

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA
CAMPUS ITAQUI
CURSO DE GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

**TRANSPIRAÇÃO E CRESCIMENTO FOLIAR DE
LARANJEIRA EM RESPOSTA A FRAÇÃO DE ÁGUA
TRANSPIRÁVEL NO SOLO**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Caroline Farias Barreto

**Itaqui, RS, Brasil
2013**

CAROLINE FARIAS BARRETO

**TRANSPIRAÇÃO E CRESCIMENTO FOLIAR DE LARANJEIRA
EM RESPOSTA À FRAÇÃO DE ÁGUA TRANSPIRÁVEL NO SOLO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Agronomia da Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA), como requisito parcial para obtenção do grau de **Engenheiro Agrônomo**.

Orientador: Cleber Maus Alberto

Co-orientador: Juan Saavedra del Aguila

Itaqui, RS, Brasil
2013

B273t Barreto, Caroline Farias
Transpiração e Crescimento Foliar de Laranjeira em Resposta
a Fração de Água Transpirável no Solo / Caroline Farias
Barreto.

44 p.

Trabalho de Conclusão de Curso(Graduação)-- Universidade
Federal do Pampa, AGRONOMIA, 2013.

"Orientação: Cleber Maus Alberto".

1. Água nas Plantas. 2. Disponibilidade de Água no Solo. 3.
Cultura da Laranjeira e Porta-enxerto. 4. Deficiência Hídrica
nas Plantas de Citros. 5. Fração de Água Transpirável no Solo.
I. Título.

CAROLINE FARIAS BARRETO

**TRANSPIRAÇÃO E CRESCIMENTO FOLIAR DE LARANJEIRA EM
RESPOSTA A FRAÇÃO DE ÁGUA TRANSPIRÁVEL NO SOLO**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Graduação em
Agronomia da Universidade Federal do
Pampa (UNIPAMPA), como requisito
parcial para obtenção do grau de
Engenheiro Agrônomo.

Trabalho de conclusão de curso defendido e aprovado em: 02 de outubro de 2013.
Banca examinadora:

Prof. Dr. Cleber Maus Alberto
Orientador
Curso de Agronomia - UNIPAMPA

Prof. Dr. Enio Júnior Seidel
Curso de Estatística - UFSM

Prof. Dr. Juan Saavedra del Aguila
Curso de Bacharelado em Enologia - UNIPAMPA

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos meus pais, Roseli Farias e Carlos Martins pelo infinito apoio e incentivo na profissão, aos meus avôs Nilda Farias e José Maria Farias e a minha irmã Mayara.

AGRADECIMENTO

Aos meus pais, Roseli Farias e Carlos Martins, pelo carinho, cuidado e na confiança depositada que me proporcionaram a oportunidade de concretizar e encerrar mais uma jornada da minha vida. Agradeço por me transmitirem seus conhecimentos e experiência que contribuíram na minha caminhada.

Aos meus avós, Nilda e José Farias (*in memoriam*), que desde criança me acompanharam e permaneceram ao meu lado em todos os momentos da minha vida, sendo mais que avós, sendo segundos pais.

A minha irmã, Mayara que mesmo sendo pequena contribuiu para meus momentos de felicidade e proporcionou muitas alegrias nos finais de semana.

Ao meu namorado, Renan Zandoná por toda ajuda incessante no desenvolver desse trabalho e por todo apoio, paciência, compreensão e por me ajudar muitas vezes a achar soluções quando elas pareciam não existir.

Ao Prof. Dr. Cleber Maus Alberto e Prof. Dr. Juan Saavedra del Aguila pela paciência, ensino e confiança, além do incessante apoio nas pesquisas desenvolvidas. Agradeço também pela orientação por me exigirem muito mais do que eu supunha ser capaz de fazer.

Ao professor Enio Júnior Seidel pela ajuda e colaboração na decifração da estatística desse experimento.

Ao Grupo de Ensino, Pesquisa e Extensão em Fruticultura e Grupo de Estudo em Água e Solo pela ajuda e contribuição para a realização desta pesquisa.

A todos meus professores que me acompanharam durante o curso de Agronomia.

A todos meus colegas de curso pela amizade e o convívio diariamente.

EPÍGRAFE

"Um aspecto essencial da criatividade é
não ter medo de fracassar."

Dr. Edwin Land

RESUMO

TRANSPIRAÇÃO E CRESCIMENTO FOLIAR DE LARANJEIRA EM RESPOSTA A FRAÇÃO DE ÁGUA TRANSPIRÁVEL NO SOLO

Autor: Caroline Farias Barreto

Orientador: Cleber Maus Alberto

Local e data: Itaqui, 02 de outubro de 2013.

A água é fundamental para as plantas, sendo que qualquer restrição pode afetar o crescimento, desenvolvimento e a produção das culturas. O objetivo deste trabalho foi determinar a fração de água disponível no solo crítica para a transpiração e o crescimento foliar de mudas de laranjeira de acordo com o coeficiente de determinação da regressão linear. O experimento foi realizado em casa de vegetação na área experimental da Universidade Federal do Pampa, Campus Itaqui-RS. As mudas de laranjeira utilizadas foram da cultivar 'Jaffa' sobre porta enxerto *Poncirus trifoliata* com dois anos de idade. A água disponível, representada pela FATS, onde a transpiração foi medida diariamente e o crescimento foliar foi medido a cada dois dias durante o período de deficiência hídrica do experimento. O ajuste da regressão logística foi realizado utilizando-se o Programa R. Para a determinação do decrescimento linear, em que se inicia a redução da transpiração ou crescimento foliar relativo foi utilizado à avaliação do R^2 (coeficiente de determinação de uma regressão linear). Para a cultura da laranja a FATS crítica que começa a afetar a transpiração, indicativo do início do fechamento estomático foi de 0,9. Verificou-se que para a transpiração a FATS de 0,9 encontrado para a laranja foi maior do que valores de FATS encontrados para culturas anuais como também para culturas perenes. Para o crescimento foliar a FATS crítica foi de 0,65. Observou-se que a transpiração decresceu antes do crescimento foliar relativo em relação à FATS, ou seja, indica que a transpiração começou a ser reduzida a uma FATS crítica maior do que do crescimento foliar relativo o que indica que as plantas de laranja têm um mecanismo fechamento estomático precoce em relação a disponibilidade de água no solo. Deste modo, o valor da FATS para transpiração e crescimento foliar para a cultura da laranja foram maiores que aos encontrados para culturas anuais, indicando que a laranjeira possui boa adaptação à deficiência hídrica do solo.

Palavras-chave: *Citrus sinensis L.*, relações hídricas, estresse hídrico.

ABSTRACT

TRANSPIRATION AND LEAF GROWTH OF ORANGE AS A FUNCTION OF FRACTION OF TRANSPIRABLE SOILWATER

Author: Caroline Farias Barreto

Advisor: Cleber Maus Alberto

Data: Itaqui, October 02, 2013.

Water is essential for plants and any restriction may affect the growth, development and yield of crops. The aim of this study was to determine the fraction of available soil water for transpiration (FTSW) critical leaf of seedlings of according to the coefficient of determination of linear regression. The experiment was conducted in a greenhouse at the experimental area of the Universidade Federal Pampa, Itaqui Campus - RS. The orange seedling cultivar used was 'Jaffa' rootstock *Poncirus trifoliata* two years old. The available water, represented by FTSW, where transpiration was measured daily and leaf growth was measured each two days during the water deficit period of the experiment. The fit logistic regression was performed using the program R. To determine the decrease linearly, that starts to be reduced transpiration or leaf growth was used for the evaluation of the R^2 (Coefficient of determination of a linear regression). For the culture of the orange threshold FTSW that begins to affect transpiration, indicative of the onset of stomatal closure, was 0.9. It was observed that the transpiration of 0.9 was found to orange greater than values found for FTSW annual crops for perennial crops as well. For leaf growth was critical to FATS 0.65. It was observed that before the decreased transpiration on leaf growth relative to the FTSW, or indicates that the sweat began to be reduced to a FTSW greater than the critical leaf growth relative indicating that the plants have a mechanism orange early stomatal closure in relation to water availability in the soil. Thus, the value of FTSW to perspiration and leaf growth for culture of orange were higher than those found on field crops, indicating that the orange has good adaptation to drought stress of the soil.

Keywords: *Citrus sinensis* L., water relations, water stress.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1: Representação dos três estágios hídricos das plantas durante o secamento do solo..... 21
- Figura 2: Saturação de água nas laranjeiras ‘Jaffa’ sobre porta enxerto *Poncirus trifoliata* com formação da lâmina de água sobre a superfície do solo. Itaqui, RS, 2012.23
- Figura 3: Vasos com mudas de laranjeiras ‘Jaffa’ sobre porta enxerto *Poncirus trifoliata* cobertos com um filme plástico branco para minimizar a perda de água por evaporação do solo. Itaqui, RS, 2012.....24
- Figura 4: Determinação da massa dos vasos com mudas de laranjeira ‘Jaffa’ sobre porta enxerto *Poncirus trifoliata* em uma balança eletrônica. Itaqui, RS, 2012.....24
- Figura 5: Folhas de laranjeira ‘Jaffa’ para a utilização da medição da área foliar pelo método da régua graduada, medidor de área foliar e planímetro. Itaqui, RS, 2012.....26
- Figura 6: Representação real da folha de laranjeira e área superestimada em formato de quadrado.....27
- Figura 7: Transpiração relativa normalizada (TR) em função da água transpirável do solo (FATS) para laranjeira ‘Jaffa’ sobre porta enxerto *Poncirus trifoliata*, cultivados em casa de vegetação.....31
- Figura 8: Avaliação do R^2 (coeficiente de determinação da regressão linear), demonstrando o início do decréscimo linear como medida para evidenciar o comportamento linear aproximado dos valores de Transpiração (TR)32

Figura 9: Crescimento foliar realtivo normalizado (CFR) em função da água transpirável do solo (FATS) para laranjeira ‘Jaffa’ sobre porta enxerto <i>Poncirus trifoliata</i> , cultivados em casa de vegetação.....	34
Figura 10: Avaliação do R ² (Coeficiente de determinação da regressão linear), demonstrando o início do decréscimo linear como medida para evidenciar o comportamento linear aproximado dos valores de crescimento foliar relativo (CFR).....	35
Figura 11: Plantas de laranjeira ‘Jaffa’ sobre porta enxerto <i>Poncirus trifoliata</i> do tratamento 1, sem deficiência hídrica (a) e plantas de laranjeira ‘Jaffa’ sobre porta-enxerto <i>Poncirus trifoliata</i> do tratamento 2, com deficiência hídrica (b) no final do experimento.....	36

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Área foliar de folhas de laranjeira 'Jaffa' através medidor de área foliar e planímetro. Itaqui, RS, 2012.....	33
---	----

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
2 REVISÃO DE LITERATURA	16
2.1 Água nas plantas	16
2.2 Disponibilidade de água no solo	17
2.3 Cultura da Laranjeira e porta enxerto	18
2.4 Deficiência hídrica nas plantas de citros	19
2.5 Fração de água transpirável no solo (FATS)	20
3 MATERIAL E MÉTODOS	22
3.1 Implantação dos experimentos	22
3.2 Aplicação da deficiência hídrica nas laranjeiras	22
3.3 Variáveis medidas nas plantas durante o período de déficit hídrico	25
3.4 Normalizações das variáveis TR e CFR	28
3.5 Equação e ajuste	28
3.6 Avaliação da FATS crítica	29
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	30
4.1 TR e a relação com a FATS	30
4.2 CFR e relação com a FATS	33
5 CONCLUSÃO	39
6 REFERÊNCIAS	40

1 INTRODUÇÃO

A água é um dos elementos essenciais para uma planta crescer e se desenvolver. Este elemento está vinculado à abertura dos estômatos e no funcionamento do metabolismo das plantas (TAIZ & ZEIGER, 2013). O conhecimento da quantidade de água disponível para as plantas permite fornecer elementos essenciais ao estabelecimento ou aprimoramento de práticas de manejo agrícola que visam melhorar a produtividade da cultura.

No citros, os sintomas da deficiência hídrica podem ser observados com a diminuição potencial de água na folha e a perda de turgescência e conseqüentemente causa a diminuição na taxa fotossintética (MEDINA & MACHADO, 1998).

A deficiência hídrica afeta o fluxo do metabolismo, diminui o crescimento e desenvolvimento das plantas e interfere negativamente na produtividade e na qualidade da produção (SINCLAIR & LUDLOW, 1986). Dessa forma, a produtividade das laranjeiras é influenciada pela disponibilidade de água no solo, o que salienta a importância de analisar as respostas das plantas ao déficit hídrico relacionado com seus mecanismos de transpiração e crescimento foliar.

Quando a disponibilidade de água no solo é reduzida às plantas são interferidas de modo fisiológico e metabólico e as respostas dependem do genótipo, época do ano, estágio de desenvolvimento da planta e duração do estresse. Assim, possuir o conhecimento da relação entre a deficiência hídrica no solo, transpiração e crescimento das plantas é eficaz para aumentar o entendimento da resposta das culturas ao déficit hídrico (LAGO, 2011).

Para avaliar o comportamento das plantas ao déficit hídrico pode se utilizar como parâmetro a fração de água transpirável no solo (FATS), que leva em consideração a quantidade de água do solo utilizada pela planta para a transpiração que varia de acordo com o conteúdo de água no solo (SINCLAIR & LUDLOW, 1986). Segundo Lago et al. (2012), a FATS pode ser o melhor indicador da quantidade real de água no solo que pode ser extraída pelas plantas para a transpiração.

Para determinar a FATS são considerados dois estádios (SINCLAIR & LUDLOW, 1986; BINDI et al., 2005; MARTINS et al., 2008): o primeiro estágio é quando a água está prontamente disponível no solo para a planta e a transpiração é

máxima; no segundo estágio, a água disponível no solo diminui, ocasiona a redução da condutância estomática e transpiração para conservar seu estatus hídrico.

Utilizando o parâmetro da FATS, vários estudos já foram executados para espécies anuais como feijão-mungo e guandu (SINCLAIR & LUDLOW, 1986), batata (WEISZ et al., 1994), soja (SINCLAIR, 1986), trigo (AMIR & SINCLAIR, 1991), milho (MUCHOW & SINCLAIR, 1991), arroz (DAVATGAR et al., 2009), amendoim (JYOSTNA et al., 2009), ervilha (LECOEUR & SINCLAIR, 1996) e mandioca (LAGO et al., 2011). No entanto, não foram encontrados estudos relacionando a FATS com a transpiração e crescimento foliar em laranjeiras.

Para espécies perenes poucos estudos foram realizados utilizando a FATS para investigar as respostas da transpiração e crescimento foliar. Nos estudos já realizados para plantas perenes, Sinclair et al. (2005) observaram respostas semelhantes com culturas anuais. Desta forma, existe a necessidade de realizar mais estudos da FATS, principalmente em espécies perenes pelo fato dessas espécies permanecerem muitos anos na mesma área de produção, sendo somente renovadas após vários anos de cultivo.

Deste modo, o objetivo deste trabalho foi determinar a fração de água disponível no solo crítica para a transpiração e o crescimento foliar de mudas de laranjeira de acordo com o coeficiente de determinação da regressão linear.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Água nas plantas

A água é o principal constituinte do tecido vegetal atuando como reagente no metabolismo, transporte e translocação de solutos, na abertura e fechamento dos estômatos, na turgescência celular e na penetração do sistema radicular e representa cerca de 50 % da massa fresca nas plantas lenhosas e de 80 a 95 % nas plantas herbáceas (TAIZ & ZEIGER, 2013).

É responsável pela forma e estrutura dos órgãos das plantas e essencial para o crescimento e desenvolvimento das culturas (LARCHER, 2000), promovidas pela manutenção do turgor celular. Assim, a falta de água nas células faz com que essas diminuam a sua turgidez levando ao murchamento das folhas, redução da expansão celular, paralisação do crescimento e fechamento dos estômatos (ANGELOCCI, 2002).

O conteúdo de água na planta varia com a disponibilidade de água no solo e na atmosfera, e também depende das taxas de transpiração da planta, sendo que a quantidade de água das plantas reduz quando a taxa de transpiração excede a de absorção de água do solo (MARENCO & LOPES, 2005).

Da água absorvida pelas plantas através das raízes, aproximadamente 98% se perde para a atmosfera pela transpiração e somente em torno de 2% permanece na planta, sendo que essa água que continua é utilizada para suprir o crescimento, a fotossíntese e demais processos metabólicos (TAIZ & ZEIGER, 2013).

Assim, uma pequena diminuição na disponibilidade de água pode afetar o crescimento e o desenvolvimento das plantas (LAGO, 2011). A inibição de algum processo no metabolismo pela falta de água ocasiona a redução na produtividade e qualidade da produção em frutíferas. Assim, o conhecimento da relação entre a deficiência hídrica no solo, transpiração e crescimento das plantas é essencial para aumentar o entendimento da resposta da cultura ao déficit hídrico (LAGO, 2011).

Desta forma, a transpiração é a principal forma de perda de água pelas plantas e a intensidade dessa transpiração varia com a ação de fatores internos e fatores externos que podem ser controladas pela planta, que consegue aumentar ou

diminuir a perda de água, dependendo do ambiente em que se encontra (CERQUEIRA et al., 2004).

2.2 Disponibilidade de água no solo

A disponibilidade de água no solo não se baseia somente na precipitação pluvial, também devem ser consideradas as perdas de água que ocorrem do solo para a atmosfera através da evaporação e transpiração vegetal (CRUZ et al., 2005a). O conteúdo de água na planta tem relação direta com a disponibilidade de água no solo, na atmosfera e com as taxas de transpiração da planta (MARENCO & LOPES, 2005). A disponibilidade de água as plantas não está somente relacionada com a capacidade de armazenamento de água do solo, pois depende do espaço poroso e da profundidade do solo e também está relacionada com a capacidade das plantas em extrair água nos diferentes teores de umidade e níveis de retenção (PETRY et al., 2007). A água extraível é obtida pela diferença do conteúdo volumétrico de água entre os limites superior e inferior de disponibilidade de água às plantas e considerando cada camada do perfil do solo explorado pelo sistema radicular da cultura (CARLESSO, 1995).

O conteúdo de água nas plantas varia entre espécies e entre tipos de órgãos e, além disso, varia com as flutuações de umidade do solo e do ar (LAGO, 2011). Desta forma, a redução da água disponível do solo afeta negativamente a cultura intervindo no seu crescimento e desenvolvimento (SINCLAIR & LUDLOW, 1986), sendo a deficiência hídrica no solo um dos principais fatores responsáveis pela redução da produtividade das culturas agrícolas em todo o mundo (ALBERTO et al., 2006).

A quantidade de água armazenada no solo pode ser expressa por vários índices como a quantidade total de água armazenada (QTA), a capacidade de armazenamento de água disponível (CAD), a fração de água disponível (FAD) e a fração de água transpirável no solo (FATS) e qualquer um desses índices serve como parâmetro para determinar o acontecimento da deficiência hídrica no solo (MARTINS et al., 2008).

2.3 Cultura da Laranjeira e porta enxerto

O Brasil se destaca como maior produtor mundial de laranjeira (*Citrus sinensis*), com produção direcionada quase que totalmente para o mercado externo de suco concentrado e congelado de laranja (SUASSUNA et al., 2012). O estado de São Paulo concentra 75% da produção brasileira de laranja e corresponde a 95% das exportações de suco de laranja do País (CASTILHO, 2006).

A qualidade dos frutos cítricos é importante para sua aceitação no mercado tanto para o consumo *in natura* como para o processamento industrial, sendo que os atributos de qualidade dos frutos estão relacionados com a aparência, sabor, aroma, textura e valor nutritivo (LEMOS et al., 2012).

Os porta enxertos influenciam mais de vinte características hortícolas e patológicas dos citros, destacando-se: a absorção, síntese e utilização de nutrientes, transpiração e composição química das folhas, resposta aos produtos de abscisão de folhas e de frutos, porte, precocidade de produção e longevidade das plantas entre outros (SOUZA et al., 2010).

O porta enxerto *Poncirus trifoliata* é muito utilizado no Sul do Brasil sendo que esta preferência acontece em função de peculiaridades desta espécie como as combinações boas entre copa/porta enxerto, porte anão, tolerância ao vírus da tristeza e a nematoides e produção de frutos de excelente qualidade (CASTLE et al., 1989), tolerante ao frio e apresenta folhas pequenas quando comparado a outros porta enxertos cítricos (SCHÄFER, 2004). Entretanto, apresenta de baixa à média produtividade e baixa tolerância à seca (CASTLE et al., 1989).

A cultivar de laranjeira 'Jaffa' é a laranjeira mais plantada em Israel, neste país os verões são quentes, longos e secos e geralmente com invernos amenos. No Brasil existem plantios comerciais, principalmente nos Estados de São Paulo e Paraná, é caracterizada como laranjeira de meia-estação, tolerante ao cancro cítrico. A produção anual pode chegar a mais de 45 toneladas por hectare, planta com vigor moderado e no Rio Grande do Sul a colheita acontece de maio a julho, podendo ser antecipada ou retardada em função das temperaturas médias da região (EMBRAPA, 2008).

Plantas da cultivar 'Jaffa' são de vigor moderado, com copa de tamanho médio a grande, de hábito de crescimento ereto, em função do porte médio a grande das plantas. Recomenda-se um espaçamento de 6 m x 4 m e densidade média de

416 plantas por hectare (OLIVEIRA et al., 2008). Esta cultivar é sensível ao calor, principalmente na fase de floração, e os porta enxertos 'Troyer' e 'Carrizo' são os recomendados para a produção de frutos de alta qualidade (EMBRAPA 2008; OLIVEIRA et al., 2008).

2.4 Deficiência hídrica nas plantas de citros

As plantas cítricas passam por períodos de estresse, por excesso ou por deficiência de água, que diminuem e até paralisam o crescimento das plantas (CRUZ et al., 2005a). A deficiência hídrica ocupa uma posição de destaque entre os fatores que limitam a produção vegetal, pois alteram o metabolismo das plantas, sendo um fenômeno que ocorre em amplas extensões de áreas cultiváveis (NOGUEIRA et al., 2001). O consumo de água pelos vegetais é uma propriedade importante a ser considerada para os estudos de regionalização agrícola ou na avaliação da produtividade das culturas (CRUZ et al., 2005a).

Para uma produção de laranja de destaque na qualidade é necessário associar as condições climáticas e edáficas a dependência de água e nutrientes no solo em épocas distintas e apropriada, sendo que a falta de um desses fatores é limitante a produção de frutas, levando em muitos casos a diminuição de produtividade (CRUZ et al., 2005b).

A falta de água causa queda na taxa de fotossíntese nos citros por induzir a diminuição no potencial da água e a perda de turgescência foliar, consequentemente causando o fechamento estomático (MEDINA & MACHADO, 1998). O fechamento dos estômatos e a redução da perda de água por transpiração são considerados mecanismos de escape à deficiência hídrica nos citros (MEDINA et al., 2005).

O consumo anual de água em plantas de citros varia de 600 a 1200 mm a média mundial, levando em consideração as diferentes regiões do mundo e desta forma pode-se observar que o consumo de água em plantas de citros no inverno é de 1,5 mm dia⁻¹ e no verão de 3,2 a 4,7 mm dia⁻¹ (VELLAME, 2010).

As plantas cítricas apresentam a peculiaridade de conservar a água nos seus tecidos, esse fato ocorre pela elevada resistência à difusão de vapor de água nos seus estômatos e a cerosidade existente das folhas (VELLAME, 2010). Sendo que, a necessidade hídrica depende de alguns fatores como a espécie, sistema de

plântio, estágio de desenvolvimento, idade e condições meteorológicas que afetam as características de absorção e o transporte de água na planta.

2.5 Fração de água transpirável no solo (FATS)

Para avaliar o comportamento das plantas ao déficit hídrico pode se fazer uso da fração de água transpirável no solo, denominada de FATS, onde presume-se que a quantidade de água do solo utilizada pela planta para a transpiração varia de acordo com o conteúdo de água no solo (SINCLAIR & LUDLOW, 1986).

A FATS parece ser o melhor indicador da quantidade real de água no solo que pode ser extraída pelas plantas para a transpiração (LAGO et al., 2012), pois a FATS considera o conteúdo de água disponível no solo a que as plantas podem utilizar, com relação à transpiração. Deste modo a FATS crítica representa a capacidade de o genótipo responder ao déficit hídrico.

A FATS pode ser dividida em três estágios durante o secamento do solo, onde o estágio I ocorre quando a água está livremente disponível no solo para as plantas, sem a ocorrência de deficiência hídrica e deste modo a quantidade de água transpirável no solo não limita a condutância estomática e a transpiração. O estágio II acontece quando a água disponível no solo diminui ocasionando na diminuição da condutância estomática e na transpiração para manter seu balanço hídrico e turgescência celular. No estágio III os estômatos fecham e a perda de água que ocorre é devido à condutância epidérmica (SINCLAIR & LUDLOW, 1986) a Figura 1 representa os três estágios de FATS.

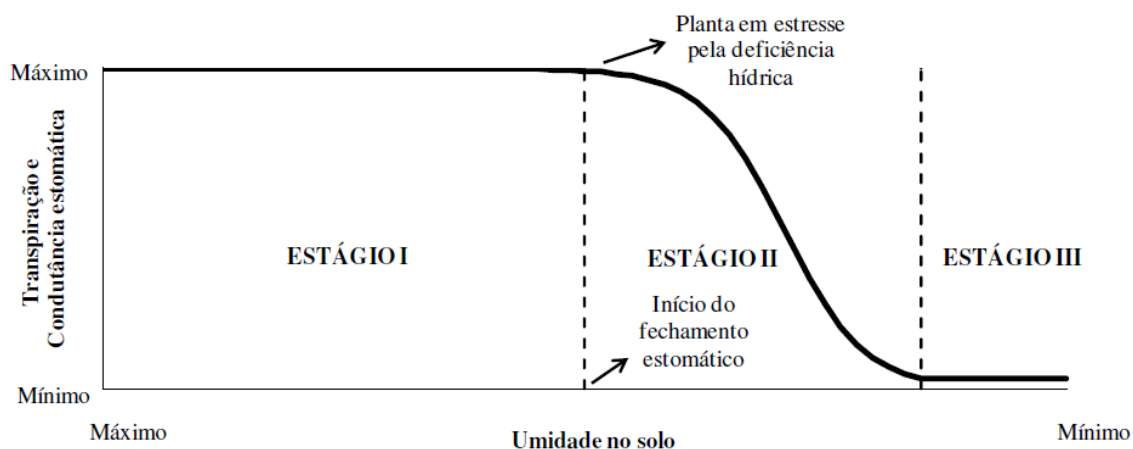


FIGURA 1 - Representação dos três estágios hídricos das plantas durante o secamento do solo.

Fonte: Sinclair e Ludlow, 1986.

Poucos estudos têm investigado as respostas a transpiração de água no solo em espécies perenes e nos estudos já realizados encontra-se como padrão geral de resposta semelhante ao observado nas culturas anuais (SINCLAIR et al., 2005). Estudo de Bindi et al. (2005) com videiras, comprova o levantamento de Sinclair et al. (2005), pois as mudas de videiras tiveram a resposta a transpiração semelhante à observada com plantas de culturas anuais. Para determinar a tolerância da planta ao déficit hídrico determina-se a FATS crítica.

A FATS crítica ocorre no estágio I quando a planta começa a ter redução de transpiração devido ao início do fechamento estomático (LAGO et al., 2012). Alguns estudos já foram realizados em espécies arbóreas, florestais e frutíferas. Em espécies florestais estudos foram realizados na cultura do eucalipto. Martins et al. (2008) obtiveram FATS crítica de 0,90 para o *Eucalyptus grandis* Hill Ex Maiden e 0,70 para o *Eucalyptus saligna* Smith. Para a cultura da videira (*Vitis vinifera*), Bindi et al. (2005) obtiveram FATS crítica de 0,35 para transpiração e crescimento foliar.

3 MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos na cultura da laranjeira 'Jaffa' sobre porta enxerto *Poncirus trifoliata* foram realizados em casa de vegetação na área experimental da Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA), Campus Itaqui-RS.

3.1 Implantação dos experimentos

A cultivar de laranjeira utilizada foi a 'Jaffa' sobre porta enxerto *Poncirus trifoliata* com mudas de dois anos de idade. Antes do início do experimento as mudas de laranjeira foram mantidas por quinze dias no abrigo de telado, onde foi realizada a aclimação e os tratos culturais para minimizar a influência dos fatores externos no experimento.

O delineamento experimental usado foi o inteiramente casualizado, com dois regimes hídricos: T1 = sem déficit hídrico (com irrigação) e T2 = com déficit hídrico (sem irrigação). No experimento, cada regime hídrico foi composto de 15 repetições, considerando cada repetição uma planta por vaso, totalizando 30 unidades experimentais. Cada vaso plástico de 8 litros foi preenchido com solo da classe Plintossolo Hápico (EMBRAPA, 2006). As paredes externas dos vasos foram pintadas de branco para reduzir a absorção de radiação solar. As correções dos nutrientes do solo foram conforme análise de solo e recomendações técnicas para a cultura do citros (SBCS/CQFS, 2004).

3.2 Aplicação da deficiência hídrica nas laranjeiras

O experimento iniciou no dia 5 de novembro de 2012 quando todos os vasos foram saturados de água, formando uma lâmina de água sobre a superfície do solo (Figura 2). As medições das variáveis iniciaram dia 8 de novembro de 2012 (após a saturação dos baldes) e o encerramento do experimento ocorreu dia 28 de novembro de 2012 quando a TR atingiu 10% na maioria dos vasos, totalizando 20 dias de experimento e deficiência hídrica. A aplicação do déficit hídrico foi conforme metodologia proposta por Sinclair e Ludlow (1986), onde se utilizou o conceito da

fração de água transpirável no solo (FATS) para avaliar as respostas das plantas ao déficit hídrico. Após a saturação os vasos foram drenados por 48 horas.



FIGURA 2 - Saturação de água nas laranjeiras 'Jaffa' sobre porta enxerto *Poncirus trifoliata* com formação da lâmina de água sobre a superfície do solo. Itaqui, RS, 2012.

Depois de saturados e drenados, todos os vasos foram cobertos com um filme plástico branco para minimizar a perda de água pela evaporação do solo, garantindo que a água perdida do solo fosse somente pela transpiração das plantas (Figura 3). Após a drenagem, determinou-se a massa inicial de cada vaso e nas plantas de T2 aplicou-se a deficiência hídrica, sendo que esse tratamento até o final do experimento não recebeu mais água.



FIGURA 3 - Vasos com mudas de laranjeiras 'Jaffa' sobre porta enxerto *Poncirus trifoliata* cobertos com um filme plástico branco para minimizar a perda de água por evaporação do solo. Itaqui, RS, 2012.

Todos os dias, no final da tarde determinou-se a massa de todos os vasos em uma balança eletrônica com capacidade de 50 kg e precisão de 5g (Figura 4). Logo após a pesagem, cada vaso do T1 foi irrigado com a quantidade de água perdida pela transpiração da planta. A quantidade de água aplicada foi determinada pela diferença entre a massa do vaso no dia e a massa inicial (massa do vaso no dia em que foi aplicada a deficiência hídrica).



FIGURA 4 - Determinação da massa dos vasos com mudas de laranjeira 'Jaffa' sobre porta enxerto *Poncirus trifoliata* em uma balança eletrônica. Itaqui, RS, 2012.

Os dados foram analisados com base na comparação da transpiração relativa (TR) com a fração de água transpirável no solo (FATS) para cada planta (repetição). A TR foi calculada pela equação proposta por Sinclair & Ludlow (1986) onde:

$$TR = \frac{\text{perda diária de água pelas plantas do T2 (cada vaso)}}{\text{média da perda diária de água das plantas do T1}}$$

A perda diária de água pelas plantas do T2 foi obtida pela massa de cada vaso no dia subtraindo-se a massa do mesmo vaso no dia anterior. A perda diária de água pelas plantas do T1 foi obtida determinando-se a massa de cada vaso, no dia e subtraindo-se a massa do mesmo vaso no dia do início do experimento (massa inicial).

A fração de água transpirável no solo (FATS) foi calculada pela equação proposta por Sinclair & Ludlow (1986), sendo:

$$FATS = \frac{\text{massa de cada vaso em cada dia} - \text{massa final}}{\text{massa inicial de casa vaso} \text{ massa final}}$$

O experimento foi encerrado quando mais da metade das plantas do T2 atingiu uma $TR \leq 0,1$. Utilizou-se o limite $TR \leq 0,1$, pois segundo Sinclair & Ludlow (1986) este limite é imposto por assumir-se que abaixo dessa taxa de transpiração os estômatos estão fechados e a perda de água é devida apenas à condutância epidérmica.

3.3 Variáveis medidas nas plantas durante o período de déficit hídrico

Para a determinação da área foliar total (cm²) para cada planta foram mensurados o comprimento e a largura de cada folha da muda de laranjeira 'Jaffa' com uma régua graduada em centímetros. As medições foram realizadas a cada dois dias a partir do início da aplicação da deficiência hídrica até o final do experimento. Foram contabilizadas as folhas que apresentavam comprimento maior ou igual a 2 cm.

Após as medições do comprimento e largura através da régua graduada, esses valores foram multiplicados por um fator de correção (Fc) como proposto por

Cairo et al. (2008) em que se obtém a área foliar de cada folha pelo produto simples entre o comprimento e largura em forma geométrica não destrutivo e a seguir com os valores obtidos dos dois métodos encontra-se o Fator de Correção (Fc).

$$F_c = \frac{\text{área foliar do método destrutivo}}{\text{comprimento} \times \text{largura}}$$

Para se obter a melhor precisão da área foliar foram testados dois métodos destrutivos. O primeiro através do medidor de área foliar por meio do equipamento LI-3100C. E o segundo pelo uso do planímetro por meio do equipamento Digital Planimeter KP-80N, para a utilização do planímetro foi utilizado o scanner para as 10 folhas e o procedimento realizado com o aparelho foi de percorrer as bordas das folhas para medir a área em cm². Na Figura 5 é possível observar as folhas que foram utilizadas para a realização da área foliar dos dois métodos.

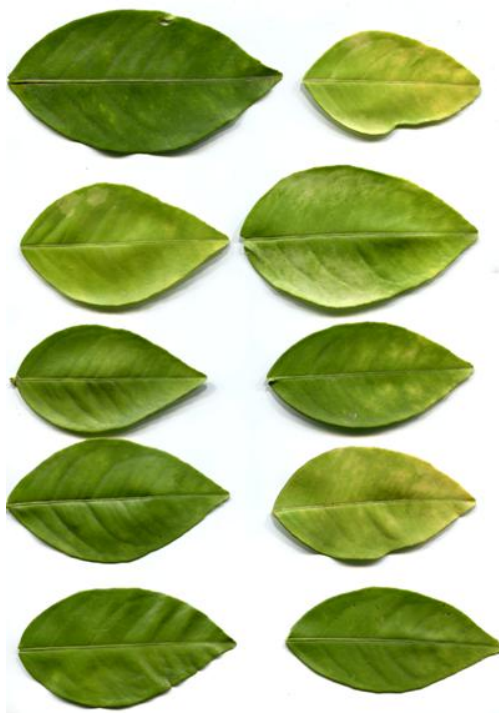


FIGURA 5 – Folhas de laranjeira 'Jaffa' para a utilização da medição da área foliar pelo medidor de área foliar e planímetro. Itaqui, RS, 2012.

Após a determinação da área foliar pelo medidor de área foliar foi realizada a equação para determinar o Fator de Correção (Fc), onde o comprimento e largura da folha foram determinados pela régua graduada. Primeiramente utilizaram-se 10 folhas da laranjeira que foram retiradas aleatoriamente após o termino do experimento, essas folhas foram submetidas ao LI-3100C para a realização da área foliar. Após realizou-se a média dos valores de área foliar obtidos por esse equipamento e dividiu-se pelos comprimentos obtidos através da régua graduada. Esse resultado da divisão foi de 0,72, conseqüentemente o valor do Fc.

Para se obter a área foliar de real de cada planta multiplicou-se pelo Fc (0,72) por todos os valores (comprimento x largura) obtidos durante o experimento através da medição da régua graduada, e assim obter a representação mais real da folha de laranja e não a área superestimada em formato de quadrado (Figura 6).

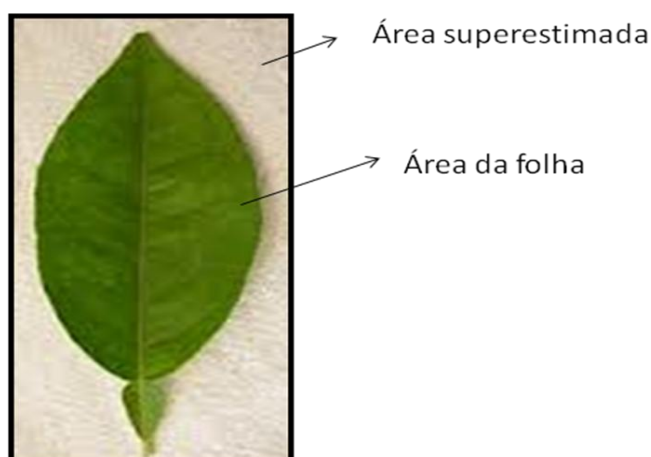


FIGURA 6 - Representação real da folha de laranjeira e área superestimada em formato de quadrado.

A área foliar total diária de cada planta foi calculada pelo somatório da AF de todas as folhas individuais da planta após a obtenção da representação real da folha. Com esses dados de área foliar total diária foi calculado com o crescimento foliar relativo (CFR) diário pela equação:

$$\text{CFR} = \frac{\text{área foliar total pelas plantas do T2 (cada planta)}}{\text{média de área foliar total pelas plantas do T1}}$$

O aumento de área foliar total pelas plantas de T1 e T2 (diário) foi calculado pela diferença entre a área foliar total de cada planta no dia e a área foliar total da mesma planta no dia anterior.

3.4 Normalizações das variáveis TR e CFR

As variáveis TR e CFR foram normalizadas, sendo que a primeira normalização (N) foi realizada como proposto por Sinclair et al. (2005), para ficarem no intervalo de 0 a 1, pela equação:

$$N = \frac{\text{valor TR a 10\%} - \text{valor da variável no dia específico}}{\text{valor TR a 10\%} - \text{valor da variável no 1}^{\circ} \text{ dia do experimento}}$$

O TR a 10% corresponde quando no final do experimento a TR atingiu os 10%, o valor da variável no respectivo dia e valor da variável no 1º dia do experimento (TR ou CFR).

Na segunda normalização, para a TR e CFR, foram separados todos os valores de TR ou CFR que fossem maiores que 0,50, sendo que nesse grupo de valores realizou-se a média. Após dividiram-se todos os valores de TR e CFR por essa média (SINCLAIR & LUDLOW, 1986; MARTINS et. al., 2008).

3.5 Equação e ajuste

Os dados de TR e CFR, após passarem pela segunda normalização, foram determinados em função da FATS e estes foram ajustados a equação logística como utilizado por Lago et al. (2011):

$$Y = 1/\{1 + \exp[-a(X - b)]\}$$

Sendo que Y é a variável dependente (TR ou CFR), e X é a FATS e “a” e “b” são coeficientes empíricos (SINCLAIR & LUDLOW, 1986) estimados por análise de regressão não linear. O ajuste da regressão logística foi realizado utilizando-se o Programa R (R CORE TEAM, 2012).

3.6 Avaliação da FATS crítica

O valor da FATS crítica foi definido quando o decréscimo da variável analisada (valores normalizados de TR e CFR) passa a ser aproximadamente linear na função ajustada. Segundo Martins et al. (2008), a FATS crítica ocorre quando a curva estimada pela equação logística afasta-se de 1,0 e então inicia o decréscimo linear. O valor aproximado da FATS onde este comportamento inicia foi determinado como sendo a FATS crítica.

Para uma melhor observação do momento em que começa o decréscimo linear da regressão na cultura da laranja foi realizada a avaliação do R^2 (coeficiente de determinação de uma regressão linear), como medida para evidenciar, aproximadamente, o início do comportamento linear dos valores estimados de TR e CFR.

Para a realização da avaliação do R^2 foram utilizadas 9 etapas, sendo que a etapa 1 correspondeu a 13 pontos de FATS (1,0; 0,95; 0,9; 0,85; 0,8; 0,75; 0,7; 0,65; 0,6; 0,55; 0,50; 0,45; 0,40), na etapa 2 permaneceram 12 pontos, retirando-se o maior valor (1,0). Em cada uma das etapas seguintes (3, 4, 5, 6, 7, 8 e 9), foi retirado o valor mais alto para a verificação do decréscimo linear da FATS. O valor de 0,40 de FATS foi determinado como o mínimo para a realização da avaliação do R^2 visto que em grande parte dos trabalhos a FATS crítica é obtida como sendo maior ou igual a esse valor.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

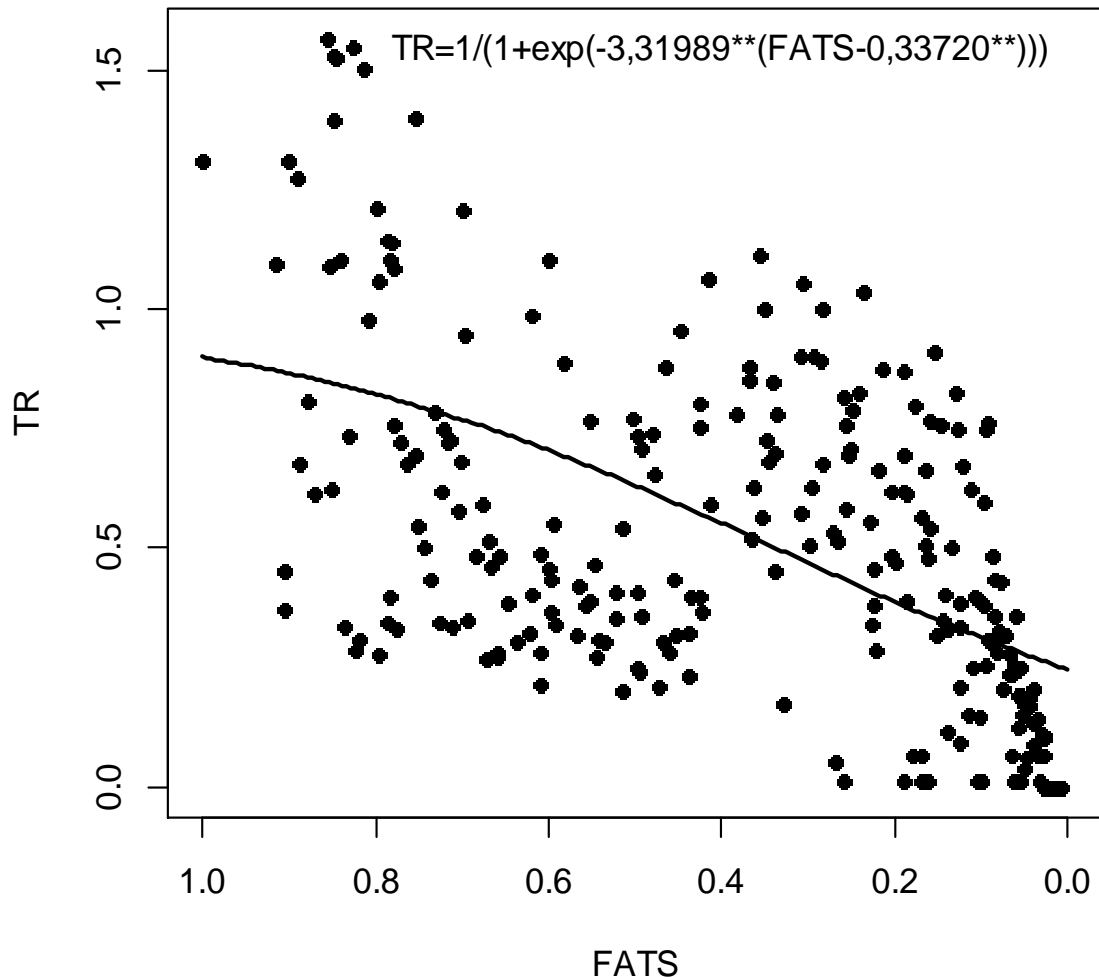
As variáveis normalizadas (TR e CFR) exibiram um decréscimo à medida que a FATS diminuiu e esse decréscimo pode ser descrito por uma equação logística como citado por Sinclair & Ludlow (1986). As equações logísticas ajustadas para a TR e CFR apresentaram coeficientes estimados significativos a 1% de probabilidade.

4.1 TR e a relação com a FATS

O resultado da relação entre TR e FATS gerou FATS crítica de 0,90 para a cultura da laranjeira (Figura 7), que foi bem superior quando comparado às culturas anuais como os obtidos por Muchow & Sinclair (1991) com valores de FATS crítica para o milho de 0,30 para transpiração; Ray & Sinclair (1997) para oito híbridos de milho encontraram valores de FATS crítica entre 0,36 e 0,60; Sinclair & Ludlow (1986) obtiveram valores de FATS crítica de 0,40 para as culturas do feijão-mungo, guandu e soja; Davatgar et al. (2009) obtiveram valores de FATS crítica para o arroz de 0,46; Amir & Sinclair (1991), trigo de primavera obtiveram FATS crítica de 0,30; Jyostna Devi et al. (2009) obtiveram para o amendoim valores de FATS crítica de 0,22 a 0,71.

A FATS crítica da laranjeira de 0,90 foi superior também para culturas frutíferas, em relação com os estudos realizados por Bindi et al. (2005) para a cultura da videira (*Vitis vinifera L.*) que obtiveram FATS crítica de 0,35. Porém, este valor de FATS crítica para transpiração foi similar ao encontrado para o eucalipto em que Martins et al. (2008) obtiveram valores de 0,9, para *E. grandis* e 0,7 para *E. saligna*.

Observa-se na Figura 7, que a regressão, quando considerado o valor 0 para a FATS, não atingiu o valor 0 de TR, tal resultado pode ser explicado pela tendência que as plantas tiveram de interromper sua transpiração antes mesmo de atingir o limite mínimo de fração de água transpirável no solo (FATS).



** Significativo a 1% de probabilidade.

FIGURA 7 - Transpiração relativa normalizada (TR) em função da água transpirável do solo (FATS) para laranjeira 'Jaffa' sobre porta-enxerto *Poncirus trifoliata*, cultivados em casa de vegetação.

Segundo Sinclair & Ludlow (1986), o valor da FATS em que se inicia redução da TR, compreende o estágio I da transpiração, quando a curva estimada da equação logística afasta-se de 1,0 e inicia o decréscimo linear. Para uma melhor observação do momento em que começa o decréscimo linear da regressão na cultura da laranja foi realizada a avaliação do R^2 (coeficiente de determinação de uma regressão linear), como medida para evidenciar, aproximadamente, o início do comportamento linear dos valores estimados de TR.

Na Figura 8 são apresentados os dados em que na etapa 3 verificou-se a FATS crítica de 0,9 a 0,40 apresentou comportamento linear, obtendo-se o R^2 de 99%. Assim, foi possível verificar que a FATS crítica para a laranjeira foi de 0,9. A partir deste valor ficou evidente o comportamento linear da TR estimada.

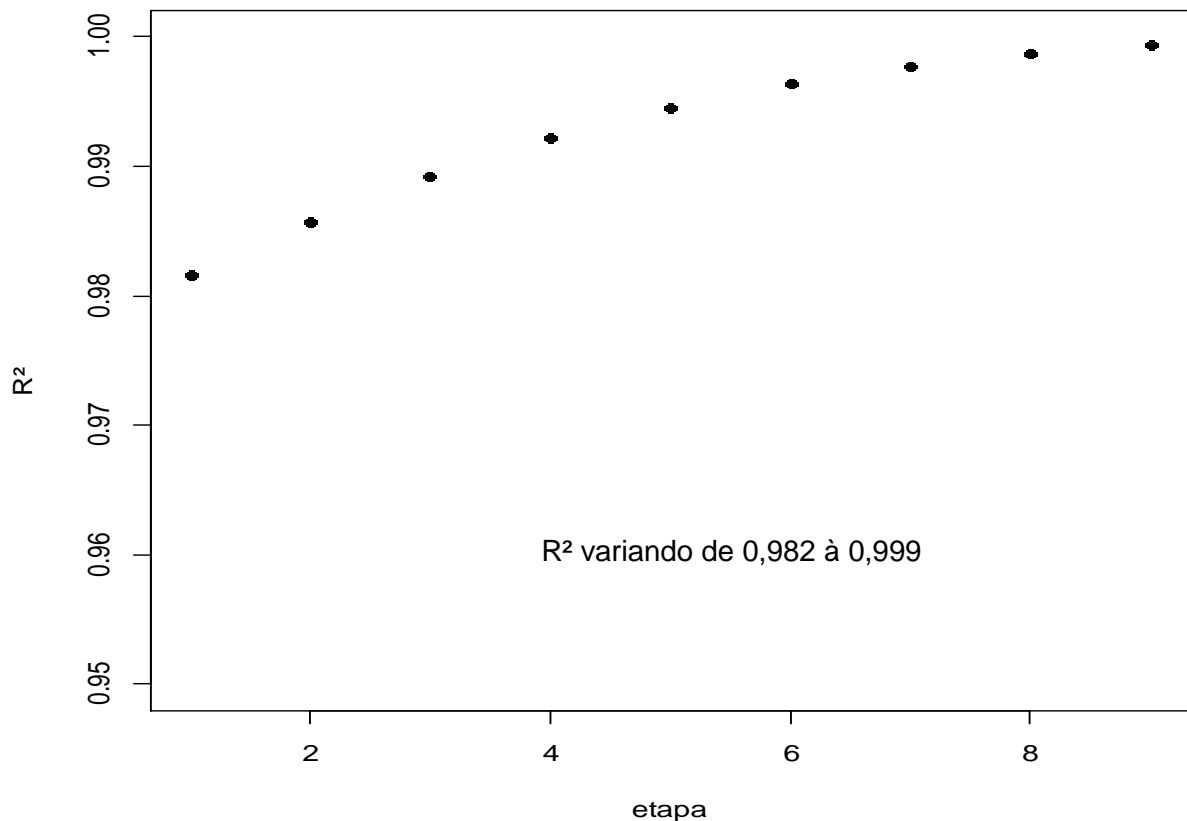


FIGURA 8 - Avaliação do R^2 (coeficiente de determinação da regressão linear), demonstrando o início do decréscimo linear como medida para evidenciar o comportamento linear aproximado dos valores de Transpiração (TR).

O valor da FATS encontrado para a laranjeira foi maior do que maioria dos valores encontrados para outras culturas, porém pode ser visto como vantagem para esta cultura (SINCLAIR et al., 2005). Segundo Muchow & Sinclair (1991), o fechamento estomático antecipado, quando o solo ainda tem boa disponibilidade hídrica, possibilita a planta suportar períodos mais prolongados de déficit hídrico. Ou seja, a TR começa a ser reduzida com valores de FATS crítica alta (LAGO, 2011).

4.2 CFR e relação com a FATS

Para determinar o método mais preciso de área foliar levou-se em consideração a precisão da medição. Na Tabela 1 observa-se que no método do medidor de área foliar a precisão é de acordo com o programa computacional já estabelecido, enquanto, o método do planímetro a precisão depende muito da operação em contornar a borda das folhas, desta forma utilizou-se a medição da área foliar através do medidor de área foliar.

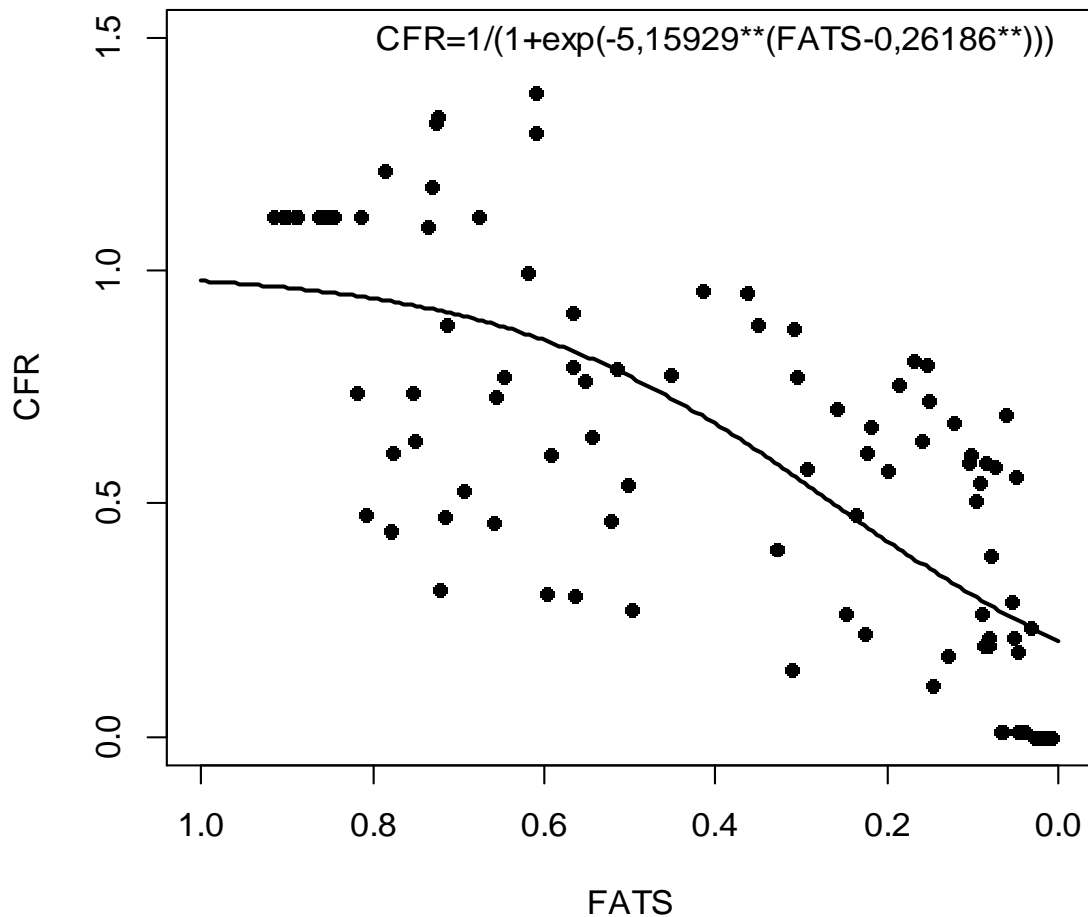
Tabela 1 - Área foliar de folhas de laranjeira 'Jaffa' através medidor de área foliar e planímetro. Itaqui, RS, 2012.

Folha	Medidor de área foliar (cm ²)	Planimetro (cm ²)
1	29,59	27,6
2	30,2	28,4
3	22,86	21,3
4	27,13	30,9
5	43,57	42,7
6	25,41	25,7
7	26,18	25
8	24,3	23,4
9	35,25	36,3
10	20,75	18,7

A FATS crítica da laranjeira de 0,65 para o CFR pode ser observada como um valor alto (Figura 9), visto que, em estudos na cultura da videira foi obtido FATS crítica de 0,35 para o crescimento foliar relativo (BINDI et al., 2005). Verificou-se que a TR decresce antes do CFR em relação à FATS, ou seja, indica que a TR começou a ser reduzida a uma FATS crítica maior do que do CFR. Assim, este resultado indica que as plantas de laranjeira podem ter um mecanismo mais eficiente de controle estomático (LAGO, et al. 2012) que a maioria das culturas. Esta redução da TR ajuda na conservação de água disponível (LARCHER, 2000), indicando que houve fechamento estomático antes da diminuição do crescimento foliar.

Observou-se que o CFR começou a decrescer linearmente a partir de uma FATS de 0,65. Do mesmo modo que a TR, o CFR na regressão não atingiu o valor 0 para uma FATS, ou seja, houve tendência das plantas em interromper seu

crescimento foliar relativo antes mesmo de atingir o limite mínimo de fração de água transpirável no solo (FATS) (Figura 9).



** Significativo a 1% de probabilidade.

FIGURA 9 - Crescimento foliar realtivo normalizado (CFR) em função da água transpirável do solo (FATS) para laranjeira 'Jaffa' sobre porta enxerto *Poncirus trifoliata*, cultivados em casa de vegetação.

De forma similar ao desenvolvido no estudo da TR, para uma melhor observação do momento em que começa o decréscimo linear da CFR foi realizada a avaliação do R^2 para evidenciar o comportamento linear dos valores. Para a avaliação do R^2 foram utilizadas novamente 9 etapas, entretanto somente na etapa 8 (0,65; 0,6; 0,55; 0,50; 0,45; 0,40) foi possível a observação do comportamento aproximadamente linear do CFR. Deste modo, obteve-se R^2 de aproximadamente

99% para a regressão linear ajustada a partir da FATS crítica 0,65 para a laranjeira (Figura 10).

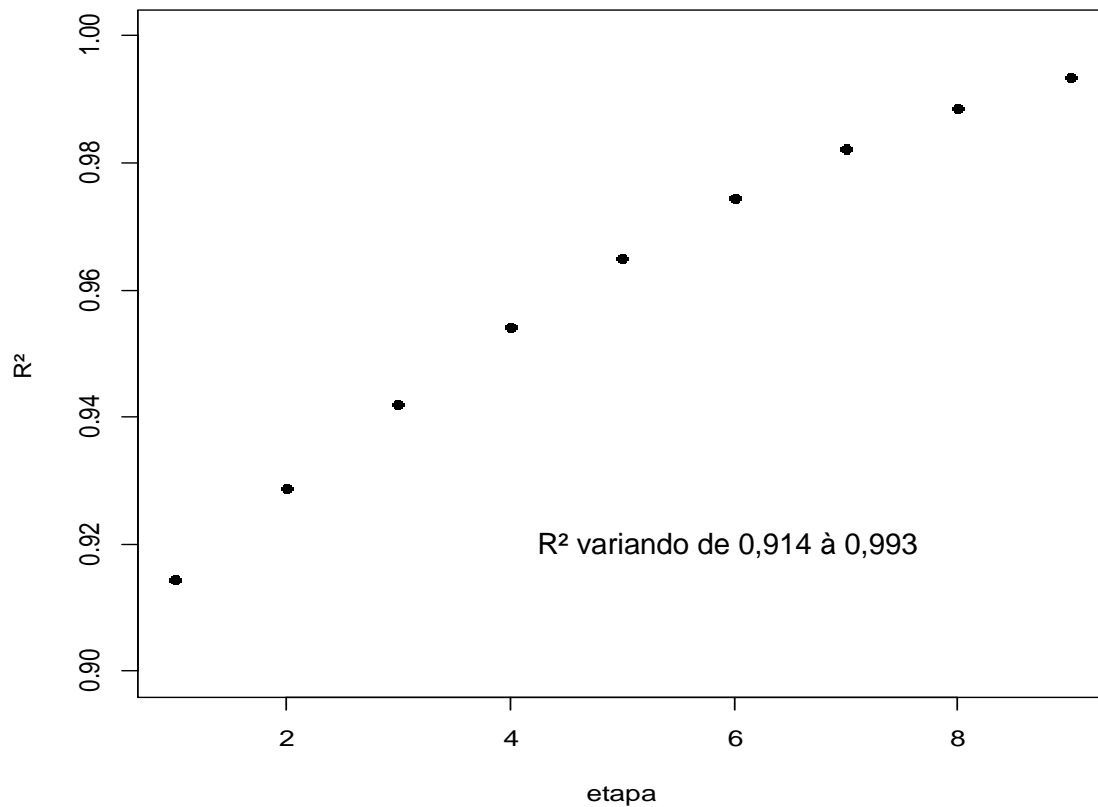


FIGURA 10 - Avaliação do R² (coeficiente de determinação da regressão linear), demonstrando o início do decréscimo linear como medida para evidenciar o comportamento linear aproximado dos valores de crescimento foliar realtivo (CFR).

O fato da TR decrescer antes do CFR indica que as plantas conseguem reduzir o consumo de água, provavelmente, devido a menor abertura estomática e conseqüentemente retardando o crescimento foliar, o que reforça a teoria de que é um sinal químico derivado da raiz que comanda o fechamento dos estômatos (DAVIES et al., 2002; STRECK, 2004).

Segundo Taiz & Zeiger (2013), a água é necessária no metabolismo vegetal, atua no transporte de solutos, na abertura e fechamento dos estômatos e na turgescência celular. Na Figura 11 pode ser observado que plantas de laranjeira do Tratamento 1 (sem deficiência hídrica) não apresentaram murchamento das folhas quando comparadas as plantas do Tratamento 2 (com deficiência hídrica).

Observa-se na Figura 11 (b) que as plantas de laranjeira do Tratamento 2, com deficiência hídrica, tiveram murchamento das folhas ao longo do experimento em todas as plantas. Esta observação é devido à deficiência hídrica fazer com que as células diminuam a sua turgidez e leve ao murchamento das folhas, redução da expansão celular, paralisação do crescimento e o fechamento dos estômatos (ANGELOCCI, 2002).



FIGURA 11 - Plantas de laranjeira 'Jaffa' sobre porta enxerto *Poncirus trifoliata* do tratamento 1, sem deficiência hídrica (a) e plantas de laranjeira 'Jaffa' sobre porta enxerto *Poncirus trifoliata* do tratamento 2, com deficiência hídrica (b) no final do experimento.

Observou-se que durante o experimento houve a emissão de novos ramos e folhas no T1, enquanto, no T2 praticamente todas as plantas não emitiram novas folhas, demonstrando que houve paralisação do crescimento no decorrer dos 20 dias do experimento. O estresse hídrico em planta de citros faz com que as plantas diminuam e até mesmo paralise o crescimento (CRUZ et al., 2005a), fato que pode estar relacionado pela paralisação do fotossíntese.

Outro fato observado foi a ocorrência da abscisão das folhas nos últimos 4 dias de experimentos no Tratamento 2. Após 17 dias do início do experimento 33,33% das plantas tiveram abscisão das folhas, enquanto que após 19 dias de deficiência hídrica 53,33% das plantas obtiveram perda de folhas. Este fato ocorre, devido a abscisão foliar que se dá principalmente pelo aumento na síntese de etileno pela planta (TAIZ & ZEIGER, 2013) e de acordo com Lago (2011) a redução da área foliar, faz com que a planta diminua a área de transpiração e, por conseguinte, economize água no solo, como estratégia para situações de prolongada restrição hídrica.

Para avaliar a deficiência hídrica em laranjeiras, deve-se considerar também o porta enxerto como um fator, pois é desejável que as combinações copa/porta enxerto demonstrem características de tolerância à seca. Em estudos com o porta enxerto Trifoliata, em condições de deficiência hídrica até que a taxa de assimilação de CO₂ atingisse valores aproximadamente nulos, demonstraram que este porta-enxerto acabou por induzir maior tolerância à seca as copas as plantas retornaram a serem irrigadas (MEDINA et al., 1998). As plantas com o porta enxerto *Poncirus trifoliata* tiveram a recuperação mais rápida quando voltaram a receber água após a deficiência hídrica, a recuperação ocorreu após três dias, enquanto, outros porta-enxertos não se recuperam totalmente (MEDINA et al., 1998).

As plantas de laranjeira de copa 'Valência' sobre o porta enxerto *Poncirus trifoliata* ao voltarem a serem irrigadas, após um período sem receberem água, tiveram seu potencial da água na folha recuperado em 12 horas, enquanto, as plantas sobre o porta enxerto 'Cravo' a recuperação ocorreu após 36 horas de reirrigação (MEDINA et al., 1999).

Os resultados desse trabalho suportam a hipótese de que há diferença na resposta à deficiência hídrica no solo entre plantas anuais e perenes, sendo que as plantas perenes possuem mecanismo de controle automático para promover o decréscimo na taxa de transpiração mais cedo e após a redução do crescimento foliar, a fim de melhor a conservação de água disponível no solo.

Deste modo, o valor da fração de água transpirável no solo para a cultura da laranjeira foram maiores que aos encontrados para culturas anuais, indicando que a laranjeira possui boa adaptação à deficiência hídrica do solo. A determinação da FATS crítica através do coeficiente de determinação da regressão linear (R²)

permitiu melhor eficaz no trabalho, por proporcionar com maior precisão o momento do decréscimo linear na curva de regressão.

5 CONCLUSÃO

A fração de água transpirável no solo crítica para a transpiração e crescimento foliar na cultura da laranjeira foram de 0,90 e 0,65, respectivamente.

O coeficiente de determinação da regressão linear (R^2) foi eficaz para o referente estudo, o método colaborou para que a determinação da FATS crítica fosse realizada com maior precisão no momento do decréscimo linear da curva.

6 REFERÊNCIAS

ALBERTO, C.M. et al. Água no solo e rendimento do trigo, soja e milho associados ao El Niño Oscilação Sul. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.41, n.7, p.1067-1075, jul. 2006.

AMIR, J.; SINCLAIR, T.R. A model of water limitation on spring wheat growth and yield. **Field Crops Research**, Amsterdam, v.28, n.1-2, p.59-69, 1991.

ANGELOCCI, L.R. **Água na planta e trocas gasosas/energéticas com atmosfera. Introdução ao tratamento biofísico**. Piracicaba: L. R. Angelocci, 2002. 272 p.

BINDI, M. et al. Influence of water deficit stress on leaf area development and transpiration of Sangiovese Grapevines grown in pots. **American Journal of Enology and Viticulture**, v.56, n.1, p.68-72, 2005.

CAIRO, P.A.R.; OLIVEIRA, L. E. M.; MESQUITA, A. C. **Análise de crescimento de plantas**. Vitória da Conquista: Edições UESB, 2008. 72p.

CARLESSO, R. Absorção de água pelas plantas : Água disponível versus extraível e a produtividade das culturas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.25, n.1, p.183-188, 1995.

CASTLE, W.S.; TUCKER, D.P.H.; KREZDORN, A.H.; YOUTSEY, C.O. Rootstock selection: the first step to success. **Rootstocks for Florida citrus**. Gainesville: University of Florida, Gainesville, 1989. p.47.

CASTILHO, F.T. **Organização dos produtores para a comercialização da laranja: o caso do pool de produtores de Matão-SP**. 2006. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção)-Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2006.

CERQUEIRA, E.C. et al. Resposta de porta-enxertos de citros ao déficit hídrico. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 26, n.3, p. 515-519. 2004

CRUZ, A.C.R. et al. Balanço de água no volume de solo explorado pelo sistema radicular de uma planta de citros. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 29, p.1-10, 2005a.

CRUZ A.C.R. et al. Evaporação real de uma cultura de laranja em produção num Latossolo. **Revista Brasileira de do Solo**, Viçosa, v. 29, p.659-668, 2005b.

DAVATGAR, N. et al. Physiological and morphological responses of rice (*Oryza sativa* L.) to varying water stress management strategies. **International Journal of Plant Production**, v.3, n.4, p.19-32, 2009.

DAVIES, W.J.; WILKINSON, S.; LOVEYS, B. Stomatal control by chemical signaling and the exploitation of this mechanism to increase water use efficiency in agriculture. **New Phytologist**, v.153, n.3, p.449 - 460, 2002.

EMBRAPA (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2.ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306p.

EMBRAPA (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA). **'Jaffa': laranja de meia-estação tolerante ao cancro cítrico**. Embrapa Clima Temperado, 2008.

JYOSTNA DEVI, M.; SINCLAIR, T.R.; VADEZ, V. & KRISHNAM URTHY, L. Peanut genotypic variation in transpiration efficiency and decreased transpiration during progressive soil drying. **Field Crops Res.**, v.114, p.280-285, 2009.

LAGO, I. **Transpiração e crescimento foliar de clones de batata e mandioca em resposta à fração de água transpirável no solo**. 2011. f.89. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2011.

LAGO, I. et al. Transpiração e crescimento foliar de plantas de mandioca em resposta ao deficit hídrico no solo. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v.46, n.11, p.1415-1423, 2011.

LAGO, I. et al. Transpiração e Crescimento Foliar de Clones de Batata em Resposta à Fração de Água Transpirável no Solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.36, p.745-754, 2012.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos, Rima, 2000. 215p.

LECOEUR, J.; SINCLAIR, R.T. Field pea transpiration and leaf growth in response to soil water deficits. **Crop Science**, Madison, v.36, n.2, p.331-335, 1996.

LEMOS, L.M.C. et al. Características físico-químicas da laranja-pera em função da posição da copa. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 34, n. 4, p. 1091-1097, 2012.

MARENCO, R.A.; LOPES, N.F. **Fisiologia vegetal: Fotossíntese, respiração, relações hídricas e nutrição mineral**. Viçosa: UFV, 2005. 451 p.

MARTINS, F.B. et al. Deficiência hídrica no solo e seu efeito sobre transpiração, crescimento e desenvolvimento de mudas de duas espécies de eucalipto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.32, n.3, p.1297-1306, 2008.

MEDINA, C.L.; MACHADO, E.C. Trocas gasosas e relações hídricas em laranjeira 'Valência' enxertada sobre limoeiro 'Cravo' e Trifoliata e submetida à deficiência hídrica. **Bragantia**, Campinas, v.57, p.15-22, 1998.

MEDINA, C.L.; MACHADO, E.C.; PINTO, J.M. Fotossínteses de laranja 'Valência' enxertada sobre quatro porta-enxertos e submetidas à deficiência hídrica. **Bragantia**, Campinas, v. 57, n. 1, p.1-14, 1998.

MEDINA, C.L.; MACHADO, E.C.; GOMES, M. de M. de A. Condutância estomática, transpiração e fotossíntese em laranjeira Valencia sob deficiência hídrica. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v.11, n.1, p.29-34, 1999.

MEDINA, C.L., et. al. Fisiologia do Citros p. 147-195 in **Citros**. Campinas: Instituto Agrônômico e Fundag, 2005. 917 p.

MUCHOW, R.C.; SINCLAIR, T.R. Water deficits effects on maize yields modeled under current and "greenhouse" climates. **Agronomy Journal**, Madison, v.83, p.1052-1059, 1991.

NOGUEIRA, R.J.M. Alterações na resistência à difusão de vapor das folhas e relações hídricas em aceroleiras submetidas a déficit de água. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v.13, n.1, p.75-87, 2001.

OLIVEIRA, R.P. de; SCIVITTARO, W.B.; ROCHA, P.S.G. da. **Cultivares de laranjeira resistentes ao cancro cítrico**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2008. 31 p. (Embrapa Clima Temperado. Documentos, 249).

PETRY, M.T. et al. Disponibilidade de água do solo ao milho cultivado sob sistemas de semeadura direta e preparo convencional. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.31, n.3, p.531-539, jun. 2007.

RAY, J.D.; SINCLAIR, T.R. Stomatal closure of maize hybrids in response to drying soil. **Crop Science**, v.37, p.803-807, 1997.

R Development Core Team. R: a language and environment for statistical computing. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2012.

SCHÄFER, G. **Produção de porta-enxerto cítrico em recipientes e ambiente protegido no Rio Grande do Sul.** 2004. 129 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Programa de Pós-graduação em Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto alegre, RS.

SBSC/CQFS - SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO / COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO. **Manual de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina.** 10.ed. Porto Alegre, 2004. 394p.

SINCLAIR, T.R. Water and nitrogen limitations in soybean grain production I. Model Development. **Field Crops Research**, Amsterdam, v.15, n.2, p.125-141, 1986.

SINCLAIR, T.R.; LUDLOW, M.M. Influence of soil water supply on the plant water balance of four tropical grain legumes. **Australian Journal Plant Physiology**, v.13, p.319-340, 1986.

SINCLAIR, T.R.; HOLBROOK, N.M.; ZWIENIECKI, M.A. Daily transpiration rates of woody species on drying soil. **Tree physiology**, v.25, p.1469-1472, 2005.

SOUZA, P.V.D.; SCHWARZ, S. F.; OLIVEIRA, R. P. **Porta-enxertos para citros no Rio Grande do Sul.** In: SOUZA, P. V. D.; SOUZA, E. L. S.; OLIVEIRA, R. P.; BONINE, D. P. (Ed.). Indicações técnicas para a citricultura do Rio Grande do Sul. Porto Alegre: FEPAGRO, 2010. p.19-29.

STRECK, N.A. Do we know how plants sense a drying soil? **Ciência Rural**, Santa Maria, v.34, n.2, p.581-584, 2004.

SUASSUNA, J.F. et al. Produção de fitomassa em genótipos de citros submetidos a estresse hídrico na formação do porta-enxerto. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.16, n.12, p.1305–1313, 2012.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 4.ed. Porto Alegre, Artmed, 2013. 848p.

VELLAME, L.M. **Relações hídricas e frutificação de plantas cítricas jovens com redução da área molhada do solo**. 2010. f. 128. Tese (Doutorado em Ciências) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2010.

WEISZ, R.; KAMINSKI, J.; SMILOWITZ, Z. Water deficit effects on potato leaf growth and transpiration: utilizing fraction extractable soil water for comparison with other crops. **American Potato Journal**, v.71, n.12, p.829-840, 1994.