

ÁREAS BÁSICAS

FLORESCIMENTO E FRUTIFICAÇÃO EM LARANJEIRAS 'VALÊNCIA' COM DIFERENTES CARGAS DE FRUTOS E SUBMETIDAS OU NÃO À IRRIGAÇÃO ⁽¹⁾

ANA KARINA DE SOUZA PRADO ⁽²⁾; EDUARDO CARUSO MACHADO ^(3*); CAMILO
LÁZARO MEDINA ⁽⁴⁾; DANIELA FÁVERO SÃO PEDRO MACHADO ⁽³⁾;
PAULO MAZZAFERA ⁽⁵⁾

RESUMO

O objetivo do presente estudo foi avaliar como a quantidade de frutos (carga pendente) em laranjeira 'Valência' em um ano afeta o teor de carboidratos em folhas, o crescimento vegetativo, o florescimento, a frutificação e a produção de frutos na safra do ano seguinte, em plantas submetidas ou não à irrigação. O experimento foi desenvolvido em duas fases. Na primeira fase do experimento, em metade das laranjeiras irrigadas e não irrigadas foram retirados todos os frutos. O experimento foi realizado em um delineamento fatorial 2 x 2 com seis repetições. Analisaram os resultados por meio de análise de variância e as médias foram comparadas pelo teste Tukey a 5%. A presença de frutos afetou o crescimento vegetativo e a intensidade de florescimento. Na segunda fase de experimento, as mesmas laranjeiras em que se retiraram os frutos tiveram maior produção. Em laranjeiras com maior produção de frutos, observou-se menor intensidade de florescimento, demonstrando que foi parcialmente inibido por eles. Nos resultados não houve evidências de que o teor de carboidratos tivesse limitado o florescimento. Não houve evidências também que a menor intensidade de florescimento foi devida à competição por carboidratos com os frutos. As baixas temperaturas do inverno foram suficientes para induzir o florescimento nas plantas irrigadas. Porém, o florescimento foi mais intenso quando, no período de indução, também ocorreu deficiência hídrica, nas plantas não irrigadas. O número fixado de frutos e o crescimento inicial dos frutos são limitados pela disponibilidade de carboidratos.

Palavras-chaves: *Citrus sinensis* L., carboidratos, crescimento vegetativo, crescimento reprodutivo, indução de florescimento.

ABSTRACT

FLOWERING AND FRUIT SET IN 'VALÊNCIA' ORANGE TREES UNDER DIFFERENT CROP LOAD STATUS AND WITH AND WITHOUT IRRIGATION

The objective of the present study was to evaluate how the crop fruit load status in orange tree 'Valência' throughout a year affects the carbohydrate content in leaves, the vegetative growth, the flowering, the fruit set, and the yield in the following season, in plants with and without irrigation. The experiment was conducted in two steps in field condition. In the first step (February, 2004) a half of both, irrigated and non irrigated plants, had all the fruits removed. The experimental design was a 2 x 2 factorial with six repetitions. The

⁽¹⁾ Recebido para publicação em 14 de janeiro de 2006 e aceito em 22 de novembro de 2006.

⁽²⁾ Curso de Pós-graduação em Agricultura Tropical e Subtropical do Instituto Agrônomo (IAC), Caixa Postal 28, 13012-970 Campinas (SP), Brasil. E-mail: karina@maxiplant.com.br

⁽³⁾ Centro de Pesquisa e Desenvolvimento em Ecofisiologia e Biofísica do IAC. E-mail: caruso@iac.sp.gov.br (*) Autor correspondente; danifavero@yahoo.com.br

⁽⁴⁾ Conplant, Rua Francisco Andreo Aledo, 22, 13084-200 Campinas (SP). E-mail: clmedina@conplant.com.br

⁽⁵⁾ Departamento de Fisiologia Vegetal, Universidade de Campinas, Caixa Postal 6109, 13083-970 Campinas (SP), Brasil. E-mail: pmazza@unicamp.br.

results were subjected to analyses of variance and means were compared by the Tukey test at 5%. The presence of fruits affected the vegetative growth and the flowering intensity. In second step, the same oranges trees that have been defruited presented higher yield. These plants showed a less intense flowering, indicating that flowering was partially inhibited by the fruits. Our results did not show any evidence that the carbohydrates content could have limited flowering intensity due to a competition with the fruits for carbohydrates. The low winter air temperatures were suitable to induce flowering in the irrigated orange trees. However flowering was more intense in case of water deficit in non irrigated plants during the induction crop phase. The number of bearing fruits and the initial growth of fruits are limited by the availability of carbohydrates.

Key words: *Citrus sinensis* L., carbohydrates, vegetative growth, reproductive growth, flowering induction

1. INTRODUÇÃO

A produção em laranjeira é determinada pelo número e tamanho dos frutos colhidos que dependem de três processos: florescimento, da fixação e do crescimento dos frutos. A quantidade de frutos presentes em laranjeiras em um ano pode afetar quantitativamente o florescimento e a frutificação do ano seguinte. Se a produção de frutos for alta em um ano, no ano seguinte pode ser significativamente menor (TONET et al., 2002). A presença de muitos frutos pode inibir parcialmente o florescimento, provavelmente devido à maior drenagem de carboidratos para o fruto em crescimento (GOLDSCHMIDT e KOCH, 1996) e/ou devida à produção de giberelinas pelo mesmo, podendo acarretar em um atraso no desenvolvimento floral (DAVENPORT, 1990). Atribui-se o efeito inibidor do florescimento bem mais à produção de hormônios inibidores do que à drenagem de fotoassimilados, uma vez que tal inibição também pode ocorrer no período no qual o fruto não acumula mais carboidratos (GARCIA-LUIZ et al., 1986). MONSELINE e HALEVY (1964) observaram que a presença de giberelina inibe o florescimento.

Apesar de poder ocorrer correlação entre os teores de carboidratos e o florescimento, é possível que não haja relação causal entre carboidratos e formação de gemas florais, e sim que os carboidratos sejam apenas fonte de energia necessária para que haja a indução (GARCIA-LUIZ et al., 1995). Independentemente do papel regulador dos carboidratos na floração dos citros, sua exigência para o florescimento é alta (BUSTAN e GOLDSCHMIDT, 1998).

Em condições subtropicais, o florescimento mais importante surge no crescimento da primavera, quando a planta emite ramos vegetativos e reprodutivos. As flores surgem de gemas axilares de ramos de um ano de idade, formados no surtos de primavera anterior ou de ramos mais novos formados no verão e outono (MEDINA et al., 2005). Os principais fatores ambientais para o florescimento são temperatura e umidade. Nas regiões subtropicais, nos meses de inverno, as temperaturas do ar e do solo diminuem e também há queda na intensidade de

precipitações pluviais. Essas condições favorecem a queda no crescimento e a planta entra em dormência aparente. Sob dormência há mudanças nas gemas as quais são induzidas ao florescimento na primavera, após o aumento da temperatura e ocorrência de novas chuvas (REUTHER, 1977; ALBRIGO, 1992). Os primeiros estímulos para a indução floral começam, segundo LIMA (1990), entre 80 e 120 dias antes do florescimento, através de possíveis mensageiros químicos provenientes das folhas, portanto para o hemisfério sul, a indução floral atinge seu pico no fim de julho e início de agosto, ou seja no inverno (REUTHER, 1977, VOLPE, 1992).

As laranjeiras florescem em abundância, mas o número de frutos finalmente colhidos, em geral, representa menos de 2% das flores formadas (MONSELINE, 1986). A massiva abscisão de flores e de frutos é interpretada como um mecanismo de ajuste do número de frutos à capacidade de suprimento de carboidratos pela planta (GOLDSCHMIDT e KOCH, 1996). No hemisfério sul, a abscisão dos frutos ocorre entre outubro e dezembro. As causas, porém, são pouco conhecidas, mas é provável que também estejam relacionadas com características climáticas sazonais e acúmulo de reservas pela planta (MACHADO et al., 2002; SYVERTSEN e LLOYD, 1994). Variando-se artificialmente o suprimento de carboidratos na planta, IGLESIAS et al. (2003) demonstraram que podem ser um dos fatores limitantes à fixação de frutos.

O objetivo desta pesquisa foi avaliar como a quantidade de frutos (carga pendente) presente em laranjeira 'Valência' em um ano afeta o teor de carboidratos em folhas, o crescimento vegetativo, o florescimento, a frutificação e a produção de frutos na safra seguinte, em plantas submetidas ou não à irrigação.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido em duas fases (dois anos), em um pomar com laranjeiras 'Valência', com 11 anos de idade, enxertadas sobre limoeiro 'Cravo' e em plena produção, no espaçamento de 8 x 5 m, no Centro Avançado de Pesquisa Tecnológica dos Agronegócios de Citros "Sylvio Moreira" do

Instituto Agronômico (IAC) de Campinas, situado em Cordeirópolis (SP). O clima da região é do tipo Cwa, segundo a classificação de Köppen e o solo, Latossolo Vermelho distrófico e textura médio-argilosa. Localizada a 300 metros do campo experimental há uma estação meteorológica automática, onde se mediu a temperatura, precipitação pluvial, radiação solar e umidade do ar.

Primeira fase (fevereiro de 2004 a outubro de 2005)

Foram efetuados quatro tratamentos com seis repetições, em delineamento experimental fatorial 2 x 2, sendo cada repetição representada por uma planta por parcela totalizando 24 plantas (parcelas) na área útil. Os tratamentos foram: plantas Irrigadas e Com Frutos (ICF); plantas Irrigadas Sem Frutos (ISF); plantas Não Irrigadas e Com Frutos (NICF) e plantas Não Irrigadas e Sem Frutos (NISF). Nos tratamentos sem frutos, que simulam plantas sem produção, todos os frutos foram retirados manualmente em fevereiro de 2004. Nos demais tratamentos, foram mantidos todos os frutos. Foram irrigadas 12 plantas, 6 com e 6 sem frutos e as demais 12 plantas não foram irrigadas, ou seja, receberam exclusivamente a água proveniente da ocorrência de chuva natural. Nos tratamentos irrigados, a quantidade de água aplicada foi equivalente a 100% da evapotranspiração potencial. O sistema de irrigação utilizado foi o de gotejamento, composto por duas linhas de gotejadores de 2 L h⁻¹ espaçados de 0,5 m um do outro. Os cálculos da evapotranspiração potencial e o balanço hídrico climatológico decenal para os anos de 2004 e 2005 (CAD=100 mm) foram feitos utilizando-se a planilha eletrônica desenvolvida por ROLIM et al. (1998).

Avaliações da primeira fase

Em cada tratamento e repetição foram selecionados quatro ramos com tamanho inicial variando entre 0,4 e 0,5 m e a partir de fevereiro de 2004 até janeiro de 2005 foi estimado o crescimento vegetativo, por meio de medidas mensais do comprimento dos ramos com régua.

Em julho de 2004 selecionaram-se quatro ramos brotados no verão de 2003/2004 (chamados ramos jovens) e quatro ramos brotados na primavera de 2003 (chamados ramos velhos), por planta e por tratamento. Nos ramos jovens e velhos, entre julho (indução do florescimento) e novembro de 2004 (fim do processo de abscisão de frutos), foram contados os números de inflorescências (flores solteiras e flores com folhas) e de brotações vegetativas, em intervalos de aproximadamente 15 dias. Para estas contagens consideraram-se doze gemas por ramo, contadas a partir do ponteiro, totalizando uma amostra de 288

gemas, por tratamento, por idade de ramo. Os resultados foram apresentados em porcentagem como segue, [(órgão considerado/288) x 100]. Em 10 de fevereiro de 2005 foram contados todos os frutos de cada árvore e em outubro de 2005 foram colhidos e pesados. A produção de frutos foi expressa em kg/planta.

Segunda fase (setembro de 2005 até dezembro de 2005)

Na segunda fase, as plantas não receberam tratamento suplementar. Em consequência da retirada de frutos e da irrigação na metade das árvores, a produção de frutos da safra 2004/2005 (colhidos em outubro de 2005) foram diferentes entre os tratamentos. Nessa segunda fase do experimento avaliou-se como a produção da safra 2004/2005 afetou o florescimento e a fixação de frutos na safra seguinte (2005/2006). A continuidade do experimento foi feita, portanto, com as mesmas plantas, repetições e delineamento experimental da fase experimental anterior. As plantas que receberam irrigação na fase anterior permaneceram sob irrigação.

Avaliações da segunda fase

Entre meado de setembro de 2005 até meado de dezembro de 2005, ou seja, entre o florescimento e a fixação final de frutos, quantificou-se o número de flores e de frutos, em intervalos de aproximadamente uma semana. As contagens dos órgãos reprodutivos foram efetuadas por amostragem em dois locais da copa de cada planta, ou seja, num lado relativo ao nascente e noutro relativo ao poente, em relação ao Sol e na altura média da copa (ARAUJO et al., 1999). Cada lado da copa era limitado a uma área de amostragem de 1 m² (1 m x 1 m), portanto amostravam-se 2 m² por árvore, por data. Contaram-se todas as flores e frutos nesta área de 2 m² por planta. As contagens dos frutos prosseguiram até que o número de frutos permanecesse praticamente constante em duas coletas consecutivas.

Em 8 de dezembro de 2005 foram coletados 10 frutos (fase de desenvolvimento ping-pong) por planta em cada tratamento para medida do diâmetro de cada fruto. Os diâmetros dos frutos foram medidos com um paquímetro digital, objetivando-se avaliar comparativamente o crescimento inicial deles.

Coincidentemente com as datas de contagem de flores e de frutos, foram colhidas sete folhas maduras (aproximadamente seis meses de idade) por árvore, por tratamento, para análise do teor de carboidratos. Imediatamente após a coleta, as folhas eram mergulhadas em nitrogênio líquido e armazenadas a -20 °C até a análise.

Antes da elaboração do extrato para análise, as folhas foram submetidas à secagem em estufa com circulação forçada de ar à temperatura de 60 °C por quatro dias, até massa constante. O extrato para análise de açúcares redutores, sacarose e açúcares solúveis totais foi obtido a partir da extração alcoólica (100 mg de amostra seca moída com 5 mL de etanol 80%) durante 4 horas em banho-maria a 50 °C. A determinação do teor de açúcares foi feito por HPLC, em coluna Dionex P1, tendo como solvente NaOH 40 mM com fluxo de 0,8 mL/min, e detecção em detetor de pulso amperométrico. A análise de amido foi feita no resíduo do precipitado após banho-maria a 50 °C. A extração do amido no resíduo precipitado foi feita com 5 mL de ácido perclórico a 30% por três vezes consecutivas, a 50 °C por 20 minutos cada uma. O amido foi determinado com uso de reagente de antrona 0,1% em ácido sulfúrico 95% (YEMM E WILLIS, 1954).

Efetuiu-se a análise estatística (ANOVA two ways) utilizando-se o programa Origin 7.5 e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5%.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na figura 1 observa-se a variação decenal de temperatura do ar, precipitação pluvial, deficiência e excedente hídrico nos dois anos de experimentação. Em 2004, a média decenal de temperatura mínima e o déficit hídrico foram menores que em 2005. Em 2005, já ocorreu um período maior e mais acentuado de déficit hídrico, entre julho e fim de dezembro e a precipitação pluvial total foi menor. Assim, comparativamente em de 2005 houve maior irregularidade na distribuição de chuvas durante o outono e menor volume de chuvas durante a primavera-verão.

Primeira fase:

O crescimento de ramos foi significativamente ($p < 0,05$) maior nas plantas (ISF e NISF) cujos frutos foram retirados (Figura 2). Esse crescimento maior foi observado logo após a retirada dos frutos (fevereiro de 2004) e esse fato ocorreu possivelmente devido à menor competição por fotoassimilados nas plantas sem frutos. Os frutos são os órgão que exercem maior poder de dreno na planta, consumindo ao redor de 80% dos carboidratos produzidos (BUSTAN e GOLDSCHMIDT, 1998). No período entre abril e agosto de 2004, o crescimento dos ramos praticamente cessou. Este fato deve estar relacionado com a queda da temperatura no período, pois o balanço hídrico indica boa situação de disponibilidade hídrica no período. Em meados de agosto os ramos reiniciaram uma fase de crescimento (Figura 2), coincidentemente

com o aumento de temperatura (Figura 1), apesar de neste período ter ocorrido déficit hídrico de até 15 mm no fim de setembro (Figura 1). Geralmente, em citros, o crescimento praticamente cessa em temperaturas por volta de 13 °C (REUTHER, 1977). Depois desse período, com a elevação da temperatura do ar e o início das chuvas (Figura 1) o crescimento dos ramos voltou a aumentar mostrando um surto de crescimento na primavera (Figura 2). Esse crescimento manteve-se em uma taxa aproximadamente constante também durante o verão, visto que o ângulo de inclinação da curva entre setembro de 2004 e fevereiro de 2005 manteve-se praticamente constante. A irrigação não teve efeito, provavelmente porque nesse período não houve escassez importante de água (Figura 1) e o crescimento contínuo ocorreu sob condições favoráveis de temperatura e disponibilidade de água.

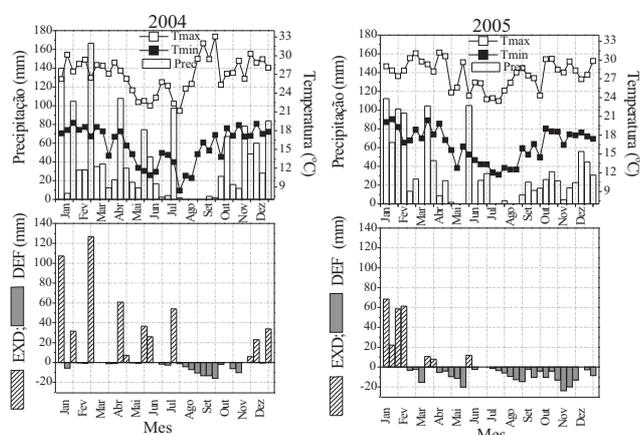


Figura 1. Variação estacional da temperatura máxima, temperatura mínima, precipitação, excedente (EXC) e deficiência hídrica (DEF) em 2004 e 2005, em Cordeirópolis (SP).

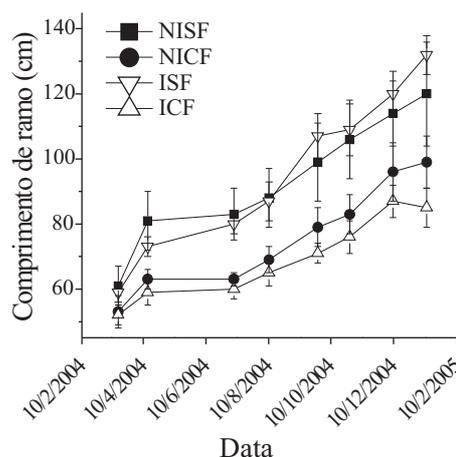


Figura 2. Crescimento de ramos vegetativos em laranja 'Valência' sobre limoeiro 'Cravo'. (●) e (■) representam os tratamentos laranjeiras não irrigadas com (NICF) e sem frutos (NISF), respectivamente; (Δ) e (▽) laranjeiras irrigadas com (ICF) e sem frutos (ISF) respectivamente. Barras indicam erro-padrão.

Em laranjeiras, períodos de baixas temperaturas e/ou de deficiência hídrica são favoráveis à indução de modificações internas nas gemas as quais, em condições favoráveis, florescem na primavera, em resposta ao aumento da temperatura e ocorrência de chuvas (Figuras 1 e 2). Neste período também ocorre a retomada do crescimento vegetativo (REUTHER, 1977) (Figuras 2 e 3). Em 2004, o déficit hídrico, no período de indução, não foi intenso e provavelmente a indução do florescimento em Cordeirópolis tenha sido devido principalmente às baixas temperaturas do inverno (RIBEIRO et al., 2006). Neste ano, no entanto, o florescimento foi considerado pouco intenso.

Na figura 3, verifica-se a dinâmica do aparecimento das estruturas vegetativas ou reprodutivas desenvolvidas a partir das gemas em ramos jovens e velhos selecionados em julho de 2004. O destino da gema para desenvolvimento vegetativo ou reprodutivo depende das condições fisiológicas e ambientais (REUTHER, 1977, DAVENPORT, 1990). Observou-se que gemas presentes sobretudo em ramos jovens, ou seja, daqueles brotados no verão de 2004, deram origem a flores (Figura 3). Porém em ambos os tipos de ramos, jovens ou velhos, houve brotação de ramos vegetativos, principalmente após outubro e novembro (Figura 3), como normalmente ocorre em laranjeiras. O florescimento mais importante ocorreu na primavera em meado de setembro (Figura 3), sobretudo nas laranjeiras pertencentes aos tratamentos NISF e ISF (Figura 3), ou seja, nas plantas em que os frutos foram retirados em fevereiro de 2004. Este fato corrobora com os resultados já observados os quais revelam que a presença de frutos pode inibir parcialmente o florescimento devido à produção de giberilinas pelas sementes (DAVENPORT, 1990; CASTRO et al., 1997), além de competirem por fotoassimilados para seu crescimento (GOLDSCHMIDT E KOCH, 1996). Outro fato que pode explicar a maior intensidade de florescimento nos tratamentos NISF e ISF foi o maior crescimento vegetativo de verão que induziu a formação de ramos aptos a florescerem na primavera seguinte (MEDINA et al. 2005). Também a maior porcentagem de fixação de frutos (chumbinhos) ocorreu nos tratamentos NISF e ISF (Figura 3). Destaca-se que os ramos brotados no verão (ramos novos) normalmente são mais externos à copa e expostos à radiação solar, havendo maior disponibilidade de energia para fotossíntese, transpiração e acúmulo de nutrientes, que podem favorecer o maior florescimento ou maior fixação de frutos. Na figura 3 pode-se observar que há maior número de estruturas reprodutivas nos ramos de verão (ramos novos) que naqueles mais velhos, gerados na primavera anterior. GARCIA-LUIS et al. (1995) também

observaram maior intensidade de florescimento e de formação de ramos em plantas cujos frutos foram retirados. Esses mesmos autores observaram queda no florescimento em plantas sombreadas, ou seja com menor potencial fotossintético. As dinâmicas de surgimento de flores e de frutos em 2004 foram semelhantes nos tratamentos NISF e ISF independente, portanto, do fornecimento suplementar de água por meio de irrigações. Certamente os breves períodos em que ocorreram déficits hídricos (Figura 1) não foram suficientes para afetar positivamente mais ao florescimento (KOSHITA E TAKAHARA, 2004). A partir de novembro e durante dezembro, isto é aproximando-se do verão, ocorreu aumento nas brotações do tipo vegetativa em todos tratamentos, possivelmente, em resposta ao aumento da temperatura e da umidade (Figura 1).

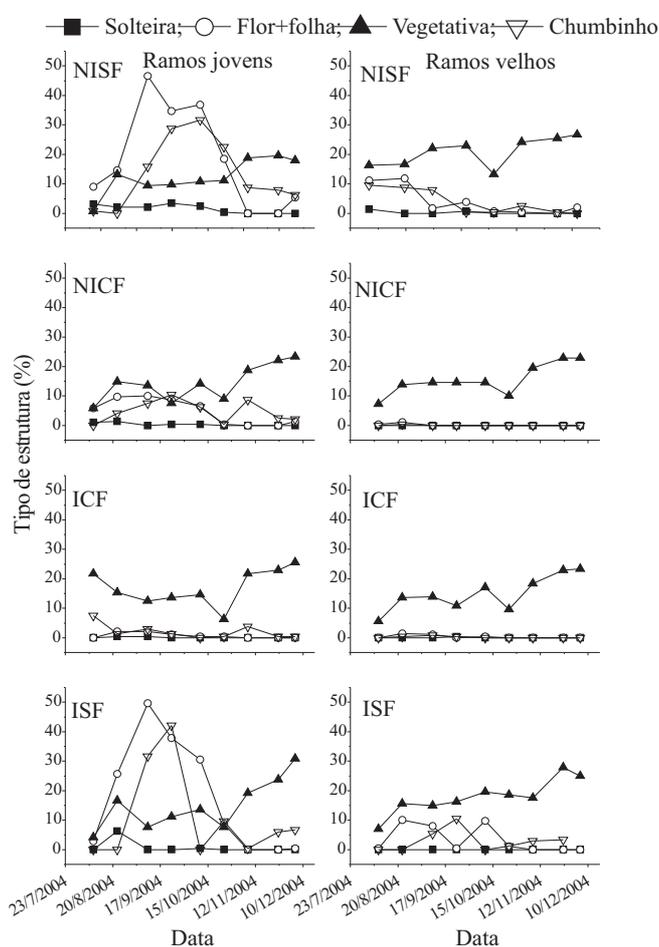


Figura 3. Tipos de estruturas (reprodutivas ou vegetativas) brotadas a partir de gemas (288 gemas por tratamento) em laranjeira 'Valência' sobre limoeiro 'Cravo' irrigada com (ICF) ou sem fruto (ISF); e não irrigadas e com frutos (NICF) ou sem frutos (NISF). (o) indica flor em ramos com folhas; (▲) brotação vegetativa, (■) flor em ramo sem folha, (▽) fruto na fase 'chumbinhos'.

Na figura 4 observam-se o número, a produção e a massa por unidade de fruto na colheita em outubro de 2005. A produção de frutos foi significativamente ($p < 0,05$) maior nos tratamentos em que se fez a retirada artificial dos frutos em fevereiro de 2004 (Figura 4B), ou seja nos tratamentos NISF e ISF (alta produção) em relação aos tratamentos NICF e ICF (baixa produção). Com a irrigação não houve efeito detectável estatisticamente na produção de frutos (Figura 4B). Nesse caso, ficou evidente que a maior produção de frutos foi relacionada com a produção maior de flores e com o número de frutos fixados (Figura 4A) nos tratamentos ISF e NISF (Figura 3 A e D). Como esperado, a massa individual de fruto foi maior nas plantas com menor número de frutos, ou seja as referentes aos tratamentos NICF e ICF, em função da competição entre frutos pelo substrato disponível (BUSTAN E GOLDSCHMIDT, 1998). TONET et al. (2002) também observaram que a eliminação de frutos no ano acarretou em maior produção em função da ausência de competição. Também esses autores sugeriram a possibilidade dessas plantas entrarem em uma seqüência de alternância de safra.

Segunda fase:

Segundo AGUSTÍ (2000) a quantidade de frutos colhidos em uma safra afeta a brotação e o crescimento vegetativo e, conseqüentemente, a floração na safra seguinte. Nas plantas com diferentes produções, avaliou-se o efeito da carga pendente na safra de 2005 e da irrigação na dinâmica do florescimento e da fixação de frutos da safra seguinte, isto em 2005/2006. Na figura 5 observa-se a dinâmica do aparecimento de flores e de frutos no período entre início de setembro até meados de dezembro de 2005, nas plantas com altas (tratamentos NISF e ISF) e baixas produções (tratamentos NICF e ICF) na safra 2004/2005 (Figura 4B). Independentemente do tratamento a que as plantas foram submetidas, o padrão de florescimento foi semelhante, ou seja, o número de flores aumentou até um máximo e depois diminuiu até que elas caíssem ou formassem frutos. O número máximo de flores das plantas irrigadas (ISF e ICF) ocorreu ao redor de 17 de setembro de 2005, ou seja, aproximadamente 15 dias antes do que as plantas não irrigadas (NICF e NISF), que ocorreu ao redor de 1.º de outubro de 2005. Assim, mesmo sem ter ocorrido déficit hídrico, o florescimento ocorreu nas plantas irrigadas, possivelmente porque o período de baixa temperatura foi o suficiente para induzi-lo. O período de indução pelo frio deve ter ocorrido entre junho e agosto de 2005 (Figura 1), quando a temperatura do ar abaixou significativamente. Nota-se que, no tratamento irrigado (ISF e ICF), a maior quantidade de flores abertas (antese) no período de máximo florescimento ocorreu nas plantas ICF. Vale aqui ressaltar novamente que as plantas ISF foram aquelas com maior produção de frutos em 2005

(Figura 4). Assim a menor quantidade de flores apresentada no tratamento ISF pode estar relacionado a dois fatos principais: primeiro devido à competição por substrato entre os frutos em maturação e as flores e segundo ainda ao efeito inibitório devido à produção de giberelina pelas sementes, que poderiam causar uma inibição parcial no florescimento, em relação às plantas ICF que produziram menos em 2005 (Figuras 4 e 5).

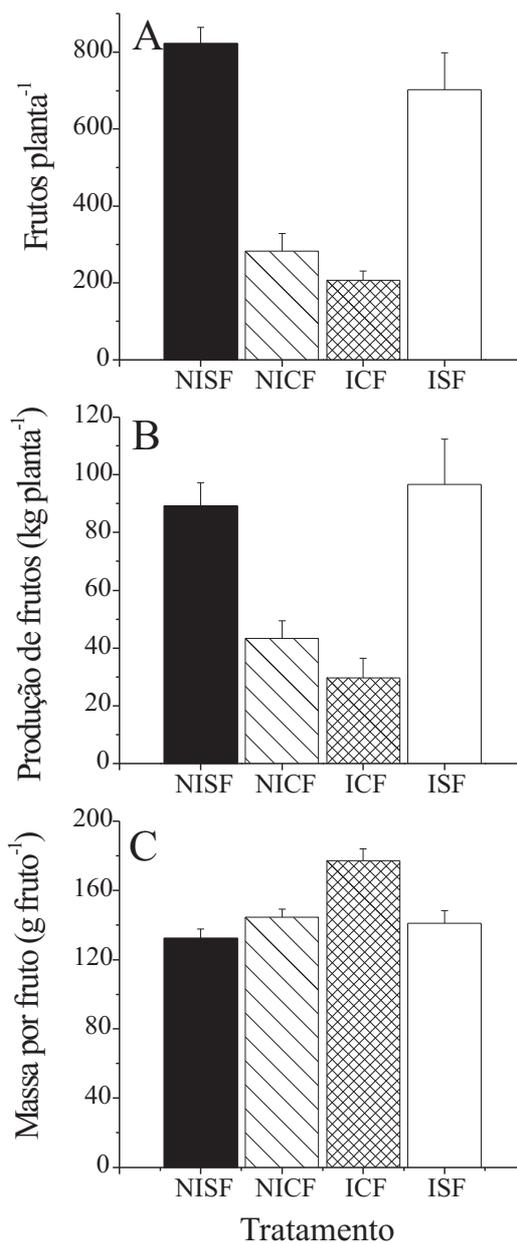


Figura 4. Número de frutos (A); produção de frutos por planta (B) e massa individual dos frutos (C) na colheita em outubro de 2005 em laranja 'Valência' sobre limoeiro 'Cravo' nos tratamentos plantas não irrigadas e sem fruto (NISF) ou com fruto (NICF) e plantas irrigadas sem frutos (ISF) ou com frutos (ICF). Nos tratamentos sem frutos, os mesmos foram retirados em fevereiro de 2004. Barras indicam erro-padrão.

O número máximo de flores nos tratamentos não irrigados (NICF e NISF) foi maior que o das plantas irrigadas ($p < 0,05$). Esse florescimento mais intenso possivelmente está relacionado com o efeito suplementar de indução devido à ocorrência da deficiência hídrica em adição à indução por baixa temperatura. Assim, é possível que a intensidade e distribuição do florescimento estejam relacionadas geralmente à intensidade e duração do estresse quando a planta entra em dormência e o crescimento é retomado ao retornarem as condições ambientais adequadas (VOLPE, 1992; RIBEIRO et al., 2006). Comparativamente, nas plantas sem irrigação, o número máximo de flores ocorreu no tratamento que teve menor produção de frutos em 2005, o NICF. As razões possíveis são as mesmas discutidas em relação às plantas irrigadas, ou seja competição por substrato e efeito inibitório parcial dos frutos sobre o florescimento, bem como a maior formação de ramos de verão em plantas com menos frutos, aptos para florescerem na primavera seguinte (REUTHER, 1977; DEVENPORT, 1990; AGUSTÍ, 2000; CASTRO et al., 2001; MEDINA et al. 2005).

Na figura 5B observa-se a dinâmica no temporal do número de frutos. Em todos os tratamentos, após a antese e fecundação há um crescente aparecimento de frutos, até atingir um valor máximo. Em relação ao pico no número de frutos, houve um padrão semelhante ao das flores, ou seja, foi mais precoce nas plantas irrigadas e com maior número nas plantas não irrigadas. O número máximo de frutos nas plantas irrigadas ocorreu em 5/10/2005 e nas plantas não irrigadas em 29/10/2005. Em todos os tratamentos, após o período de grande abscisão, o número de frutos realmente fixados foi somente uma pequena fração em relação ao número de flores (Figura 5B detalhe), confirmando outros trabalhos (MONSELISE, 1986; AGUSTÍ, 2000; CASTRO et al., 2001). No entanto, o número final de frutos fixados até a última contagem em 8 de dezembro, foi estatisticamente maior ($p < 0,05$) nas plantas nas quais inicialmente foram mantidos os frutos (NICF e ICF), ou seja naquelas em que a produção de frutos em 2005 foi baixa (Figura 4).

Em 8 de dezembro, quando o número de frutos estabilizou-se, mediu-se o diâmetro daqueles que permaneceram nas plantas, como uma estimativa do seu crescimento inicial. Nesse caso, com a irrigação houve um efeito significativo no crescimento inicial dos frutos. Na figura 6 constata-se que os frutos originados de plantas irrigadas cresceram efetivamente mais ($p < 0,005$) do que aqueles de plantas não irrigadas. Em 2005, no período de crescimento inicial dos frutos até dezembro houve um déficit hídrico de -3 até -8,7 mm entre o segundo e o terceiro

decênio (Figura 2), o qual parece contribuir significativamente para diminuir o crescimento dos frutos das plantas não irrigadas, provavelmente devido à possível queda na taxa de fotossíntese. Também devido ao maior crescimento dos frutos, será mostrado à frente que o teor de carboidratos metabolizáveis foi menor nas plantas irrigadas.

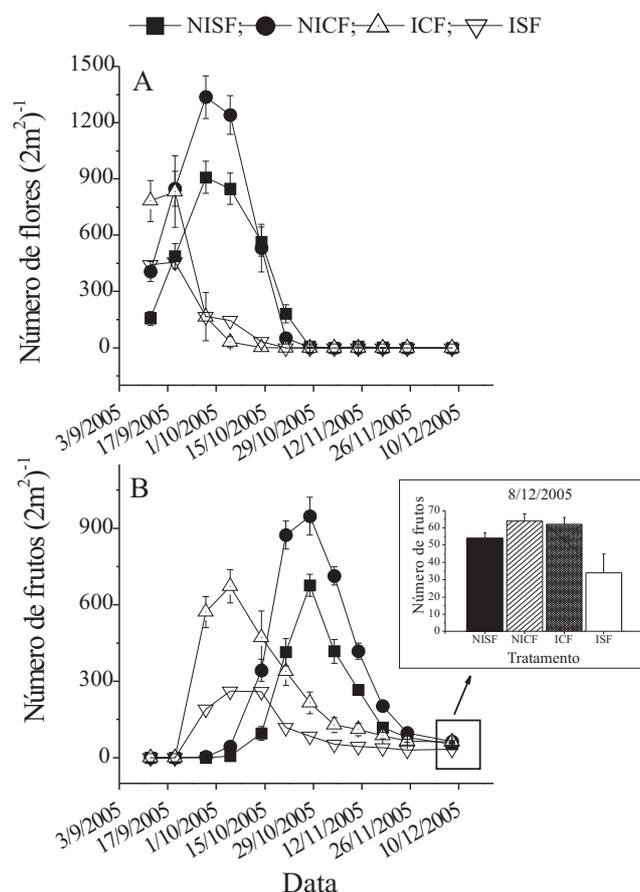


Figura 5. Desenvolvimento do número de flores (A) e de frutos (B) ('chumbinho') em laranjeira 'Valência' sobre limoeiro 'Cravo' nos tratamentos plantas não irrigadas e sem fruto (■, NISF) ou com fruto (●, NICF) e plantas irrigadas sem frutos (▽, ISF) ou com frutos (△, ICF). Barras indicam erro-padrão.

Na figura 7 são apresentados os teores de carboidratos nas folhas, desde a indução floral (agosto) até após o término do período em que há queda de frutos (dezembro). Na primeira coleta de folhas, em 8/8/2005, o teor de açúcares solúveis totais (glicose+frutose+sacarose, Figura 7A) dos tratamentos irrigados (ICF e ISF) foi significativamente menor que dos tratamentos não irrigados (NISF e NICF). Nesse período de agosto devem ter ocorrido as condições para indução floral (baixa temperatura, Figura 1), e nas plantas irrigadas, o florescimento ocorreu mais cedo em relação às não-irrigadas, devido possivelmente às condições favoráveis de umidade nesse tratamento.

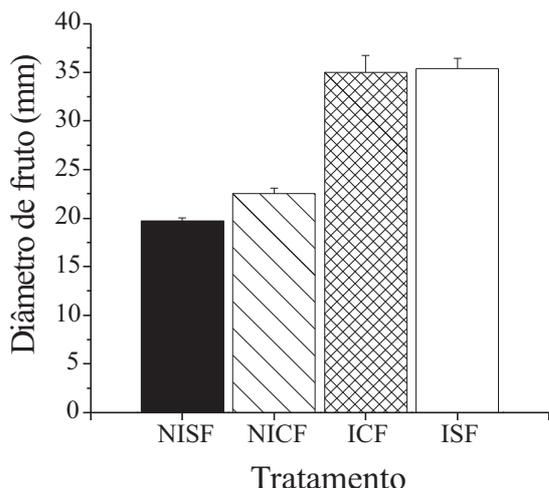


Figura 6. Diâmetro de frutos ('chumbinho' até 'ping-pong') medidos em 8 de dezembro de 2005 (safra 2005/2006), em laranjeira 'Valência' sobre limoeiro 'Cravo' nos tratamentos plantas não irrigadas e sem (NISF) ou com frutos (NICF) e plantas irrigadas e sem frutos (ISF) ou com frutos (ICF). Barras indicam erro-padrão.

Após agosto, os teores de carboidratos solúveis totais das plantas irrigadas tenderam a aumentar enquanto os das plantas não irrigadas diminuíram. Tal fato pode estar relacionado com a indução do florescimento e com o florescimento que também ocorreram em períodos subseqüentes (Figura 5). Nas plantas não irrigadas (NISF e NICF), o déficit hídrico manteve as plantas em dormência, portanto ainda num processo de indução de florescimento. Nas plantas não irrigadas, ocorreu queda no teor de carboidratos solúveis totais entre meados de agosto e 15 de outubro, sugerindo um grande fluxo de carboidratos durante a indução do florescimento, mesmo naqueles mais jovens, gerados em brotações do final de verão que necessitam de pelo menos 6 a 8 meses de maturação para serem aptos a florescer. Já se discutiu que o maior florescimento nas plantas não irrigadas deve estar relacionado com o maior período de indução em função do déficit hídrico (Figura 5). A quebra da dormência nessas plantas ocorreu com o estímulo do re-início das chuvas (Figura 1) e conseqüente ocorrência do florescimento (Figura 5). GARCÍA-LUIS et al. (1995) também observaram queda no teor de açúcares solúveis por ocasião da indução floral.

No florescimento máximo, tanto das plantas irrigadas como das não-irrigadas os teores de carboidratos solúveis e metabolizáveis (Figura 7A e 7C) (metabolizáveis=carboidratos solúveis+amido) foram semelhantes e não variaram, sugerindo que o florescimento em si não afetou o consumo de carboidratos. Ou seja, a despeito das diferenças na intensidade de florescimento, os teores de carboidratos apresentaram diferenças relativamente pequenas, à

semelhança do que também verificaram GARCÍA-LUIS et al. (1995), que, não observaram diferenças evidentes no teor de carboidratos com o florescimento máximo.

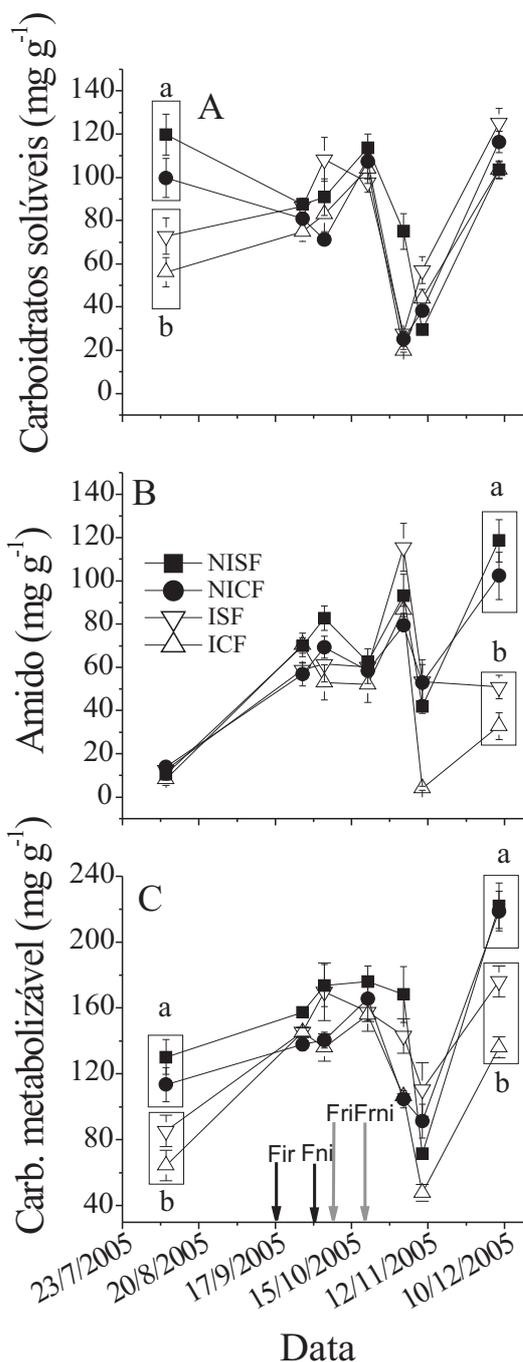


Figura 7. (A) Teor de carboidratos solúveis totais (glicose+frutose+sacarose); (B) teor de amido e (C) teor de carboidratos metabolizáveis (carboidratos solúveis+amido) em folhas de laranjeira 'Valência' sobre limoeiro 'Cravo' nos tratamentos plantas não irrigadas e sem fruto (NISF) ou com fruto (NICF) e plantas irrigadas sem frutos (ISF) ou com frutos (ICF). Setas Fir e Fni indicam datas de florescimento máximo em plantas irrigadas e não irrigadas, respectivamente; setas Fri e Frni, datas de frutificação máxima em plantas irrigadas e não irrigadas, respectivamente. Barras indicam erro-padrão.

As plantas com maior produção de frutos na safra 2004/2005 também tiveram menor quantidade de flores (Figura 5). No entanto, não implicou em maior consumo de reservas ou de carboidratos em geral, em relação a laranjeiras que floresceram menos (Figura 5, 7). Tal resultado revela que a maior produção de frutos nessas plantas inibiu o florescimento por outras causas que não a competição por fotoassimilados. Outros autores também não obtiveram evidências diretas da inibição do florescimento devido à competição por carboidratos (Garcia-Luiz et al., 1986, 1995; Ruiz et al., 2001). Nas laranjeiras em que ocorreu maior florescimento também produziram menos frutos (Figura 4, 5), de modo que o consumo final de carboidratos não diferiu entre os tratamentos nesta fase de desenvolvimento.

Até o início de agosto, os teores de amido eram relativamente baixos (Figura 7B), porém ocorreu aumento significativo até meado de setembro, depois de julho. Apesar da taxa de fotossíntese diminuir significativamente no inverno (MACHADO et al., 2002), também há queda acentuada na taxa de crescimento vegetativo e dos frutos, podendo acarretar aumento nas reservas de amido (Figuras 2 e 3).

O número de frutos atingiu um valor máximo para depois decair acentuadamente (Figura 5). O número final de frutos fixados até a última contagem em 8 de dezembro, foi estatisticamente maior ($p < 0,05$) nas plantas (Figura 5) cujo tratamento inicial mantiveram-se os frutos (NICF e ICF), ou seja, naquelas em que a produção de frutos em 2005 foi baixa (Figura 4). Esse resultado sugere que a competição por fotoassimilados pode afetar o pegamento de frutos. De fato, confrontando a figura 5 com a figura 7 verificou-se que o aumento da abscisão está relacionado com a queda acentuada no teor de amido e de carboidratos metabolizáveis (Figuras 7B e C), demonstrando uma limitação no suprimento de carboidratos devido à competição entre os frutos novos em desenvolvimento. RUIZ et al (2001) também relataram queda no teor de carboidratos, durante o período final de abscisão de frutos demonstrando uma limitação no suprimento de carboidratos devido à competição entre os frutos em desenvolvimento. IGLESIAS et al. (2003) observaram que o aumento do fornecimento de carboidratos no período de fixação de frutos aumentou a porcentagem de frutos fixados. Nesse mesmo trabalho, o aumento na disponibilidade de carboidratos para os frutinhos em crescimento foi associado com o decréscimo da taxa de abscisão durante o período de fixação dos frutos. Vários estudos das relações fonte-dreno em citros, utilizando-se técnicas de anelamento de ramos, fornecimento artificial de sacarose, desfolhamento parcial, sugerem também que a competição por

fotoassimilados entre os frutinhos regula a abscisão deles (GOLDSCHMIDT E KOCH, 1996; IGLESIAS et al., 2003).

Depois do período de competição, no início do crescimento dos frutos, causando queda acentuada no teor de carboidratos, parece que se restabeleceu o equilíbrio entre fornecimento de carboidratos e consumo pelos frutos remanescentes e as reservas de amido aumentaram novamente (Figura 7B). Porém, as reservas de amido atingiram um patamar maior nas plantas não irrigadas. O menor patamar atingido pelas plantas irrigadas pode estar relacionado ao maior consumo pelos frutos remanescentes, visto que o crescimento desses frutos foi significativamente maior nas plantas irrigadas (Figura 6).

4. CONCLUSÕES

1. O crescimento vegetativo e a produção de ramos de verão, aptos para florescer na primavera seguinte é maior em plantas sem frutos.
2. A carga pendente de frutos inibe parcialmente o florescimento.
3. O florescimento é mais intenso quando da combinação de baixa temperatura com deficiência hídrica no período de indução.
4. O crescimento inicial dos frutos é limitado pela disponibilidade de carboidratos, ocorrendo grande abscisão de frutos.

AGRADECIMENTOS

À Fapesp pelo financiamento do projeto e bolsa de Mestrado para Ana Karina de Souza Prado. Ao CNPq pela bolsa DTI para Daniela Fávero São Pedro Machado e pela bolsa em Produtividade Científica para Eduardo Caruso Machado e Paulo Mazzafera. Ao PqC Rafael Vasconcelos Ribeiro pelas sugestões. Ao José Zanetti Júnior e Ricardo Silvério Machado pela colaboração na execução do trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGUSTÍ, M. *Citricultura*. Madri: Ediciones Mundi-Prensa, 2000. 415p.
- ALBRIGO, G. Influências ambientais no desenvolvimento dos frutos cítricos. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE CITROS-FISIOLOGIA, 2., 1992, Bebedouro. *Anais...* Bebedouro: Fundação Cargill, 1992. p. 100-106.
- ARAUJO, P. S. R.; MOURÃO, F. A. A.; SPOSITO, M. B. Pegamento de frutos de laranjeira "Pêra" em diferentes alturas na copa relacionados aos quadrantes geográficos. *Scientia Agrícola*, Piracicaba, v. 56, n.1, p.157-162, 1999.

- BUSTAN, A.; GOLDSCHMIDT, E.E. Estimating the cost of flowering in a grapefruit tree. **Plant and Cell Environment**, Oxford, v. 21, p. 217-224, 1998.
- CASTRO, P.R.C.; MARINHO, C.S.; PAIVA, R.; MENEGUCCI, J.L.P. Fisiologia da produção dos citros. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 22, n. 209, p. 26-38, 2001.
- CASTRO, P.R.C.; MEDINA, C.L.; PACHECO, A.C. Potencialidade para o uso de reguladores vegetais na planta cítrica. **Laranja**, Cordeirópolis, v. 17, n.1, p.109-122, 1997.
- DAVENPORT, T. L. Citrus flowering. **Horticultural Reviews**, Westport, v. 12, p. 349-408, 1990.
- GARCIA-LUIZ, A.; ALMELA, V.; MONERI, C.; AUGUSTI, M.; GUARDIOLA, J.L.. Inhibition of flowering *in vivo* by exiting fruits and applied growth regulators in *Citrus unshiu*. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v. 66, p. 515-520, 1986.
- GARCIA-LUIS A.; FORNÉS, F.; GUARDIOLA, J.L. Leaf carbohydrates and flower formation in citrus. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v.120, p. 222-227, 1995.
- GOLDSCHMIDT, E.E.; KOCH, K.E. Citrus. In: ZAMSKI, E.; SCHAFFER, A.A. (Ed.) Photoassimilate distribution in plants and crops. Source-sink relationships. New York: Marcel Dekker, 1996. p. 797-823.
- IGLESIAS, D.J.; TADEO, F. R.; PRIMO-MILLO, E.; TALON, M. Fruit set dependence on carbohydrate availability in citrus trees. **Tree Physiology**, Victoria, v. 2, p. 199-204, 2003.
- KOSHITA, Y.; TAKAHARA, T. Effect of water stress on flower-bud formation and plant hormone content of satsuma mandarin (*Citrus unshiu* Marc.). **Science Horticulturae**, Amsterdam, v. 99, p. 301-307, 2004.
- LIMA, J.E.O. Florescimento e frutificação em citros. **Laranja**, Cordeirópolis, v. 10, p. 243-253, 1990.
- MACHADO, E.C.; MEDINA, C.L.; GOMES, M.M.A.; HABERMANN, G. Variação sazonal da fotossíntese, condutância estomática e potencial da água na folha de laranjeira 'Valência'. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 59, p. 53-58, 2002.
- MEDINA, C.L.; RENA, A.B.; SIQUEIRA, D.L.; MACHADO, E.C. Fisiologia dos citros. In: MATTOS JUNIOR, D.; DE NIGRI, J.D.; PIO, R.M.; POMPEU JUNIOR, J. (Ed.). **Citros**. Campinas: Instituto Agrônômico/Fundag, 2005. p. 147-195.
- MONSELISE, S.P. Citrus. In: MONSELISE, S.P. (Ed.). **Handbook of fruit set and development**. Boca Raton, Florida: CRC Press, 1986. p. 87-108.
- MONSELISE, S.P.; HALEVY, A.H. Chemical inhibition and production of citrus flower bud induction. **Proceeding of the American Society for Horticultural Science**, Beltsville, v. 84, p. 141-146, 1964.
- REUTHER, W. Citrus. In: ALVIM, P.T.; KOZLOWSKI, T.T. (Ed.) **Ecophysiology of tropical crops**. Londres: Academic Press, 1977. p. 409-439.
- RIBEIRO, R.V.; MACHADO, E.C.; BRUNINI, O. Ocorrência de condições ambientais para indução do florescimento em citros no Estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 28, p. 247-253, 2006.
- ROLIM, G.S.; SENTELHAS, P.C.; BARBIERI, V. Planilhas no ambiente Excel™ para cálculos de balanços hídricos: normal, seqüencial, de cultura e de produtividade real e potencial. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 6, n. 1, p. 133-137, 1998.
- RUIZ, A.; GARCIA-LUIS, C.; MONERRI, C.; GUARDIOLA, J.L. Carbohydrate availability in relation to fruitlet in Citrus. **Annals of Botany**, Oxford, v. 87, p.805-812, 2001.
- SYVERTSEN, J.P.; LLOYD, J.J. Citrus. In: SCHAFFER, B.; ANDERSEN, P.C. (Ed.). **Handbook of environmental physiology of fruit crops: subtropical and tropical crops**. Boca Raton: CRC Press, 1994. p. 65-100.
- TONET, R.M.; LEITE, I.C.; STUCUI, E.S.; SANCHES, F.R. Florescimento e frutificação da laranjeira 'Pêra' em Bebedouro (SP). **Laranja**, Cordeirópolis, v. 23, n. 1, p. 167-182, 2002.
- VOLPE, C.A. Fenologia de citros. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE CITROS - FISILOGIA, 2., 1992, Bebedouro. **Anais...** Bebedouro: Fundação Cargill, 1992. p. 107-120.
- YEMM, E.W.; WILLIS, A.J. The estimation of carbohydrates in plant extracts by anthrone. **Biochemical Journal**, London, v. 57, p. 508-514, 1954.