

Utilização de água subterrânea para fins de irrigação no RS

*José Carlos Saraiva Martins**
*Flávio Antônio Cauduro***
Revista Lavoura Arrozeira

INTRODUÇÃO

O Estado do Rio Grande do Sul sempre foi considerado uma região altamente favorecida pelo regime pluviométrico, uma vez que a média de precipitação se localiza em torno dos 1500 mm, com uma distribuição bastante regular das chuvas ao longo dos meses, se comparadas aos Estados do Nordeste semi-árido. Esse fato, aliado às características próprias do Estado, ao seu desenvolvimento no setor da agricultura e da pecuária, fez com que na grande maioria dos casos tão somente as águas superficiais, provindas de rios, arroios etc fossem utilizadas para a irrigação das culturas e também para a dessedentação do gado.

Nos últimos tempos, porém, as constantes secas que vêm assolando diversas regiões do Estado têm demonstrado que tão somente a água provinda da precipitação pluviométrica, juntamente com as águas que escoam em superfície, não são suficientes para resolver as necessidades naturais das culturas e da pecuária, em relação à água. Surge, então, a procura imperiosa de uma alternativa possível de propiciar os recursos de água capazes de suprir as deficiências advindas das secas prolongadas, cada vez mais constantes. A água subterrânea, normalmente abundante, mesmo em épocas de prolongada estiagem, aparece assim como uma solução eficaz e permanente na resolução do problema de falta de água no Estado.

O Brasil somente agora está despertando para a prática da irrigação, procurando integrá-la racionalmente na agricultura, de forma a organizar, estudar, pesquisar e divulgar os problemas das principais culturas irrigadas. Essa morosidade ou falta de visão deve-se ao fato de inexistir uma mentalidade de irrigação em nosso País; por outro lado, essa mentalidade não é criada repentinamente; é necessária tradição calcada na pesquisa.

No Rio Grande do Sul a irrigação foi iniciada com a cultura do arroz no município de Pelotas, em 1904. A exceção do arroz, é insignificante a área irrigada com outras culturas.

O Estado, que possui a sua economia praticamente calcada na produção primária, seria grandemente beneficiado com a introdução da irrigação nas culturas tradicionalmente cultivadas em sequeiro, pois poderia estar assegurada uma alta produtividade da terra, independente da disponibilidade e oportunidade da precipitação pluviométrica. A distribuição quantitativa e temporal da pluviometria estaria colocada em segundo plano, pois o agricultor teria assegurado a sua produção, mesmo em períodos de carência hídrica ao contar com um eficiente sistema de irrigação. A chamada irrigação suplementar engaja-se perfeitamente em nosso Estado em razão da distribuição natural das chuvas: grande quantidade nos meses de outono, inverno e primavera e normalmente deficitária nos meses de verão.

Sem dúvida, é o uso mais intensivo da moderna tecnologia, que inclui insumos e também a irrigação, o fator preponderante dos melhores resultados obtidos pelos países considerados como grandes produtores de alimentos. Na medida em que o Rio Grande do Sul conseguir diversificar a sua lavoura irrigada, saindo do monopólio do arroz, haverá uma elevação dos seus índices de produtividade agropecuária. O melhor uso da capacidade instalada antecipa a amortização dos custos fixos e reduz o custo unitário do produto, elevando o lucro.

A irrigação, no âmbito do Rio Grande do Sul, deve ser considerada como garantia de safra ou verdadeiro seguro agrícola, pois normalmente será aplicada, salvo em algumas regiões, em caráter

* Geól.-Professor Assistente. M.Sc. em Hidrologia Aplicada, do Departamento de Hidromecânica e Hidrologia do Instituto de Pesquisas Hidráulicas — UFRGS.

** Engº-agrº-Professor Assistente. M.Sc. em Agronomia do Departamento de Obras Hidráulicas do Instituto de Pesquisas Hidráulicas — UFRGS.

complementar para suprir as deficiências hídricas ocasionadas pela má distribuição estacional da precipitação pluviométrica.

Atualmente, parece existir algum alento com relação à irrigação em nosso Estado pelas últimas decisões adotadas pelo Governo Federal, através do Ministério do Interior, que objetiva a implantação de um projeto de açudes e poços para viabilizar soluções ao insuficiente suprimento de água para os rebanhos e lavouras de subsistência nos períodos de estiagem que ocorrem na região da Campanha, responsável por 59% do rebanho ovino e 34% do rebanho bovino do Rio Grande do Sul. As metas para o período 1980/85 são a construção de 2.000 açudes e a perfuração de 600 poços.

2. DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA SUBTERRÂNEA

Sanberg (1980) dividiu o Estado em quatro grandes províncias litológicas, às quais corresponderiam quatro zonas de diferenciação com relação à água subterrânea. Esses grandes grupos são: o escudo cristalino, as rochas sedimentares gonduânicas, os derrames basálticos da Bacia do Paraná e os sedimentos e rochas sedimentares litorâneas. Evidentemente as condições de existência da água subterrânea não são uniformes em cada grupo, aparecendo comportamentos diversificados para diferentes formações rochosas dentro de cada província litológica. Mas, de qualquer maneira esse tipo de divisão em províncias serve para fornecer uma idéia de distribuição da água de subsuperfície no Estado.

2.1. ESCUDO CRISTALINO

2.1.1. GEOLOGIA

O escudo cristalino está referido às rochas Pré-Cambrianas do assim chamado "Escudo Sul-Rio-Grandense" por Paulino Franco de Carvalho. Essas rochas cobrem aproximadamente 42.000 km² no Estado. As rochas que compõem esse escudo são do tipo metamórfico e metassomático, além de granitos, anfibolitos e peridotitos; também fazem parte desse complexo os calcários do grupo Porongos. Rochas sedimentares do Paleozóico, do tipo arenitos, grauvacas e conglomerados, metamorfolizados ou não, capeiam em diferentes locais essas formações do Pré-Cambriano.

Picada (1971) mostra a existência de quatro sistemas principais de falhamento na região do escudo, ocorrendo em diferentes tempos desde o Pré-Cambriano até o Permo-Carbonífero, sendo dois deles de direção NE, um de direção NS e outro de direção NW.

2.1.2. HIDROGEOLOGIA

De uma maneira geral, as rochas que constituem o Escudo Cristalino, devido à sua própria condição, constituem um aquífero de baixa qualidade. É sabido que as rochas duras, de um modo geral, mostram-se de baixa porosidade e, conseqüentemente, de baixa permeabilidade. Há que se salientar, porém, a existência de uma porosidade pós-genética, provinda dos falhamentos e diaclasamentos oriundos do tectonismo, e que poderá aumentar o rendimento desses aquíferos, pela ampliação de sua capacidade de armazenamento. Também o manto de intemperismo, principalmente quando predomina a composição arenosa e a espessura desse manto é considerável, faz com que a produtividade dessas rochas em relação à água subterrânea tenda a crescer.

O fato de que o elemento condicionante principal desses aquíferos seja o sistema de fraturamento faz com que os mesmos se constituam em aquíferos não clássicos, ou seja, aquíferos onde o fator básico é a descontinuidade. Isso é mostrado pelo fato de as fraturas se apresentarem desenvolvidas localmente, isto é, dentro do corpo da rocha as mesmas se distribuem diferenciadamente. Isso faz com que as condições de armazenamento e transmissividade do aquífero variem na medida em que variam o tamanho e a espessura das fraturas.

A alimentação desses aquíferos se dá primordialmente pela infiltração da água provinda da precipitação pluviométrica através do manto de intemperismo, sendo que a descarga natural se dá por meio da rede de drenagem superficial, das nascentes e das litologias mais permeáveis que fazem contato direto, o que é o caso específico do manto de alteração.

Segundo Hausman (1965) é possível destacar no Escudo as seguintes condições hidrogeológicas:

- rochas maciças de textura granítica ou gnaissóide: podem apresentar condições boas para a obtenção de água subterrânea quando sujeitas a esforços tectônicos, que proporcionam fraturas abertas onde circula a água;
- rochas sedimentares muito antigas, metamorfolizadas ou não, e também xistos alcalinos, apresentam variações na sua condição como aquíferos, mas em geral são de baixo rendimento, e
- sedimentos paleozóicos e mais novos, que capeiam as rochas do Escudo, apresentam permeabilidade variável, dependendo do grau de tectonismo a que foram submetidas.

O mesmo autor, face a essa diferenciação, subdivide o Escudo Cristalino em duas subprovíncias, às quais denominou subprovíncia hidrogeológica cristalina e subprovíncia hidrogeológica paleozóica (fig. 1).

Correspondem à subprovíncia hidrogeológica cristalina, as zonas onde ocorrem rochas cristalinas e cristalofílicas, e também algumas áreas de rochas sedimentares com permeabilidade muito baixa. As condições hidrogeológicas predominantes nessas áreas são as seguintes:

- em profundidade há uma diminuição do número de juntas, o que limita as perfurações a aproxi-

- madamente 60 m;
- desenvolvimento de milonitos e brechas dentro das falhas, ocasionando um decréscimo de permeabilidade das mesmas;
- mineralização das juntas, o que diminui a permeabilidade das rochas, e
- ocorrência de diques, impedindo a boa circulação da água subterrânea, pelo fechamento das fendas.

Deve-se ressaltar que áreas tectonizadas e que não apresentem as condições mencionadas, podem fornecer vazões relativamente altas, até em torno de 15 m³/h. De uma maneira geral, devido aos fatores aludidos, os poços perfurados em rochas dessa subprovincia atingem vazões em torno de 3 m³/h.

A camada superficial, correspondente aos mantos de alteração, é normalmente de baixo rendimento, devido à sua pouca espessura e à quantidade de material argiloso proveniente da decomposição dos feldspatos. Somente no caso de espessuras maiores (acima de 20 m) as vazões podem atingir os 3 m³/h.

Na subprovincia hidrogeológica paleozóica estão as rochas pertencentes às formações Camaquã e Guaritas, que apresentam uma condição hidrogeológica mais favorável em relação à subprovincia cristalina. Essas formações constituem uma área contínua no Escudo Cristalino, sendo que as principais condições hidrogeológicas são:

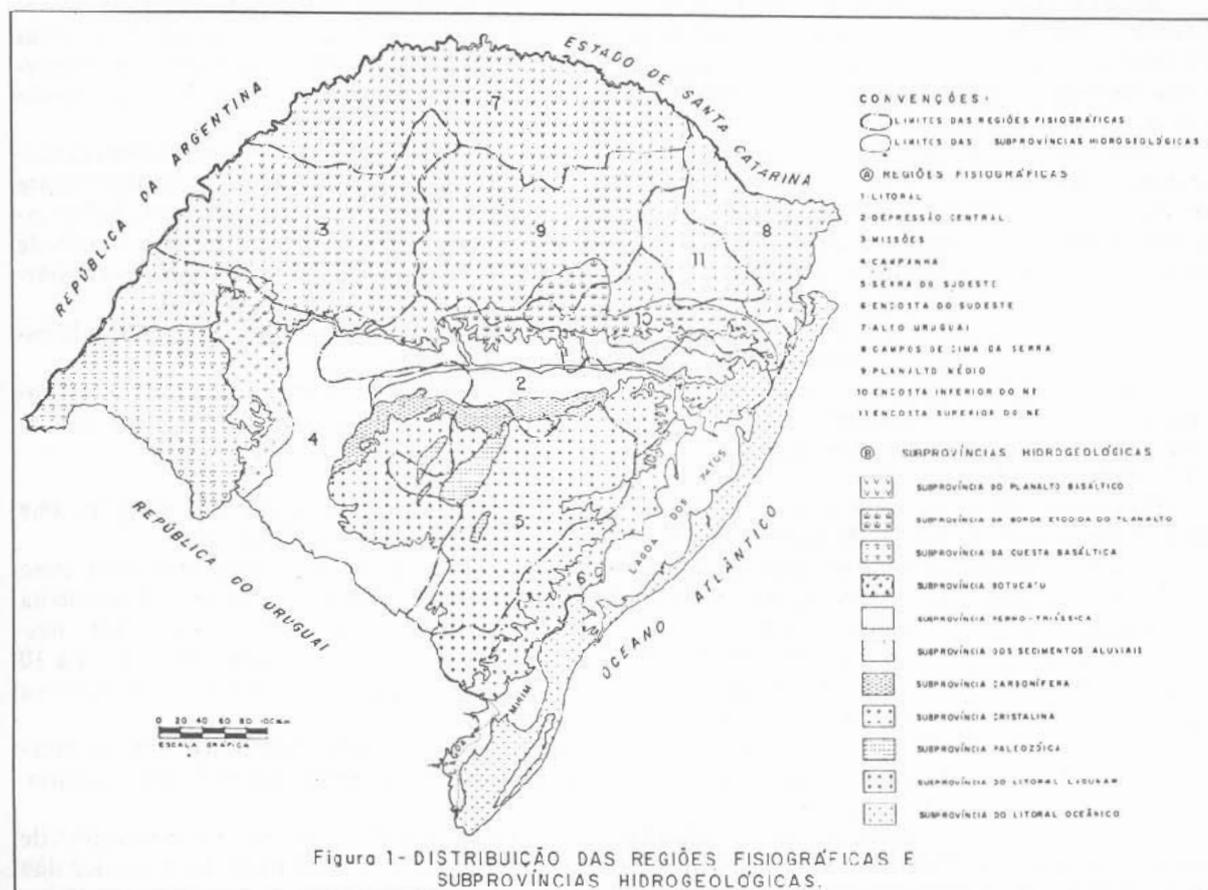
- os arenitos da Formação Camaquã mostram uma boa permeabilidade genética, acrescida de ocorrência de falhamentos que aumentam as possibilidades de circulação de água, e
- a Formação Guaritas é proveniente do retrabalhamento da Formação Camaquã e, como esta, apresenta condições favoráveis no que tange à água subterrânea.

2.2. ROCHAS SEDIMENTARES GONDUÂNICAS

2.2.1 GEOLOGIA

Essas rochas estão dispostas em uma larga faixa que se estende na direção leste-oeste, cobrindo uma área em torno de 90.000 km², limitada ao norte pelas efusivas do derrame basáltico da Bacia do Paraná e ao sul pelas formações pertencentes ao Escudo Cristalino. São rochas sedimentares paleozóicas e mesozóicas, representadas por siltitos, arenitos finos, folhelhos e conglomerados cimentados por argilas.

A reativação de antigos falhamentos do Escudo durante o paleozóico afetou as rochas gonduânicas, que após esses abalos permaneceram relativamente estáveis, exceto por atividades ligadas ao vulcanismo que provocou o aparecimento da Formação Serra Geral, e que resultaram na ocorrência de diques e sills de diabásio que causaram dobramentos nas sedimentares já depositadas.



2.2.2. HIDROGEOLOGIA

As rochas que constituem essa província apresentam-se litologicamente muito diversificadas, além de terem sido perturbadas pelos movimentos tectônicos e pelas intrusões de diques e sills de diabásio. Isso faz com que as condições hidrogeológicas sejam muito variáveis. Por essas razões Hausman (1965) dividiu essa província em quatro subprovíncias, que são: a subprovíncia hidrogeológica carbonífera, a subprovíncia hidrogeológica permotriássica, a subprovíncia hidrogeológica Botucatu e a subprovíncia hidrogeológica sedimentos aluviais (fig. 1).

A subprovíncia carbonífera é constituída pelas rochas do Grupo Itararé e do Grupo Tubarão. Os arenitos da Formação Rio Bonito mostram-se como aqueles de maiores possibilidades no que diz respeito à água subterrânea. Os poços perfurados nas rochas dessa subprovíncia mostram profundidades variando de 20 a 400 m, com vazões entre 2 e 8 m³/h.

A subprovíncia permotriássica engloba o Grupo Passa Dois e a Formação Rosária do Sul, sendo que essas rochas são caracteristicamente arenitos finos, de permeabilidade baixa. A Formação Rosário do Sul apresenta lentes isoladas de arenito mais grosseiro que dão rendimentos maiores de água, podendo atingir até 30 m³/h quando as lentes são aflorantes. Normalmente, porém, as vazões nessa subprovíncia variam em torno de 3 m³/h; em alguns casos, menos do que isso.

A subprovíncia Botucatu, constituída pelos arenitos do mesmo nome, é certamente a zona onde se encontra o mais importante aquífero do Estado. Principalmente na porção oeste, o arenito Botucatu mostra-se de rendimento bastante elevado, podendo atingir vazões de 250 m³/h. Nas regiões onde é recoberto pelas lavas da Formação Serra Geral, essa produção pode ainda aumentar devido às condições de artesianismo. À medida em que se desloca para leste, o arenito tende a mostrar uma cimentação argilosa maior, provocando um fechamento dos poros e fazendo com que as vazões conseqüentemente diminuam. Na porção central, as vazões estão na ordem de 10 m³/h, enquanto a leste esses valores giram em torno de 3 m³/h.

A subprovíncia dos sedimentos aluviais é representada por sedimentos fluviais carreados pelos rios e também deltaicos e estuarinos, no rio Jacuí. Esses sedimentos, quando predominantes as frações areia e seixo, podem apresentar rendimentos razoáveis de 5 m³/h a 10 m³/h.

2.3. DERRAMES BASÁLTICOS DA BACIA DO PARANÁ

2.3.1. GEOLOGIA

Os derrames de lavas da Bacia do Paraná constituem um dos maiores derrames existentes no globo terrestre, cobrindo uma área total de mais de 1 milhão de quilômetros quadrados, atingindo os Estados de São Paulo, Mato Grosso do Sul, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul, e estendendo-se à Argentina, Paraguai e Uruguai. Em nosso Estado, essas lavas basálticas cobrem cerca de 137.000 km², aproximadamente metade da superfície total do Estado.

As lavas basálticas estão colocadas sob a denominação de Formação Serra Geral e são provenientes de grandes movimentos da crosta durante o período Triássico-Cretáceo, que resultaram em um intenso fraturamento e a ascensão do magma basáltico, fenômeno esse que se estende por dezenas de milhões de anos. Segundo Leinz (1949), tal extensão se deveu a processos de alívio de pressão e liberação de substâncias voláteis.

Numerosas seqüências de emissões de lava ocorreram, formando pacotes com perfis bem caracterizados, normalmente constituídos de uma zona basal de rocha vítrea, passando gradualmente para uma zona de disjunções horizontais, acima desta aparecendo as disjunções verticais. Sobre esta se encontram novamente disjunções horizontais e, próximo ao topo do pacote, ocorre a zona de rocha vesicular ou amigdalóide. Deve-se salientar que muitas vezes tal perfil ocorre apenas em parte.

As lavas basálticas normalmente estão assentadas sobre a Formação Botucatu, possuindo espessuras variáveis, atingindo em determinados locais a mais de 1.000 m.

O intenso fraturamento ocorrente nas rochas da Formação Serra Geral é proveniente do resfriamento brusco da lava quando em superfície, ocasionando um complexo sistema de fraturas que se podem apresentar interligadas ou não.

2.3.2. HIDROLOGIA

Hausman (1965) reconhece nessa província litológica três subprovíncias hidrogeológicas, que são a do planalto basáltico, a da borda erodida do planalto e a da cuesta basáltica (fig.1).

A subprovíncia do planalto basáltico se localiza a norte do Estado e seu comportamento como aquífero está diretamente ligado ao tectonismo, isto é, ao sistema de fraturas existentes. Quando há interligação entre as fraturas e estas não se apresentam mineralizadas, o rendimento dos poços nessa subprovíncia pode atingir os 60 m³/h. No entanto, geralmente as vazões variam de 3 m³/h a 10 m³/h. A dificuldade em que se obtém água do arenito Botucatu subjacente se deve ao fato de, nessa região, as profundidades da capa basáltica serem muito grandes.

A subprovíncia da borda erodida do planalto em geral mostra rendimentos muito baixos, exceto quando é possível atingir o Botucatu subjacente, especialmente na parte sul da borda, quando, então, há possibilidade de obter até 10 m³/h.

A subprovíncia da cuesta basáltica, situada na porção oeste do Estado, mostra espessuras de lava não superiores a 350 m, às vezes inferiores a 100 m. Os poços perfurados na rocha basáltica dão em geral vazões baixas, em torno de 1 m³ a 3 m³/h. Porém, de grande rendimento é o arenito Botu-

catu sotoposto, que pode ser alcançado com facilidade, e que pode fornecer vazões altas, em torno de $100 \text{ m}^3/\text{h}$.

2.4. SEDIMENTOS E ROCHAS SEDIMENTARES LITORÂNEAS

2.4.1. GEOLOGIA

A planície costeira do Estado do Rio Grande do Sul constitui-se numa das maiores praias de areia do mundo, com extensão de 640 km, estendendo-se desde o Xuí até Torres e com área aproximada de 13.000 km^2 . É composta de rochas dos períodos Pleistoceno e Holoceno, os quais possuem características próprias.

Os sedimentos do Pleistoceno são basicamente saprólitos, arcias quartzosas e arcósios, que ocorrem na porção interna da região, a oeste do cordão de lagoas que se estende paralelamente à costa. Já os sedimentos holocênicos, situados a leste desse cordão de lagoas, são formados basicamente por areias de grão fino, possuindo ocorrência freqüente das frações silte e argila.

2.4.2. HIDROGEOLOGIA

A província litológica, ora abordada, é dividida por Hausman (1965) em duas subprovíncias hidrogeológicas: a do litoral oceânico e a do litoral lagunar (fig. 1).

A subprovíncia do litoral oceânico compreende os sedimentos marinhos a leste das lagoas, abrangendo dunas que mostram rendimentos baixos, em torno de $1 \text{ m}^3/\text{h}$ a $2 \text{ m}^3/\text{h}$, e os sedimentos mais internos que podem mostrar vazões de até $20 \text{ m}^3/\text{h}$.

A subprovíncia do litoral lagunar abrange a faixa de sedimentos situada a oeste do cordão de lagoas, sendo que na região norte dessa faixa o rendimento dos poços pode ser considerado bom, com vazões em torno de $20 \text{ m}^3/\text{h}$. À medida em que há o deslocamento para o sul, o rendimento diminui, variando ao redor de $3 \text{ m}^3/\text{h}$ até $15 \text{ m}^3/\text{h}$.

3. NECESSIDADES DE IRRIGAÇÃO SUPLEMENTAR DAS PRINCIPAIS UNIDADES DE MAPEAMENTO DE SOLO

As últimas secas que têm assolado o Estado do Rio Grande do Sul, notadamente nos anos agrícolas 1977/78 e 1978/79, despertaram sobremaneira a importância de o agricultor contar com a possibilidade de empregar a irrigação suplementar para contornar os prejuízos alcançados com a adversidade climática. Nos momentos em que há o surgimento de carência, o emprego da irrigação tem sido apontado e recomendado como solução para a grande maioria dos problemas.

Como se sabe, há uma gama muito grande de solos no Estado que, por suas propriedades físico-hídricas diferentes, têm respostas particulares à água, gerando necessidades de irrigação suplementar variáveis. Desta forma, não, se pode concluir por um tratamento hídrico uniforme a todos os solos; cada um é uma entidade própria, que necessita um tratamento diferenciado.

Neste trabalho busca-se evidenciar a possibilidade da utilização da água subterrânea na irrigação, através do conhecimento inicial das necessidades hídricas suplementares para cada solo, a fim de poder recomendar a suplementação adequada. É oportuno enfatizar que não se pretende substituir a água superficial pela água subterrânea na irrigação; a segunda aparece como uma possibilidade a mais na utilização integrada dos recursos hídricos, como um suporte nos momentos e em regiões onde a primeira apresenta-se deficitária. A irrigação não deve ser olhada simplesmente pelo volume d'água total que se distribui no solo durante o ciclo de determinada cultura; mais importante que o volume aplicado, é a oportunidade de aplicação, isto é, o momento em que a planta mais necessita da água. Toda cultura apresenta um determinado período durante seu ciclo, que é crítico à deficiência hídrica. O não-atendimento da cultura neste momento, pode acarretar perdas significativas na produção que não serão mais recuperadas, mesmo que se propicie ótimos de umidade no solo tempos depois.

Neste contexto, a água subterrânea alcança importância singular. No momento em que a planta mais necessita de água, geralmente é quando se verifica a menor disponibilidade hídrica superficial. A água subterrânea, normalmente menos suscetível às variações estacionais, poderá suprir as necessidades da planta, não atendidas pelos mananciais superficiais. A água subterrânea é, portanto, encarada como um verdadeiro seguro para o atendimento das necessidades hídricas das culturas.

No intuito de caracterizar a possibilidade de utilização da água subterrânea como um complemento hídrico para atender às necessidades de irrigação suplementar das principais unidades de mapeamento de solo do Estado do Rio Grande do Sul, são apresentadas as diversas unidades nas subprovíncias hidrogeológicas que ocorrem.

Os critérios adotados, segundo BELTRAME et alii (1979), para se realizar a escolha das unidades de mapeamento de solo, a nível de reconhecimento, foram:

- localização em relação às diferentes regiões fisiográficas do Estado, que neste trabalho foram correlacionadas com as subprovíncias hidrogeológicas;
- extensão em relação à área física total do Estado (42%), e
- importância econômica em relação aos solos utilizados pela agropecuária no Estado.

3.1. UNIDADE DE MAPEAMENTO VACACAÍ — subprovíncias do planalto basáltico, permo-

triássica, borda erodida do planalto, carbonífera, Botucatu, sedimentos aluviais, cristalina, litoral oceânico e litoral lagunar.

Esta unidade de mapeamento com ocorrência na Depressão Central (fig. 1), está assentada nas subprovincias anteriormente caracterizadas, e apresenta maiores probabilidades de ocorrência de déficits hídricos nos meses de novembro a maio. Destes, os mais críticos são dezembro, janeiro, fevereiro, março e abril. Nestes meses a irrigação suplementar torna-se indispensável, pois a precipitação pluviométrica não é suficiente para atender à necessidade em águas das plantas cultivadas. Para o mês mais crítico, janeiro, a probabilidade de ocorrência de déficits hídricos em torno de 50%, está a indicar que será necessário o uso de irrigação suplementar a cada dois anos para culturas que apresentam sensibilidade a secas. Tendo em vista a localização deste solo em áreas planas, com lençol freático pouco profundo, é de alta relevância mencionar que a ascensão capilar poderá minorar os efeitos negativos dos déficits hídricos.

Das subprovincias hidrogeológicas onde ocorre esta unidade de mapeamento, merece destaque especial a subprovincia Botucatu ao apresentar vazões de até 250 m³/h. O solo, nesta subprovincia, tem na água subterrânea um respeitável manancial para ser empregado na irrigação suplementar dos meses críticos. As demais subprovincias apresentam vazões que oscilam de 1 a 30 m³/h, realmente pequenas em se tratando de irrigação de grandes áreas. Poder-se-ia pensar em utilizar a água subterrânea provinda destas subprovincias somente em áreas irrigadas muito pequenas, como fonte de dessedentação do rebanho bovino e ovino, para o abastecimento d'água de propriedades rurais e como elemento complementar dos mananciais d'água superficiais.

3.2. UNIDADE DE MAPEAMENTO SANTO ÂNGELO — subprovincia hidrogeológica planalto basáltico.

Esta unidade de mapeamento, que ocorre na região das Missões (fig. 1), apresenta déficits hídricos nos meses de novembro a março. Destes, o mês mais crítico é janeiro, com uma probabilidade de 39%. Este fato evidencia os maiores prejuízos sofridos pela cultura da soja nas Missões do que no Planalto, devido às últimas secas ocorridas no início de 1978 e 1979. Como nas duas regiões os solos considerados (Santo Ângelo e Passo Fundo) apresentam praticamente as mesmas capacidades de armazenamento de água, o menor índice de precipitação pluviométrica na região das Missões é o principal causador da maior ocorrência de déficit hídrico às plantas.

A subprovincia hidrogeológica planalto basáltico apresenta vazões da ordem de 3 a 10 m³/h podendo, excepcionalmente, atingir a 60 m³/h. São vazões pequenas, em se tratando de utilizá-las para fins de irrigação. Em propriedades agrícolas razoavelmente supridas de águas superficiais, a água subterrânea poderia ser empregada para aumentar a disponibilidade hídrica em momentos de maior carência das plantas, possibilitando o emprego da irrigação suplementar. Neste caso, é de extrema importância uma análise benefício/custo, com o intuito de avaliar a economicidade da perfuração de poços para a utilização destas vazões. Sem dúvida, este recurso hídrico parece ser mais propício pela pequena disponibilidade para o abastecimento d'água das propriedades rurais e como fonte de dessedentação do rebanho bovino e ovino da região.

3.3. ASSOCIAÇÃO CIRÍACO-CHARRUA — subprovincia hidrogeológica planalto basáltico.

A associação Ciríaco-Charrua, de ocorrência na região fisiográfica denominada de Alto Uruguai (fig. 1) e também assentada na subprovincia hidrogeológica planalto basáltico, praticamente dispensa a irrigação suplementar devido à alta intensidade pluviométrica da região. O maior déficit hídrico verifica-se no mês de novembro, atingindo a 49 mm. A probabilidade de ocorrência de déficits hídricos atinge valores de até 6% em janeiro, indicando que poderá ocorrer um déficit de 130 mm (equivalente à capacidade de armazenamento d'água no solo correspondente às tensões de 0,1 a 1,5 atm) a cada 17 anos.

Nesta associação de solos, a água subterrânea proveniente da subprovincia hidrogeológica planalto basáltico pode ter importância, pois como os déficits são pequenos, as vazões conseguidas poderão ser empregadas na irrigação de áreas consideráveis.

3.4. UNIDADE DE MAPEAMENTO PASSO FUNDO — subprovincia hidrogeológica planalto basáltico.

A unidade de mapeamento Passo Fundo, na região denominada de Planalto Médio (fig. 1), assenta-se na subprovincia hidrogeológica basáltico. Apesar deste solo não possuir uma alta capacidade de armazenamento d'água, as probabilidades de ocorrência de déficits hídricos são relativamente baixas, atingindo um máximo de 12%. Isto significa que poderão ocorrer 10 eventos desta intensidade em cada 83 anos.

Pelo exposto, são válidas as mesmas recomendações com relação à água subterrânea, emitidas no item 3.3.

3.5. ASSOCIAÇÃO CAXIAS-FARROUPILHA-CARLOS BARBOSA — subprovincia hidrogeológica planalto basáltico.

A associação Caxias-Farroupilha-Carlos Barbosa ocorre na região fisiográfica Encosta Superior do Nordeste (fig. 1) e assenta-se na subprovincia hidrogeológica planalto basáltico.

Esta associação de solos ocorre numa região onde as precipitações pluviométricas são razoavelmente bem distribuídas e, apesar da capacidade de armazenamento d'água ser bastante pequena, as probabilidades de ocorrência de déficits hídricos não são acentuadas.

Para deficiências hídricas de 50 mm, a probabilidade máxima ocorre no mês de janeiro e alcança 20%, indicando que poderão ocorrer 10 secas desta intensidade a cada 50 anos.

Considerando o tipo de agricultura desenvolvida nesta região, onde predomina o minifúndio, a irrigação deve ser usada como técnica de verticalização da produção e garantia de safras, mas não pode ser apontada como sendo indispensável.

Aqui a água subterrânea proveniente da suprovíncia hidrogeológica planalto basáltico poderá ser utilizada com sucesso, mesmo apresentando baixas vazões, devido à pequena ocorrência de déficits hídricos e pelo tamanho das propriedades agrícolas (minifúndios).

3.6. UNIDADE DE MAPEAMENTO VACARIA — subprovíncia hidrogeológica planalto basáltico.

Esta unidade de mapeamento, característica da região fisiográfica Campos de Cima da Serra (fig. 1) e assentada na subprovíncia hidrogeológica planalto basáltico, apresenta probabilidades de ocorrência de déficits hídricos relativamente baixas. A probabilidade de ocorrência de deficiências hídricas para o mês de dezembro apresenta os índices mais elevados: 31% para uma intensidade de 40 mm.

A irrigação nesta região pode ser considerada dispensável. No caso em que uma análise benefício/custo viabilize a aplicação desta tecnologia, a água subterrânea deve ser considerada como um recurso hídrico disponível ao agricultor pelas relativamente baixas probabilidades de ocorrência de deficiência hídrica.

3.7. UNIDADE DE MAPEAMENTO OSÓRIO — subprovíncia hidrogeológica litoral oceânico.

A unidade de mapeamento Osório, representativa da região fisiográfica Litoral (fig. 1), está assentada na subprovíncia hidrogeológica litoral oceânico.

Este solo encontra-se distribuído ao longo das lagoas dos Quadros, Barros e Itapeva. Ocorrem deficiências hídricas com intensidades de 75 e 85 mm 10 vezes a cada 17 anos, nos meses de janeiro. Ao longo de todo o período de desenvolvimento e reprodutivo das culturas de verão, novembro a maio, a probabilidade de ocorrência de déficits hídricos iguais ou superiores à capacidade de armazenamento do solo é bastante grande.

Esta unidade de mapeamento, depois de drenada, irá necessitar de irrigação suplementar durante os meses de novembro a maio.

Como a vazão proveniente da subprovíncia hidrogeológica litoral oceânico é extremamente reduzida, 1 a 2 m³/h, é fora de cogitação empregá-la para fins de irrigação. Felizmente este solo situa-se próximo a grandes mananciais de água superficial (lagoas) que poderão atender às necessidades de irrigação do período mais crítico do ano (normalmente distribuídos de novembro a maio).

3.8. UNIDADE DE MAPEAMENTO PEDREGAL — subprovíncias hidrogeológicas planalto basáltico, cuesta basáltica, permotriássica, Botucatu, carbonífera e cristalina.

Contrastando com os solos do Planalto e Missões, este solo característico da região fisiográfica denominada de Campanha (fig. 1), e assentado nas subprovíncias hidrogeológicas mencionadas, caracteriza-se por apresentar pouca profundidade e, portanto, baixa capacidade de armazenamento de água. Devido à pequena capacidade de armazenamento de água e aos baixos índices de precipitação pluviométrica, há ocorrência de elevada probabilidade de déficit hídrico nos meses de novembro a maio. Destes, os mais críticos são novembro, dezembro, janeiro, fevereiro e março, com probabilidade de ocorrência de déficits hídricos oscilando de 41 a 65%. Deve-se salientar, ainda, que é a única região fisiográfica que apresenta déficit de água em todos os meses do ano. Em virtude da pequena profundidade do solo, que impede a execução dos trabalhos normais de preparo do mesmo, e do tipo de exploração pecuária existente, os dados levantados levam a sugerir a necessidade de se empregar a irrigação como único meio de explorar técnica e economicamente a agropecuária nesta região. Os dados de déficits hídricos aqui mencionados, nada mais são do que a constatação técnica do que anualmente ocorre nesta região, quando a precipitação pluviométrica é mal distribuída.

À exceção das vazões conseguidas na subprovíncia hidrogeológica Botucatu, de até 250 m³/h, as outras subprovíncias apresentam pequena disponibilidade de água para um dos solos de maior déficit hídrico. As vazões fornecidas pelas demais subprovíncias hidrogeológicas talvez viabilizem sistemas de irrigação:

- de pequenas propriedades, e
- para exploração de hortigranjeiros, normalmente realizados em pequenas áreas.

A água subterrânea, neste caso, parece apresentar melhores condições para suprir o rebanho bovino e ovino na época de estiagens, quando os cursos d'água naturais apresentam uma sensível redução de vazão, e para suprir de água potável os estabelecimentos agropastoris.

3.9. UNIDADE DE MAPEAMENTO PINHEIRO MACHADO — basicamente assentada na subprovíncia hidrogeológica cristalina.

Esta unidade de mapeamento, de ocorrência na Serra do Sudeste (fig. 1) e assentada principalmente na subprovíncia hidrogeológica cristalina, apresenta deficiências hídricas oriundas basicamente da sua baixa capacidade de retenção de água. A maior probabilidade de ocorrerem déficits hídricos de 40 e 45 mm é de 43% no mês de dezembro. Podem ocorrer deficiências iguais às capaci-

dades de armazenamento de água do solo nos meses de novembro a abril.

A subprovinça hidrogeológica cristalina, ao apresentar vazões que oscilam de 3 a 15 m³/h, parece não ser suficiente para suprir os déficits hídricos que normalmente ocorrem. Entretanto, pode ser válida para usos alternativos como suplementação d'água do rebanho animal e suprimento d'água às propriedades rurais.

3.10. UNIDADE DE MAPEAMENTO PELOTAS — subprovinças hidrogeológicas litoral lagunar e cristalina.

Esta unidade de mapeamento, representativa da Encosta Sudeste (fig. 1), está assentada nas subprovinças hidrogeológicas litoral lagunar e cristalina.

A probabilidade de ocorrer déficit hídrico neste solo é bastante elevada, chegando a atingir 81% nos meses de dezembro. Esta alta probabilidade deve-se à sua baixa capacidade de armazenamento de água que, por sua vez, está relacionada à pequena porosidade do mesmo. Neste solo a probabilidade de ocorrência de secas é extremamente elevada. Convém salientar que a irrigação suplementar far-se-á sentir quando o mesmo for drenado.

Como as vazões fornecidas pelas subprovinças litoral lagunar e cristalina são relativamente pequenas, não se poderá suprir somente com recursos hídricos subterrâneos a alta intensidade de déficits desta unidade de mapeamento. Pela proximidade da Lagoa dos Patos e Mirim a irrigação suplementar será mais facilmente conduzida utilizando estes mananciais superficiais.

3.11. ASSOCIAÇÃO CIRIACO-CHARRUA — subprovinça hidrogeológica permotriássica, sedimentos aluviais, Botucatu, borda erodida do planalto e planalto basáltico.

A associação Ciriaco-Charrua, também característica da região denominada de Encosta Inferior do Nordeste (fig. 1), assenta-se sobre as subprovinças hidrogeológicas já caracterizadas.

Nesta associação pode ocorrer déficit hídrico nos meses de dezembro a junho. Em janeiro, a probabilidade de ocorrerem deficiências hídricas iguais ou superiores a 110 mm, é de 55%, indicando que este evento ocorre aproximadamente uma vez cada dois anos. No mês de junho a probabilidade de ocorrência de secas, que esgotam as reservas de água do solo, é de 2% (isto é, uma vez a cada 50 anos).

Pelos dados apresentados, denota-se que a irrigação deve ser uma prática corrente neste tipo de solo, para se alcançar altos rendimentos nas culturas aí implantadas.

Das subprovinças hidrogeológicas nas quais se assenta este tipo de solo, a utilização de água subterrânea para fins de irrigação parece ser promissora somente quando proveniente do Botucatu. As demais subprovinças apresentam possibilidades de vazões pequenas para suprir as exigências hídricas da maior parte dos anos.

4. RECOMENDAÇÕES

Ao finalizar este trabalho, deve-se salientar que a decisão da necessidade de irrigação suplementar irá depender fundamentalmente da sensibilidade das culturas aos déficits hídricos e do nível aceitável de perdas na produção. Cada caso deve ser considerado separadamente, pois os critérios e recomendações aqui empregados devem ser usados como índices para auxiliar na decisão a ser tomada.

Estas considerações enfatizam a importância na escolha do tempo de retorno em projetos de irrigação, visto que a opção por um maior ou menor tempo de retorno na concepção do mesmo, acarreta uma menor ou maior probabilidade de frustração de safras agrícolas e implica diretamente no custo de implantação do projeto.

Além disso, vale acrescentar a necessidade de dispor de um levantamento detalhado dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos para agilizar e viabilizar diversas regiões do Estado, muitas delas de difícil solução pela pouca disponibilidade de água para projetos desta envergadura.

Em conclusão, parece oportuno enfatizar a confiança que se deposita na irrigação como um dos meios de verticalização da produção num Estado em que, apesar de considerado como bem suprido de chuvas, apresenta uma distribuição estacional que leva a altas concentrações nos meses de inverno — obrigando a necessidade de drenagem — e a deficiências no verão — exigindo quase sempre irrigação suplementar.

5. BIBLIOGRAFIA

1. BELTRAME, Lawson F. de S. et alii. *Probabilidade de ocorrência de déficits e excessos hídricos em solos do Rio Grande do Sul*. Porto Alegre, Instituto de Pesquisas Hidráulicas da UFRGS, 1979. 79p.
2. CAUDURO, Flávio A. Situação da agricultura irrigada no Rio Grande do Sul. In: SEMINÁRIO SOBRE UTILIZAÇÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS NA AGRICULTURA, Porto Alegre, 1979. Porto Alegre, FAPERGS, 1979. p. 29-34.
3. HAUSMAN, Abrão. Esboço hidrogeológico do Rio Grande do Sul. In: SEDEGEO, 1., Porto Alegre, 1965. Porto Alegre, Centro Acadêmico dos Estudantes de Geologia da UFRGS, 1965. p. 33-71.

4. LEINZ, V. Contribuição à geologia dos derrames basálticos no sul do Brasil. *Boletim Faculdade de Ciências e Letras, Universidade de São Paulo*, 103(5): 1-63, 1949.
5. MARTINS, José Carlos Saraiva. *Pesquisa sobre o aquífero basáltico da região do sudoeste do Rio Grande do Sul*. Porto Alegre, Instituto de Pesquisas Hidráulicas da UFRGS, 1979. 75p. Tese. (Mestr. Hidrologia Aplicada) UFRGS — Curso de Pós-Grad. Hidrologia Aplicada, Porto Alegre, 1979.
6. PICADA, Rubem Souza. Ensaio sobre a tectônica do escudo sul-rio-grandense. Caracterização dos sistemas de falhas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 25., São Paulo, 1971. *Anais*. São Paulo, Sociedade Brasileira de Geologia, 1971. v. 1p. 167-91.
7. SANBERG, José Ricardo Druck. *Estudo hidrogeológico nas províncias litológicas do Estado do Rio Grande do Sul*. Porto Alegre, Instituto de Pesquisas Hidráulicas da UFRGS, 1980. 99p. Tese. (Mestr. Hidrologia Aplicada) UFRGS — Curso de Pós-Grad. Hidrologia Aplicada, Porto Alegre, 1980.