

## RECURSOS HÍDRICOS PARA IRRIGAÇÃO NA BACIA DO RIO PIRACICABA: CONTRIBUIÇÃO AO PLANEJAMENTO REGIONAL

João Luiz Cardoso<sup>1</sup> e Gefferson Roberto Celestrino<sup>2</sup>

**Resumo** - O objetivo é analisar os recursos hídricos para irrigação de atividades agrícolas nos municípios da bacia hidrográfica do Rio Piracicaba (Estado de São Paulo), buscando-se obter subsídios para o planejamento do uso destes recursos e, evidentemente, para a gestão ambiental. Especificamente, analisam-se grupos relativamente homogêneos de municípios, a partir dos caracteres da questão.

Os dados provieram do Cadastro de Irrigantes da bacia, coordenado pelo Departamento de Águas e Energia Elétrica do Estado (levantamentos iniciados em novembro de 1990 e relatórios publicados em 1991 e 1992), abrangendo cinquenta municípios. Foram utilizados os métodos de análise fatorial em componentes principais e a classificação automática hierárquica.

Os resultados levaram às seguintes conclusões gerais: do total de 50 municípios, foram separados quatro grupos, respectivamente com 28, 19, 1 e 2 municípios; o grupo com 28 municípios é o que, comparativamente, apresenta índices menos expressivos quanto à irrigação; ao contrário, o município de Atibaia representa sozinho um grupo muito importante em termos de número de irrigantes, com alto desempenho tecnológico; quanto aos agricultores em geral, necessitam aprimorar o emprego da irrigação, investindo em equipamentos adequados, treinamento de pessoal e evitando desperdícios de recursos hídricos; finalmente, evidencia-se séria preocupação quanto à quantidade e qualidade da água na bacia.

### 1 - INTRODUÇÃO

A escassez de água não é só problema das zonas áridas. O crescimento da população e as mudanças climáticas fazem com que mais e mais países se vejam ameaçados pela escassez de água. Por isto, a noção de uso eficiente da água é de importância mundial (Sneh, 1995).

No Brasil, o processo de urbanização associado ao crescimento industrial têm ocasionado forte pressão sobre os recursos naturais, gerando problemas ao ambiente, sobretudo os relacionados à poluição da água, decorrente de esgotos urbanos, resíduos industriais e uso indiscriminado de insumos agrícolas, em diversas regiões. Segundo Rebouças (1997, p. 61-62), a água já perdeu a sua característica de recurso natural renovável em várias "regiões mais densamente povoadas, exatamente lá onde esta se faz mais necessária, à medida que processos pouco estruturados de urbanização e de produção agrícola são estimulados, consentidos ou tolerados, sem levar em conta os limites de suporte dos respectivos ecossistemas, e, em especial, dos seus potenciais de água doce".

Em uma área bastante desenvolvida da Região Sudeste, na Bacia Hidrográfica do Rio Piracicaba, que abrange parcial ou integralmente cerca de 50 municípios do Estado de São Paulo, pode-se prever um futuro preocupante quanto a dois aspectos: desequilíbrio acentuado entre as demandas de água e as disponibilidades hídricas da bacia, gerando conflitos localizados entre usuários; e qualidade da água comprometida para a saúde pública, caso os esgotos urbanos e industriais não tenham o devido tratamento (Governo do Estado de São Paulo, 1990). Nesta bacia tem havido uso crescente da irrigação, que deverá se ampliar ainda mais, em função do perfil tecnológico cada vez mais avançado da agropecuária.

Por isto, o principal objetivo do trabalho é analisar as condições dos recursos hídricos para irrigação de atividades agrícolas em municípios constituintes da bacia hidrográfica do Rio Piracicaba, visando-se a obtenção de subsídios para o planejamento do uso dos referidos recursos e, paralelamente, para a gestão ambiental. De modo específico, analisam-se grupos relativamente homogêneos de municípios, determinados com base nos caracteres selecionados para o estudo.

### 2 - MATERIAL E MÉTODOS

#### 2.1. - Área de estudo e dados

A área de estudo envolve cinquenta municípios constituintes da bacia hidrográfica do Rio Piracicaba.

---

<sup>1</sup> Faculdade de Engenharia Agrícola; Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP). Cidade Universitária "Zeferino Vaz", 13.083-970, Campinas, São Paulo, Brasil. E.mail: cardoso@agr.unicamp.br

<sup>2</sup> Rua Ângelo Belloni, 662, 14.090-400, Ribeirão Preto, São Paulo, Brasil

Os municípios (com as respectivas siglas) são relacionados em seguida, sendo os quatro primeiros no Estado de Minas Gerais e os restantes no Estado de São Paulo: Camanducaia (CAD), Extrema (EXT), Itapeva (ITA), Toledo (TOL), Americana (AME), Amparo (AMP), Analândia (ANA), Anhembi (ANH), Artur Nogueira (ART), Atibaia (ATI), Bom Jesus dos Perdões (BJE), Botucatu (BOT), Bragança Paulista (BRA), Campinas (CAM), Capivari (CAP), Charqueada (CHA), Cordeirópolis (COD), Corumbataí (COR), Cosmópolis (COS), Dois Córregos (DOI), Ipeuna (IPE), Iracemápolis (IRA), Itatiba (ITB), Itirapina (ITI), Jaguariúna (JAG), Jarinu (JAR), Joanópolis (JOA), Limeira (LIM), Mogi Mirim (MOG), Monte Alegre do Sul (MAL), Monte Mor (MMO), Morungaba (MOR), Nazaré Paulista (NAZ), Nova Odessa (NOD), Paulínia (PAU), Pedra Bela (PED), Pinhalzinho (PIN), Piracaia (PIA), Piracicaba (PIR), Rio Claro (RCL), Rio das Pedras (RPE), Santa Bárbara d'Oeste (STB), Santa Gertrudes (STG), Santa Maria da Serra (STM), Santo Antonio de Posse (STA), São Pedro (SPE), Socorro (SOC), Sumaré (SUM), Torrinha (TOR) e Valinhos (VAL).

Os dados foram obtidos de um cadastro de agricultores usuários de irrigação, coordenado pelo Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE) do Estado de São Paulo, sendo que os serviços de campo se iniciaram em novembro de 1990 e as publicações dos relatórios ocorreram de setembro de 1991 a dezembro de 1992 (Governo do Estado de São Paulo, 1991; 1992a; 1992b).

Foram elaboradas as 18 variáveis seguintes, sendo as 13 primeiras expressas em números de produtores rurais irrigantes e as restantes representando áreas de culturas irrigadas, em hectares.

Quanto ao nível de instrução dos irrigantes: V01 (inclui irrigantes analfabetos até aqueles com formação de primeiro grau e com treinamento em irrigação); V02 (irrigantes com segundo grau até aqueles com formação de nível superior e com treinamento em irrigação);

Quanto à ocupação do imóvel rural: V03 (irrigantes proprietários); V04 (não proprietários, tendo outras formas de ocupação);

Quanto ao nível tecnológico dos irrigantes: V05 (nível rudimentar e pouco uso de insumos); V06 (nível tecnológico elevado);

Quanto aos sistemas de irrigação: V07 (sulcos); V08 (aspersão convencional); V09 (microaspersão); V10 (gotejamento); V11 (mangueira);

Quanto às fontes de energia: V12 (elétrica); V13 (diesel);

Quanto às áreas com as principais culturas irrigadas, em hectares: V14 (olericultura); V15 (floricultura); V16 (feijão); V17 (tomate); V18 (batata inglesa).

## 2.2 - Métodos

No que se refere aos métodos empregados, a análise fatorial em componentes principais tem o objetivo de reduzir as informações de um grande número de variáveis em um número mais reduzido de variáveis não correlacionadas chamadas fatores. Em geral, as variáveis são quantitativas e se utilizam variáveis centradas-reduzidas (Judez, 1988). Os fatores são interpretados de acordo com as correlações que apresentam com as variáveis iniciais (Marsal, 1973).

Geralmente, o primeiro fator não é suficiente para representar a totalidade da variância contida na dispersão. Assim, pode-se utilizar um segundo fator (com variância explicada menor que o primeiro) e assim sucessivamente. Visto que se extraem fatores por ordem de importância decrescente, os últimos serão freqüentemente negligenciáveis.

“Na análise de um problema é comum passar a utilizar apenas os primeiros componentes principais, aos quais corresponde, geralmente, grande parte da variância das  $n$  variáveis. É claro que alguma informação é perdida quando substituímos as  $n$  variáveis por um número menor de componentes principais. Por outro lado, há vantagens óbvias em substituir um número relativamente grande de variáveis, com problemas de multicolinearidade, por um número relativamente pequeno de variáveis (componentes principais) não-correlacionadas” (Hoffmann, 1992, p. 10)

Por outro lado, o objetivo da classificação hierárquica (de grande utilidade quando associada ao primeiro método) é repartir os indivíduos em grupos homogêneos, de forma que cada grupo seja bem diferenciado dos demais. Normalmente, o resultado é uma hierarquia, representada por uma “árvore” hierárquica (dendrograma).

Observando-se a árvore hierárquica é fácil deduzir partições em um número maior ou menor de classes (Bouroche e Saporta, 1981). Quando do exame da árvore, uma regra sugerida para se obter boas partições é “cortar os ramos mais longos” (Volle, 1993, p. 291).

Usando-se procedimento similar ao adotado em trabalho anterior (Cardoso e Shimizu, 1994), para se evitar os inconvenientes da utilização de variáveis com diferentes unidades de medida, os dados básicos para a análise hierárquica foram as coordenadas dos indivíduos nos componentes principais, conforme sugere Judez (1988).

Tanto para componentes principais como para a análise hierárquica, utilizou-se o “software” STAT-ITCF, do “Institut Technique de Céréales et des Fourrages” (França).

### 3 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

Inicialmente analisam-se os resultados da aplicação do método em componentes principais.

Do total de três fatores analisados, o primeiro, responsável por 56,9 % da variância total, apresenta correlações elevadas (coeficientes superiores a 0,60, em valor absoluto) com o maior número de variáveis: V01, V02, V03, V04, V06, V08, V09, V10, V12, V13, V14 e V15.

O segundo fator apresenta uma variância explicada de 16,8 % e se relaciona a municípios em que é importante a aspersão por sulcos (V07) e com predomínio das culturas irrigadas de feijão (V16), tomate (V17) e batata (V18).

Finalmente, o terceiro fator, que juntamente com os anteriores apresentam um efeito acumulado de 82,2 %, está caracterizado pela tecnologia rudimentar do irrigante, com baixo uso de insumos (V05) e utilizando sobretudo a irrigação através de mangueira (V11).

O conhecimento da realidade estudada, bem como os gráficos representativos dos indivíduos (municípios), na análise em componentes principais (Figura 1, anexa) são importantes para a definição do número de grupos de municípios obtidos a partir da “árvore” hierárquica, o que comprova a utilidade de associação das duas técnicas. De acordo com as características da irrigação foram classificados quatro grupos de municípios.

O primeiro grupo é constituído pelo maior número de municípios (28), mas é o de menor importância quanto aos parâmetros de irrigação adotados. A prática da irrigação por gotejamento é efetuada só em um município e são poucas as culturas irrigadas que se destacam neste grupo..

O grupo 2, com 19 municípios, muitos dos quais da região de Campinas (Estado de São Paulo), é o segundo em importância. Existem no grupo tanto usuários de irrigação proprietários (V03) quanto não proprietários (V04), sendo estes bastante encontrados nos municípios de Campinas, Itatiba, Jarinú e Socorro. Todos os sistemas de irrigação são usados, sendo mais comuns os em sulcos e a aspersão convencional. Tanto a energia elétrica quanto o óleo diesel são fontes energéticas bastante utilizadas. Municípios que se destacam quanto ao uso do diesel são os produtores de batata inglesa (V18), a qual é bastante exigente em mudança de área de cultivo (rotação de área). Além disso, a técnica de irrigação se concentra na olericultura (V14) e na floricultura (V15), devendo-se destacar as culturas de tomate (no município de Capivari) e de feijão (em Artur Nogueira e Mogi-Mirim).

Por outro lado, devido aos elevados indicadores observados, o município de Atibaia, distante cerca de 60 km da cidade de Campinas, representa sozinho um terceiro grupo. A maioria dos agricultores irrigantes deste município possui bom nível de instrução, não importando se são proprietários (V03) ou não proprietários (V04). Em virtude das particularidades das principais atividades exploradas (floricultura e olericultura), os sistemas de irrigação mais utilizados são a microaspersão e o gotejamento. No referido município há emprego de tecnologia avançada na agricultura e uso intensivo da irrigação.

Finalmente, o grupo 4 é composto pelos municípios de Monte Mor e Sumaré, ambos na região de Campinas. Embora o nível de instrução dos irrigantes seja baixo neste grupo, havendo predominância de produtores com instrução até o primeiro grau e com treinamento em irrigação (V01) e grande número de agricultores irrigantes não proprietários de terras, o nível tecnológico empregado na agricultura é avançado. Os sistemas de irrigação mais utilizados são os em sulcos e a aspersão convencional. Quanto às culturas irrigadas, o município de Monte Mor se caracteriza pela produção de feijão e batata inglesa, enquanto que o tomate é bastante explorado em Sumaré assim como em Monte Mor.

De modo geral, o cadastro de irrigantes também evidenciou que muitos agricultores não se baseiam em projetos técnicos bem elaborados para aquisição dos equipamentos de irrigação, razão pela qual os investimentos em recursos financeiros não são bem dimensionados, ocorrendo freqüentemente utilização inadequada dos recursos hídricos.

Resultante de acordo entre o Banco Internacional para Reconstrução e Desenvolvimento (BIRD) e o Governo do Estado de São Paulo, o Programa Estadual de Microbacias Hidrográficas (PEMBH) tem como premissa a definição da microbacia como unidade física de intervenção e análise das ações de desenvolvimento rural. Dentre os objetivos específicos do programa, consta a proteção de mananciais e nascentes, melhorando e conservando a quantidade e qualidade dos recursos hídricos. O programa tem como área de ação 1.500 bacias hidrográficas no Estado de São Paulo, podendo beneficiar 90.000 produtores rurais, em uma área de cerca de 4,5 milhões de hectares, durante seis anos previstos de realização (Governo do Estado de São Paulo, 1997). Mesmo que não se enquadre como área altamente prioritária do programa, a bacia do Rio Piracicaba poderá se beneficiar quanto ao uso e preservação dos

recursos hídricos, inclusive no que se refere aos aspectos de capacitação de técnicos e produtores rurais. Assim, alguns inconvenientes anteriormente referidos poderão ser reduzidos.

#### 4 - CONCLUSÕES

De modo geral, verificou-se que a técnica de irrigação se associa bastante à forma de utilização da terra. Há predominância em cultivos de flores, legumes, verduras e com destaque nas culturas de tomate e batata. Além disso, o fato do produtor utilizar a terra como não proprietário (através de arrendamento, por exemplo) não constitui aspecto limitante à utilização da técnica, importando principalmente as necessidades hídricas das plantas.

Os municípios em que a fonte de energia predominante é o diesel são também aqueles em que há culturas que dependem de rotação de áreas de cultivo, como a batata. Agindo racionalmente, mesmo aqueles irrigantes que não têm nível de instrução elevado recorrem à irrigação quando se dedicam a culturas que dependem da técnica para se desenvolverem adequadamente. Em geral, o uso intensivo da irrigação também está associado às áreas em que o nível tecnológico é relativamente avançado.

De acordo com os caracteres fundamentais que apresentam, quatro grupos de municípios foram determinados. O grupo com maior número de municípios (28) é aquele com índices menos expressivos de irrigação. Por outro lado, foi possível observar que muitos municípios que se aproximam ou que pertencem à região de Campinas se destacam quanto ao uso da técnica. Pelas próprias características agrícolas do município, especializado sobretudo em flores e olerícolas, Atibaia representa por si só um grupo importante no que se refere ao número de irrigantes, com desempenhos tecnológicos bastante evoluídos. Os dois grupos restantes, com 19 municípios (muitos dos quais na região de Campinas) e com 2 municípios (ambos na referida região) também se caracterizam pelo uso expressivo da irrigação, principalmente nas culturas exigentes. Nestes grupos o nível tecnológico na agricultura também é elevado.

Os processos de modernização agrícola, desenvolvimento industrial e urbanização foram acompanhados pela degradação ambiental, mencionando-se especificamente as conseqüências adversas à quantidade e qualidade da água na região de abrangência da bacia. Por isto, foi constituído e está em atuação o Comitê das Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiá.

O planejamento tende a ser bem sucedido quando conta com ações conjugadas de entidades governamentais, da iniciativa privada e da população envolvida, a fim de que as ações se concretizem de acordo com as necessidades da comunidade. Duas questões importantes já estão sendo tratadas e devem merecer especial atenção: a cobrança pelo uso da água na agropecuária e a atuação de agência para gerir os recursos.

Quanto aos agricultores, necessitam aprimorar o emprego da irrigação, investindo em equipamentos adequados, em treinamento de pessoal e evitando desperdícios dos recursos hídricos, principalmente quando se consideram os estudos já iniciados sobre a taxação do uso da água na atividade rural.

Portanto, em virtude da séria preocupação quanto à quantidade e qualidade da água na bacia, todos os esforços devem se dirigir ao planejamento da utilização dos recursos hídricos, associados à gestão ambiental, envolvendo obrigações técnicas, éticas, morais e legais, para a melhoria das condições na área ocupada pela bacia.

#### 5 - REFERÊNCIAS

- BOUROCHE, J. M., SAPORTA, G. (1981). *L'analyse des données*. 4. Ed. Presses Universitaires de France, Paris.
- CARDOSO, J. L., SHIMIZU, H. Y. (1994). Mudanças tecnológicas na agricultura e impactos ambientais: o caso da Região Metropolitana de Campinas. *Feagri/Unicamp*, p. 1-38. Campinas (Apresentado no "48º Congresso Internacional de Americanistas", Estocolmo, 4 a 9 jul. 1994).
- GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO (1990). Plano estadual de recursos hídricos: primeiro plano do Estado de São Paulo - 1990. Departamento de Águas e Energia Elétrica, p. 1-140, São Paulo.
- \_\_\_\_\_. (1991). Programa: cadastro de irrigantes - primeira etapa. Departamento de Águas e Energia Elétrica, p. 1-17, São Paulo.
- \_\_\_\_\_. (1992a). Programa: cadastro de irrigantes - segunda etapa - Leste. Departamento de Águas e Energia Elétrica, n.p., São Paulo.
- \_\_\_\_\_. (1992b). Programa: cadastro de irrigantes - segunda etapa - Oeste. Departamento de Águas e Energia Elétrica, p. 1-14, São Paulo.
- \_\_\_\_\_. (1997). Programa estadual de microbacias hidrográficas. Secretaria de Agricultura e Abastecimento, p. 1-192, São Paulo.



SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS.  
Gramado, RS, de 5 a 8 de Outubro de 1998

Figura 1 – Representação dos municípios da bacia hidrográfica