

# VARIAÇÕES HÍDRICAS E ANOS INFLUENTES NA PRODUÇÃO AGRÍCOLA DA REGIÃO NORDESTE DO ESTADO DE SÃO PAULO

MARIA JURACI ZANI DOS SANTOS\*

WAGNER LUIZ VOLPE\*\*

## Resumo

Como contribuição no contexto dos desafios das pesquisas climatológicas, a presente investigação trata de forma sistemática, dentre as condições climáticas, a variabilidade hídrica, a tendência das chuvas e suas implicações relacionadas com a produção agrícola. Considerou-se as principais culturas anuais e semi-perenes exploradas na DIRA de Ribeirão Preto, no nordeste do Estado de São Paulo, observadas principalmente no período de 1974/75 a 1988/1989. As informações ambientais serviram de suporte para a compreensão da organização espacial agrícola das culturas do arroz, cana-de-açúcar, milho e soja. Através de modelos de regressão, considerou-se o calendário fenológico destas culturas, procurando explicar a produção agrícola pelas variáveis deficiência hídrica, número de dias de chuva e área cultivada, cujos resultados demonstram coeficientes de determinação significativos. Foram observados, também, os anos influentes na produção, em função da variável deficiência de água no solo. Os resultados alcançados permitem proposições de novas investigações bioclimatológicas para o espaço paulista, com recomendações técnicas sobre os procedimentos analíticos.

**Palavras-chave:** Produção agrícola, variações hídricas, anos influentes

---

\* Departamento de Geografia e CEAPLA

\*\* Departamento de Estatística, Matemática Aplicada e Computacional - IGCE - UNESP  
Rio Claro - SP - Brasil

## HYDRIC VARIATIONS AND INFLUENTIAL YEARS IN AGRICULTURAL PRODUCTION IN THE NORTHEASTERN REGION OF THE STATE OF SÃO PAULO

### Abstract

As a contribution in the context of challenges in climatology research, the current investigation treats in a systematic way, within climatic conditions, hydric variations, rain tendencies and its implications related to agricultural production. The major annual crops and semi-perennial used in DIRA from Ribeirão Preto, in the northeast of the State of São Paulo, were considered, mainly observed during the 1974/75 to 1988/1989 period. Environmental information served as support for the agricultural spatial organization of rice, sugar cane, corn and soy bean crops. Through regression models, the crop phenolic calendar was considered, attempting to explain agricultural production by hydric deficiencies variables, number of rainy days and planted area, the results demonstrating coefficients of significant determination. Also observed were the influential years in crop production, in function of the variable water deficiency in the soil. The results permit us to propose new bioclimatic investigations for the State of São Paulo, with technical recommendations on analytical procedures.

**Key-words:** Variations hydric, agricultural production, influential years

### 1. Introdução

Os insumos hídricos fornecidos pela precipitação pluvial apresentam-se como recurso de grande importância para o desenvolvimento do setor agrícola. Entretanto, dada a irregularidade com que é transmitida no tempo e no espaço, como forma básica de energia, exerce grande influência no comportamento dos cultivos e, conseqüentemente, nas flutuações do volume das safras.

O balanço hídrico constitui-se numa importante técnica para o acompanhamento da quantidade de água armazenada no solo. Seus estudos têm sido aplicados para várias finalidades, e dentre elas, destaca-se como conhecimento para a ade-

quação de uma área para certos cultivos, através da análise da fase de crescimento, das necessidades hídricas das culturas e da quantidade e frequência das possíveis necessidades de irrigação, e também para examinar a relação entre clima e produtividade agrícola.

Desta forma, o objetivo deste trabalho constitui-se em contabilizar o comportamento hídrico da Região de Ribeirão Preto, situada no nordeste do Estado de São Paulo, e com as informações hídricas obtidas realizar a análise das relações entre a pluviosidade com a produção agrícola das principais culturas: arroz, cana-de-açúcar, milho e soja cultivadas nessa região. Para tanto, a investigação analítica baseia-se na série temporal de 1974/75 a 1988/89.

## 2. Caracterização Físico-Geográfica da Região de Ribeirão Preto

A Região de Ribeirão Preto situa-se aproximadamente entre 19°55' a 22°15' S e 47°05' a 48°55' W (figura 1).

Com relação à caracterização físico-geográfica, pode-se dizer que a Região de Ribeirão Preto contém a maior extensão de solos férteis (Latosol Roxo) do Estado, existindo também amplos restos da primitiva cobertura arenosa cretácea acima dos derrames de basalto e diabásio, onde o Latosol Vermelho Amarelo - fase arenosa, aparece no Planalto de Franca e na Serra de Batatais, o Latosol Vermelho Escuro - fase arenosa ocupa o Planalto Ocidental abrangendo a parte Oeste da Região. Os solos Podzolizados de Lins e Marília - variação Lins, ocupam o Planalto de Monte Alto e os solos Hidromórficos acompanham os vales dos rios que drenam a área. As Cuestas Basálticas à leste e o Planalto Ocidental à oeste são as unidades geomorfológicas, sendo o relevo representado principalmente por Colinas Amplas, Morros Amplos e Morros Arredondados, além das Colinas Médias, Morrotes Alongados e Espigão, Encostas com Cânion Locais e Escarpas Festonadas (IPT, 1981). As maiores altitudes (1160 m) localizam-se nas serras, sendo a maior parte da região compreendida entre as cotas de 500 a 800 metros. Os rios que drenam a região são o rio Grande, no norte, ao sul o rio Tietê, na parte central os rios Pardo, Moji-Guaçu e Sapucaí-Mirim, que correm para oeste e noroeste, seguindo a inclinação das camadas, estrutural e levemente inclinadas em direção à calha do rio Paraná. O rio Tietê, delimitando-a em sua porção sul-sudoeste, recebe as águas dos rios Jacaré-Guaçu e Jacaré-Pepira, em sua margem direita. Constituem os principais recursos hídricos da superfície, considerados como sendo em abundância. Contudo, a captação e o suprimento do consumo urbano, industrial e agrícola são frequentemente limitados por fatores econômicos e condições de poluição. Possui também, como fonte de recursos hídricos, quatro importantes aquíferos de água subterrânea, dos quais se

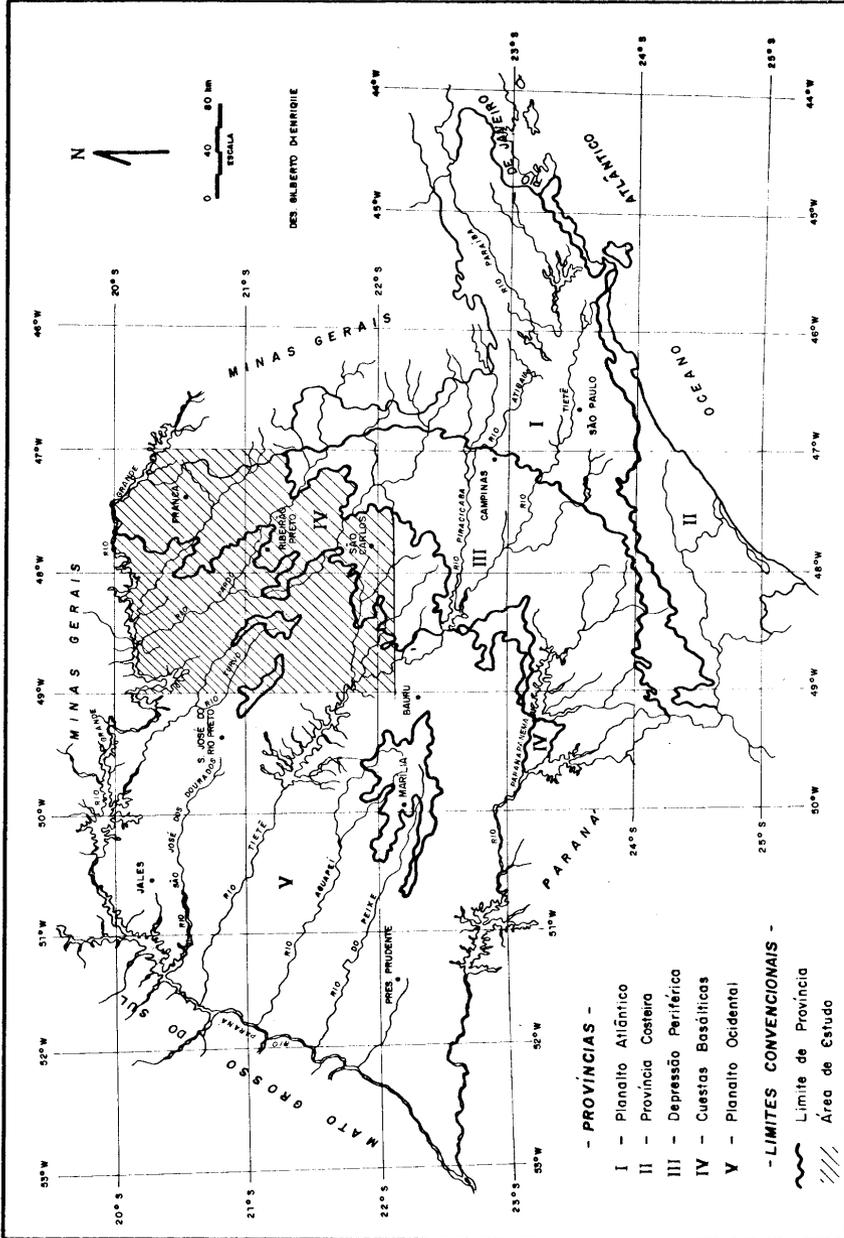


FIG. 1 - DIVISÃO GEOMORFOLÓGICA DO ESTADO DE SÃO PAULO - IPT - 1981.

explora 70% da água do aquífero do Botucatu. O maior consumo é realizado para irrigação, seguida pelo uso agro-industrial (usinas de açúcar e álcool) e uso urbano. A concentração das áreas irrigadas situa-se nas partes menos úmidas do norte e noroeste. Assim, os recursos hídricos superficiais e subterrâneos são de vital importância para a sustentação da agricultura na Região. Ecologicamente, insere-se principalmente nas três primeiras classes de zonas ecológicas para as culturas anuais e semi-perene, mostrando plena aptidão para as mesmas.

### 3. Revisão da Literatura

Muitos trabalhos foram desenvolvidos visando a relação clima-produção agrícola. Pesquisadores têm procurado formular equações a fim de quantificar as relações do ambiente físico interacionados com os procedimentos do próprio homem nos sistemas agrícolas denominados de modelos de correlação e regressão. Cartas e mapas resultantes desses trabalhos têm sido usados para os mais diversos fins, tais como, planejamento do uso da terra, zoneamento agrícola e identificação da regionalização das culturas.

As técnicas de correlação e regressão são amplamente empregadas nas análises estatísticas da interação das variáveis fenológicas-climatológicas.

Na literatura estrangeira muito se tem feito, em termos de modelagem, na relação clima/produção agrícola, levando em conta vários parâmetros climáticos, com ênfase na umidade do solo. Conforme SANTOS (1992), podem ser citados como exemplos os trabalhos de WILLIAMS & ROBERTSON (1965), WILLIAMS (1969 e 1973), PASCALE & DAMARIO (1969), LEE & CONNAUGHTON (1969), GROSS & RUST (1972), HILLEL & GURON (1973), HANKS (1974), NEWMAN (1974), SPLINTER (1974), HAUN (1974), RICKMAN et al (1975), STEWART (1975), McQUIGG (1976), BAIER (1977), STANHILL (1977), SHAW (1978), SELIRIO & BROWN (1979), AUSUBEL & BISWAS (1980), MASON et al (1980), PARRY & CARTER (1988) e PARRY (1990).

Na literatura brasileira existem diversos trabalhos analisando a relação clima-produção agrícola através de modelos estatísticos dando ênfase ao parâmetro climático "umidade do solo".

WADSTED (1983), na verificação do efeito das variáveis meteorológicas sobre os rendimentos agrícolas do milho, do arroz e da cana-de-açúcar no Estado de São Paulo, leva em conta as variáveis precipitação e temperatura no crescimento vegetativo.

SILVA et al (1986) realizaram ajustes de equações com deficiências hídricas do período de outubro-março, para o cultivo do arroz no Estado. Os resultados mostraram coeficientes de determinação que variam de 68,9% a 82,5%. Os modelos ajustados fornecem em março previsões igualmente melhores do que os levantamentos de campo, mesmo sendo efetuados em abril.

VICENTE et al (1988) trabalhando com as principais culturas do Estado constataram que as deficiências hídricas ocorridas em janeiro, fevereiro e março são as mais críticas para o arroz. As exigências hídricas da cultura têm aumentado nos últimos anos, quando foram comparadas com os períodos de 1958-67 e 1968-77.

Para a região de Piracicaba, OMETTO (1974) apresentou modelo para previsão do rendimento da cana-de-açúcar, utilizando variáveis climáticas representativas da umidade relativa do ar e da deficiência hídrica, durante o ciclo vegetativo, onde alcançou modelo explicativo da ordem de 94%.

SILVA et al (1986), estudando as variações de tempo e suas respostas na produtividade agrícola do Estado de São Paulo, para os principais cultivos, tendo como variáveis a deficiência hídrica, a precipitação pluviométrica, a temperatura mensal, além da geada, obtém modelos explicativos para a cana-de-açúcar, variando de 58,5% a 91,0%, com estas variáveis. Constataram que adversidades climáticas afetaram todas as culturas em alguns anos do período de 1958-87. Os resultados sugeriram também que as necessidades de água das culturas e as adversidades climáticas aumentaram ao longo do tempo.

VICENTE et al (1988), com a aplicação de modelos para a cana-de-açúcar, verificaram quebras que atingiram cerca de 23% em alguns anos da série 1958-87, motivadas por deficiências hídricas e geadas (afetando a safra em curso). Embora a quantidade média perdida nos últimos 5 anos seja quase o quádruplo da média do primeiro decênio (6,9 milhões de toneladas e 1,4 milhão de toneladas, respectivamente), tal fato está associado às maiores áreas plantadas a partir do final da década de 70, uma vez que em termos de toneladas por hectares não se observa variação tão brusca. Os autores afirmam: “o grande aumento da produtividade dessa cultura ocorrido ao longo do horizonte analisado, com a média do período 1978-87 sendo 23,2% maior que a do período 1968-77 e 41,2% maior que a do período 1958-67, reforçando o conhecimento empírico da grande resistência da cana às deficiências hídricas, uma vez que a maior exigência d’água não se refletiu em elevação das perdas por hectare”.

Quanto a esta afirmação, foi constatado para os núcleos canavieiros paulistas que as condições climáticas não interferem diretamente na expansão da área de cultivo, pois o mesmo é realizado durante a estação chuvosa e, se eventualmente houver falhamento, isto ocorrerá na germinação. Conforme a relatividade dos cus-

tos, o canavicultor opta pelo replantio, ou dos falhamentos, ou da área total. Com relação à produtividade agrícola, os resultados da análise quantitativa da influência das oscilações climáticas sobre os níveis de produtividade da cultura, verificou-se, através da análise correlativa dos dados e da pesquisa de campo, que os desvios pluviométricos negativos e positivos alteram a produtividade. Diante dos resultados quantitativos alcançados, o ano úmido pode interferir em até 56% no rendimento, enquanto que os anos secos podem explicar negativamente em 17%, na série temporal analisada (1960-74) (SANTOS, 1981, 1984). Portanto, as adversidades climáticas, não somente a seca, mas também a geada e os ventos fortes, provocam quebras na produtividade, porém elas não são tão elevadas (pela própria constituição e exigências da planta) quando comparadas a outras culturas, como exemplo, o arroz, o milho e a soja.

SILVA et al (1986) relacionam também algumas pesquisas desenvolvidas no Instituto de Pesquisas Espaciais, no estudo da previsão do rendimento do milho em São Paulo. Assinalam que CHEN & FONSECA (1980), conseguiram modelo considerado de bom ajustamento para a região de Ribeirão Preto, usando como variável representativa as condições do tempo, a umidade relativa do ar no período de outubro-março. CELASCHI & ALMEIDA (1981), trabalhando com dados da região de Campinas, estimaram modelos utilizando as variáveis precipitação de 5 a 7 de outubro e de 13 a 18 de janeiro, e temperatura de 27 de outubro a 11 de novembro, apresentando bons resultados. SÁ & ALMEIDA (1984), estimaram a produtividade do milho em Ribeirão Preto, com modelo incluindo as variáveis valor médio do “brilho solar acompanhado de escassez de precipitação” entre 30 de setembro e 18 de outubro, valor médio do “brilho solar acompanhado de escassez de precipitação” de 4 de dezembro a 5 de janeiro; o erro médio do modelo, para o período 78/83 foi de 3,4%. ALMEIDA & SÁ (1984) avaliaram o modelo estimado por CELASHI, em que a produtividade do milho é função da precipitação e da temperatura, comparando-os às previsões IEA/CATI realizadas em fevereiro e abril. Também SILVA et al (1986), desenvolveram modelos para a cultura do milho no Estado de São Paulo. Utilizaram parâmetros meteorológicos para o ciclo fenológico da cultura compreendendo os meses de outubro a março. Com a introdução da temperatura média mensal, ao longo do ciclo da cultura, não alterou significativamente a qualidade dos modelos. Assim, os melhores resultados em termos de previsão foram obtidos com equações relacionando o rendimento às deficiências hídricas dos meses de dezembro, janeiro, fevereiro e março, e a uma variável tendência.

CUELLAR et al (1991) procuraram estimar a produtividade da cultura de milho em Viçosa (MG) para o período de 1972 a 1990. Com dados climatológicos determinaram as variáveis de balanço hídrico decendial, do qual foram utilizadas as necessidades hídricas, excesso hídrico, déficit hídrico e índice “I” das necessidades

hídricas. A seleção das variáveis basearam-se em análise de correlação entre os resíduos da produtividade do milho a partir da tendência tecnológica e destas variáveis agroclimáticas do balanço hídrico decendial. O modelo explicou 88% da variação anual da produtividade do milho em Viçosa.

COSTA & COSTA (1989) apresentaram modelo para estimar a produtividade da cultura da soja, levando em consideração a simulação matemático-fisiológica da cultura, para a variedade de soja Santa Rosa, em quatro diferentes plantios, acompanhados com dados da Estação Climatológica de Viçosa - MG. Os resultados mostraram porcentual de acerto variando de 71% para 91%. Os autores chamam atenção para o fato de que haveria necessidade da incorporação das informações específicas sobre as condições de campo em que foram conduzidos os cultivos.

COSTA & LIU (1991) utilizam do modelo estatístico de regressão múltipla, para aplicação do modelo de previsão de produtividade anual da cultura do milho na microrregião de Ribeirão Preto (SP). O período analisado compreende de 1968 a 1989, sendo usadas as estações de Ribeirão Preto e São Simão. As variáveis empregadas são: dados meteorológicos mensais de temperatura, umidade relativa, precipitação, excessos e déficits hídricos. O período considerado foi setembro a abril. O coeficiente de determinação alcançado por este modelo, foi elevado (0,9267).

RIBEIRO et al (1991) realizaram análises da produtividade da soja em Maringá (PR), em função do balanço hídrico mensal e diário de Thornthwaite & Mather (1955). Dos resultados das correlações qualitativas e quantitativas os autores concluem: “a elevação da produtividade da cultura da soja em Maringá está na dependência de um melhor ajuste ao seu calendário, com o plantio tardio e, na melhor das hipóteses, a adoção de sistemas artificiais de complementação hídrica, uma vez que cerca de 1/3 dos meses críticos apresentam deficiências nas fases em que a cultura mais necessita de água”.

#### 4. Metodologia

Para análise das variações hídricas no solo foram coletados dados dos elementos meteorológicos das estações de primeira ordem: Ribeirão Preto e São Carlos, junto ao Instituto Agrônomo de São Paulo, em Campinas, e no Departamento Nacional de Meteorologia (7º Distrito), em São Paulo. Este dados serviram à contabilização do balanço hídrico, segundo os procedimentos estabelecidos por THORNTHWAITTE & MATHER (1955). Os dados referentes a área cultivada (em

ha), rendimento agrícola (t/ha) e produção (em t) foram obtidos junto ao Instituto de Economia Agrícola da Secretaria da Agricultura do Estado de São Paulo, para o período de 1975 a 1989.

Na relação clima-produção agrícola utilizou-se do modelo de regressão linear múltipla analisado por VOLPE (1990), incluindo medidas de diagnóstico em regressão, para a previsão da produção das principais culturas da região: arroz, cana-de-açúcar, milho e soja.

Em termos gerais e especificamente para cada cultura considerou-se o seguinte calendário agrícola, segundo informações da Secretaria da Agricultura do Estado de São Paulo (1990):

- a) arroz: plantio em outubro; período vegetativo compreendido de novembro a fevereiro, e período de maturação e colheita em março;
- b) cana-de-açúcar (considerando variedades de ano e soca/ressoca): plantio e germinação em setembro e outubro; grande período vegetativo compreendido de novembro a março, e amadurecimento/início da colheita compreendido de abril a junho;
- c) milho: plantio em outubro, período vegetativo compreendido de novembro a março, e período de maturação e colheita entre abril e maio;
- d) soja: plantio em novembro; período vegetativo compreendido de dezembro a março, e período de maturação/colheita compreendido de abril a maio.

Considerando-se que a produção agrícola oscila basicamente em função da disponibilidade de água no solo, do número de dias de chuva e da área cultivada, por período fenológico, empregou-se os modelos 1 e 2 para os municípios de São Carlos e Ribeirão Preto, localizados no sul e no centro da Região. Estes foram escolhidos em função da localização e da disponibilidade dos dados das estações meteorológicas de primeira ordem, necessários à contabilização hídrica.

Considerou-se, neste estudo, que a produção de uma cultura pode ser tomada como uma função de área cultivada e da deficiência hídrica nos períodos do ciclo fenológico (MODELO 1); tomou-se também como parâmetro o número de dias de chuva, pretendendo-se captar a ação da distribuição da água na produtividade agrícola (MODELO 2). As especificações dos modelos são:

**Modelo 1:**

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_{1i} + \beta_2 X_{2i} + e_i, \quad i = 1, \dots, 15$$

onde:

$Y_i$  = produção da cultura;

$X_{1i}$  = área cultivada;

$X_{2i}$  = deficiência hídrica (em cada período fenológico da cultura);

$\beta_i$  = são parâmetros desconhecidos a serem estimados (coeficientes de regressão);

$e_i$  = erros aleatórios, não observáveis.

**Modelo 2:**

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_{1i} + \beta_2 X_{2i} + e_i, \quad i = 1, \dots, 15$$

onde:

$Y_i$  = produção de uma dada cultura;

$X_{1i}$  = área cultivada;

$X_{2i}$  = número de dias de chuva (em cada período fenológico da cultura);

$\beta_i$  = são parâmetros desconhecidos a serem estimados (coeficientes de regressão);

$e_i$  = erros aleatórios, não observáveis.

O programa computacional utilizado, elaborado por VOLPE (1990), tem também a finalidade de apontar possíveis pontos influentes e/ou discrepantes em modelos de regressão e apresenta-se em linguagem Turbo Basic para microcomputadores IBM-PC/XT e compatíveis. Assim sendo, fornece tabelas contendo os diferentes tipos de resíduos, bem como as medidas de diagnóstico e seus valores críticos: Matriz de Projeção, DFBeta, D de Cook, Estatística de Cook Modificada, Dffits e Covratio. Fornece para análise também os procedimentos gráficos de índices, de resíduos e o gráfico L-R, sendo que, para detectar pontos influentes e/ou discrepantes as medidas de Diagonal de H, D de Cook, Resíduos Estudentizados Externamente e o procedimento gráfico L-R, constituem-se nos mais eficazes para apontar tais pontos.

Para a análise destes modelos de produção agrícola, utilizou-se de simbologias para as variáveis que os compõem, onde as primeiras letras dos arquivos representam o município (R = Ribeirão Preto e S = São Carlos); as segundas letras dos arquivos representam cada uma das culturas (A = arroz, C = cana-de-açúcar, M = milho e S = soja); as terceiras letras dos arquivos representam cada fase do calendá-

rio fenológico (P = plantio, V = período vegetativo e M ou C = maturação e colheita) e os números que acompanham os arquivos representam os modelos utilizados (1 = deficiência hídrica; 2 = número de dias de chuva).

## 5. Resultados e Discussão

A análise das correlações que integram os modelos deve ser feita cultivo por cultivo e por período fenológico, porque ocorrem diferenciações com relação às exigências climáticas e, inerentemente, ocorrem diferenciações nas necessidades de água de cada cultura.

Para viabilizar o volume de informações escolheu-se dois municípios: Ribeirão Preto e São Carlos, pela localização em feições climáticas diferenciadas e por possuírem estação climatológica de primeira ordem. Os valores de área cultivada e produção, para os municípios de Ribeirão Preto e São Carlos, na série temporal em análise, são apresentados nas tabelas 1 a 4. Os valores de deficiência hídrica (em mm) e valores de dias de chuva são apresentados para os municípios de Ribeirão Preto e São Carlos nas tabelas 5 a 8. Estes dados foram contabilizados para cada fase do calendário agrícola considerado por cultura e alimentaram as matrizes para o procedimento das análises de regressão.

Pela análise de regressão para as culturas do arroz, da cana-de-açúcar, do milho e da soja, nos municípios de Ribeirão Preto e São Carlos, observou-se que as culturas da soja e da cana-de-açúcar apresentaram os maiores valores de  $R^2$ , nos dois modelos especificados, significando que a relação linear das variáveis deficiência hídrica, número de dias de chuva e área cultivada explicam melhor a produção agrícola no município de Ribeirão Preto. Enquanto, para o município de São Carlos, todas as culturas analisadas (arroz, cana-de-açúcar, milho e soja), nos dois modelos, apresentaram  $R^2$  elevado (tabelas 9 a 12).

Desta forma, passou-se à análise gráfica do Y estimado x Resíduo das culturas que apresentaram  $R^2$  superior a 76%. Portanto, analisou-se este gráfico para os seguintes arquivos: RCP<sub>1</sub>, RCV<sub>1</sub>, RCM<sub>1</sub>; RCP<sub>2</sub>, RCV<sub>2</sub>, RCC<sub>2</sub>; SAV<sub>1</sub>, SAM<sub>1</sub>; SCP<sub>1</sub>, SCV<sub>1</sub>, SCM<sub>1</sub>; SMP<sub>1</sub>, SMV<sub>1</sub>, SMC<sub>1</sub>; SSP<sub>1</sub>, SSV<sub>1</sub>, SSC<sub>1</sub>; SAP<sub>2</sub>, SAV<sub>2</sub>, SAM<sub>2</sub>; SCP<sub>2</sub>, SCV<sub>2</sub>, SCC<sub>2</sub>; SMP<sub>2</sub>, SMV<sub>2</sub>, SMC<sub>2</sub>; SSP<sub>2</sub>, SSV<sub>2</sub>, SSC<sub>2</sub>. Os resultados obtidos com a aplicação do modelo 2 foram significativos ao nível de 5%, porém optou-se pelo modelo 1, pois a variável deficiência hídrica expressa melhor a variabilidade e o comportamento hídrico nos municípios analisados.

**Tabela 1 - Dados de área, produção e rendimento agrícola da cultura do arroz, nos municípios de Ribeirão Preto e São Carlos (SP), na série temporal 1974/75 a 1988/89.**

MUNICÍPIO	RIBEIRÃO PRETO			SÃO CARLOS		
	Dados Agrícolas Ano Agrícola	Área (ha)	Produção (em saca de 60 Kg)	Rend. Agrícola (sacas/ha)	Área (ha)	Produção (em saca de 60 Kg)
1974/75	1.900	28.500	15,0	1.000	30.000	30,0
1975/76	1.900	38.000	20,0	1.200	30.000	25,0
1976/77	736	30.540	41,5	1.200	36.000	30,0
1977/78	750	30.540	40,7	700	21.000	30,0
1978/79	750	18.750	25,0	700	21.000	30,0
1979/80	968	24.200	25,0	1.100	33.000	30,0
1980/81	968	19.360	20,0	1.000	25.000	25,0
1981/82	968	19.360	20,0	800	20.000	25,0
1982/83	1.200	48.000	40,0	800	15.200	19,0
1983/84	1.200	36.000	30,0	700	8.400	12,0
1984/85	1.100	44.000	40,0	500	5.000	10,0
1985/86	1.000	35.000	35,0	500	11.500	23,0
1986/87	900	40.500	45,0	1.300	26.000	20,0
1987/88	900	38.700	43,0	1.300	32.500	25,0
1988/89	900	37.800	42,0	1.000	25.000	25,0
Total/Média	16.140	489.250	30,3	13.800	339.600	23,9

**Tabela 2 - Dados de área, produção e rendimento agrícola da cultura da cana-de-açúcar, nos municípios de Ribeirão Preto e São Carlos (SP), na série temporal 1974/75 a 1988/89.**

MUNICÍPIO	RIBEIRÃO PRETO			SÃO CARLOS		
	Dados Agrícolas Ano Agrícola	Área (ha)	Produção (t)	Rend. Agrícola (t/ha)	Área (ha)	Produção (t)
1974/75	13.500	877.500	65,0	4.500	420.000	93,3
1975/76	13.500	877.500	65,0	4.500	420.000	93,3
1976/77	10.805	842.827	78,0	4.800	420.000	87,5
1977/78	13.000	1.040.000	80,0	4.800	422.500	88,0
1978/79	13.000	1.040.000	80,0	4.800	312.000	65,0
1979/80	13.000	1.040.000	80,0	4.800	520.000	108,3
1980/81	13.000	1.040.000	80,0	4.800	385.000	80,2
1981/82	13.000	1.040.000	80,0	5.500	312.000	56,7
1982/83	24.000	1.920.000	80,0	6.500	520.000	80,0
1983/84	25.000	2.125.000	85,0	6.500	455.000	70,0
1984/85	27.000	2.025.000	75,0	6.500	422.500	65,0
1985/86	40.000	3.200.000	80,0	6.000	420.000	70,0
1986/87	44.000	3.520.000	80,0	6.000	420.000	70,0
1987/88	45.000	3.600.000	80,0	6.000	420.000	70,0
1988/89	48.000	3.840.000	80,0	8.000	560.000	70,0
Total/Média	355.805	28.027.827	77,9	84.000	6.429.000	77,9

**Tabela 3 - Dados de área, produção e rendimento agrícola da cultura do milho, nos municípios de Ribeirão Preto e São Carlos (SP), na série temporal 1974/75 a 1988/89.**

MUNICÍPIO	RIBEIRÃO PRETO			SÃO CARLOS		
Dados Agrícolas Ano Agrícola	Área (ha)	Produção (em saca de 60 Kg)	Rend. Agrícola (sacas/ha)	Área (ha)	Produção (em saca de 60 Kg)	Rend. Agrícola (sacas/ha)
1974/75	7.500	262.500	35,0	4.000	120.000	30,0
1975/76	7.500	300.000	40,0	4.200	168.000	40,0
1976/77	3.681	154.602	42,0	4.600	161.000	35,0
1977/78	3.650	146.000	40,0	4.000	120.000	30,0
1978/79	3.650	219.000	60,0	4.000	160.000	40,0
1979/80	3.200	192.000	60,0	4.000	200.000	50,0
1980/81	3.200	192.000	60,0	7.300	292.000	40,0
1981/82	3.500	210.000	60,0	6.000	270.000	45,0
1982/83	3.000	180.000	60,0	6.000	240.000	40,0
1983/84	3.000	210.000	70,0	6.000	210.000	35,0
1984/85	3.400	210.800	62,0	6.000	198.000	33,0
1985/86	3.700	222.000	60,0	6.000	198.000	33,0
1986/87	4.000	300.000	75,0	6.000	246.000	41,0
1987/88	3.700	296.000	80,0	6.000	246.000	41,0
1988/89	4.000	320.000	80,0	6.500	266.500	41,0
Total/Média	60.681	3.414.902	58,9	80.600	3.095.500	38,3

**Tabela 4 - Dados de área, produção e rendimento agrícola da cultura da soja, nos municípios de Ribeirão Preto e São Carlos (SP), na série temporal 1974/75 a 1988/89.**

MUNICÍPIO	RIBEIRÃO PRETO			SÃO CARLOS		
Dados Agrícolas Ano Agrícola	Área (ha)	Produção (em saca de 60 Kg)	Rend. Agrícola (sacas/ha)	Área (ha)	Produção (em saca de 60 Kg)	Rend. Agrícola (sacas/ha)
1974/75	3.500	70.000	20,0	1.500	45.000	30,0
1975/76	3.500	87.500	25,0	1.000	35.000	35,0
1976/77	1.575	37.327	23,7	800	20.000	25,0
1977/78	1.575	39.375	25,0	600	15.000	25,0
1978/79	1.800	54.000	30,0	400	12.000	30,0
1979/80	2.100	63.000	30,0	1.000	33.000	33,0
1980/81	2.100	42.000	20,0	1.000	37.000	37,0
1981/82	1.800	36.000	20,0	300	10.500	35,0
1982/83	2.000	70.000	35,0	400	12.000	30,0
1983/84	2.200	66.000	30,0	1.200	30.000	25,8
1984/85	2.000	66.000	33,0	1.000	33.000	33,0
1985/86	1.800	54.000	30,0	1.000	33.000	33,0
1986/87	1.500	45.000	30,0	2.000	66.000	33,0
1987/88	1.800	59.400	33,0	2.686	88.638	33,0
1988/89	1.800	63.000	35,0	3.000	57.000	19,0
Total/Média	31.050	852.602	28,0	17.886	527.138	30,4

**Tabela 5 - Valores mensais (em mm) de deficiência hídrica ocorridos nos anos agrícolas da série temporal 1974/75 a 1988/89, no município de Ribeirão Preto (SP).**

Ano Agrícola	74/75	75/76	76/77	77/78	78/79	79/80	80/81	81/82	82/83	83/84	84/85	85/86	86/87	87/88	88/89
Mês															
Julho	27,9	12,1	0	43,7	0	9,5	19,4	11,8	2,7	0	48,2	35,5	0,1	16,8	14,3
Agosto	54,6	76,7	0	54,0	25,7	37,3	44,2	39,5	16,0	17,8	0	69,2	0	44,5	49,0
Setembro	81,5	50,2	0	1,6	21,7	0	0	53,7	36,5	0	0	82,4	22,6	0	91,7
Outubro	0	0	0	41,0	0	0	53,6	0	0	0	35,8	48,0	14,4	27,9	0
Novembro	0	0	0	0	0	0	0	4,6	6,4	0	0	0	0	0	0,2
Dezembro	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Janeiro	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fevereiro	0	0	2,2	0	0	0	22,1	0	0	2,8	0	0	0	0	0
Março	37,5	0	0	0	4,3	11,2	0	0	0	0,9	0	0	0,3	0	0
Abril	0	6,2	0	21,2	0	0	0,4	0,3	0	0	6,4	12,9	11,6	0	13,1
Maiο	16,1	0	11,3	0	0	13,9	19,0	0,3	0	6,5	20,8	0	0	0	11,7
Junho	29,8	5	15,0	1,0	12,4	0	0	0	0,1	31,3	24,8	19,2	5,2	1,3	7,7
Total	247,4	150,4	28,5	162,5	64,1	71,9	158,7	110,2	61,7	59,3	136,0	267,2	54,2	90,5	187,7

**Tabela 6 - Totais mensais de dias de chuva ocorridos nos anos agrícolas da série temporal 1974/75 a 1988/89, no município de Ribeirão Preto (SP).**

Ano Agrícola	74/75	75/76	76/77	77/78	78/79	79/80	80/81	81/82	82/83	83/84	84/85	85/86	86/87	87/88	88/89
Mês															
Julho	0	3	3	1	6	5	0	1	5	4	2	1	3	4	0
Agosto	2	0	9	3	0	3	5	1	5	0	11	1	9	2	0
Setembro	5	4	9	9	8	11	8	2	5	14	8	4	4	11	3
Outubro	13	11	12	7	9	12	7	13	15	13	5	7	7	11	15
Novembro	9	19	15	17	12	14	13	16	14	16	17	16	12	13	10
Dezembro	23	17	22	18	23	23	24	22	24	23	17	14	27	12	18
Janeiro	15	15	21	19	16	20	20	19	25	12	22	20	23	15	21
Fevereiro	14	23	11	10	13	19	8	14	16	17	15	13	19	21	18
Março	8	19	14	10	11	11	12	19	17	11	19	16	9	8	16
Abril	6	8	12	6	7	12	4	5	15	10	6	5	8	12	10
Maiο	3	7	4	9	8	6	3	7	10	6	2	9	10	9	4
Junho	0	2	5	2	0	5	6	9	8	0	2	0	4	2	6
Total	98	128	137	111	113	141	110	128	159	126	126	106	135	120	121

**Tabela 7 - Valores mensais de deficiência hídrica (em mm) ocorridos nos anos agrícolas da série temporal 1974/75 a 1988/89, no município de São Carlos (SP).**

Ano Agrícola	74/75	75/76	76/77	77/78	78/79	79/80	80/81	81/82	82/83	83/84	84/85	85/86	86/87	87/88	88/89
Mês															
Julho	10,9	13,2	0	30,8	0	5,6	12,8	11,7	9,8	0,1	55,8	21,3	5,9	13,7	14,6
Agosto	24,9	70,0	0	0	10,9	17,7	26,9	21,0	17,0	18,7	0	39,0	0	30,3	43,7
Setembro	50,0	15,5	0	0	0,2	0	0	50,6	39,5	0	0	37,9	21,0	0	78,3
Outubro	0	0	0	23,3	0	2,5	0	0	0	0	20,1	76,8	23,0	7,5	0
Novembro	11,5	0	0	0	0	4,4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Dezembro	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Janeiro	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fevereiro	0	0	3,7	0	0	0	12,4	0	0	28,2	0	0	0	0	0
Março	9,4	0	0	0	0,9	0	0	0	0	16,9	0	0	0	0	0
Abril	6,0	0,7	0	19,1	0	0	17,5	0,1	0	24,6	0	7,0	0	0	4,5
Maiο	21,8	0	6,6	0	0	16,7	0	0	0	37,9	6,9	4,6	0	0	6,4
Junho	32,0	0	9,1	0	8,7	0	0	0	0	52,5	4,9	25,2	1,9	4,4	0,7
Total	166,5	99,4	19,4	73,2	20,7	46,9	69,6	83,4	66,3	178,9	87,7	211,8	51,8	55,9	148,2

**Tabela 8 - Totais mensais de dias de chuva ocorridos nos anos agrícolas da série temporal 1974/75 a 1988/89, no município de São Carlos (SP).**

Ano Agrícola	74/75	75/76	76/77	77/78	78/79	79/80	80/81	81/82	82/83	83/84	84/85	85/86	86/87	87/88	88/89
Mês															
Julho	0	4	5	2	7	6	1	0	8	4	0	0	4	3	0
Agosto	3	0	10	3	3	6	6	2	8	0	8	3	9	2	0
Setembro	3	4	12	9	8	9	12	3	4	13	9	10	6	11	2
Outubro	11	12	11	8	11	11	8	18	15	11	4	4	7	8	16
Novembro	8	19	14	17	14	13	12	15	16	15	16	14	10	10	12
Dezembro	22	19	18	17	16	21	12	17	24	23	19	16	25	18	17
Janeiro	18	20	17	21	12	19	22	17	23	11	1	18	24	17	21
Fevereiro	20	21	6	13	12	19	11	14	13	10	1	21	16	19	18
Março	9	17	20	14	10	13	15	22	16	14	17	15	8	12	11
Abril	5	8	9	3	8	9	6	6	10	10	11	5	8	9	5
Maiο	3	10	3	8	7	3	3	7	10	1	3	12	15	7	3
Junho	1	2	9	4	0	7	6	12	12	0	5	1	4	3	5
Total	103	136	134	119	108	136	114	133	159	112	94	119	136	119	110

**Tabela 9 - Resultados estatísticos do modelo 1, para o município de Ribeirão Preto (SP).**

Cultura	Períodos Vegetativos	F	Coefficiente	R <sup>2</sup>
Arroz	Plantio RAP <sub>1</sub>	0,31	25,8915 5,8349 0,0306	0,0488
	Crescimento Vegetativo RAV <sub>1</sub>	1,03	28,9834 4,5871 -0,5128	0,1470
	Maturação e Colheita RAM <sub>1</sub>	1,82	20,6200 12,7988 -0,4912	0,2323
Cana-de-Açúcar	Plantio RCP <sub>1</sub>	1630,02	20,8564 80,5069 -1,9957	0,9963
	Crescimento Vegetativo RCV <sub>1</sub>	1102,12	-69,9774 81,6215 0,1682	0,9946
	Maturação e Colheita RCM <sub>1</sub>	1199,38	-36,4613 81,6756 -1,4963	0,9950
Milho	Plantio RMP <sub>1</sub>	1,98	148,8743 19,2772 0,0785	0,2483
	Crescimento Vegetativo RMV <sub>1</sub>	2,95	140,6378 24,0225 -1,6473	0,3297
	Maturação e Colheita RMC <sub>1</sub>	2,00	153,6261 19,1902 -0,3143	0,2502
Soja	Plantio RSP <sub>1</sub>	6,71	20,4037 17,4677 0,3728	0,5279
	Crescimento Vegetativo RSV <sub>1</sub>	12,45	11,1690 23,7519 -0,6441	0,6748
	Maturação e Colheita RSC <sub>1</sub>	6,71	21,8990 17,3265 -0,0808	0,5280

**Tabela 10 - Resultados estatísticos do modelo 2, para o município de Ribeirão Preto (SP).**

Cultura	Períodos Vegetativos	F	Coefficiente	R <sup>2</sup>	
Arroz	Plantio RAP <sub>2</sub>	0,27	26,8840 5,2612 0,0068	0,0437	
	Crescimento Vegetativo RAV <sub>2</sub>		1,27		-8,7659 4,8474 0,5257
	Maturação e Colheita RAC <sub>2</sub>		0,55		21,6095 4,5290 0,4600
Cana-de-Açúcar	Plantio RCP <sub>2</sub>	1376,93	-222,0085 81,9793 8,3562	0,9957	
	Crescimento Vegetativo RCV <sub>2</sub>		1376,93		-222,0085 81,9793 8,3562
	Maturação e Colheita RCC <sub>2</sub>		916,82		-189,3957 82,0799 -1,3326 8,0040
Milho	Plantio RMP <sub>2</sub>	0,17	153,1464 -4,2511 17,6794	0,0268	
	Crescimento Vegetativo RMV <sub>2</sub>		1,98		131,7499 19,2600 0,2187
	Maturação e Colheita RMC <sub>2</sub>		2,26		114,9534 20,7408 1,9373
Soja	Plantio RSP <sub>2</sub>	6,72	16,7705 17,3455 0,2933	0,5284	
	Crescimento Vegetativo RSV <sub>2</sub>		8,17		-8,3537 17,5131 0,4252
	Maturação e Colheita RSC <sub>2</sub>		11,86		-2,2024 19,9019 1,2004

**Tabela 11 - Resultados estatísticos do modelo 1, para o município de São Carlos (SP).**

Cultura	Períodos Vegetativos	F	Coefficiente	R <sup>2</sup>
Arroz	Plantio SAP <sub>1</sub>	1,43	25,9725 -0,9291 -0,1994	0,1924
	Crescimento Vegetativo SAV <sub>1</sub>	20,47	-4,0703 29,6500 -0,1367	0,7734
	Maturação e Colheita SAM <sub>1</sub>	20,75	-3,8923 29,3250 -0,2463	0,7757
Cana-de-Açúcar	Plantio SCP <sub>1</sub>	27,59	779,5471 -73,5389 -0,4111	0,8214
	Crescimento Vegetativo SCV <sub>1</sub>	20,83	771,1983 -74,8092 0,1238	0,7763
	Maturação e Colheita SCM <sub>1</sub>	25,25	779,0452 -80,0581 0,2242	0,8080
Milho	Plantio SMP <sub>1</sub>	26,15	-21,6431 43,5878 -0,6072	0,8134
	Crescimento Vegetativo SMV <sub>1</sub>	21,85	-18,4986 42,5939 -0,6715	0,7846
	Maturação e Colheita SMC <sub>1</sub>	23,72	-12,5563 42,1544 -0,6309	0,7981
Soja	Plantio SSP <sub>1</sub>	57,18	0,0281 0,1813	0,8148
	Crescimento Vegetativo SSV <sub>1</sub>	30,35	5,7363 24,9891 -0,0752	0,8349
	Maturação e Colheita SSC <sub>1</sub>	31,79	6,6765 25,0688 -0,1186	0,8412

**Tabela 12 - Resultados estatísticos do modelo 2, para o município de São Carlos (SP).**

Cultura	Períodos Vegetativos	F	Coefficiente	R <sup>2</sup>
Arroz	Plantio SAP <sub>2</sub>	19,55	-6,3422 29,5862 0,1706	0,7652
	Crescimento Vegetativo SAV <sub>2</sub>	19,01	-5,5663 29,8974 0,0109	0,7601
	Maturação e Colheita SAM <sub>2</sub>	19,10	-6,3075 30,3211 0,0738	0,7610
Cana-de-Açúcar	Plantio SCP <sub>2</sub>	25,22	764,9034 -79,2719 1,9177	0,8078
	Crescimento Vegetativo SCV <sub>2</sub>	24,99	848,2473 -80,2487 -0,5525	0,8064
	Maturação e Colheita SCC <sub>2</sub>	24,39	804,8310 -79,3997 0,2533	0,8026
Milho	Plantio SMP <sub>2</sub>	30,80	-61,6076 42,7670 3,6942	0,8369
	Crescimento Vegetativo SMV <sub>2</sub>	23,47	-103,2678 43,3357 0,9785	0,7964
	Maturação e Colheita SMC <sub>2</sub>	19,68	-31,1603 41,7951 0,9383	0,7664
Soja	Plantio SSP <sub>2</sub>	33,85	24,7728 22,3929 -1,1950	0,8495
	Crescimento Vegetativo SSV <sub>2</sub>	30,24	0,7690 24,8926 0,0724	0,8345
	Maturação e Colheita SSC <sub>2</sub>	40,93	-8,9178 25,5105 0,9885	0,8722

Com a obtenção dos coeficientes de regressão e da análise do  $y$  estimado  $x$  resíduo, passou-se à escolha dos arquivos do modelo 1, que apresentava os maiores valores de  $R^2$  e com os gráficos de maior aleatoriedade. Desta maneira, os seguintes arquivos mostraram-se representativos para análise:  $RCV_1$ ,  $RCM_1$ ;  $SAV_1$ ,  $SCV_1$ ,  $SMP_1$ ,  $SSV_1$ . Nas tabelas 9 a 12 têm-se o quadro da análise de regressão destes arquivos. Nota-se que os valores da estatística  $F$  e o coeficiente de determinação para estes arquivos são:

- a)  $F$  igual a 1102,12 para o arquivo  $RCV_1$ , cujo  $R^2$  é igual a 0,9946 (tabela 9);
- b)  $F$  igual a 1199,38 para o arquivo  $RCM_1$ , cujo  $R^2$  é igual a 0,9950 (tabela 9);
- c)  $F$  igual a 20,47 para o arquivo  $SAV_1$ , cujo  $R^2$  é igual a 0,7734 (tabela 9);
- d)  $F$  igual a 20,83 para o arquivo  $SCV_1$ , cujo  $R^2$  é igual a 0,7763 (tabela 9);
- e)  $F$  igual a 26,15 para o arquivo  $SMP_1$ , cujo  $R^2$  é igual a 0,8134 (tabela 9);
- f)  $F$  igual a 30,35 para o arquivo  $SSV_1$ , cujo  $R^2$  é igual a 0,8349 (tabela 9).

Observa-se, por estes valores da estatística  $F$ , que todos os arquivos são significativos ao nível de 5%, pois o valor  $F$  tabelado a 5% com 2 e 12 graus de liberdade é igual a 3,98. Além disso, o valor dos coeficientes de determinação,  $R^2$ , variam de 0,7734 a 0,9950, ou seja, 77% a 99% da variabilidade dos dados da produção agrícola pode ser explicada pelo modelo proposto.

Pelo estudo da medida de Diagnóstico em regressão no modelo proposto no estudo realizado por VOLPE (1990) verifica-se que as medidas de diagnósticos mais eficientes na determinação de observações influentes são a Diagonal de  $H$  e a Estatística de  $D$  de Cook. Baseando-se nesta conclusão, optou-se por apresentar o diagnóstico das observações influentes através da Diagonal de  $H$ . Desta maneira, apresenta-se na tabela 13, os valores da medida de diagnóstico da Diagonal de  $H$ , para os arquivos que se mostraram com maior aleatoriedade, observada pelo gráfico do  $y$  estimado  $x$  resíduos, representa um exemplo dos arquivos selecionados ( $SAV_1$ , figura 2).

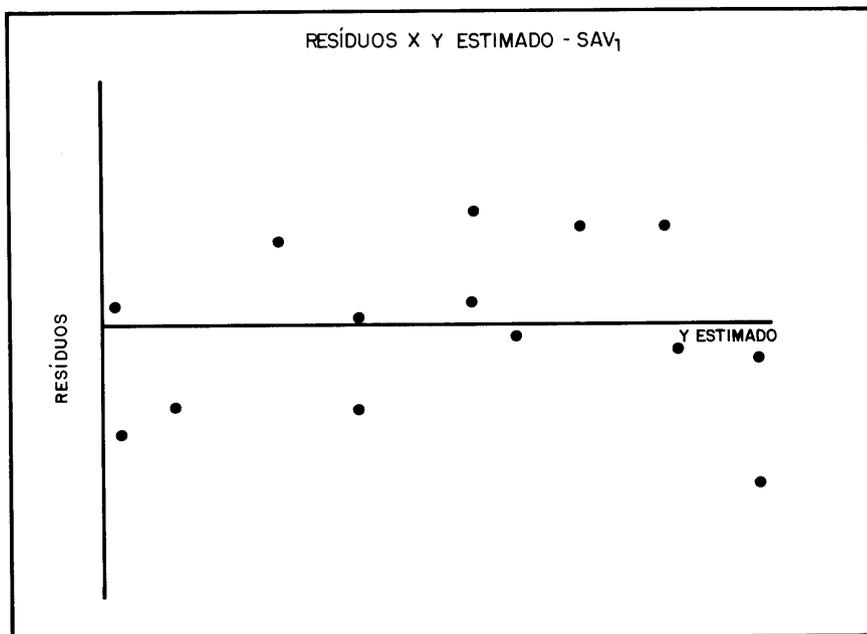
Pelo programa computacional aplicado há possibilidade de se observar melhor, os resultados através de figuras, a determinação das observações influentes. Exemplifica-se pela figura 3. Desta forma, pode-se destacar o comportamento de alguns períodos críticos das culturas.

- a) Para a cultura da cana-de-açúcar no município de Ribeirão Preto, período vegetativo (arquivo  $RCV_1$ ), na série temporal em análise (1974/75 a 1988/89), observa-se que o ano de maior influência na produção foi 1980/81 (figura 3). O comportamento mensal da água no solo e as informações sobre as exigências da cultura da cana-de-açúcar mostram que, pelas condições ambientais da Região, a cultura necessita de água no solo no período de setembro a março.

**Tabela 13 - Valores da Diagonal de H, estatística baseada na retirada de uma única observação.**

Anos	Arquivos	RCV <sub>1</sub>	RCM <sub>1</sub>	SAV <sub>1</sub>	SCV <sub>1</sub>	SMP <sub>1</sub>	SSV <sub>1</sub>
1974/75		0,1604	0,2816	0,1393	0,3188	0,1838	0,0866
1975/76		0,1654	0,1298	0,1554	0,1582	0,1555	0,0850
1976/77		0,1830	0,1382	0,1435	0,1073	0,1131	0,0851
1977/78		0,1855	0,1102	0,1410	0,1224	0,2240	0,1205
1978/79		0,1467	0,1286	0,1410	0,1175	0,1838	0,1470
1979/80		0,1205	0,1223	0,0991	0,1059	0,1790	0,0712
1980/81		0,6257	0,1100	0,1559	0,1217	0,3219	0,0971
1981/82		0,1452	0,2217	0,1044	0,0836	0,1137	0,1705
1982/83		0,0766	0,1960	0,1044	0,1370	0,1137	0,1516
1983/84		0,0837	0,1388	0,7615	0,8586	0,1137	0,9027
1984/85		0,0973	0,3218	0,2736	0,1370	0,1013	0,0850
1985/86		0,1727	0,1880	0,2555	0,0865	0,8226	0,0773
1986/87		0,2233	0,2324	0,2176	0,0943	0,1111	0,1520
1987/88		0,3264	0,3731	0,2176	0,0943	0,0927	0,3267
1988/89		0,2877	0,3075	0,0904	0,4572	0,1701	0,4416

**RESÍDUOS X Y ESTIMADO - SAV<sub>1</sub>**



**Fig. 2 - Gráfico do valor estimado X resíduos, para os dados do modelo 1, para a cultura do arroz no período vegetativo no município de São Carlos (SP).**

### ÍNDICE X DIAGONAL DE H - RCV<sub>1</sub>

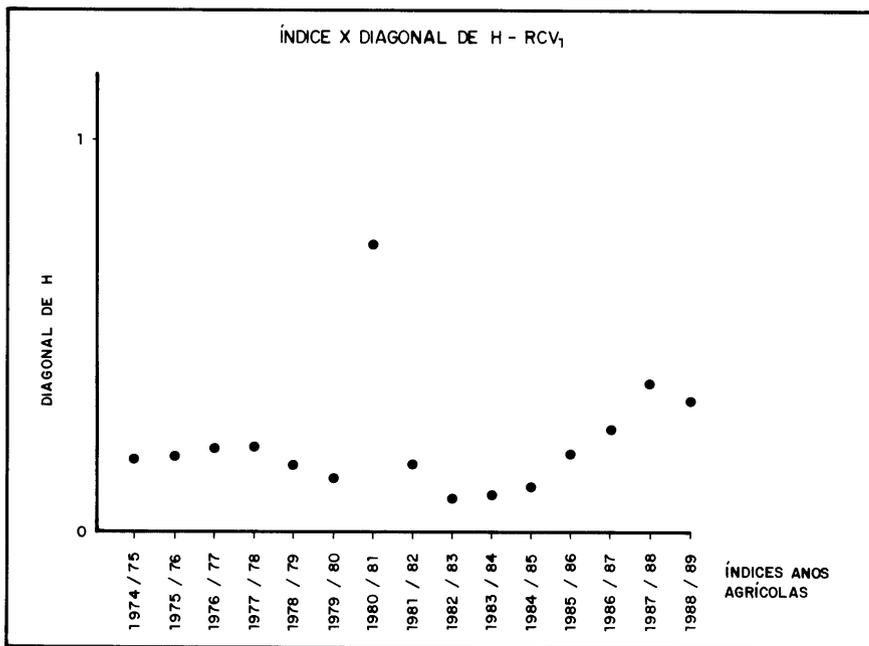


Fig. 3 - Gráfico de índices X diagonal de H, com os dados do modelo 1, período vegetativo da cultura da cana-de-açúcar no município de Ribeirão Preto (SP).

Entretanto, verifica-se que neste ano ocorre atraso na estação chuvosa e deficiência de água em pleno mês de fevereiro; o excesso de água acontece apenas em dois meses: dezembro e janeiro. Constata-se pela tabela 2 que o rendimento agrícola decresce de 108 t/ha para 80 t/ha, cuja queda registra-se em 26%. A área cultivada permanece em 4.800 ha, porém a produção diminui de 520.000 toneladas para 385.000 toneladas.

Não se verifica nenhum ano de grande influência no período de plantio da cultura canavieira (arquivo RCP<sub>1</sub>). Entretanto, para o período de maturação e colheita (arquivo RCM<sub>1</sub>), mostra-se influente o ano de 1987/88. Estes fatos se explicam, no plantio, por se tratar de cultura semi-perene, cujos dados de produção se referem muito mais às socas e ressocas que já se encontram no solo; e na maturação e colheita e por haver excesso de água no solo, que se prolonga até o mês de maio, ocorre o atraso do amadurecimento e concentração da sacarose.

- b) Para a cultura do arroz no município de São Carlos, período vegetativo (arquivo SAV<sub>1</sub>), observa-se que o ano de maior influência, em termos de deficiência de água no solo, na produção orizícola foi 1983/84. O compor-

tamento mensal da água no solo e as informações sobre as exigências da cultura do arroz, mostram que esta necessita de água no solo no período de fins de setembro/início de outubro até início do mês de março, quando então a deficiência se faz necessária para o amadurecimento e colheita, que se realiza em termos gerais no mês de abril. Contudo, observa-se que, neste ano de 1983/84, ocorre deficiência de água no solo desde o mês de janeiro, prolongando-se este período até o mês de julho, verificando-se assim, queda de 45% na produção, que de 15.200 (1982/83) passa para 8.400 sacas (1983/84), e o rendimento agrícola que era de 19 sacas/ha passa para 12 sacas/ha (tabela 1).

Como o período de deficiência hídrica é longo (janeiro a julho), verifica-se nas análises que 1983/84, apresenta-se como o ano mais influente também no período de maturação e colheita do arroz, no município de São Carlos (arquivo SAM<sub>1</sub>). Porém, no período de plantio, destacam-se os anos de 1982/83 e 1985/86, ambos considerados como anos chuvoso e seco, na série temporal em análise.

- c) Para a cultura da cana-de-açúcar no município de São Carlos, período vegetativo, o ano de 1983/84, destaca-se, em termos de deficiência de água no solo, como influente na produção canavieira (arquivo SCV<sub>1</sub>). Verifica-se que não ocorre atraso do início da estação chuvosa, no ano de 1983/84. Porém, a falta de água no solo, no mês de janeiro, com prolongamento até julho, prejudica o grande período vegetativo da cultura que geralmente ocorre de setembro a março. Verifica-se uma quebra brusca no rendimento e na produção canavieira em relação ao ano anterior (1982/83), onde isto acontece em termos de 520.000.000 toneladas para 455.000.000 toneladas. O rendimento agrícola que era de 80 t/ha passa para 70 t/ha. Há, portanto, quebra de 10% aproximadamente na produção canavieira, em termos de produtividade. Não acontece expansão da área cultivada (tabela 2).

Para o período do plantio da cultura da cana-de-açúcar, destaca-se o ano de 1985/86, onde se verifica atraso na estação chuvosa. Entretanto, para o período de maturação e colheita, continua sendo influente o ano de 1983/84.

- d) Para a cultura do milho no município de São Carlos, período do plantio, na série temporal em análise, o ano de 1985/86 destaca-se, em termos de deficiência hídrica, como influente na produção (arquivo SMP<sub>1</sub>). Verifica-se que ocorre atraso no início da estação chuvosa e há também atraso no plantio. A cultura do milho suporta pequenas deficiências hídricas no início do crescimento, porém em seu desenvolvimento necessitam de período úmido com excedente hídrico de três a cinco meses. Dentro deste período, no ano de 1983/84, ocorre em plena floração (dezembro/janeiro)

queda acentuada no excedente hídrico, quando o total das chuvas abaixa para 125 mm, sendo suas exigências de 200 a 250 mm. Portanto, não chega a ocorrer deficiência de água no solo, mas o excedente hídrico fica aquém do exigido (arquivo SMV<sub>1</sub>). Desta maneira, também no período de maturação e colheita, o ano de 1983/84 continua se destacando como o mais influente na produção do milho (arquivo SMC<sub>1</sub>). A produção que alcançava 240.000 toneladas no ano de 1982/83 decresce para 210.000 toneladas no ano de 1983/84. O rendimento agrícola passa de 40 t/ha para 35 t/ha. Há, portanto, queda da ordem de 13% na produção do milho (tabela 3).

- e) Com relação à cultura da soja no município de São Carlos, período vegetativo, para a série temporal em análise, constata-se que, o ano de 1983/84, mostrou-se como de maior influência na produção da soja (arquivo SSV<sub>1</sub>). Esta cultura necessita de água no solo, no período de outubro a março. As chuvas são desnecessárias e até prejudiciais quando excessivas, no período de abril e maio, para o amadurecimento e colheita. Os veranicos durante o período de crescimento das plantas se constitui num dos maiores problemas que os agricultores enfrentam para atingir níveis mais elevados na produção. No ano de 1983/84 aconteceram deficiências de água no solo nos meses de janeiro, fevereiro e março, fase esta de grande exigência de água no solo, pela cultura da soja. Pelos dados da tabela 4, observa-se este registro no rendimento agrícola que, de 30 t/ha decresce para 25 t/ha. Há decréscimo na produção, em termos de rendimento, da ordem de 17%. Entretanto, o montante da produção (30.000 toneladas) mantém-se elevado pelo fator expansão da área cultivada, que passa de 400 ha para 1200 ha cultivados.

Para o período do plantio da soja, o ano de 1988/89, mostra-se como o mais influente (arquivo SSP<sub>1</sub>). Neste ano, observa-se que acontece queda no rendimento agrícola da ordem de 43%, pois de 33 sacas/ha passa para 19 sacas/ha (tabela 4). Consequentemente há diminuição da produção, muito embora ocorra aumento da área cultivada. Para o período de maturação e colheita, continua sendo 1983/84 o ano de maior influência na sojicultura (arquivo SSC<sub>1</sub>).

## 6. Conclusão

Conclui-se que existe relação direta entre a água disponível no solo e os rendimentos das culturas anuais e semi-perenes na DIRA de Ribeirão Preto. Rela-

ção esta que se mostra mais significativa quanto mais secas forem as áreas agrícolas. Fato este revelado entre São Carlos e Ribeirão Preto. A primeira mostra-se com totais pluviométricos mensais mais baixos que Ribeirão Preto, acompanhados de pequena diferença na variabilidade sazonal das chuvas.

As análises mostraram que a aplicação da variável deficiência hídrica em regressão é adequada para a expressividade da interação dos parâmetros climatológicos nas relações com a produtividade e produção agrícola. O número de dias de chuva mostrou-se como importante variável a ser considerada em análises de regressão, aplicada à cultura do arroz, por ser de grande exigência em água em todo seu ciclo. Pelos resultados dos modelos aplicados, conclui-se que o número de dias de chuva auxilia na previsão do rendimento e da produção agrícola em locais em que existam apenas postos pluviométricos, como é o caso do setor norte da Região.

Com relação às áreas que possuam dados meteorológicos para a contabilização do balanço hídrico, a previsão da produção poderá ser melhorada com a aplicação do balanço hídrico decendial e com a utilização do nível de armazenamento de água no solo, específico para cada cultura. Este procedimento se torna necessário e medidas devem ser tomadas para sua aplicação, principalmente em regiões e países em desenvolvimento, onde, em geral, o maior fator adverso da agricultura sem irrigação é a inadequada disponibilidade de água para os cultivos.

A observação da quantidade de dias de chuva na série temporal permite compreender melhor a distribuição das chuvas durante o período, principalmente quando relacionado com a orizicultura na Região. Nas culturas anuais, dois decêndios sucessivos sem água podem significar uma considerável seca na série analisada. Por esta razão, como se viu em muitos casos, a determinação de previsão do rendimento dependerá provavelmente, em grande parte, do *status* hídrico do cultivo, porém todas as outras causas devem ser consideradas. Isto explica, evidentemente, a importância de se obter informações tão completas quanto sejam possíveis sobre todos os aspectos do desenvolvimento do cultivo, para estabelecer um sistema correto do prognóstico agrícola nas diferentes regiões.

Muito embora tenha-se utilizado da aplicação dos modelos de produção em duas localidades da Região, a metodologia pode ser aplicada no planejamento das várias sub-regiões agrícolas, com a finalidade de se obter a tendência da organização espacial agrícola, principalmente baseando-se em culturas anuais, nas quais a oscilação no deslocamento espacial pode ser maior, frente à variabilidade das chuvas. O calendário fenológico das culturas constitui-se em informações básicas nestas relações com variáveis meteorológicas e produção agrícola. Porém, têm sido reconhecidas pela FAO como sendo ainda muito incompletas.

Pelo programa de regressão linear, desenvolvido por VOLPE (1990), observou-se que, além dos estudos de anos influentes, pode-se também realizar a análise dos resíduos em séries temporais. Da correlação da água no solo com a produção ressalta-se que nem sempre o ano úmido mostra ser influente positivamente na produção. Há necessidade de uma boa distribuição da água no solo, associada às exigências hídricas de cada vegetal considerado. Recomenda-se ainda que, embora a relação existente entre o índice de cultivo e o rendimento seja de conotação direta, se faz importante a obtenção de informações sistemáticas sobre o rendimento, principalmente onde se dispõe de informações agrometeorológicas.

Assim sendo, ao finalizar estas análises, as colocações de WILLIAMS (1975) e de MAUNDER (1987) podem ser lembradas, pois surgem como importantes quesitos para a continuidade das investigações em modelos de previsão de safras. O primeiro autor assinala: “muito embora tenha havido progresso no estudo dos relacionamentos da cultura - condições meteorológicas, obtidos durante anos recentes, técnicas ainda são necessárias para expressarem quantitativamente o desempenho da planta por uma função integrando as muitas variáveis que compreendam o meio ambiente”. O segundo autor afirma: “meteorologistas aplicam, em geral, o modelo empírico e consideram os seus resultados como sendo específicos para o tempo e para o espaço. Evidentemente, os modelos não explicam os processos ambientais, mas as relações estatísticas resultantes de tais modelos, na maioria das vezes, condensam relações complexas de causa e efeitos em computações mais simples e que reduz o custo de avaliação do modelo. Em adição, na maioria dos casos, particularmente a área da produção agrícola relacionada ao clima para regiões amplas, tais modelos empíricos são os únicos modelos que podem ser usados operacionalmente”. Em continuação, assinala: “nas análises em macroescala das produções regionais, precisam, portanto, ser com frequência, bastante empíricas e envolverem um número relativamente pequeno de variáveis”.

## Referências Bibliográficas

- COSTA, L.C., COSTA, M.H. Um modelo para se determinar a produtividade da cultura da soja. In: *Congresso Brasileiro de Agrometeorologia*, 6, Maceió, 1989. *Anais*. Maceió: 1989, p. 391-399.
- COSTA, M.M.G., LIU, W.T. Aplicação de um modelo estatístico para previsão da produtividade anual da cultura do milho na microregião de Ribeirão Preto (SP). In: *Congresso Brasileiro de Agrometeorologia*, 7, Viçosa, 1991. *Anais*. Viçosa: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, 1991, p. 241-244.

- CUELLAR, V.E. et al. Estimativa da produtividade da cultura do milho em Viçosa (MG), baseada em variáveis agroclimáticas e tendência tecnológica. In: *Congresso Brasileiro de Agrometeorologia*, 7, julho de 1991, Viçosa (MG). Resumos. Viçosa: 1991, p. 217.
- MAUNDER, W.J. *The Uncertainty Business. Risks and Opportunities in Weather and Climate*. New York: Methuen & CO, 1987, 420 p.
- OMETTO, J.C. *Uma equação para a estimativa de evapotranspiração potencial e suas aplicações no cálculo das necessidades hídricas e do rendimento agro-industrial da cana-de-açúcar na região de Piracicaba, SP*. Piracicaba: ESALQ/USP, 1974 (Tese de Livre-Docência).
- RIBEIRO, A.G., LANZIANI, A., KAMIAMA, A. Análise da produtividade da cultura da soja em Maringá (PR), em função do balanço hídrico do solo. In: *Congresso Brasileiro de Agrometeorologia*, 7, Viçosa, 1991. Anais. Viçosa: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, 1991, p. 257-259.
- SANTOS, M.J.Z. dos. *Influências climáticas associadas às pedológicas e econômicas na produção de cana-de-açúcar nos núcleos canavieiros do Estado de São Paulo*. São Paulo: Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da USP, 1981, 411 p. (Tese de Doutorado).
- SANTOS, M.J.Z. dos. Gênese das chuvas e variação quantitativa da pluviosidade em áreas canavieiras paulistas. *Geografia*, Rio Claro, v. 9, nºs 17-18, p. 155-186, outubro de 1984.
- SANTOS, M.J.Z. dos. Estimativa da evapotranspiração potencial para os núcleos canavieiros do Estado de São Paulo. *Revista de Geografia*, São Paulo, v. 3, p. 17-68, 1984a.
- SANTOS, M.J.Z. dos. Comportamento espacial da cultura canavieira no Estado de São Paulo, em 1975. *Boletim de Geografia Teorética*, Rio Claro, vol. 14, nº 27/28, p. 21-34, 1984b.
- SANTOS, M.J.Z. dos. Oscilações climáticas e produção canavieira. Campinas: *Terceiro Congresso Brasileiro de Agrometeorologia*, p. 139-161, 1984c (Anais).
- SANTOS, M.J.Z. dos. *Variabilidade e tendência da chuva e sua relação com a produção agrícola na Região de Ribeirão Preto (SP)*. Rio Claro, Instituto de Geociências e Ciências Exatas da UNESP, 1992. 389 p. (Tese de Livre Docência).
- SÃO PAULO (Estado). SECRETARIA DE AGRICULTURA E ABASTECIMENTO - CATI. Instruções Agrícolas para o Estado de São Paulo. *Boletim Técnico do Instituto Agrônomo*, Campinas, nº 200, setembro de 1990. 233 p.
- SILVA, G.L.S.P. et al. *Variações do tempo e produtividade agrícola: um subsídio à previsão de safras no Estado de São Paulo*. Campinas: Fundação Cargill, 1986, 148 p.

- THORNTHWAITE, C.W., MATHER, J.R. *The water balance*. Publications in Climatology Drexel Institute of Technology. Ceterton, N.J. Volume VIII, nº 1, 1955, 104 p.
- VICENTE, J.R., CASER, D.V., SILVA, G.L.S.P. Adversidades climáticas: estimativas das perdas de safras no Estado de São Paulo e respostas governamentais. São Paulo, *Agricultura em São Paulo*, v. 35, nº 1, p. 149-171, 1988.
- VOLPE, W.L. *Diagnósticos em regressão: uma revisão e desenvolvimento de um sistema computacional*. Piracicaba: ESALQ-USP, 1990, 106 p. (Dissertação de Mestrado).
- WADSTED, O.G. O clima e a economia: análise de algumas culturas no Estado de São Paulo. *Revista Brasileira de Economia*, Rio de Janeiro, v. 37, nº 2, 1983. p. 225-244.
- WILLIAMS, G.D.V., JOYNT, M.I., McCORMICK, P.A. Regression Analyses of Canadian Prairie Crop - District Cereal Yields, 1961-1972, *Canadian Journal of Soil Science*, nº 55, p. 43-53, 1975.