

CARACTERIZAÇÃO DAS ADVERSIDADES METEOROLÓGICAS NAS REGIÕES PRODUTORAS DE CITRUS NO ESTADO DE SÃO PAULO ¹

*Orivaldo Brunini³ ; Pedro Luís Guardia Abramides⁴; Andrew Patrick Ciarelli
Brunini⁵; Gabriel Constantino Blain⁶ –*

RESUMO- As características climáticas e das adversidades meteorológicas no Estado de São Paulo, tanto do ponto de vista do fator térmico , como do fator hídrico , e da combinação destes parâmetros foram avaliados e discutidos com relação à cultura do Citrus . Observa-se que os índices propostos para quantificação das condições agrometeorológicas, propostos no CIIAGRO (<http://ciiagro.iac.sp.gov.br>), assim como os indicados no INFOSECA (www.infoseca.sp.gov.br), para quantificar e mitigar as condições de seca, adaptam-se adequadamente para monitorar as adversidades meteorológicas, em especial secas, em escala temporal e espacial no Estado de São Paulo. Observa-se que para a cultura de citrus a seca é a adversidade meteorológica mais limitante ao desenvolvimento e produção no Estado de São Paulo .

ABSTRACT- Climate variability and weather constraints , were evaluated in a routine basis in São Paulo State, for a better understanding of crop development and production. The study was based on thermal and water stress factors, as well as the combination of these parameters, and their effects in relation to the citrus crop. It was observed that the Agrometeorological Indices as proposed in the CIIAGRO (<http://ciiagro.iac.sp.gov.br>), and the Drought Indices, indicated in the INFOSECA (www.infoseca.sp.gov.br) to monitor and mitigate drought effects, may be used on a routine basis to monitor and mitigate drought conditions in a geographical and temporal distribution. It was also indicated that drought is the major weather constraints for citrus crop development in São Paulo State .

¹ Instituto Agrônomo/CIIAGRO <http://ciiagro.iac.sp.gov.br> - <http://www.infoseca.sp.gov.br> -Av Barão de Itapura- 1481-13.020-902- Campinas- SP

³-Eng Agrônomo- Pesquisador - PhD Agrometeorologia-IAC- CIIAGRO- brunini@iac.sp.gov.br - Bolsista CNPQ

⁴- Eng Agrônomo- Pesquisador – MSc Tecnologia da Informação-IAC- CIIAGRO-pedro@iac.sp.gov.br

⁵-Biólogo- Pesquisador – MSc –Recursos Agroambientais -IAC- andbrunini@uol.com.br - Bolsista CNPQ

⁶- Eng Agrícola - Pesquisador – MSc –Recursos Agroambientais -IAC- CIIAGRO-gabriel@iac.sp.gov.br

I INTRODUÇÃO

Para uma produção adequada de alimentos buscando garantir sua sobrevivência a espécie humana observou ao longo do tempo que o efeito das variáveis meteorológicas deve ser conscientemente avaliado e diagnosticado, para atender às necessidades de uma população crescendo dinamicamente e afetando o ambiente negativamente.

Tem crescido em todas as partes do globo a necessidade de obtenção e transferência de dados meteorológicos em tempo real para dar suporte às diversas atividades de pesquisa como: agricultura, recursos hídricos, construção civil, pesquisa e desenvolvimento, monitoramento ambiental, e biologia. Por outro lado tem crescido substancialmente também a preocupação com as adversidades e os impactos dos desastres naturais. Considerando-se que 70% ou mais destes extremos e adversidades são diretamente relacionados aos aspectos meteorológicos, para estabelecer as estratégias e medidas pró-ativas eficientes e efetivas o monitoramento das variáveis meteorológicas deve ser contínuo, prático e ágil (Obasi, 2001).

De acordo com as normas e critérios estabelecidos pela Organização Meteorológica Mundial, para atender as demandas impostas por uma sociedade mais exigente e sujeita às adversidades mais freqüentes um melhor sistema ou rede de coleta e transferência dos dados e produtos se faz necessário para acompanhar e diagnosticar os elementos meteorológicos e os seus impactos sobre a sociedade.

Com o avanço das tecnologias de desenvolvimento de sensores e sistema de aquisição de dados o monitoramento das variáveis ambientais tem alcançado um elevado grau de qualidade e confiança. Isto tem levado à criação e instalação de redes de estações meteorológicas automáticas em diversos países, para suprir e adequar às necessidades de geração de tecnologias e conhecimentos científicos.

Dentro da atual dinamicidade e demanda do agronegócio, não se torna mais plausível que as informações e produtos agrometeorológicos de necessidade e suporte às decisões agrícolas sejam contabilizadas e armazenadas, sem que o

setor produtivo tenha acesso imediato a elas. O uso da metodologia e conceitos de monitoramento agrometeorológico iniciou-se em 1988 com a criação do CIIAGRO e outros Centros de Pesquisa e Ensino passaram a adotar a metodologia básica. Em abril de 2003, o Instituto Agrônômico colocou em prática o software do **CIIAGRO ON-LINE**, que se mostrou eficiente tanto no recebimento e cadastramento de dados quanto na disponibilização de informações, dando suporte efetivo a atividades como: calendário agrícola, preparo do solo, aplicação de produtos químicos agrícolas, monitoramento de irrigação, datas de maturação e colheita, controle e manejo de pragas e doenças vegetais, transporte de produtos agrícolas, operações florestais tais como incêndios, geadas, secas e outros fenômenos adversos, manejo agrícola e outras atividades correlatas. A metodologia utilizada permite a geração de tabelas e gráficos on-line, de forma personalizada, dispensando o armazenamento de documentos e gráficos, economizando força de trabalho em termos de mão-de-obra e espaço físico em termos de HD. O sistema CIIAGRO, que é composto de análises detalhadas das condições meteorológicas e caracterização agrometeorológica e fitotécnica envolve vários subgrupos, que estão disponíveis no site <http://ciiagro.iac.sp.gov.br> ou www.iac.sp.gov.br/ciiagro , os quais caracterizam uma análise dinâmica assim como uma caracterização temporal, tanto pelos menu – **CIIAGRO ON-LINE** – e pelo menu – **SISTEMA SIGA ATUALIZAÇÃO ON-LINE**. Estes dois componentes aliados à coleta e análise diária dos dados permitem dar suporte às diversas atividades agrícolas e mesmo aos diversos segmentos da sociedade.

Mais recentemente, com base no CIIAGRO, foi lançado o INFOSECA (Centro de Monitoramento e Mitigação de Seca e Adversidades Hidrometeorológicas), permitindo um sistema de contínuo monitoramento das adversidades meteorológicas, em especial a seca sobre as culturas. Desta maneira pode-se afirmar que do ponto de vista Agrometeorológico, a Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo, está plenamente capacitada a monitorar e diagnosticar eventos meteorológicos adversos e seus efeitos sobre a agricultura.

Um exemplo disto é o monitoramento e avaliação destas adversidades nas diferentes regiões produtoras de Citrus, em nosso Estado, que apesar de ser um dos principais produtos de exportação, gerando divisas e possibilidades de empregos, vem sofrendo com efeitos negativos de seca, assim como de doenças e pragas, sendo que estas últimas podem estar associadas aos elementos meteorológicos. Desta maneira neste trabalho, procurar-se-á descrever os métodos de medidas e mitigação da seca, e os efeitos na cultura do Citrus.

II - CARACTERIZAÇÃO DAS ADVERSIDADES METEOROLÓGICAS

A caracterização da variabilidade climática e os efeitos das adversidades meteorológicas, não podem ser entendidos como uma resposta de um parâmetro somente. Estas devem ser observadas sob o ponto de vista da cultura ou estágio fenológico e, além disto, esta análise deve ser enfocada avaliando-se o comportamento temporal e espacial dos parâmetros meteorológicos e agrometeorológicos.

Em um sistema de constantes alterações dos elementos meteorológicos, e possíveis alterações climáticas tanto em macro escala como também em meso escala, as possibilidades de ocorrência de eventos extremos são mais plausíveis de ocorrerem.

Os principais fatores meteorológicos a serem avaliados e seus extremos são a chuva, a temperatura do ar e o granizo. No caso de granizo a sua previsão é mais difícil e os efeitos mais localizados.

Desta maneira, a avaliação e a caracterização das adversidades meteorológicas sobre a cultura do citrus devem ser baseadas no fator térmico, ou seja, na temperatura do ar e no fator hídrico, neste caso o total e distribuição de chuva.

II- 1 FATOR TÉRMICO

Com relação às características térmicas, observa-se, que em macro escala, estas são favoráveis para o desenvolvimento da cultura de citrus no Estado. As Figuras 1 e 2 demonstram as condições de disponibilidade térmica, indicando que a cultura tem amplas condições de desenvolvimento.

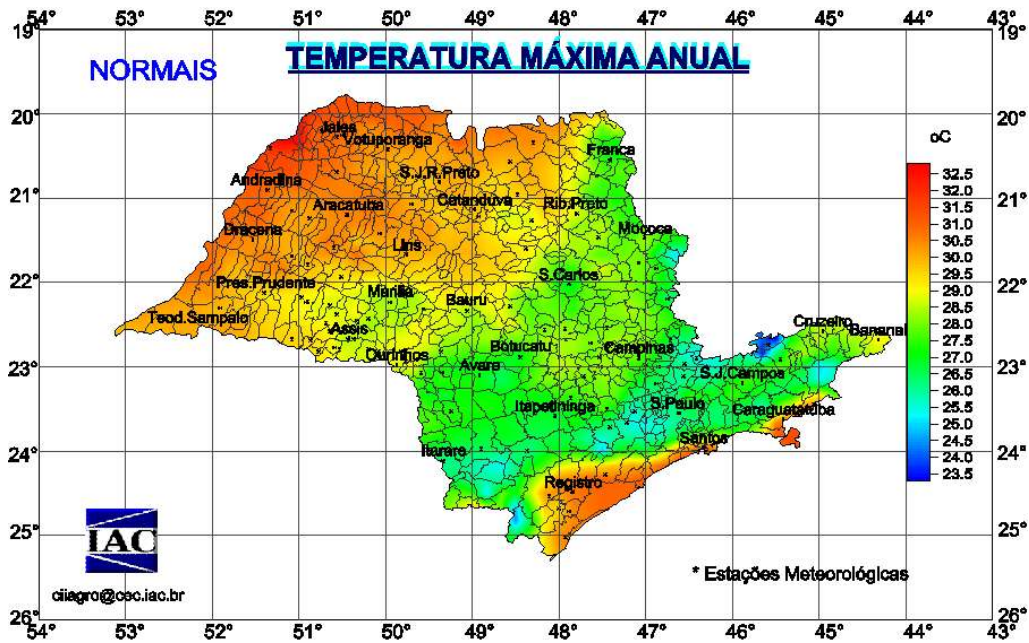


Figura 1- Temperatura Máxima Média Anual para o Estado de São Paulo

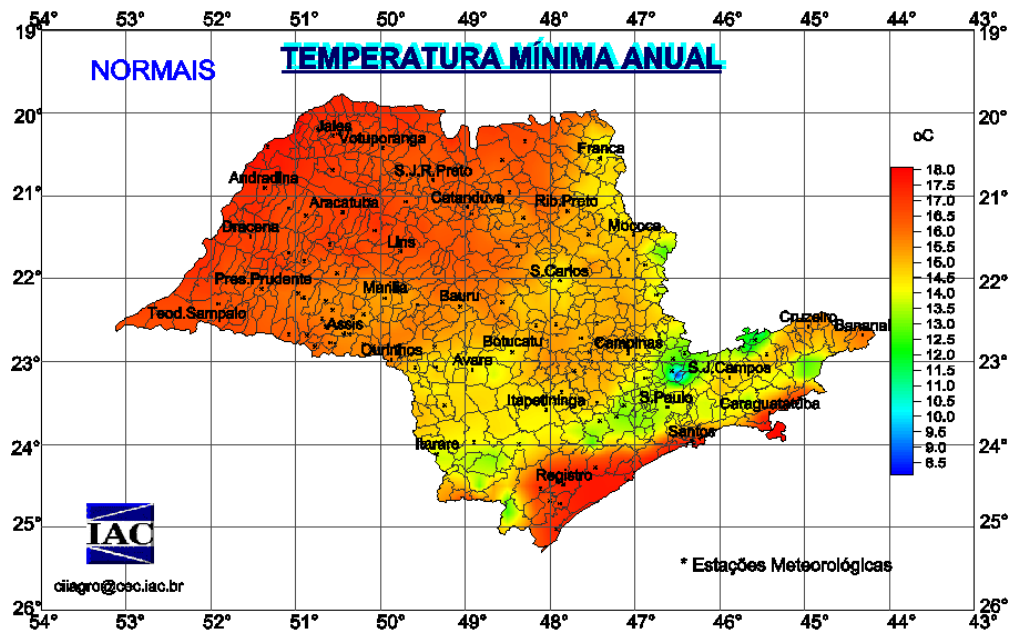


Figura 2- Temperatura Mínima Média Anual para o Estado de São Paulo

Embora o Estado de São Paulo apresente-se com clima basicamente tropical ou tropical de altitude, o risco de geada existe no estado, sendo que a

probabilidade de temperatura mínima absoluta em abrigo meteorológico ser igual ou inferior a 0°C e 2°C é apresentada nas figuras 3 e 4⁽²⁾

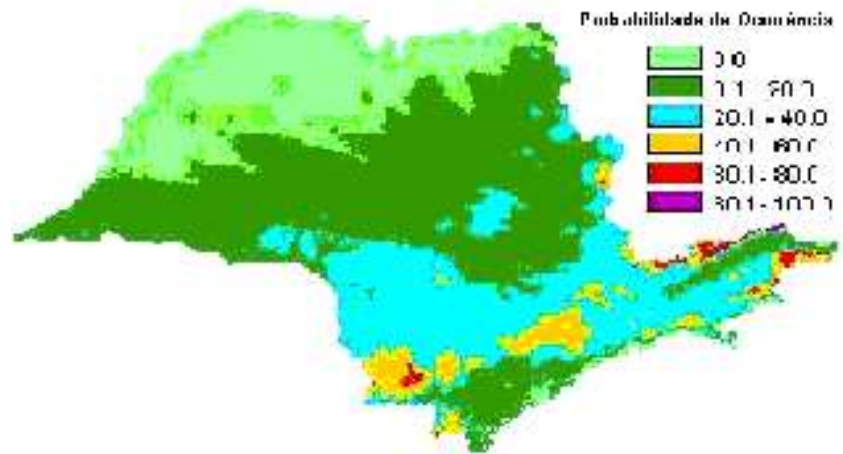


Figura 3- Probabilidade anual de ocorrência de temperatura mínima absoluta igual a 0° C em abrigo meteorológico

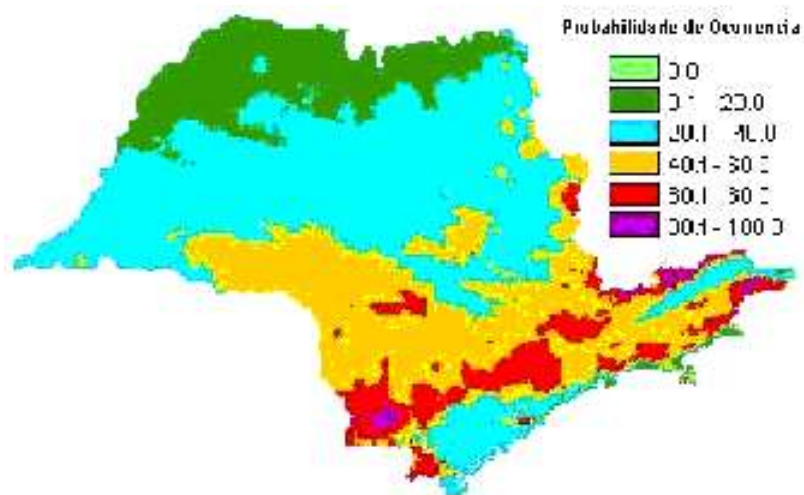


Figura 4- Probabilidade anual de ocorrência de temperatura mínima absoluta igual a 2° C em abrigo meteorológico

² Tese Mestrado : "Estimativa e Mapeamento de probabilidades de ocorrência de Temperaturas mínimas absolutas do ar adversas à agricultura paulista" de Fabiane Astolpho, orientada por Marcelo Bento Paes de Camargo.

Por ser uma cultura mais tolerante ao frio, o limite de temperatura prejudicial a esta cultura pode ser determinado como 0°C; desta maneira, exceto pelas regiões de alta altitude, as demais áreas do Estado são potencialmente favoráveis à exploração agrícola.

Outro aspecto importante na análise agrometeorológica a ser considerado é a frequência de altas temperaturas em períodos críticos da fenologia da cultura, com florescimento e desenvolvimento de frutos.

O quadro 1 apresenta a frequência média de dias com temperatura máxima do ar acima de 34°C no período de 1 a 30 de setembro em várias regiões do Estado.

QUADRO 1. Frequência de dias com temperatura máxima do ar superior a 34°C em regiões citrícolas do Estado de São Paulo

Local	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
Barretos	-	-	15	21	29	13	8	17	15	4	8	13	12	19	26
Bebedouro	-	-	-	4	24	14	9	22	11	13	4	12	5	10	12
Capão Bonito	-	-	-	-	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Itapetininga	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1
Catanduva	-	-	-	-	-	-	2	9	3	8	2	7	2	5	18
Bauru	-	-	-	-	-	9	5	10	3	4	2	7	14	14	17
Marília	-	-	-	5	13	5	4	10	2	11	6	4	2	9	10
Campinas	-	-	-	-	4	1	1	1	1	3	6	-	-	-	-
Santa Maria da Serra	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	2	5	13	-
Jaboticabal	-	-	-	1	15	7	1	10	6	7	3	6	18	-	-
Matão	-	-	-	1	11	7	1	7	5	10	5	2	10	20	-

Um dos aspectos indutores ao florescimento do citrus é o acúmulo de frio, sem necessariamente que tenha a ocorrência de geada. O quadro 2 apresenta a

freqüência média de dias com temperatura mínima do ar entre 0 e 14°C para distintas regiões produtoras de citrus no Estado de São Paulo.

QUADRO 2. Freqüência de dias com temperatura mínima do ar inferior a 12°C em regiões produtoras de citros no Estado de São Paulo, durante o mês de julho

Local	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Barretos	-	-	-	6	23	7	29	10	15	4	26	19	11	24	16	14
Bebedouro	-	-	-	14	17	9	23	16	18	6	17	3	9	19	12	14
Itapetininga	-	-	-	-	-	8	26	12	14	11	17	13	18	11	19	17
Catanduva	-	-	-	-	-	-	14	5	9	16	4	7	2	6	4	-
Bauru	-	-	-	-	-	4	22	3	10	3	18	5	12	5	13	10
Marília	-	-	-	12	9	2	13	3	6	4	17	8	9	10	15	13
Campinas	-	-	-	10	14	3	19	9	11	6	19	13	11	9	12	9
Jaboticabal	-	-	-	7	10	3	18	7	9	6	16	7	10	16	11	13
Matão	-	-	-	10	10	2	19	11	10	4	16	4	9	8	15	5

Pela análise térmica, observa-se que localidades nas regiões Norte e Noroeste do Estado podem ter anos de baixa potencialidade de indução ao florescimento, pelo acúmulo de frio, sendo que neste caso outro fator, em especial o hídrico, pode afetar esta pré indicação floral.

II- 2. FATOR HÍDRICO

O fator hídrico não pode ser considerado somente como o total de precipitação mensal. Neste contexto, a distribuição em dado período, os eventos extremos, os períodos de estiagem, os parâmetros que combinam a precipitação e os fatores climáticos e fisiológicos devem ser avaliados e analisados conjuntamente. Um dos parâmetros iniciais para caracterização do fator hídrico é o balanço hídrico. Dos parâmetros do balanço hídrico os mais importantes para

caracterização das adversidades meteorológicas ou seca, seriam a deficiência hídrica e o armazenamento de água no solo. As figuras 5 e 6 apresentam a variação quinzenal do armazenamento de água no solo e da deficiência hídrica no solo, considerando-se um armazenamento máximo de 150 mm de água no solo.

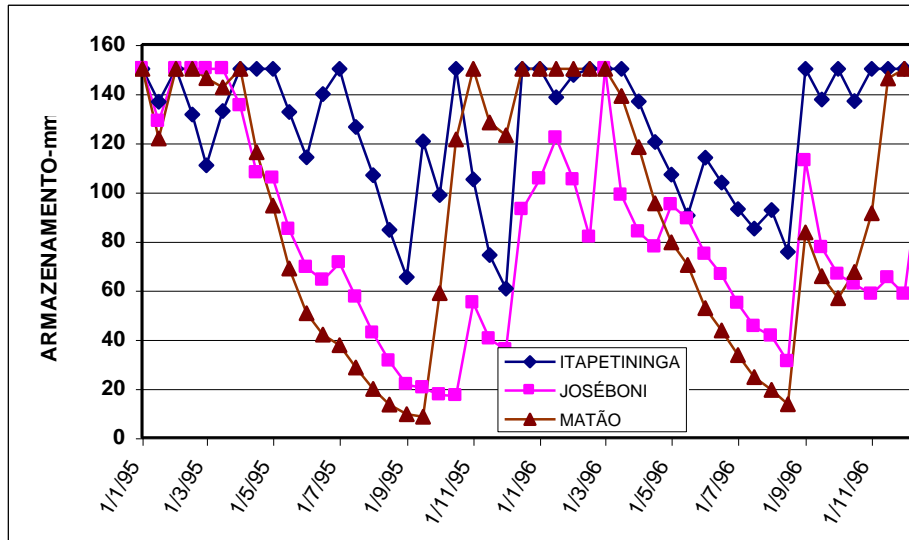


Figura 5- Variação quinzenal do armazenamento de água no solo, segundo o balanço hídrico, para uma capacidade máxima de armazenamento de 150mm, em 3 regiões produtoras de citros no Estado de São Paulo

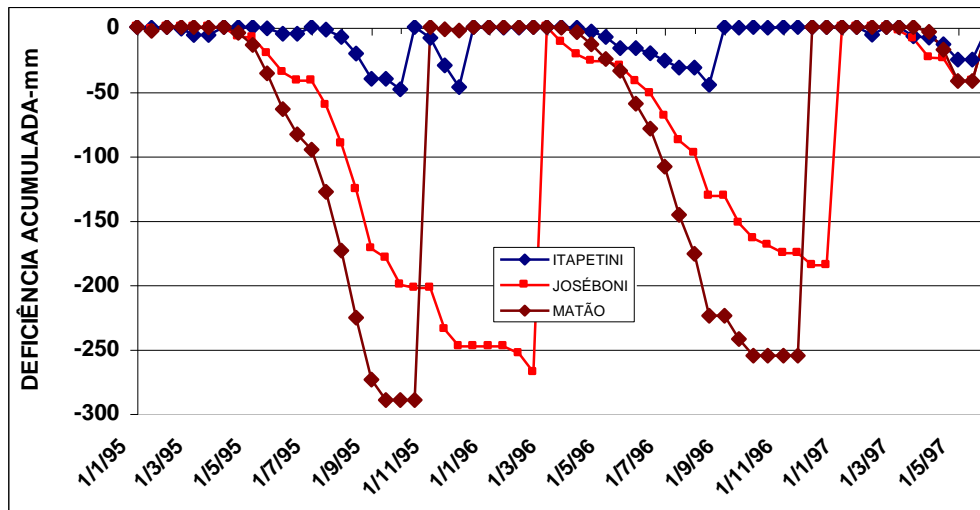


Figura 6- Deficiência hídrica acumulada quinzenalmente, estimada segundo o balanço hídrico, para uma capacidade máxima de armazenamento de 150mm, em 3 regiões produtoras de citros no Estado de São Paulo

Do ponto de vista meteorológico, a falta de chuva, tanto em um período chuvoso comumente conhecido por veranico ou, quando o total de chuva ocorrido

em um certo tempo, normalmente mês, abaixo da média histórica, que é definido por seca meteorológica; que por outro lado, sua persistência conduz a uma seca hidrológica e devido à sua duração conduzindo a uma seca social é o parâmetro mais significativo na avaliação das adversidades meteorológicas.

III- ÍNDICES DE SECA

Uma seca tanto do ponto de vista meteorológico ou agrometeorológico necessita ser adequadamente monitorada e quantificada.

De acordo com o Centro Integrado de Informações Agrometeorológicas (CIIAGRO) e do INFOSECA do Instituto Agrônomo, os índices para monitoramento, mitigação e prognóstico da seca podem ser divididos em 2 grupos: Índices Meteorológicos e Índices Agrometeorológicos. Para isto, índices de seca são comumente desenvolvidos e aplicados como abaixo especificados.

III-1. ÍNDICES METEOROLÓGICOS

III- I- A - Estiagem Agrícola ou Meteorológica

A avaliação meteorológica da seca, sob o ponto de vista de chuva somente, é de certo modo simples; porém permite quantificar rapidamente as condições de precipitação e sua persistência em determinada região. O CIIAGRO, sob estes aspectos vem desde 1988 usando os seguintes parâmetros:

a) **Estiagem (Seca) Hidrológica ou Meteorológica**

Neste caso é contabilizado o número de dias consecutivos onde a precipitação é nula, ou seja:

$$\sum_{i=1}^n (P = 0)$$

b) **Estiagem Meteorológica Moderada ou Estiagem Agrícola**

Neste caso é contabilizado o número de dias consecutivos onde a precipitação é superior a 0,0 mm e inferior a 10,0 mm, ou seja:

$$\sum_{i=1}^n (0 < P < 10,0)$$

Mais recentemente, no INFOSECA (www.infoseca.sp.gov.br), nova análise esta sendo proposta, de modo a quantificar este índice de maneira espacial e temporal. Porém, uma maneira meteorológica de se quantificar o índice de seca de uma localidade é relacionada à chuva de período (P) com a evapotranspiração potencial (ETP). Desta maneira, teremos o **Índice de Seca Meteorológica (ISM)**, que pode ser definido como no quadro abaixo.

Quadro 3- Quantificação da seca meteorológica, considerando a relação chuva e evapotranspiração potencial

RELAÇÃO P e ETP	CONDIÇÕES METEOROLÓGICAS ATUAIS
P >= 2 ETP	Úmido (5)
ETP <= P < 2 ETP	Ligeiramente Úmido (4)
1/2 ETP <= P < ETP	Normal (3)
0 < P <= 1/2 ETP	Ligeiramente Seco (2)
P = 0	Seco (1)

As condições meteorológicas podem ser extremamente úmidas em um período, ou secas em outro, e um fator acumulativo, ou **Índice de Seca Meteorológico Acumulativo**, ou (**ISMA**), seria:

$$ISMA = \frac{\sum_{i=1}^n ISM}{n.3.N}$$

Desta maneira esta análise pode ser feita considerando um período de recorrência que pode ser considerado entre no mínimo uma semana e no máximo 180 dias, pois a tendência após estes 180 dias é uma curva assíndota . Estas relações entre o índice acumulativo da relação evapotranspiração potencial e total de chuva acumulado no período é apresentado no quadro 3.

Quadro 4- Quantificação acumulativa da seca meteorológica, considerando a relação chuva e evapotranspiração potencial

ÍNDICE MÉDIO DE SECA	CONDIÇÕES MÉDIAS METEOROLÓGICAS
ISMA \geq 1,50	Muito Úmido
0,80 \leq ISMA < 1,50	Úmido
0,40 \leq ISMA < 0,80	Ligeiramente Úmido
0,20 \leq ISMA < 0,40	Normal
0,04 \leq ISMA < 0,2	Ligeiramente Seco
0,004 \leq ISMA < 0,04	Seco
ISMA < 0,004	Muito Seco

Sob o ponto de vista climático ou meteorológico os índices de seca existentes, baseiam-se no total ou distribuição de chuva em um dado período, e em muitos casos sua relação com a evapotranspiração potencial.

III- I- B- ÍNDICE PADRONIZADO DE PRECIPITAÇÃO-SPI

McKee *et al.* (1993) desenvolveram um índice que quantifica o déficit ou o excesso de precipitação para diferentes escalas de tempo. Esta versatilidade permite ao Standardized Precipitation Index (SPI) monitorar o fornecimento de água em pequenas escalas (mensal por exemplo), voltando-se mais ao interesse agrícola, assim como monitorar tal fornecimento em longas escalas de tempo (bi-anual por exemplo) voltando-se mais ao interesse hidrológico.

O SPI é baseado em um banco histórico de dados de chuva (30 anos no mínimo) sendo ajustado através da distribuição gama a qual é então transformada em uma distribuição normal, a qual, pela definição tem o valor zero para sua média e variância unitária

O evento seca ocorre quando o valor do SPI é igual ou menor a -1 e tem seu fim quando o índice torna-se positivo. Dentro de sua escala os valores

menores ou iguais a -2 indicam seca extrema e os maiores ou iguais a 2 umidade extrema.

III- I- C- ÍNDICE DE SEVERIDADE DE SECA DE PALMER-PDSI

Um dos índices mais utilizados e mundialmente reconhecidos para quantificação da seca é o Índice de Severidade de Seca de Palmer. PALMER (1965) considera que o total de precipitação requerida para manter uma área em um determinado período sob condições de economia estável é dependente da média dos elementos meteorológicos, das condições meteorológicas dos meses precedentes e do mês atual para a área em questão.

O método para a estimativa da precipitação requerida (CAFEC) basea-se nas médias históricas de evapotranspiração, recarga de água no solo, runoff e perda de umidade do solo. A diferença entre a precipitação ocorrida e a requerida (P_c) representa uma medida razoavelmente direta da diferença hídrica entre o mês em questão e a normal climatológica. Quando essa diferença é apropriadamente ponderada (K), o valor resultante (Z) pode ser comparado para diferentes locais e épocas. Desenvolvido por PALMER (1965) o modelo original do PDSI é talvez o índice de seca mais conhecido e mundialmente utilizado. Porém, autores como ALEY (1984); KARL (1986); SANTOS et al., (1986); McKEE et al.;(1993) e HAYES et al.,(1999); explicitam a limitação desta ferramenta meteorológica, as quais são abaixo apresentadas:

- > O PDSI é um indicador da seca meteorológica que não especifica qual escala de tempo (memória) é considerada em sua análise.
- > Utiliza regras arbitrárias para definir o início ou o fim de uma seca.
- Apresenta uma demora (exagerada memória) em responder às mudanças no regime de precipitação.
- > Restrito ao local geográfico para o qual foi originalmente desenvolvido.

A adaptação do modelo original de Palmer (1965) às condições hídricas do Estado de São Paulo, realizada por BLAIN (2005) resultou em um “novo índice denominado PDSI adap, o qual possui escala de tempo definida de análise

(mensal), não apresenta a memória exagerada do método original e apresenta as definições do início ou do fim de uma seca relacionadas à razão entre a evapotranspiração real (ETR), calculada com base no método de THORNTHWAITE & MATHER (1955) e a evapotranspiração potencial (ETP). Entretanto, assim como o PDSI, o PDSI adap utiliza apenas um único valor do índice, considerando com isso apenas as implicações de um tipo de seca – a meteorológica; a qual tem seu início detectado quando o PDSI adap “cai abaixo” de -1 e seu fim estabelecido quando a magnitude de -0,5 é alcançada.

III-2. ÍNDICES AGROMETEOROLÓGICOS

Sob o ponto de vista agrometeorológico a seca deve ser enfocada com os aspectos meteorológicos, como chuva e evapotranspiração potencial (ETP), e agregando os aspectos da evapotranspiração real (ETR), a profundidade do sistema radicular, a disponibilidade de água no solo e as suas implicações na razão ETR/ETP.

III-2 DESENVOLVIMENTO DA CULTURA EM FUNÇÃO DA UMIDADE

Procura-se quantificar e qualificar as condições de água no solo que são favoráveis ou desfavoráveis ao desenvolvimento vegetal.

Neste caso, o fator hídrico de desenvolvimento da cultura C (WDF) é função da razão entre disponibilidade atual de água no solo (DAAS) e a disponibilidade máxima (DISPMAX).

$$CWDF = \frac{DAAS}{DISPMAX}$$

$$0 \leq CWDF \leq 1$$

$$DAAS = 0 \rightarrow CWDF = 0$$

$$DAAS = DISPMAX \rightarrow CWDF = 1$$

Com base nos aspectos agronômicos, pedológicos e agrometeorológicos, é estabelecida uma relação, que pode quantificar as condições interativas de umidade do solo e desenvolvimento vegeta como abaixo descritas.

Quadro 5- Relação entre o fator de umidade do solo e as condições de desenvolvimento vegetal

FATOR DE UMIDADE NO SOLO	CONDIÇÕES DE DESENVOLVIMENTO DA CULTURA
0,8 <= CWDF <= 1	Ótimo
0,6 <= CWDF < 0,8	Favorável
0,4 <= CWDF < 0,6	Razoável
0,3 <= CWDF < 0,4	Desfavorável
0,2 <= CWDF < 0,3	Prejudicial
0,1 <= CWDF < 0,2	Severas
0,0 <= CWDF < 0,1	Crítica

Considerando-se o CWDF, pode-se estabelecer o Índice Hídrico de Desenvolvimento Vegetal (CWDI), ou seja, o Crop Water Development Index.

$$CWDI = \left(\frac{CWDF}{0,40} \right) - 1$$

Sendo: o máximo de **CWDF = 1 (DAAS = DISMAX)**.

Quadro 6- Relação entre o índice relativo de umidade do solo e as condições relativas de desenvolvimento vegetal

ÍNDICE DE UMIDADE DO SOLO	CONDIÇÕES RELATIVAS DE DESENVOLVIMENTO DA CULTURA
1,0 <= CWDI <= 1.5	Ótimas
0,5 <= CWDI < 1,0	Favoráveis
0,0 <= CWDI < 0,5	Razoáveis
-0,25 <= CWDI < 0,0	Desfavoráveis
-0,5 <= CWDI < -0,25	Prejudiciais
-0,75 <= CWDI < -0,5	Severas
CWDI < -0,75	Críticas

Os parâmetros e índices anteriores analisam a situação da cultura, porém não permitem acompanhar o efeito acumulativo do déficit hídrico sobre a cultura.

Assim sendo introduzimos o "Índice Hídrico Acumulativo de Desenvolvimento Hídrico da Cultura", ou "Accumulated Crop Water Development Index" (ACWDI), sendo este função de, ou permite avaliar as condições hídricas considerando-se:

- 1) Período máximo de análise (n)
- 2) Tipo de solo e cultura
- 3) Época de plantio e fase fenológica

De modo que:

$$ACWDI = \sum_{i=1}^n \frac{(CWDI)}{n \cdot 1,5}$$

E isto leva as seguintes faixas acumulativas de índice hídrico, como descritas nos quadros de 7 a 9.

Quadro 7- Relação entre o índice médio de umidade do solo e as condições relativas de desenvolvimento vegetal

ÍNDICE MÉDIO DE UMIDADE DO SOLO	CONDIÇÕES MÉDIAS RELATIVAS DE DESENVOLVIMENTO DA CULTURA
0,8 <= ACWDI <= 1	Muito Boas
0,6 <= ACWDI < 0,8	Boas
0,4 <= ACWDI < 0,6	Razoáveis
0,3 <= ACWDI < 0,4	Desfavoráveis
0,2 <= ACWDI < 0,3	Prejudiciais
0,1 <= ACWDI < 0,2	Severo
< 0,1	Extremamente Severo

III-3 CONDIÇÕES DE SATISFAÇÃO E ESTRESSE HÍDRICO DA CULTURA

Grande parte dos índices de seca, ou estiagem agrícola consideram, ou somente a chuva, ou em alguns casos a interação entre água disponível no solo como passivas. Desta maneira, introduziu-se o Índice de Estresse Hídrico da Cultura ou o Crop Water Stress Index (CWSI). O índice de estresse hídrico da cultura (CWS)

e baseado na relação entre a evapotranspiração real e a potencial e a água disponível no solo.

Neste caso, são valores estimados para culturas generalizadas, nos quais o coeficiente de cultura K_c não é empregado. Porém análises são feitas envolvendo culturas por grupos definidos por Z_1, Z_2, Z_3, Z_4 e:

Z_1 (25 cm) = batata, cebola, alho, arroz, hortaliças, feijoeiro

Z_2 (50 cm) = feijoeiro, amendoim, milho, sorgo

Z_3 (75 cm) = soja, citrus, cafeeiro, cana-de-açúcar, algodão

Z_4 (100 cm) = cafeeiro, citrus, cana-de-açúcar

Esta diversidade de profundidades procura diferenciar as culturas, assim como as diferentes capacidades de retenção de água no solo, que podem ser refletidas por um maior ou menor volume de exploração das raízes.

O conceito de estresse hídrico, baseado na relação ETR/ETP foi desenvolvido em função dos trabalhos de Brunini (1992); Denmead & Shaw (1968); na qual a penalização para produtividade ou desenvolvimento é baseado na somatória e produtório de (ETR/ETP) no período.

Como neste caso, analisamos só a resposta da cultura o valor de (ETR/ETP) médio no período indica esta situação. Esta variável fica definido como Z , ou seja $Z = ETR/ETP$. Temos assim, uma combinação de Z , para cada valor de DAAS, ou seja:

$$CWDF = \frac{DAAS}{DISP_{MAX}}$$

e

$$Z = f\left(CWDF \frac{ETR}{ETP}\right)$$

e o índice de estresse hídrico da cultura (crop water stress) (CWS) definido por:

$$CWS = 1 - Z$$

a) no período de análise; esta é uma tabela de 2 entradas, pois precisamos:

- i) % Água Disponível e; ii) valor de ETP no período (média)

b) Desde uma data pré referenciada, ou seja desde o início do mês ou da data mais próxima exigida, até a data final, como apresentada no quadro 9.

$$ACWS = \frac{\left(\sum_{i=1}^n (CWS) \right)}{n} = \frac{\sum_{i=1}^n (CWS)}{n}$$

Quadro 8- Relação entre a de umidade do solo e as condições de satisfação hídrica vegetal

ÍNDICE DE UMIDADE DO SOLO	CONDIÇÕES DE SATISFAÇÃO HÍDRICA DA CULTURA
0 = CWS < 0,1	Ótimas
0,1 <= CWS <= 0,2	Favoráveis
0,2 <= CWS < 0,4	Adequadas
0,4 <= CWS < 0,6	Razoáveis
0,6 <= CWS < 0,8	Desfavoráveis
0,8 <= CWS <= 1,0	Críticas

Quadro 9- Relação entre o índice médio de umidade do solo e as condições médias de estresse hídrico da cultura

ÍNDICE MÉDIO DE UMIDADE DO SOLO	CONDIÇÕES MÉDIAS DE ESTRESSE HÍDRICO DA CULTURA
0,8 <= ACWS <= 1	Críticas
0,6 <= ACWS < 0,8	Desfavoráveis
0,4 <= ACWS < 0,6	Razoáveis
0,2 <= ACWS < 0,4	Adequadas
0,1 <= ACWS < 0,2	Favoráveis
ACWS < 0,1	Ótimas

IV- AVALIAÇÃO DAS CONDIÇÕES AGROMETEOROLÓGICAS

As condições meteorológicas médias durante todo o período julho a agosto de 2005 são apresentadas no quadro 10. Observa-se que grande parte do Estado apresentou deficiência hídrica ou mesmo longo período sem chuvas

Quadro 10 – Condições Médias Meteorológicas no período 01/07/2005 a 31/08/2005 em regiões produtoras de citros no Estado de São Paulo

Condições Médias Meteorológicas: 01/07/2005 - 31/08/2005		
Local	ISMA	Condições
Região Administrativa: Barretos		
Barretos	0,08	Ligeiramente Seco
Bebedouro	0,03	Seco
Guaíra	0,01	Seco

CIIAGRO *online*

Condições Médias Meteorológicas: 01/07/2005 - 31/08/2005		
Local	ISMA	Condições
Região Administrativa: Sorocaba		
Capão Bonito	0,08	Ligeiramente Seco
Itapetininga	0,02	Seco
Sorocaba	0,03	Seco
Taquarituba	0,63	Ligeiramente Úmido

Este longo período de estiagem, que por um lado favorece a pré-indução ao florescimento desta cultura, é melhor quantificado pelas análises das condições de satisfação hídrica, em duas regiões distintas, ou seja para as regiões de Barretos e de Sorocaba. Os dados do quadro 11, indicam que as restrições hídricas na região de Sorocaba foram menos desfavoráveis para esta cultura do que as condições da Região de Barretos

Este aspecto, pode ser relevante na escolha de novas áreas para implantação desta cultura, e mesmo para definir áreas de escape com relação ao favorecimento de pragas e doenças.

Quadro 11- Condições de satisfação hídrica para a cultura do citros nas regiões administrativas de Barretos e Sorocaba., no período 05 a 07/09/2005

Satisfação Hídrica: 05/09/2005 - 07/09/2005			
Local	Profundidade	CWS	Condições
Araraquara	100	1	Críticas
Barretos	100	1	Críticas
Bebedouro	100	1	Críticas
Jales	100	1	Críticas
José Bonifácio	100	1	Críticas
Matão	100	1	Críticas
São José do Rio Preto	100	1	Críticas
Sorocaba	75	0	Ótimas
Taquarituba	100	0	Ótimas
Tatuí	75	0,12	Favoráveis
Votuporanga	100	1	Críticas
75 cm: soja, citrus, cafeeiro, cana-de-açúcar, algodão			
100 cm: cafeeiro, citrus, cana-de-açúcar			
CIIAGRO <i>online</i>			

As condições médias agrometeorológicas, em função da umidade do solo, para as duas regiões administrativas acima descritas, são apresentadas no quadro 12. Observa-se que a região de Sorocaba apresenta menor restrição hídrica. Isto que pode ser favorável à cultura, pode afetar a pré-indução ao florescimento, indicando a necessidade de frio para que isto ocorra.

Quadro 12 - Condições Médias de estresse hídrico para a cultura do citros no período 01/07/2005 a 31/08/2005 em duas regiões administrativas do Estado de São Paulo

Local	Profundidade	ACWS	Condições
Araraquara	75	1,00	Críticas
Araraquara	100	1,00	Críticas
Local	Profundidade	ACWS	Condições
Itapetininga	75	0,15	Favoráveis
Itapetininga	100	0,19	Favoráveis

Uma outra maneira de se quantificar as adversidades meteorológicas, em especial a seca, é pelo Índice padronizado de Precipitação-SPI; pois este compara a distribuição de chuva em um dado período com os valores normais determinados para este período, podendo ainda ser quantificado em espaço e tempo. A figura 7 apresenta o SPI trimestral para agosto de 2004. Observa-se que o Estado apresentava também seria restrição hídrica, com valores abaixo de $-0,5$ em varias regiões citricolas do Estado.

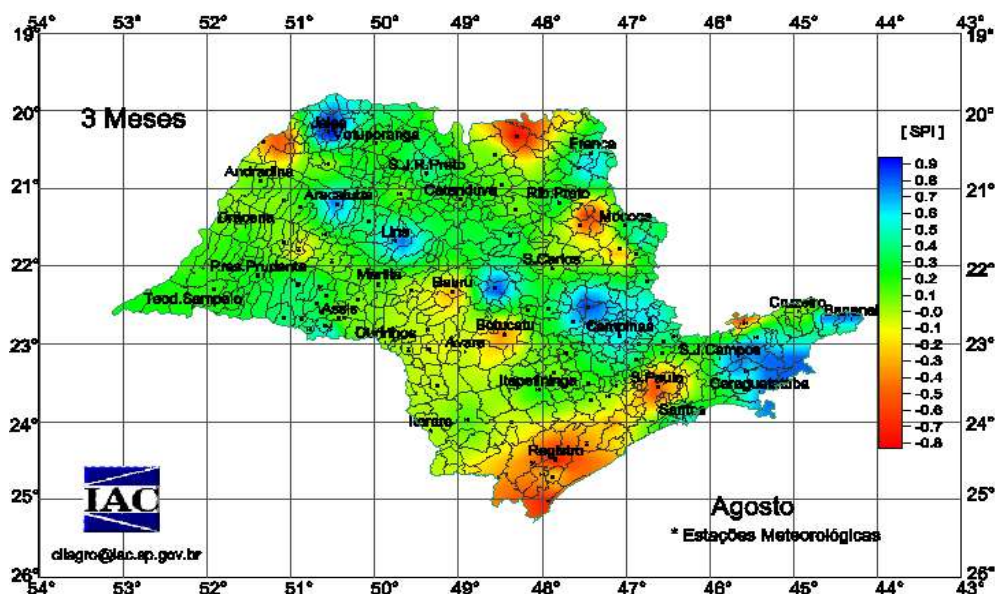


Figura 7- Variação do SPI em escala trimestral para o mês de agosto de 2004 no Estado de São Paulo.

Já neste ano de 2005, os valores do SPI mensal (figura-8) e do SPI trimestral (figura 9), para o mês de julho, apresentam séria restrição hídrica, em especial na região Central do Estado, com valores abaixo de $-1,5$. Este aspecto que de certo modo desfavorece as condições hídricas da cultura, voltamos a afirmar, que favorece a indução ao florescimento.

Estas características de seca meteorológica, pode ainda ser quantificada pelo Índice de Severidade de Seca de Palmer-adaptado, indicando as regiões do Estado que apresentam as restrições hídricas para a cultura, como apresentado na figura 10.

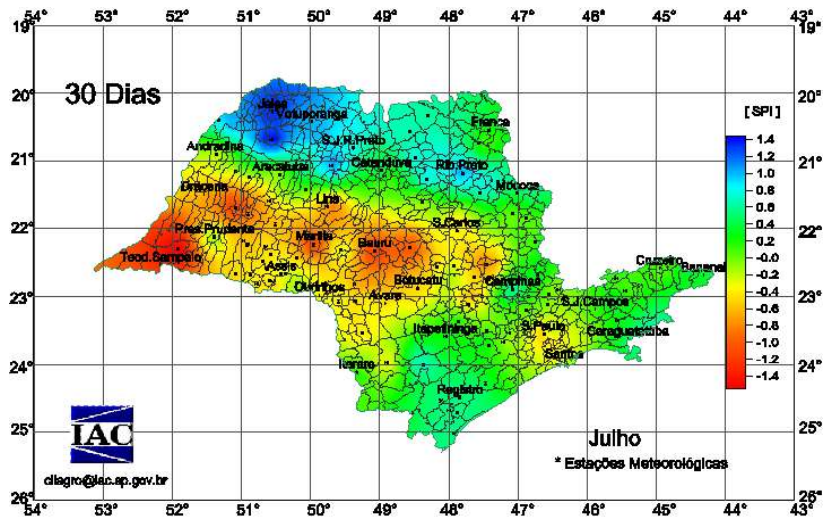


Figura 8- Variação do SPI em escala mensal para o Estado de São Paulo

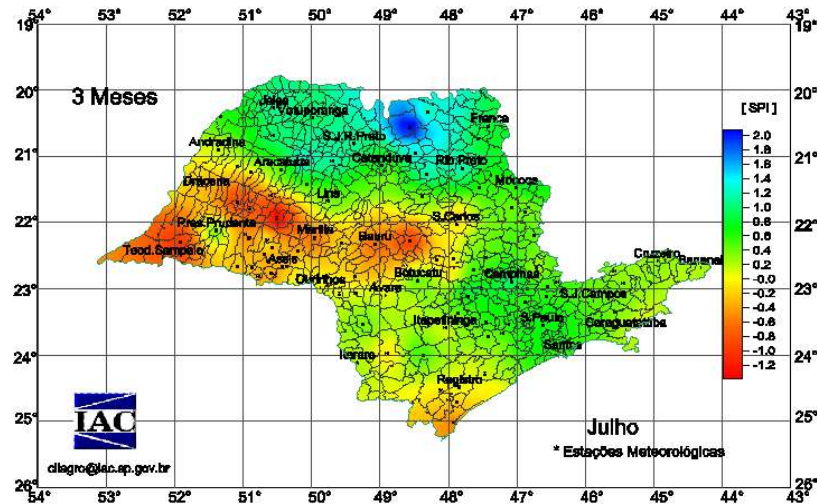


Figura 9- Variação do SPI em escala trimestral para o Estado de São Paulo.

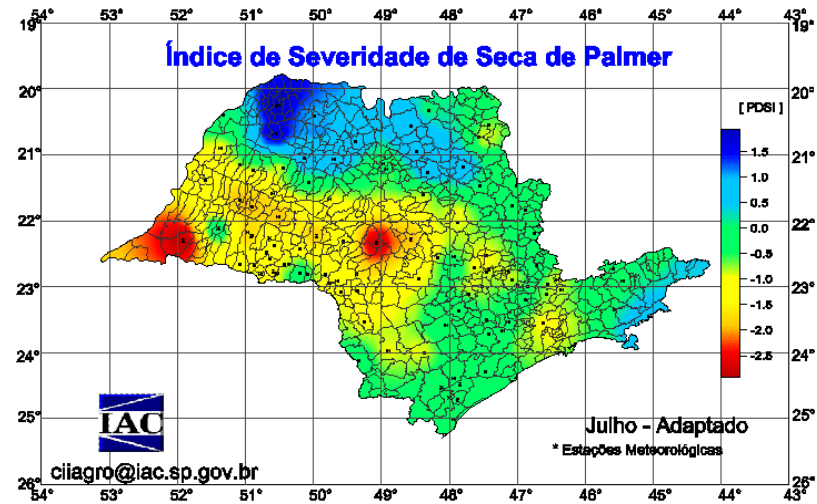


Figura 10 - Variação do PDSI- adaptado para o Estado de São Paulo-

CONCLUSÕES

A avaliação das adversidades meteorológicas sobre a cultura do citros, deve ser enfocada, baseando-se nas características climáticas da região em estudo, e definindo os principais fatores restritivos no desenvolvimento da cultura, ou seja, o fator restritivo pode ser hídrico em algumas regiões, como térmicos em outras. Por outro lado, a combinação destas restrições agrometeorológicas, pode ocasionar redução de safra. Por ser uma cultura perene, os índices agrometeorológicos, ou mesmo meteorológicos para quantificar as adversidades meteorológicas sobre a mesma, em especial a seca, devem ser baseados em parâmetros, no mínimo quinzenal. Neste aspecto, o Índice Padronizado de Precipitação (SPI), assim como os Índices de Satisfação Hídrica, o Índice de Estresse Hídrico da Cultura e o Índice de Palmer Adaptado, como propostos no **INFOSECA**, indicam ser os mais adequados para tal tipo de estudo.

LITERATURA

- ALLEY, W.M. The Palmer drought severity index: limitations and assumptions. *Journal of Climate and Applied Meteorology*, Boston, v.23, p. 1100-1366.
- BAIER, W. Relationship between soil moisture actual potential evapotranspiration. In: *Proceedings Of Hydrology Symposium N° 6*, p. 155-204. 1967.
- BLAIN, G. C. *Avaliação e adaptação do Índice de Severidade de Seca de Palmer (PDSI) e do Índice Padronizado de Precipitação (SPI) às condições climáticas do Estado de São Paulo*. 2005. 120p. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical e Sub-tropical) – Instituto Agronômico, Campinas – SP.
- Brunini, O., Blain, G. C.; Brunini, A. P., Santos, R. L., Brigante, R. S., Almeida, E. L: Avaliação do Índice de Severidade de Seca de Palmer para a Quantificação da Seca Agrícola no Estado de São Paulo. In: *XII Congresso Brasileiro de Meteorologia*, Anais, Sociedade Brasileira de Meteorologia, Foz do Iguaçu, 2002.

- Brunini, O.; Santos, M.A.; Calheiros, R.V.; Caputi, E.; Santos, J.M.; Piccini, A.G. & Pinto, H.S. 1996. Centro Integrado de Informações Agrometeorológicas - VII Congresso Argentino de Meteorologia e VII Congresso Latinoamericano Iberico de Meteorologia. Buenos Aires - Argentina - Septiembre - 1996. pg. 133-134.
- BRUNINI, O. **CIAGRO** -Suporte Agrometeorológico para mitigar efeitos agrometeorológicos adversos. In: XXIV CONGRESSO BRASILEIRO DE MILHO E SORGO, 2002, Florianópolis. Proceedings-CD-. Florianópolis: Associação Brasileira de milho e sorgo-Embrapa, 2002. v. 1, p. 00-00.
- BRUNINI, O; BLAIN, G, C.; BRUNINI, A. P. C .; SANTOS, R. L dos; BRIGANTE, R. S.; ALMEIDA, E. L. de. Avaliação do Índice de severidade de seca de Palmer para quantificação da seca agrícola no Estado de São Paulo. In: XII CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 2002, Foz do Iguaçu. Proceedings-CD. Foz do Iguaçu: Sociedade Brasileira de Meteorologia, 2002. v. 1, p. 1140-1147.
- BRUNINI, O ; PINTO, H.S.; ZULLO JUNIOR, J.; BRUNINI, A. P. Ciarelli; BLAIN, G. C. Agrometeorological Forecast and warning system for São Paulo State-Brazil. In: 15 TH CONFERENCE ON BIOMETEOROLOGY AND AEROBIOLOGY, 2002, Kansas City- Missouri Proceedings- American Meteorological Society. Kansas City- MO- USA: American Meteorological Society, 2002. v. 1, p. 327-331.
- CAMARGO, M.B. P., HUBBARD, K.G., Drought sensitivity indices for a sorghum crop. *Journal Prod. Agric.*, 12 (2) p. 312-316, 1999.
- DENMEAD, O.T. & SHAW, R. H. Availability of soil water to plants as affected by soil moisture content and meteorological conditions. *Journal Agrom.*, V 43. p. 385-390, 1962.
- HAYES, M. J., SVOBODA, M.D., WILHITE, D.A. e VANYARKHO, O.V. Monitoring the 1996 drought using the Standardized Precipitation Index. *Bull. Am. Meteorol. So.* 80(3): p.429-438, 1999.
- KARL, T. The sensitivity of the Palmer drought severity index and Palmer's Z-index to their calibration coefficients including potencial evapotranspiration. *Journal of Climate and Applied Meteorology*, Boston, v.25, p. 77-86, 1986.

- MCKEE, T.B.; DOESKEN, N.J. e KLEIST, J. The relationship of drought frequency and duration to times scale. In: CONFERENCE ON APPLIED CLIMATOLOGY, 8., 1993, Boston. Anais American Meteorological Society, Boston: PREPRINTS, 1993. p.179 – 184.
- OBASI, G.O.P. 2001 - Foreword - In "Automated Weather Stations for Applications in Agriculture and Water Resources Management" - Editors - K. Hubbard and M.V.K. Sivakumar. March 6-10-2000 - Lincoln - Nebraska. Pg. I.
- OJEDA, O.S. MONTENEGRO, R. V. VALDÉS, E.P. Evaluación de las sequias agrícolas de 1998 y 1999 en Cuba. IN: Reunión de Expertos de La Asociaciones Regionales III y IV sobre fenómenos adversos. p.21-30 Caracas-Venezuela 2000.
- PALMER, W.C. Keeping track of crop moisture conditions, nationwide: the new Crop Moisture Index, *Weatherwise*, 21, p.156-161, 1968.
- PALMER, W.C. Meteorological drought. *US Weather Bureau Res. Nº 45*. Washington, 58p. 1965.
- SANTOS, J. M., MORAES, J.C. e PAIÃO, L.B.F. O índice de aridez de Palmer: uma análise crítica. In: *V congresso brasileiro de agrometeorologia*. Anais, Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, Belém, p. 296-301, 1987. Secretariat, 2003. 00, p. 00-00.
- SIVAKUMAR, M V K; DAS, H P; BRUNINI, Orivaldo. Impacts of present and future climate variability and change on agriculture and forestry in the arid and semi arid tropics. In: INTERNATIONAL WORKSHOP ON REDUCING VULNERABILITY OF AGRICULTURE AND FORESTRY TO CLIMATE VARIABILITY AND CLIMATE CHANGE, 2002, Ljubljana.. Ljubljana-Eslovênia: Organização meteorological Mundial, 2002. v. 1, p. 00-00.
- WARNING CONFERENCE MEETING, 2003, Bonn. Proceedings. Bonn: United Nations
- WILHITE, D. A. Government response to drought in the United States: With particular reference to the great plains. *Journal of Climate and Applied Meteorology*. V. 22 p.40-49. 1982.

WILHITE, D. A.; GLANTZ, M.H. Understanding the drought phenomenon: The role of definitions. In: WILHITE et al. *Planning for drought toward a reduction of societal vulnerability*. WESTVIEW,1987. p. 11-14.