabólicas e, como consequência, diminuindo a qualidade e quantidade dos produtos agrícolas colhidos (PEDROTTI et al., 2005).

As taxas de crescimento, a extensão, a distribuição e o volume total das raízes constituem informações fundamentais para aperfeiçoar tratamentos culturais como adubação, irrigação localizada e subsolagem (NEVES et al., 1998; CARVALHO et al., 1999; MACHADO; COELHO, 2000). Desse modo, alguns atributos do solo podem alterar o crescimento radicular, como temperatura, umidade, energia de retenção da água, textura, densidade do solo, distribuição de tamanhos de poro, resistência do solo à penetração, acidez e fertilidade do solo. No que diz respeito aos atributos físicos do solo, a aeração e a resistência à penetração têm sido considerados como os principais fatores a afetar o crescimento radicular (REZENDE et al., 2002).

Se os solos são profundos, porém apresentam camadas de impedimento, são pobres em nutrientes, e o suprimento de água é irregular nas diversas fases de crescimento, o estoque de água e os nutrientes realmente disponíveis para as plantas passam a ser regulados, em grande parte, pelas características do sistema radicular da espécie cultivada (CINTRA et al., 1999).

Em solos compactados, pode-se esperar redução da extensão do sistema radicular. Esse mesmo efeito é também esperado em solos ácidos devido à diminuição de absorção de nutrientes pela ocorrência de elementos tóxicos como o alumínio, ou pela própria deficiência de nutrientes, principalmente fósforo e cálcio (ANGHINONI; MEURER, 1999).

Em solos bem drenados, tem sido observado que o crescimento das raízes pode atingir entre 120 a 150 cm de profundidade, porém a maior concentração situa-se entre 60 e 90 cm (MOREIRA, 1983).

Estudos do sistema radicular têm demonstrado grande diferença entre as espécies na forma, quantidade, profundidade de enraizamento e suscetibilidade à compactação do solo (KEMPER, 1981).

O crescimento das plantas de citros depende de propriedades físicas do solo tais como porosidade, drenagem, aeração, densidade do solo, textura, capacidade de retenção de água, estrutura, profundidade do solo, capacidade de infiltração e outros fatores que facilitam ou dificultam o crescimento das raízes (KOLLER, 1994).

As raízes podem responder a ocorrência de condições físicas restritivas no solo e enviar sinais para a parte aérea de modo a controlar o crescimento da planta. Exemplo disso é a compactação do solo que afeta diversos fatores e ocasiona diferentes respostas nas plantas, principalmente no sistema radicular (SILVA et al., 2004). No entanto, há incertezas quanto aos limites de atributos físicos do solo que provocam redução do crescimento radicular e, conseqüentemente, redução de produtividade (SILVA, et al., 2000).

A maioria das raízes das plantas frutíferas distribui-se horizontalmente num raio de 200 cm, sendo que a maior concentração de radículas situa-se a 50 cm de profundidade (ATKINSON, 1980).

Cintra et al., (1999), estudando distribuição do sistema radicular de porta-enxertos de citros em ecossistema de tabuleiro costeiro, encontrou que, Independentemente do porta-enxerto, as raízes se concentram nos primeiros 0,4 m de profundidade (90% de todo o sistema radicular) e que 61% distribuem-se nos primeiros 0,2 m, a partir da superfície do solo.

No Brasil há poucos estudos sobre o sistema radicular de porta-enxertos cítricos, tendo sido realizadas algumas pesquisas para as condições de São Paulo

(VIEIRA; GOMES, 1999), Rio de Janeiro (PACE; ARAÚJO, 1986) e Sergipe (CINTRA et al., 1999).

## **2.5. Principais classes de solos utilizados para o cultivo de citros no Brasil**

Os solos mais apropriados para o cultivo de citros são os profundos, permeáveis e com boa fertilidade (pouco ácidos com pH entre 5 e 6 e com ampla reserva de nutrientes), pois permitem maior desenvolvimento das árvores e maior produção de frutos. Constituem condições desfavoráveis às plantas: solos pouco profundos de textura muito argilosa, que favorecem o encharcamento nas partes mais baixas do terreno, ou a compactação de camadas subsuperficiais que limitam o desenvolvimento do sistema radicular; solos arenosos e pedregosos, cuja capacidade de retenção de água é baixa; e também solos alcalinos, ácidos e salinos que também limitam o desenvolvimento das raízes (MATTOS JR. et al., 2005). A aptidão dos solos recomendados para citros deve ser definida em termos de profundidade, compactação (compactação e ou adensamento), drenagem interna e disponibilidade de água (REZENDE et al., 2002).

As principais classes de solos, onde predomina a citricultura brasileira, compreendem os Latossolos, os Argissolos e os Neossolos. Entretanto, observa-se, em menores proporções, a ocorrência de plantios em Alissolos, Cambissolos e Nitossolos (MATTOS JR. et al., 2005).

## **2.6. Uso de imagens digitais para avaliação do desenvolvimento do sistema radicular das culturas**

Na tentativa de avaliar a distribuição de raízes in situ, tem sido utilizado o método da trincheira ou parede do perfil, que consiste em cavar uma trincheira ao lado da planta e remover uma fina camada da parede do perfil, de modo a expor as raízes, que depois são contadas e registradas em desenhos ou tabelas (BÖHM, 1979).

A utilização de métodos convencionais limita a leitura e a interpretação do sistema radicular exposto com a abertura de trincheiras. Por isso, segundo Crestana, et al., (1994), para classificar e quantificar os efeitos dos agentes de alteração do solo necessita-se da utilização de novas tecnologias e métodos modernos de investigação que permitam principalmente manejá-los adequadamente de forma a evitar tais efeitos, pois as técnicas convencionais têm-se mostrado limitadas diante da complexidade da relação solo-planta-ambiente, e de suas características físicas, químicas e biológicas. Novos métodos, como por exemplo, o uso de imagens digitais vem auxiliar e contribuir para uma melhor compreensão dessa relação.

A motivação ao estudo de técnicas de processamento e análises de imagens aplicadas à pesquisa agropecuária, tais como estudo das raízes, morfologia do solo, doenças foliares, dentre outras, surge da possibilidade de obtenção de informações complementares às técnicas experimentais convencionais, de tempo e custos muito elevados. Assim a realização de imagens digitais permite o desenvolvimento de ferramentas mais precisas, rápidas e a custo reduzido (JORGE; CRESTANA, 1996).

### 3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANGHINONI, I.; MEURER, E.J. Eficiência de absorção de nutrientes pelas raízes. In: WORKSHOP SOBRE SISTEMA RADICULAR: METODOLOGIAS E ESTUDO DE CASOS, L., Aracaju, 1999. **Anais...** Aracaju: EMBRAPA, 1999. p.57-87.

ATKINSON, D. The distribution and effectiveness of the roots of tree crops. **Horticultural Reviews**, v.2, p.424-490, 1980.

BEZERRA, J. A. Pomares do futuro. **Globo Rural**, Rio de Janeiro, v.14, n. 162, p. 61-63. 1999.

BÖHM, W. **Methods of studying root systems**. New York: Springer-Verlag, 1979. 194p. In: JORGE, L.A. de C. Descrição detalhada do método de trincheira com produção de imagens digitais para o uso do SIARCS. WORKSHOP SOBRE SISTEMA RADICULAR: METODOLOGIAS E ESTUDO DE CASOS, L., Aracaju, 1999. **Anais...** Aracaju: EMBRAPA, 1999. p.255-268.

CARVALHO, J.E.B. de.; SOUZA, L.da S.; JORGE, L.A.de C.; RAMOS, W.F.; NETO, A.de O.C.; ARAÚJO, A.M.de A.; LOPES, L.C.; JESUS, M.S.de. Manejo de cobertura do solo e sua interferência no desenvolvimento do sistema radicular da laranja 'Pêra'. **Revista Brasileira Fruticultura**, v.21, n.2, p.140-145, 1999.

CASTLE, W.S.; TUCKER, D.R.H.; KREZDORN, A.H.; YUTSEY, C.O. **Rootstocks for Florida citrus**: rootstock selection the first step to success. Gainesville: University of Florida, Institute of Food and Agricultural Sciences, 1989. 48p.

CINTRA, F.L.D.; LIBARDI, P.L.; JORGE, L.A. de C. Distribuição do sistema radicular de porta-enxertos de citros em ecossistema de tabuleiro costeiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**. Jaboticabal. V.21, n.3, p. 313-317, 1999.

FAO **Produção primária industrializada**: suco concentrado de laranja, 2004. Disponível em:

<http://faostat.fao.org/faostat/servlet/XteServlet3?Areas=21&Items=492&Elements=91&Years=2004&Format=Table&Xaxis=Years&Yaxis=Countries&Aggregate=&Calculate=&Domain=SUA&ItemTypes=Trade.CropsLivestockProducts&language=EM>, acesso em: 19 maio 2006, 17 : 10.

----- **Produção primária de citros 2005**. Disponível em:

<http://faostat.fao.org/faostat/servlet/XteServlet3?Areas=21&Items=497&Elements=51&Years=2005&Format=Table&Xaxis=Years&Yaxis=Countries&Aggregate=&Calculate=&Domain=SUA&ItemTypes=Production.Crops.Primary&language=EN>, acesso em 19 maio de 2006, 16: 48.

FIGUEIREDO, J.O.;STUCHI, E. S. **Lima ácida Tahiti**. Campinas: Instituto Agrônômico. Centro Avançado de Pesquisa Tecnológica do Agronegócio de Citros “Sylvio Moreira”, 2003.

IBGE, **Produção agrícola municipal, 2004**. Disponível em: [ftp://ftp.ibge.gov.br/Producao\\_Agricola/Producao\\_Agricola\\_Municipal\\_%5Banual%5D/2004/](ftp://ftp.ibge.gov.br/Producao_Agricola/Producao_Agricola_Municipal_%5Banual%5D/2004/), acesso em: 03 dez 2005, 10 : 38.

IBRAF, **Exportação brasileira de frutas frescas, 2004**. Disponível em: [http://www.ibraf.org.br/x-es/pdf/CEBFF\\_2004\\_2005.pdf](http://www.ibraf.org.br/x-es/pdf/CEBFF_2004_2005.pdf), acesso em: 21 maio 2006, 17: 22.

KEMPER, B. Soil compaction and root growth in Paraná. In: RUSSEL, R.S.; IGHE, K.; MEHTA, Y.R. **The soil/root system in relation to brazilian agriculture**. Londrina: Fundação IAPAR, 1981. p. 81-101.

KOLLER, O.C. **Citricultura**: laranja, limão, tangerina. Porto Alegre: Rígel, 1994. 446p.

MACHADO, C.C.; COELHO, R.D. Estudo da distribuição espacial do sistema radicular do limão ‘Cravo’ enxertado com lima ácida ‘Tahiti’. **Laranja**, v.21, n.2, p.359-380, 2000.

MATTA, F. M. Mecanismos fisiológicos associados ao desenvolvimento do sistema radicular das plantas. In: WORKSHOP SOBRE SISTEMA RADICULAR- METODOLOGIAS E ESTUDO DE CASOS, 1., 1999. Aracaju. **Anais...** Aracaju: EMBRAPA, 1999. p.19-45.

MATTOS JR, D. de.; DE NEGRI, D. J.; FIGUEIREDO, J.O. de. **Lima ácida Tahiti**. Campinas: Instituto Agrônômico. Centro Avançado de Pesquisa Tecnológica do Agronegócio de Citros “Sylvio Moreira”. Campinas, 2003.

----- **CITROS**: principais informações e recomendações de cultivo. Disponível em: <http://www.iac.sp.gov.br/Tecnologias/Citros/Citros.htm>, acesso em: 08 set 2005, 11:10.

MOREIRA, C.S. **Estudo da distribuição do sistema radicular da laranjeira ‘Pera’ Citrus sinensis (L.) Osbeck, com diferentes manejos de solos**. 1983. 97f. Tese (Livre Docência) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Universidade de São Paulo, Piracicaba,1983.

NEVES, C.S.V.J.; DECHEN, A.R.; FELLER, C.; ABI SAAB, O.J.G.; PIEDADE, S.M.S. Efeito do manejo do solo no sistema radicular de tangerineira ‘Poncã’ enxertada sobre limoeiro ‘Cravo’ em Latossolo roxo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.20, n. 2, . p.246-253, 1998.

PACE, C.A.M.; ARAÚJO, C.M. Estudo da distribuição do sistema radicular de porta-enxertos cítricos e solos podzolizados e sua relação com a formação de copas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 8., 1986. Brasília, DF, **Anais...** Brasília, DF: SBF, 1986. v. 1, p. 199-205.

PASSOS, O. S.; CUNHA SOBRINHO, A. P. da.; SOARES FILHO, W. dos S. **Lima àcida Tahiti**: uma alternativa para a citricultura do nordeste brasileiro. Cruz das Almas: EMBRAPA Mandioca e Fruticultura, 2002. 20p. (EMBRAPA CNPMF. Documentos, 101).

PEDROTTI, A. ; DIAS Jr., M.S. Compactação do solo: como evitá-la. **Agropecu. Catarinense**, v.9, n. 4, :50-52, 1996.

-----. SILVA, M.L.L.; MELO, C. O. V.; SANTOS, T. T.; NASCIMENTO, C. F. B.; SANTOS, C. S.; HOLANDA, F.S.R.; MELO, A.S. In: MANEJO DE UM ARGISSOLO E CULTURAS E SUA RELAÇÃO COM A DENSIDADE DO SOLO. 30., 2005, Recife. **Resumo...** Recife: SBCS, 2005. 1 CD-ROM.

REZENDE, J. de O.; MAGALHÃES, A. F. de J.; SHIBATA, R. T. ; ROCHA, E. S.; FERNANDES, J. C.; BRANDÃO, F. J. C.; REZENDE, V. J. R. P. **Citricultura nos solos coesos dos tabuleiros costeiros**: análise e sugestões. Salvador: SEAGRI/SPA, 2002, 97p. (Série Estudos Agrícolas, 3).

SILVA, A. P.; IMHOFF, S.; KAY, B. Resposta de plantas à resistência mecânica e porosidade de aeração de solos sob preparo convencional e plantio direto. **Sci. Agric.** v.61, n.4, p.451-456, 2004.

SILVA, V. R.; REICHERT, J. M.; REINERT, J. D.; SECCO, D.; SILVEIRA, M. Estado de compactação e sistema radicular de soja (*Glycine max* (L.) Merrill). In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA . XIII., 2000, Bahia. **"500 anos de uso do solo no Brasil"**. Ilhéus Bahia, 2000. 1 CD ROM.

VIEIRA, D.B.; GOMES, E.M. Determinação da profundidade efetiva do sistema radicular do limão 'Cravo' com copa de lima ácida 'Tahiti'. **Laranja**, v.20, n.2, p.419-431, 1999.

## 4.0 CAPÍTULO I

### Avaliação do sistema radicular de três porta-enxertos para lima ácida 'Tahiti' através do uso de imagens digitais<sup>1</sup>

Francisco Luis Gonçalves de Abrêu<sup>2</sup> Adeodato Ari Cavalcante Salviano<sup>3</sup>

#### Resumo

O objetivo deste trabalho foi avaliar o desenvolvimento radicular de três porta-enxertos para lima ácida 'Tahiti' [*Citrus latifolia* (Yu.Tanaka) Tanaka] - Limão Cravo (*C. limonia* Osbeck); Citrumelo Swingle [*P. trifoliata* (L.) Raf. x *C. paradisi* Macf.]; Flying Dragon (*P. trifoliata* (L.) Raf.var. (FD), no município de José de Freitas, Piauí, localizado a 04° 52' latitude S e 42° 42' longitude W, e altitude de 110m, onde predomina clima Aw'. Foram abertas trincheiras em três áreas, para colocação de quadro-gabarito de madeira, com divisórias de 0,1 m na profundidade por 0,2 m na largura, perfazendo cinco camadas na profundidade e seis posições na largura, definindo quadrículas de 200 cm<sup>2</sup> na parede das trincheiras, de onde foram obtidas fotografias digitais. Estas fotografias foram analisadas pelo software SIARCS 3.0 para dimensionamento do sistema radicular e os dados obtidos, submetidos à análise de variância através do programa SAS e posteriormente ao teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com três tratamentos (porta-enxertos) e quatro repetições (trincheiras). Os sistemas radiculares dos porta-enxertos tiveram concentração de 90% até a profundidade de 0,4 m, sendo que nos primeiros 0,2 m concentrou-se 60% do comprimento das raízes. O sistema radicular do limão Cravo demonstrou ser superior, em comprimento (cm.200 cm<sup>-2</sup>), aos dos porta-enxertos Flying Dragon e Citrumelo Swingle.

**Palavras-chave:** Desenvolvimento radicular, porta-enxerto, Limão Cravo, Citrumelo Swingle, Flying Dragon, lima ácida, imagens digitais.

---

<sup>1</sup> Parte da dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Piauí.

<sup>2</sup> Mestre em Agronomia.

<sup>3</sup> Prof. Dr. Departamento de Engenharia Agrícola e Solos, CCA/UFPI.

## Evaluation of three rootstocks root system for acid lime 'Tahiti' through the use of digital images

### Abstract

The objective of this work was to evaluate, the development of three rootstocks root system for acid lime 'Tahiti' [*Citrus latifolia* (Yu.Tanaka) Tanaka] - Cravo Lemon (*C. limonia* Osbeck); Citrumelo Swingle [ *P. trifoliata* (L.) Raf. x *C. paradisi* Macf. ]; Flying Dragon (*P. trifoliata* (L.) Raf.var. (FD) - in the soil conditions and of environment of the city of José de Freitas, Piauí, located on 04° 52' latitude S and 42° 42' longitude W and 110 m of altitude, where Aw' climate predominates. Trenches in three areas had been opened, for wooden rank with thick partition wall of 0,1m in the depth and 0,2 m in the width defining grids of 200 cm<sup>2</sup> in the wall of trenches, picture-answer sheet that of where had been gotten digital photographs. These photographs had been analyzed by software SIARCS 3,0 for sizing of the radicular system and the data gotten, submitted to the analysis of variance through program SAS and later to the test of Tukey, the level of 5% of probability. The used experimental delineation was entirely casualizads, with three treatments (rootstocks) and four repetitions (trenches). The radicular systems of the rootstocks had 90% concentration until the depth of 0,4 m, having been that in first the 0,2 m concentrated 60% of the length of the roots. The radicular system of the Cravo lemon demonstrated to be superior, in length (cm.200 cm<sup>2</sup>) to the ones of the rootstocks root system Flying Dragon and Citrumelo Swingle.

**Key-word:** Radicular development, rootstocks, Cravo Lemon, Citrumelo Swingle, Flying Dragon, acid lime, digital images.

### 1. Introdução

A participação do Brasil no mercado de frutas tropicais vem aumentando significativamente, destacando-se dentre estas, a lima ácida 'Tahiti', com cerca de 52.000 ha plantados, nos estados de São Paulo, Bahia, Rio de Janeiro, Sergipe e, mais recentemente, no Piauí (IBGE, 2004).

A área plantada com limão ‘Tahiti’ no estado do Piauí, apesar de ser considerada pequena, cerca de 205 ha (IBGE, 2004), entretanto, representa muito em termos de emprego de mão de obra e geração de renda, pois estima-se que cada hectare cultivado gere um emprego direto e dois indiretos para a população piauiense. A importância do sistema radicular sobre o desenvolvimento, crescimento e frutificação das espécies vegetais é um fato incontestável por ser este órgão a sede de alguns dos principais processos metabólicos que atuam no funcionamento geral da planta (CINTRA et al., 1999), o que torna imprescindível a realização de estudos para melhoria do nível de produtividade dessa cultura.

Estudos apontam que as raízes das plantas cítricas cultivadas em solos de textura uniforme, ao longo do perfil, e sem impedimento à resistência e à penetração, concentram-se principalmente entre 0,40 a 0,60 m de profundidade (RODRIGUEZ, 1980). Em solos bem drenados, maior concentração radicular situa-se entre 60 e 90 cm (MOREIRA, 1983).

No Brasil, foram realizadas pesquisas sobre o sistema radicular de porta-enxertos cítricos, para as condições de São Paulo (VIEIRA; GOMES, 1999), Rio de Janeiro (PACE; ARAÚJO, 1986) e Sergipe (CINTRA et al., 1999), na tentativa de se encontrar materiais adaptados aos diferentes ecossistemas. Com relação a porta-enxerto para lima ácida ‘Tahiti’, há poucos estudos, o que evidencia a predominância da utilização em maior escala do Limão Cravo, por induzir boa produtividade às plantas (MATTOS JR. et al., 2003).

No Piauí existem poucas pesquisas voltadas para plantio de citros. Como há viabilidade econômica para o agronegócio da lima ácida ‘Tahiti’ no Estado,

faz-se necessário a realização de pesquisas para que os produtores piauienses apresentem produto de melhor qualidade e possam competir, em condições de igualdade, com produtores de outros Estados. Levando em conta essas considerações, este estudo teve por objetivo avaliar o desenvolvimento radicular de três porta-enxertos para lima ácida ‘Tahiti’ - Limão Cravo (*C. limonia* Osbeck); Citrumelo Swingle [*P. trifoliata* (L.) Raf. x *C. paradisi* Macf.]; Flying Dragon (*P. trifoliata* (L.) Raf.var. (FD), no município de José de Freitas, Piauí.

## 2. Material e métodos

O trabalho foi realizado, entre julho e agosto de 2004, em plantio comercial no município de José de Freitas, Piauí, localizado a 04° 52’ de latitude S e a 42° 42’ de longitude W, altitude de 110 m. O clima predominante, segundo a classificação de Koppen, é Aw’, muito quente e úmido do tipo seco (JACOMINE et al., 1986). A temperatura média anual é de 27,0 °C; a umidade relativa anual é de 69,2 %; os totais pluviométricos anuais situam-se em torno 1.400 mm (BASTOS; ANDRADE JR., 2000); as chuvas são mal distribuídas e irregulares ao longo do ano, com ocorrência de período chuvoso entre dezembro a maio e maior concentração destas entre fevereiro a abril. O solo é do tipo Neossolo Quartzarênico (EMBRAPA, 1999) e o relevo é predominantemente plano a suavemente ondulado.

A área foi plantada em novembro de 2001, com lima ácida ‘Tahiti’ (*Citrus latifolia* Yu. Tanaka). A irrigação é feita por micro aspersão, utilizando-se

um aspersor por planta, com lâmina de irrigação variável ao longo do ano, aplicando-se nos períodos de agosto a dezembro entre 4,8 a 5,6 mm/dia.

A adubação é dividida em duas fases: fundação, feita em todos os talhões quando do plantio, com as seguintes quantidades de adubo/cova: super fosfato simples - 400 a 500 g; fritas BR 12 - 120 a 150 g; calcário - 1,0 a 2,0 kg; KCl - 120 a 150 g; adubo orgânico - 2,0 a 3,0 kg, e adubação de cobertura, iniciada após 45 dias do plantio, por via manual ou fertirrigação, utilizando uréia, KCl e sulfato de magnésio, e feitas de acordo com a análise de solo, duas vezes por ano.

O estudo foi realizado para avaliar o desenvolvimento radicular de três portas-enxertos: Limão Cravo (*C. limonia* Osbeck) e Citrumelo Swingle [*P. trifoliata* (L.) Raf. x *C. paradisi* Macf.], espaçados 6,0 m na linha x 5,0 m na entrelinha e Flying Dragon (*P. trifoliata* (L.) Raf. var. (FD), espaçado 4,0 m na linha x 3,0 m na entrelinha.

A metodologia utilizada para determinação do comprimento das raízes dos porta-enxertos, baseou-se na técnica de processamento de fotografias digitais. As recomendações práticas para obtenção das fotografias no campo e para utilização do SIARCS 3.0 (Sistema Integrado para Análise de Raízes e Cobertura do Solo), programa de computador desenvolvido pela Embrapa Centro de Instrumentação Agropecuária, a partir do qual as fotografias foram tratadas, seguiram descrição de Jorge; Crestana (1996), e Jorge, (1996), e de documento que relata experiências para aquisição e tratamento de fotografias (CINTRA; NEVES, 1996).

Os principais procedimentos utilizados neste trabalho foram: abertura manual de doze trincheiras, com dimensões de 1,3 m de largura por 0,6 m de altura, distanciadas 0,40 m do tronco da planta, abertas em direção ao centro da entrelinha, sendo quatro trincheiras para cada porta-enxerto; nivelamento das trincheiras para tornar seu perfil mais uniforme; escarificação da parede da trincheira, com espátula metálica, para exposição das raízes; pintura das raízes com tinta látex spray para obtenção de maior contraste entre raízes e perfil; pré-umedecimento do perfil com pulverizador costal, visando aumentar o contraste entre raízes pintadas e parede da trincheira; colocação de quadro-gabarito de madeira, medindo 0,6 m por 1,2 m, com divisórias feitas em arame nº18, formando quadrículas com área de 200 cm<sup>2</sup>, tendo cada quadrícula 0,1 m de profundidade por 0,2 m de largura. A colocação do quadro gabarito possibilitou a divisão da profundidade em cinco camadas: 0,0 a 0, 1; 0,1 a 0, 2; 0,2 a 0, 3; 0,3 a 0,4 e 0,4 a 0,5 m, e cada camada em seis posições: 0,0 a 0, 2; 0,2 a 0,4 e 0,4 a 0,6 m, sendo três à esquerda e três à direita do colo da planta, respectivamente. As quadrículas foram fotografadas com câmara digital, com controle total da luz natural, utilizando-se flash da própria câmara para iluminação do perfil, o que possibilitou a obtenção de fotografias com bom grau de definição.

As fotografias foram armazenadas, em computador, em formato padrão Bitmap de 256 cores, e submetidas ao programa SIARCS 3.0. Posteriormente, deu-se continuidade à rotina do programa, analisando-se cada fotografia por quadrícula. Na análise da variável comprimento do sistema radicular, o programa gerou o esqueleto das raízes (esqueletonização), de modo que todas apresentassem

espessura de um pixel, o que uniformizou a medida de comprimento, independentemente do diâmetro das raízes.

O delineamento utilizado foi inteiramente casualizado com três tratamentos (três porta-enxertos), e quatro repetições (quatro trincheiras). Os resultados obtidos, expressos em centímetros de raiz por quadrícula de 200 cm<sup>2</sup> de área, foram submetidos à análise de variância usando-se o programa (SAS, 1986). Para comparação de médias de comprimento de raízes entre porta-enxertos utilizou-se o teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

### **3. Resultados e Discussão**

A avaliação da distribuição do sistema radicular do porta-enxerto Limão Cravo mostrou que a maior concentração de raízes está na camada de 0,1 a 0,2 m, representando 39,1 % do comprimento das raízes na profundidade de 0,50 m, seguida da camada de 0,0 a 0,1 m, com 23,3 %; as demais camadas, 0,2 a 0,3; 0,3 a 0,4 e 0,4 a 0,5 m, não diferenciaram entre si (Tabela1). Portanto, nos primeiros 0,2 m concentram-se 62,4% do comprimento das raízes. A explicação para a localização dessa densidade radicular deve estar no fato de que na faixa de solo de 0,0 a 0,2 m concentra-se maior quantidade de água proveniente de chuva e de irrigação e maiores aportes de nutrientes disponíveis às raízes, o que deve assegurar à planta maior capacidade de exploração do solo e, por conseguinte, maior absorção de água e nutrientes.

Observe-se que nos primeiros 0,4 m encontram-se 91,2 % do comprimento do sistema radicular, comprovando a afirmação de Rodriguez et al., (2002), de que plantas cítricas cultivadas em solos de textura uniforme, ao longo do perfil, e sem impedimento à resistência e à penetração, concentram as raízes principalmente entre 0,4 a 0,6 m de profundidade. Cintra et al. (1999), também, encontraram valores elevados nos primeiros 0,4 m de profundidade, mais de 90% do comprimento de raízes.

**Tabela 1** - Valores médios de comprimento de raízes em cm . 200cm<sup>2</sup>, por camada e por arranjo vertical do porta-enxerto Limão Cravo.

Camadas	Colo da Planta						Valor médio p/camada
	Lado esquerdo			Lado Direito			
	0,4-0,6 m	0,2-0,4 m	0-0,2 m	0-0,2 m	0,4-0,6 m	0,4-0,6 m	
0-0,1 m	192,9	177,4	216,2	237,3	350,9	276,8	241,9
0,1-0,2 m	361,0	391,0	408,9	476,9	446,9	351,4	406,0
0,2-0,3 m	186,1	138,7	213,1	155,3	164,1	83,1	156,7
0,3-0,4 m	47,0	82,5	160,0	197,7	259,8	103,5	141,8
0,4-0,5 m	22,5	38,7	93,1	82,5	167,3	142,1	91,0

O estudo da distribuição do sistema radicular do porta-enxerto Flying Dragon mostrou que a maior concentração está na camada de 0,1 a 0,2 m, representando 40,5 % do comprimento das raízes da profundidade estudada, seguida da camada de 0,2 a 0,3 m, com 28,19 %; as demais camadas, 0,0 a 0,1; 0,3 a 0,4 e 0,4 a 0,5 m, não diferenciaram entre si (Tabelas 2). Portanto, nos primeiros 0,2 m se concentram 54,1 % do comprimento das raízes. A explicação para este fato deve ser a de que na faixa de solo de 0,0 a 0,2 m se encontram as melhores condições de umidade e nutrientes disponíveis às raízes, o que deve assegurar à planta maior capacidade de exploração do solo e, por conseguinte,

maior absorção de água vinda da irrigação e de nutrientes fornecidos através da adubação.

Nos primeiros 0,4 m concentraram-se 94,3 % do comprimento do sistema radicular. Valores próximos a este foram também encontrados por Cintra et al., (1999), que trabalhou com porta-enxertos para citros, em solos de tabuleiro costeiro, em Sergipe.

**Tabela 2** - Valores médios de comprimento de raízes em cm . 200cm<sup>2</sup>, por camada e por arranjo vertical do porta-enxerto Flying Dragon.

Camadas	Colo da Planta						Valor médio p/camada
	Lado esquerdo			Lado Direito			
	0,4-0,6 m	0,2-0,4 m	0-0,2 m	0-0,2 m	0,4-0,6 m	0,4-0,6 m	
0,0-0,1 m	42,5	39,6	93,4	61,8	120,9	39,2	66,2
0,1-0,2 m	40,3	59,3	268,9	175,6	518,9	119,3	197,1
0,2-0,3 m	17,7	86,7	114,0	128,1	293,3	183,3	137,2
0,3-0,4 m	19,0	61,6	38,1	104,2	73,7	54,7	58,6
0,4-0,5 m	26,9	25,6	11,2	35,9	58,9	6,2	27,5

A distribuição do sistema radicular do porta-enxerto Citrumelo Swingle mostrou que a maior concentração está na camada de 0,1 a 0,2 m representando 31,78 % do comprimento das raízes da profundidade estudada, seguida da camada de 0,0 a 0,1 m, com 30,57 %. É importante observar que 62,3 % do comprimento das raízes concentra-se na profundidade até 0,2 m. A explicação para essa concentração deve-se ao fato de que na faixa de solo de 0,0 a 0,2 m está a maior disponibilidade de água e nutrientes para as raízes. As camadas, 0,2 a 0,3; 0,3 a 0,4 e 0,4 a 0,5 m, não diferenciaram entre si (Tabela 3).

**Tabela 3** - Valores médios de comprimento de raízes em cm . 200cm<sup>2</sup>, por camada e por arranjo vertical do porta-enxerto Citrumelo Swingle.

Camadas	Colo da Planta						Valor médio p/camada
	Lado esquerdo			Lado Direito			
	0,4-0,6 m	0,2-0,4 m	0-0,2 m	0-0,2 m	0,4-0,6 m	0,4-0,6 m	
0,0-0,1 m	93,5	106,9	182,0	47,9	92,2	85,2	101,30
0,1-0,2 m	30,9	141,0	131,7	159,3	87,6	81,4	105,30
0,2-0,3 m	43,1	64,2	78,5	67,2	68,9	80,8	62,12
0,3-0,4 m	6,9	44,9	19,6	19,9	32,9	26,9	25,20
0,4-0,5 m	4,0	11,8	46,6	92,4	54,9	14,9	37,40

Observe-se que nos primeiros 0,4 m de profundidade concentraram-se 88,7 % do comprimento do sistema radicular. Cintra et al. (1999), encontraram valores de mais de 90% do comprimento de raízes de porta enxerto nos primeiros 0,4 m.

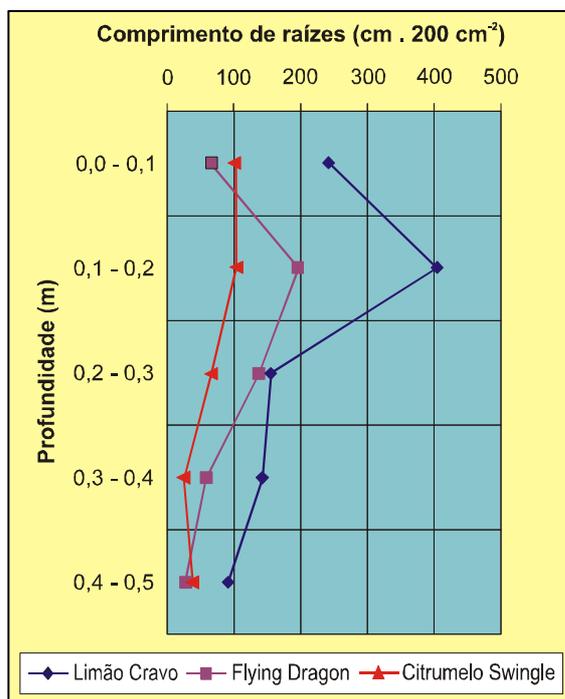
Analisando-se conjuntamente os três porta-enxertos Limão Cravo, Flying Dragon e Citrumelo Swingle (Tabelas 1, 2 e 3), observou-se que há maior concentração de raízes nos primeiros 0,4 m de profundidade, cerca de 90% de toda a distribuição do sistema radicular, situação similar a encontrada por Cintra et al, (1999) e Cintra, (1997), em pesquisa sobre porta-enxertos para citros, em ecossistema de tabuleiro costeiro, em Sergipe. Em estudo sobre sistema radicular de citros em ecossistema de tabuleiro costeiro, na Bahia, Santana et al., (2006), encontraram 87% da concentração radicular (cm.cm<sup>-3</sup> de solo), situados na profundidade de 0,0 a 0,38 m. Essas observações são confirmadas por Cintra, (1997), que afirma que a maioria das raízes das plantas frutíferas distribui-se horizontalmente num raio de 200 cm, sendo que a maior concentração de radicelas situa-se a 50 cm de profundidade.

É importante ressaltar que os três porta-enxertos apresentaram similaridade quanto à concentração de raízes, com cerca de 60% destas reunidas nos primeiros 0,2 m de profundidade do total do perfil estudado.

Na comparação da distribuição radicular ao longo do perfil dos três porta-enxertos (Figura 1), constatou-se a superioridade do Limão Cravo sobre os demais, em todas as camadas. O comprimento de raízes, na camada de 0,1 a 0,2 m, atingiu valor maior que a soma de todas as camadas (22 % a mais de raízes), que Citrumelo Swingle, e pouco inferior à soma de todas as camadas do Flying Dragon (cerca de 83 % do total de raízes),  $486,6 \text{ cm} \cdot 200\text{cm}^{-2}$ , representando em termos percentuais 22% a mais e 83 % do total de raízes dos porta-enxertos.

O porta-enxerto Flying Dragon foi o que apresentou o segundo maior comprimento radicular ao longo do perfil, porém com uma densidade de raízes de menos da metade da encontrada no porta-enxerto Limão Cravo ( $1.037,4$  e  $486,6 \text{ cm} \cdot 200\text{cm}^{-2}$ , respectivamente).

O porta-enxerto Citrumelo Swingle, apresentou a menor densidade de raízes, dentre os três porta-enxertos estudados, e foi somente superior ao Flying Dragon, nas camadas de 0,0 a 0,1 m, com 53 % a mais, e de 0,4 a 0,5 m, com 36 % a mais de raízes, respectivamente; nas demais camadas apresentou valores inferiores ao Flying Dragon e ao Limão Cravo.



**Figura 1** – Distribuição radicular em profundidade dos porta enxertos Limão Cravo, Citrumelo Swingle e Flying Dragon.

Em relação aos três porta-enxertos observou-se que, independentemente da profundidade, o Limão Cravo apresentou o maior comprimento de raízes, pois, somente nas três primeiras camadas, este porta-enxerto concentrou (804,6 cm), praticamente o mesmo valor de comprimento radicular que os outros dois porta-enxertos, conjuntamente, em todas as camadas (817,92 cm). Dessa forma, pode-se inferir que o Limão Cravo, comparado ao Flying Dragon e ao Citrumelo Swingle, explora um maior volume de solo e é capaz de transferir ao conjunto copa-porta enxerto, maior produtividade do que os outros porta-enxertos estudados (Figura 1). Esses resultados corroboram as estatísticas do plantio comercial de onde foram coletados dados para realização deste trabalho, que indicavam, no ano de 2004,

produtividades médias de Lima Ácida ‘Tahiti’ plantada sobre porta-enxerto Limão Cravo, de 5.700 kg/ha; sobre porta-enxerto Flying Dragon de 4.343 kg/ha e sobre porta-enxerto Citrumelo Swingle, de 4.000 kg/ha.

É importante destacar que os maiores valores médios de comprimento radicular encontrados situaram-se na região onde se concentra maior quantidade de água e nutrientes disponíveis às raízes, o que deve assegurar à planta maior capacidade de exploração do solo e, por conseguinte, maior absorção de água e nutrientes.

#### **4. Conclusões**

O sistema radicular do porta-enxerto Limão Cravo apresentou melhor desempenho do que o sistemas radicular dos outros dois porta-enxertos estudados, Flying Dragon e Citrumelo Swingle.

A concentração do sistema radicular em todos os porta-enxertos foi maior na camada de 0,40 a 0,50 m, cerca de 90%, sendo que nos primeiros 0,2 m concentraram-se cerca de 60% do comprimento das raízes.

#### **5. Referências Bibliográficas**

BASTOS, E.A.; ANDRADE JÚNIOR, A.S. **Dados agrometeorológicos para o município de Teresina, PI (1980-1999)**. Teresina: Embrapa Meio-Norte. 2000. 25p. (Embrapa Meio-Norte. Documentos, 47).

CINTRA, F. L. D.; LIBARDI, P. L.; JORGE, L. A. C. Distribuição do sistema radicular do citros em solo de tabuleiro costeiro. In: WORKSHOP SOBRE

SISTEMA RADICULAR: METODOLOGIAS E ESTUDO DE CASOS, L., Aracaju, 1999. **Anais...** Aracaju: EMBRAPA, 1999. p.179-89.

------. Distribuição do sistema radicular de porta-enxertos de citros em ecossistema de tabuleiro costeiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**. v.21, n.3, p. 313-317, 1999.

------. **Disponibilidade de água no solo para porta-enxertos de citros em ecossistema de tabuleiro costeiro**. 1997. 90f. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Universidade de São Paulo. Piracicaba, 1997.

------. NEVES, C. S. V. J. Aspectos metodológicos do estudo do sistema radicular de plantas perenes através de imagens. **Boletim Informativo da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, v.21, n.3, p.91-94, 1996.

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

IBGE. Produção agrícola municipal 2004. Disponível em: [ftp://ftp.ibge.gov.br/Producao\\_Agricola/Producao\\_Agricola\\_Municipal\\_%5Banua1%5D/2004/](ftp://ftp.ibge.gov.br/Producao_Agricola/Producao_Agricola_Municipal_%5Banua1%5D/2004/), acesso em 03 dez. 2005, 10:38.

JACOMINE, P. K.; CAVALCANTE, A. C.; PESSOA, S. C. P.; BURGOS, N.; MELO FILHO, H. F. R. DE; LOPES, O. F.; MEDEIROS, L. A. R. **Levantamento exploratório: reconhecimento de solos do Estado do Piauí**. Rio de Janeiro: EMBRAPA - SNLCS/ SUDENE, 1986. 2v.

JORGE, L.A.C.; CRESTANA, S. **Recomendações práticas para utilização do SIARCS 3.0 nos estudos de raízes, cobertura vegetal, folhas e outras aplicações**. São Carlos: EMBRAPA – CNPDIA, 1996. 23p. (EMBRAPA-CNPDIA. Recomendação Técnica, 4/96).

JORGE, L.A.C. (Coord.). **Recomendações práticas para aquisição de imagens digitais analisadas através do SIARCS**. São Carlos, SP: EMBRAPA – CNPDIA, 1996. 57p. (EMBRAPA – CNPDIA. Circular Técnica, 4/96).

MATTOS JR, D. de.; DE NEGRI, D. J.; FIGUEIREDO, J.O. de. **Lima ácida Tahiti**. Campinas: Instituto Agrônômico. Centro Avançado de Pesquisa Tecnológica do Agronegócio de Citros “Sylvio Moreira”. Campinas, 2003.

MOREIRA, C.S. **Estudo da distribuição do sistema radicular da laranjeira ‘Pera’ *Citrus sinensis* (L.) Osbeck, com diferentes manejos de solos**.

Piracicaba, 1983. 97f. Tese (Livre Docência)-Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Universidade de São Paulo. Piracicaba,1983.

PACE, C.A.M.; ARAÚJO, C.M. Estudo da distribuição do sistema radicular de porta-enxertos cítricos e solos podzolizados e sua relação com a formação de copas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 8., 1986. Brasília, Df, **Anais...** Brasília, DF: SBF, 1986. v. 1, p. 199-205.

RODRIGUEZ, O.; VIEGAS, F.; SILVA, L.; FONTES, L. E. F. Nutrição e adubação dos citros. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA.14., 2002. Cuiabá. **Anais...** Cuiabá: SBCS, 2002. 1 CD-Rom.

SANTANA, M. B.; SOUZA, L. DA S.; SOUZA, L. D.; FONTES, L. E. F. Atributos físicos do solo e distribuição do sistema radicular de citros como indicadores de horizontes coesos em dois solos de tabuleiros costeiros do estado da Bahia. **Rev. Bras. de Ci. do Sol.** v.30 n. 1, p.1-12, 2006.

SAS - Statistical Analysis System, **SAS System for linear models.** Cary: SAS Institute, 1986. 211p.

VIEIRA, D.B.; GOMES, E.M. Determinação da profundidade efetiva do sistema radicular do limão ‘Cravo’ com copa de lima ácida ‘Tahiti’. **Laranja**, v. 20, n.2, p.419-431, 1999.

## 5.0. CAPÍTULO II

### **Correlação entre o desenvolvimento do sistema radicular de três porta-enxertos para lima ácida ‘Tahiti’, densidade do solo, e atributos químicos do solo**

#### **Resumo**

O objetivo deste trabalho foi estabelecer correlação entre o desenvolvimento do sistema radicular de três porta-enxertos para lima ácida ‘Tahiti’ [*Citrus latifolia* (Yu.Tanaka) Tanaka] - Limão Cravo (*C. limonia* Osbeck); Citrumelo Swingle [*P. trifoliata* (L.) Raf. x *C. paradisi* Macf.]; Flying Dragon (*P. trifoliata* (L.) Raf.var. (FD) – e atributos do solo, nas condições de solo e ambiente do município de José de Freitas, Piauí. Foram abertas trincheiras para colocação de quadro-gabarito de madeira, com divisórias de 0,1 m na profundidade e 0,2 m na largura, o que definiu quadrículas de 200 cm<sup>2</sup> no perfil, de onde foram obtidas fotografias digitais e coletadas duas amostras de solo, por quadrícula. Os atributos estudados na correlação foram densidade do solo, pH em água, Ca, Mg, K, Na, SB, Al, H+Al, CTC, V, P, e MO. As fotografias foram submetidas ao software SIARCS 3.0 para determinar o comprimento radicular e as amostras de solo analisadas em laboratório. Os resultados foram submetidos à análise de variância através do programa SAS e ao teste de Tukey, para comparação de médias ao nível de 5% e de 1% de probabilidade. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com três tratamentos (porta-enxertos), e quatro repetições (trincheiras). Os atributos densidade do solo, pH em água, V%, MO, Ca, Na, CTC e H+Al tiveram correlação ao nível de 1% de probabilidade com o comprimento radicular dos porta-enxertos, enquanto que SB, Al e P apresentaram correlação ao nível de 5%.

**Palavras-chave:** Desenvolvimento radicular, lima ácida, Limão Cravo, Citrumelo Swingle, Flying Dragon, densidade do solo, atributos químicos, porta-enxerto.

## Correlation among of the three rootstocks root system for acid lime 'Tahiti', density and chemical attributes of the soil

### Abstract

The objective of this work was to establish correlation between the development of the radicular system of three rootstocks root system for acid lime 'Tahiti' [*Citrus latifolia* (Yu.Tanaka) Tanaka] - Cravo Lemon (*C. limonia*. Osbeck); Citrumelo Swingle [*P. trifoliata* (L.) Raf. x *C. paradisi* Macf. ]; Flying Dragon (*P. trifoliata* (L.) Raf.var. (FD) – soil density, the chemical attributes: pH in water, Ca, Mg, K, Na, SB, Al, H+Al, CTC, V, P, C, N, and MO, of commercial plantation in the city of José de Freitas, Piauí -located on 04° 52' latitude S and 42° 42' longitude W, and 110m of altitude, where Aw' climate predominates. Trenches had been opened, for wooden rank with thick partition wall of 0,1m in the depth and 0,2 m in the width defining grids of 200 cm<sup>2</sup> in the wall of trenches, picture-answer sheet that of where had been gotten digital photographs and collected two soil samples, for grid. The photographs had been submitted to software SIARCS 3,0 for sizing to radicular system and the soil samples analyzed in laboratory. The used experimental delineation was entirely casualizads, with three treatments (rootstocks) and four repetitions (trenches). The results had been submitted to the analysis of variance through program SAS and to the test of Tukey, for comparison of averages to the level of 5% and 1% of probability. The results showed level of significance between length of the roots with the attributes soil density , pH in water, V%, MO, Ca, Na, CTC e H+al, however SB, Al and P, showed level of significance of 5% with the length of the roots.

**Key-word:** Radicular development, acid lime, Cravo Lemon, Citrumelo Swingle, Flying Dragon, soil density, chemical attributs, rootstocks.

### 5.1 Introdução

A produtividade média brasileira dos pomares de 'Tahiti' é de cerca de 20 t. por hectare (IBGE, 2004), contudo, propriedades que adotam estratégias adequadas de produção, como manejo nutricional, irrigação, tratamento

fitossanitário e procedimentos de colheita, têm obtido níveis superiores a 40 toneladas por hectare (MATTOS Jr. et al., 2003).

As condições anteriormente citadas com relação a estratégias adequadas para alcançar níveis satisfatórios de produtividade, encontram-se presentes na produção do limão 'Tahiti, no plantio comercial de onde foram coletadas as informações para realização deste trabalho. Destaque-se dentre estas a procura por um porta-enxerto que melhor compatibilizasse as interações com todos os fatores que possam viabilizar melhores níveis de produtividade.

Os atributos do solo desempenham papel preponderante no comprimento das raízes. Assim, as informações, sobre desenvolvimento das raízes constituem ferramenta essencial capaz de identificar, dentre as plantas de uma espécie, a que tenha maior capacidade de potencializar características de crescimento e desenvolvimento na sua parte aérea, de modo que determinada espécie possa expressar o seu potencial genético.

A partir desse pressuposto, o objetivo deste trabalho foi estabelecer correlação entre o desenvolvimento do sistema radicular de três porta-enxertos para lima ácida 'Tahiti' (*Citrus latifóli* Yu.Tanaka) - Limão Cravo (*C. limonia* Osbeck); Citrumelo Swingle [*P. trifoliata* (L.) Raf. x *C. paradisi* Macf.]; Flying Dragon (*P. trifoliata* (L.) Raf.var. (FD) – densidade do solo, e teores dos atributos químicos: pH em água, Ca, Mg, K, Na, SB, Al, H+Al, CTC, V, P e MO, no município de José de Freitas, Piauí.

## 5.2. Material e Métodos

O trabalho foi realizado, entre julho e agosto de 2004, em plantio comercial no município de José de Freitas, Piauí, localizado a 04° 52' de latitude S e a 42° 42' de longitude W, e a 110 m de altitude. O clima predominante, segundo a classificação de Koppen, é Aw', muito quente e úmido do tipo seco (JACOMINE et al., 1986). A temperatura média anual é de 27,0 °C; a umidade relativa anual é de 69,2 %; os totais pluviométricos anuais situam-se em torno 1.400 mm (BASTOS; ANDRADE JR., 2000); as chuvas são mal distribuídas e irregulares ao longo do ano, com ocorrência de período chuvoso entre dezembro a maio e maior concentração entre fevereiro a abril. O solo é do tipo Neossolo Quartzarênico (EMBRAPA, 1999), com 8,1% de argila, e o relevo é predominantemente plano a suavemente ondulado.

A área foi plantada em novembro de 2001, com lima ácida 'Tahiti' (*Citrus latifolia* Yu. Tanaka). A irrigação é feita por micro aspersão, utilizando-se um aspersor por planta, com lâmina de irrigação variável ao longo do ano, aplicando-se nos períodos de agosto a dezembro entre 4,8 a 5,6 mm/dia.

A adubação é dividida em duas fases: fundação, feita em todos os talhões quando do plantio, com as seguintes quantidades de adubo/cova: super fosfato simples - 400 a 500 g; fritas BR 12 - 120 a 150 g; calcário - 1,0 a 2,0 kg; KCl - 120 a 150 g; adubo orgânico - 2,0 a 3,0 kg, e adubação de cobertura, iniciada após 45 dias do plantio, por via manual ou fertirrigação, utilizando uréia, KCl e sulfato de magnésio, e feitas de acordo com a análise de solo, duas vezes por ano.

O estudo foi realizado em área plantada com três porta-enxertos para lima ácida 'Tahiti' (*Citrus latifóli* Yu.Tanaka): Limão Cravo (*C. limonia* Osbeck) e Citrumelo Swingle [*P. trifoliata* (L.) Raf. x *C. paradisi* Macf.], espaçados 6,0 m na linha x 5,0 m na entrelinha e Flying Dragon (*P. trifoliata* (L.) Raf. var. (FD), espaçado 4,0 m na linha x 3,0 m na entrelinha - densidade do solo e dos atributos químicos: pH em água, Ca, Mg, K, Na, SB, Al, H+Al, CTC, V, P, C, N, e MO.

A metodologia utilizada para determinação do comprimento das raízes dos porta-enxertos, baseou-se na técnica de processamento de fotografias digitais. As recomendações práticas para obtenção das fotografias no campo e para utilização do SIARCS 3.0 (Sistema Integrado para Análise de Raízes e Cobertura do Solo), programa de computador desenvolvido pela Embrapa Centro de Instrumentação Agropecuária, a partir do qual as fotografias foram tratadas, seguiu descrição de Jorge; Crestana, (1996) e Jorge, 1996, e de documento que relata experiências para aquisição e tratamento de fotografias (CINTRA; NEVES, 1996).

Os principais procedimentos utilizados neste trabalho foram: abertura manual de doze trincheiras, com dimensões de 1,3 m de largura por 0,6 m de altura, distanciadas 0,4 m do tronco da planta, abertas em direção ao centro da entrelinha, sendo quatro trincheiras para cada porta-enxerto; nivelamento das trincheiras para tornar seu perfil mais uniforme; escarificação da parede da trincheira, com espátula metálica, para exposição das raízes; pintura das raízes com tinta látex spray para obtenção de maior contraste entre raízes e perfil; pré-umedecimento do perfil com pulverizador costal, visando aumentar o contraste

entre raízes pintadas e a parede da trincheira; colocação de quadro-gabarito de madeira, medindo 0,6 m por 1,2 m, com divisórias feitas em arame nº18, formando quadrículas com área de 200 cm<sup>2</sup>, tendo cada quadrícula 0,1 m de profundidade por 0,2 m de largura. A colocação do quadro gabarito possibilitou a divisão da profundidade em cinco camadas: 0,0 a 0,1, 0,1 a 0,2, 0,2 a 0,3, 0,3 a 0,4 e 0,4 a 0,5 m, e cada camada em seis posições: 0,0 a 0,2, 0,2 a 0,4 e 0,4 a 0,6 m, sendo três à esquerda e três à direita do colo da planta, respectivamente. As quadrículas foram fotografadas com câmara digital, com controle total da luz natural, utilizando-se flash da própria câmara para iluminação do perfil, o que possibilitou a obtenção de fotografias com bom grau de definição. Em cada quadrícula também foram feitas coleta de duas amostras de solo, sendo uma para determinação de densidade do solo pelo método do anel volumétrico, e outra amostra para determinação dos teores de argila, densidade do solo e dos atributos químicos do solo: pH em água, Ca, Mg, K, Na, SB, Al, H+Al, CTC, V%, P e MO (EMBRAPA, 1997).

As fotografias de cada quadrícula foram armazenadas, em computador, em formato padrão Bitmap de 256 cores e submetidas ao software SIARCS 3.0 (EMBRAPA, 1996) para determinar o comprimento radicular, através da esqueletonização das raízes, de modo que todas apresentassem espessura de um pixel, o que uniformizou a medida de comprimento, independentemente de seu diâmetro, e as amostras de solo, encaminhadas a laboratório para determinação dos níveis de cada parâmetro analisado.

O delineamento utilizado foi inteiramente casualizado com três tratamentos (três porta-enxertos), e quatro repetições (quatro trincheiras). Os resultados obtidos, expressos em centímetros de raiz por quadrícula de 200 cm<sup>2</sup> de área, e os resultados das análises de solo foram submetidos à análise de variância através do programa (SAS, 1986). Para comparação de médias e estabelecimento da correlação entre comprimento radicular dos porta-enxertos e atributos de solo utilizou-se o teste de Tukey, aos níveis de 1 e de 5% de probabilidade.

### **5.3. Resultados e Discussão**

A análise exploratória e individual dos conjuntos de dados de comprimento radicular e de atributos de solo por meio de medidas descritivas de posição e de dispersão é essencial para se ter uma visão geral do comportamento de cada variável.

#### **5.3.1 Medidas descritivas dos atributos do solo**

Média aritmética, mediana, média geométrica, entre outras, são medidas de posição ou tendência central que descrevem o equilíbrio ou centro de uma distribuição. Por outro lado, desvio padrão, amplitude e coeficiente de variação, são medidas de dispersão que visam fornecer o grau das observações, geralmente utilizando como padrão uma medida de tendência central (SALVIANO, 1996).

As medidas descritivas de atributos de solo são apresentadas nas tabelas 1, 2 e 3 e resumem o comportamento desses atributos em função do comprimento radicular de cada porta-enxerto.

As medidas de posição, média e mediana, nos três porta-enxertos, apresentaram valores muito próximos entre si para todos os atributos analisados, à exceção do P, cuja média apresentou-se com valores, aproximadamente sete vezes maiores do que os da mediana. Isso pode ser atribuído à grande variação existente na amplitude total, 0,66 a 589,36; 0,59 a 106,88 e 1,46 a 860,86  $\text{cmol}\cdot\text{dm}^{-3}$ , para os porta enxertos Limão Cravo, Citrumelo Swingle e Flying Dragon, respectivamente. A explicação para tal ocorrência talvez esteja no efeito residual das adubações localizada e de manutenção de P, ocasionando com isso valores extremamente altos em alguns resultados da análise, o que fica evidente nos elevados coeficientes de variação para esse atributo. Além disso, a ocorrência dessa grande variação comprova que a amplitude total, não é uma medida apropriada para representar a dispersão dos dados, pois é muito influenciada por valores perturbadores, além de considerar apenas dois valores do conjunto de dados.

Os menores valores de C.V foram observados para densidade do solo independentemente do porta enxerto. Outros atributos como Al nos três porta-enxertos e, especificamente, Ca, K e Na para Flying Dragon, apresentaram valores considerados altos de C.V. Os demais atributos tiveram valores de C.V. classificados como médios.

**Tabela 1** – Medidas descritivas dos atributos de solo na área do porta-enxerto Limão Cravo

<b>ATRIBUTOS</b>	<b>Média</b>	<b>Mediana</b>	<b>Desvio padrão</b>	<b>Valor mínimo</b>	<b>Valor máximo</b>	<b>C. V</b>
Dens.do solo	1,55	1,56	0,11	1,21	1,73	7,08
PH água	6,17	6,20	0,76	4,9	7,3	12,27
Ca	2,71	2,3	1,18	1,1	7,5	43,72
Mg	0,83	0,7	0,53	0,1	2,9	63,83
K	0,37	0,31	0,24	0,07	1,26	63,28
Na	0,69	0,76	0,31	0,06	1,71	44,37
SB	4,61	4,27	1,40	2,09	9,58	30,47
Al	0,05	0,05	0,05	0	0,2	97,53
H+Al	4,72	4,8	0,62	3,2	6,2	13,11
CTC	9,33	9,24	1,44	6,66	14,48	15,41
V%	48,55	47,44	8,26	30,82	70,36	17,02
P	30,98	5,13	66,28	0,66	589,36	213,94
M O	0,53	0,46	0,24	0,15	0,12	45,84

**Tabela 2** – Medidas descritivas dos atributos de solo na área do porta-enxerto Citrumelo Swingle

<b>ATRIBUTOS</b>	<b>Média</b>	<b>Mediana</b>	<b>Desvio padrão</b>	<b>Valor mínimo</b>	<b>Valor máximo</b>	<b>C. V.</b>
Dens. do solo	1,56	1,57	0,07	1,27	1,70	4,63
PH água	5,98	5,8	0,74	4,6	7,4	12,34
Ca	1,84	1,50	1,11	0,2	5,7	60,12
Mg	1,39	1,3	0,71	0,2	4,7	51,24
K	0,25	0,23	0,12	0,05	0,84	47,41
Na	0,37	0,26	0,27	0,07	1,14	72,31
SB	3,86	3,69	1,44	1,70	9,28	37,37
Al	0,06	0,05	0,05	0,05	0,55	79,15
H+Al	5,01	5	1,24	2,8	8,2	24,78
CTC	8,87	8,37	2,21	4,70	14,98	24,93
V%	42,99	43,35	8,29	21,82	61,95	19,29
P	7,71	1,95	14,88	0,59	106,88	193,03
M O	0,77	0,67	0,37	0,20	0,17	48,113

**Tabela 3** – Medidas descritivas dos atributos de solo na área do porta-enxerto Flying Dragon

<b>ATRIBUTOS</b>	<b>Média</b>	<b>Mediana</b>	<b>Desvio padrão</b>	<b>Valor mínimo</b>	<b>Valor máximo</b>	<b>C.V.</b>
Dens. do solo	1,55	1,57	0,09	1,16	1,70	5,83
PH água	5,82	5,7	0,88	4,4	7,5	15,09
Ca	2,41	1,7	1,88	0,3	7,5	78,09
Mg	0,89	0,7	0,54	0,1	3	60,79
K	0,35	0,24	0,30	0,04	1,38	85,28
Na	0,23	0,15	0,22	0,02	1,04	98,90
SB	3,88	3,02	2,32	1,25	10,08	59,95
Al	0,19	0,1	0,30	0	1,55	158,98
H+Al	6,14	6,2	1,31	2,9	8,8	21,40
CTC	10,01	9,73	2,05	5,99	14,89	20,47
V%	36,78	34,33	15,51	13,61	73,68	42,18
P	66,75	8,97	152,07	1,46	860,86	227,72
M O%	0,71	0,62	3,82	0,1	1,65	53,78

A correlação entre comprimento de raízes (cm/200cm<sup>2</sup>) dos três porta-enxertos e atributos do solo pode ser observada na tabela 4.

A correlação entre o comprimento radicular do porta-enxerto Limão Cravo deu-se ao nível de 1% com a densidade do solo, pH em água, V%, MO e Ca, e ao nível de 5% com SB, Al e H+Al. A correlação significativa e inversa da densidade do solo com o comprimento radicular demonstrou a sensibilidade desse porta enxerto ao adensamento do solo. O aumento nos teores de MO evidenciou maior crescimento radicular, o que pode favorecer maior agregação do solo.

O atributos pH em água, V%, MO, Al e H+Al mantêm estreita relação com a acidez do solo. Portanto, a correlação significativa com o comprimento radicular deveu-se, provavelmente, à aplicação de calcário na área pouco tempo antes da coleta de dados, o que possivelmente refletiu-se também nos atributos Ca e SB.

Em relação ao comprimento radicular do porta-enxerto Flying Dragon, somente H+Al e Na tiveram correlação significativa ao nível de 5% de probabilidade. A correlação de natureza inversa, com H+Al, mostrou sensibilidade do Flying Dragon à acidez do solo. A correlação com Na provavelmente ocorreu em função dos níveis desse elemento, presente no solo.

A correlação com o comprimento radicular do porta-enxerto Citrumelo Swingle e os atributos de solo pH em água, CTC, Na e H+Al deu-se ao nível de 1% de significância. Com os atributos Ca, SB, P e MO a correlação foi significativa ao nível de 5% de probabilidade. Esses resultados provavelmente podem estar refletindo o efeito da adubação com P e com a aplicação de calcário e gesso.

**Tabela 4** - Correlação entre comprimento de raízes em  $\text{cm} \cdot 200\text{cm}^{-2}$ , do porta-enxerto Citrumelo Swingle, densidade e atributos químicos do solo.

Atributos do Solo	Limão Cravo	Flying Dragon	Citrumelo Swingle
	Comprimento das raízes ( $\text{cm}/200\text{cm}^2$ )		
Densidade do solo	-0,28**	0,08	-0,09
pH água	0,42**	0,15	0,39**
Ca	0,26**	0,04	0,22*
Mg	-0,06	-0,01	-0,02
K	0,07	-0,15	0,01
Na	0,06	0,19*	0,26**
SB	0,22*	0,03	0,21*
Al	0,22*	-0,02	0,02
H+Al	-0,22*	-0,20*	0,23**
CTC	0,12	-0,09	0,27**
V%	0,30**	0,12	0,07
P	0,17	-0,06	0,19*
MO	0,29**	0,08	0,21*

\* Significativo ao nível de 5% de probabilidade.

\*\* Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

#### 5.4. Conclusão

O atributo P apresentou valor sete vezes maior entre as medidas de posição média e mediana, enquanto que os atributos densidade do solo, pH em água, Ca, Mg, K, Na, SB, Al, H+Al, CTC, V e MO apresentaram, com relação às mesmas medidas de posição, valores muito próximos entre si.

A correlação entre o comprimento radicular dos porta-enxertos estudados apresentou-se da seguinte forma: em relação ao Limão Cravo, os atributos densidade do solo, pH em água, V%, MO e Ca, tiveram correlação ao nível de 1% de probabilidade, e os atributos SB, Al e H+Al ao nível de 5% de probabilidade; em relação ao porta-enxerto Flying Dragon, os atributos H+Al e Na tiveram correlação ao nível de 5% de probabilidade; em relação ao porta-enxerto Citrumelo Swingle, os atributos pH em água, CTC, Na e H+Al, tiveram correlação ao nível de 1% de probabilidade, e os atributos Ca, SB, P e MO tiveram correlação ao nível de 5% de probabilidade.

#### 5.5. Referências Bibliográficas

BASTOS, E.A.; ANDRADE JÚNIOR, A.S. **Dados agrometeorológicos para o município de Teresina, PI (1980-1999)**. Teresina: Embrapa Meio-Norte. 2000. 25p. (Embrapa Meio-Norte. Documentos, 47).

CINTRA, F. L. D., NEVES, C. S. V. J. Aspectos metodológicos do estudo do sistema radicular de plantas perenes através de imagens. **Boletim Informativo da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, v.21, n.3, p.91-94, 1996.

EMBRAPA. CNPS. **Manual de métodos de análise de solo**. 2.ed. Brasília, DF, 1997. 212p.

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

IBGE. Produção Agrícola Municipal, 2004. **Produtividade média brasileira de pomares de limão Tahiti**, Rio de Janeiro, 2004. Disponível em: [ftp://ftp.ibge.gov.br/Producao\\_Agricola/Producao\\_Agricola\\_Municipal\\_%5Banua1%5D/2004/](ftp://ftp.ibge.gov.br/Producao_Agricola/Producao_Agricola_Municipal_%5Banua1%5D/2004/), acesso em 03 dez 2005, 10:38.

JACOMINE, P. K.; CAVALCANTE, A. C.; PESSOA, S. C. P.; BURGOS, N.; MELO FILHO, H. F. R. DE; LOPES, O. F.; MEDEIROS, L. A. R. **Levantamento exploratório: reconhecimento de solos do Estado do Piauí**. Rio de Janeiro: EMBRAPA - SNLCS/ SUDENE, 1986. 2v.

JORGE, L.A.C.; CRESTANA, S. **Recomendações práticas para utilização do SIARCS 3.0 nos estudos de raízes, cobertura vegetal, folhas e outras aplicações**. São Carlos, SP: EMBRAPA – C NPDI, 1996. 23p. (EMBRAPA-CNPDI. Recomendação Técnica, 4/96).

-----. **Recomendações práticas para aquisição de imagens digitais analisadas através do SIARCS**. São Carlos, SP: EMBRAPA – CNPDIA, 1996. 57p. (EMBRAPA- CNPDIA. Circular Técnica, 4/96).

MATTOS JR, D. de.; DE NEGRI, D. J.; FIGUEIREDO, J.O. de. **Lima ácida Tahiti**. Campinas: Instituto Agrônômico. Centro Avançado de Pesquisa Tecnológica do Agronegócio de Citros “Sylvio Moreira”. Campinas, 2003.

SALVIANO, A. A. C. **Variabilidade de atributos de solo e de *Crotalaria juncea* em solo degradado do município de Piracicaba**. 1996. 91f. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Universidade de São Paulo. Piracicaba, 1996.

SAS - Statistical Analysis System, **SAS System for linear models**. Cary: SAS Institute, 1986. 211p.