

Pesquisas em Geociências

<http://seer.ufrgs.br/PesquisasemGeociencias>

Aproveitamento de Recursos Hídricos em Micro Bacias Hidrográficas Utilizando Sistemas de Informação Geográfica

Luiz Ernesto Renuncio, Carlos Loch

Pesquisas em Geociências, 24 (1/2): 3-11, maio/ago., 1997.

Versão online disponível em:

<http://seer.ufrgs.br/PesquisasemGeociencias/article/view/21177>

Publicado por

Instituto de Geociências



Portal de Periódicos UFRGS

UNIVERSIDADE FEDERAL
DO RIO GRANDE DO SUL

Informações Adicionais

Email: pesquisas@ufrgs.br

Políticas: <http://seer.ufrgs.br/PesquisasemGeociencias/about/editorialPolicies#openAccessPolicy>

Submissão: <http://seer.ufrgs.br/PesquisasemGeociencias/about/submissions#onlineSubmissions>

Diretrizes: <http://seer.ufrgs.br/PesquisasemGeociencias/about/submissions#authorGuidelines>

Data de publicação - maio/ago., 1997.

Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil

Aproveitamento de Recursos Hídricos em Micro Bacias Hidrográficas Utilizando Sistemas de Informação Geográfica

LUIZ ERNESTO RENUNCIO & CARLOS LOCH

Universidade Federal de Santa Catarina, Caixa Postal 476, CEP 88040-900, Florianópolis, SC, Brasil

(Recebido em 12/95. Aceito para publicação em 05/97)

Abstract - The daily increase of inhabitants in our cities, when associated with the commercial and industrial development, leads to larger water consumption demand. Despite the larger demand the resource may maintain its quality. The solutions to these difficult problem frequently require the capacity to store, manage and analyze large databases, spatially distributed. This work presents the methodology adopted to plan and locate the best site for a water supply reservoir, with the aggregation of a GIS structured database, regarding a microbasin as the planning unit. This was held in the municipality of Cocal do Sul, Brasil. The result was a previous location for the water supply reservoir, considering also other uses for the water that should be stored.

Keywords: hydric resources, microbasin, SGI

IMPORTÂNCIA DO RECURSO HÍDRICO EM NOSSOS DIAS

A alocação e administração dos recursos hídricos constitui-se de árdua tarefa, tornando-se cada dia mais difícil em função do crescimento da demanda, decréscimo de fontes de suprimento e qualidade cada vez menor em virtude da ampla exploração dos rios para os mais diversos fins, sem o correspondente trato dos efluentes. População em expansão associada ao desenvolvimento comercial, residencial e industrial de nossas cidades, requerem quantidades cada vez maiores de água, com uma qualidade que deve seguir sempre um mesmo elevado padrão. A competição entre a agricultura, indústria, recreação e usuários domésticos torna-se cada vez mais aguda na busca do recurso. Soluções a estes difíceis problemas frequentemente requerem a capacidade de armazenar, manipular e analisar grandes bancos de dados espacialmente distribuídos. Portanto, a aplicação de tecnologia SIG apresenta o potencial para uma contribuição positiva ao gerenciamento de recursos hídricos (Hendrix & Buckley, 1986).

Cresce ano após ano a consciência do indivíduo sobre problemas no ambiente que o cerca. Cada vez com maior frequência o ser humano está sendo forçado a mudar seus padrões e meios de explorar os recursos naturais, uma vez que começa a sentir no deterioramento da qualidade de vida, as conseqüências do mau uso destes recursos, em uma base não auto-sustentável.

A consciência pela necessidade de conservação considera que a economia mundial deve basear-se em um desenvolvimento auto-sustentável que, segundo Barrett & Curtis (1992) deve prever os seguintes objetivos: manter processos ecológicos essenciais e os sistemas de suporte à vida; preservar a diversidade genética e; garantir a utilização sustentável de espécies e ecossistemas.

O aumento da população gera a demanda pela gerên-

cia e melhor definição de recursos naturais e ecossistemas. O progresso das cidades e diversificação das atividades ali desenvolvidas exigem cada vez maior quantidade de água. Babbitt *et al.* (1976), Garcez (1962), Linsley & Franzini (1978), Shelton (1969), entre outros, apresentam os principais projetos relacionados a recursos hídricos para o planejamento regional, bem como as informações necessárias a tais projetos. Os principais projetos de usos da água são: suprimento de água potável, irrigação, geração de energia hidrelétrica, navegação, controle de enchentes, drenagem, pontes, redes de esgoto e controle de poluição.

Poluição, Proteção dos Mananciais e Problemática Ambiental Catarinense

O uso progressivo, intenso e exaustivo dos rios e mananciais superficiais, aumenta a poluição a um grau que muitas vezes ultrapassa os limites de segurança admitidos por entidades nacionais e internacionais, além de aumentar o custo do desenvolvimento e diminuir a qualidade de vida das populações residentes na área e a jusante desta (Magalhães, 1989). Não bastasse isso, ainda muita água tratada é desperdiçada em atividades como lavagem de automóveis, calçadas, entre outros (Pastorino *in* Linsley & Franzini, 1978).

A poluição dos mananciais se dá basicamente com o carreamento de produtos tóxicos pela água das chuvas e a deposição provocada pelo homem de dejetos nos leitos de rios e lagos. Veiga *et al.* (1991) cita as seguintes fontes principais de poluição no Estado de Santa Catarina: dejetos de suínos; dejetos de bovinos e aves; dejetos humanos; agrotóxicos; sedimentos; rejeitos de mineração.

No reconhecimento e fases iniciais de um projeto de captação é essencial a delimitação e mapeamento das fontes potenciais de poluição, bem como a sua extensão e natureza dos dejetos que lançam ao leito de rios e córregos.

Os cuidados com a água podem ser facilmente justificados em virtude da diversidade de doenças das quais a água é veículo, bem como a extensão dos danos que podem causar à saúde pública. Babbitt *et al.* (1976) cita uma lista destas doenças, que inclui: febre tifóide, disenteria bacilar, cólera, hepatite infecciosa, tularemia, poliomielite, dermatites, gastroenterite, bócio, envenenamento por elementos metálicos, fluorose, cárie dentária e desarranjos intestinais.

Babbitt *et al.* (1976) divide a proteção da qualidade da água em uma bacia hidrográfica em duas formas distintas: fiscalização e cuidados especiais e; tratamento da água. Segundo o autor o uso recreacional deve ser considerado em função do custo de despoluição que gera o lazer.

A fiscalização deve ater-se à descarga de esgotos, presença de animais na área, bem como a detecção de epidemias por veículo hídrico e seu tratamento. Também a presença e uso de agrotóxicos deve ser fiscalizada.

O reflorestamento como forma de prevenção e proteção de mananciais em bacias hidrográficas é de extrema significância, na medida em que previne a travessia constante, evita ou reduz a erosão, proporciona um uso comercial à terra, controla e diminui o escoamento superficial. Em relação a campos abertos, reduz a evaporação e melhora a qualidade da água.

Ao discorrer sobre o processo exploratório degradativo do solo catarinense pelos pequenos agricultores, Monegat (1992) e Veiga *et al.* (1991), caracterizam muito bem o histórico de inviabilização do uso da terra ocorrido na região, quando os pioneiros, necessitando de alimentos para sua família e animais utilizavam-se de sistemas convencionais de preparo do solo, muitas vezes desrespeitando a aptidão agrícola da área.

A Região Carbonífera, situada no Sul do Estado de Santa Catarina é considerada como "Área Crítica para Fins de Controle de Poluição" pelo Governo Federal, desde 1980, tendo em vista a grave situação de degradação ambiental e os altos índices de poluição aí encontrados. O grau de deteriorização da qualidade ambiental da microbacia do Rio Sangão devido à exploração carbonífera, chegou a um limite tal, que exige urgente intervenção do poder público para limitar e redefinir os padrões de exploração e do uso do solo, pois caso contrário, o desenvolvimento desta região tende a se tornar negativo.

PLANEJAMENTO EM MICROBACIAS HIDROGRÁFICAS

O estabelecimento de uma unidade básica de planejamento é de suma importância no que diz respeito à parametrização das variáveis determinísticas e a consecução dos objetivos que se propõe realizar em determinada região. A microbacia hidrográfica é a unidade geográfica ideal para o manejo de recursos naturais do ecossistema por ela envolvido (Assad *et al.*, 1993; Veiga *et al.*, 1991;

Pundek, 1991) e o diagnóstico e as soluções para problemas envolvendo recursos hídricos passa pelo conhecimento de seu uso e hidrologia, considerando derivações e contribuições causadas pelo homem aos cursos d'água Ramos (1989).

Assim, a interdependência dos fenômenos que ocorrem em uma microbacia leva à lógica da aplicação de técnicas que sejam homogêneas à área, visando atender a requisitos ecológicos, sociais e econômicos, ou seja, geografia, cultura e produção estabelecidos de tal modo que, a nível rural, podem ser planejados e orientados de forma comum. O maior argumento para que se utilizem unidades naturais como unidades políticas de planejamento está na influência decisiva que o meio ambiente exerce sobre a economia de determinada região, principalmente a nível rural.

O crescimento populacional do mundo e o consequente aumento na utilização da superfície terrestre faz da água, dos rios e das bacias hidrográficas objetos de estudo e planejamento integrados cada vez mais necessários ao bom uso do meio ambiente e seus recursos naturais. A integração de áreas de drenagem faz-se cada vez mais importante, uma vez que a água tem se tornado mais e mais um dos fatores limitantes do desenvolvimento harmônico de uma sociedade.

O objetivo principal do manejo de bacias hidrográficas é a utilização racional e econômica, dos recursos naturais oferecidos em determinada região, com ênfase à conservação do ecossistema (Madruga, 1992). As ações em andamento atualmente no Brasil tem enfatizado o planejamento da propriedade agrícola isoladamente, desprezando o aproveitamento integrado dos recursos naturais. Um dos objetivos específicos do programa de gerenciamento de recursos naturais é a preservação dos recursos hídricos da microbacia.

Sistema Básico de Informações para o Manejo de Bacias Hidrográficas

O esquema de banco de dados a seguir foi resultado da reunião dos esquemas fornecidos por Madruga & Pereira (1991) e Pundek (1991). Estes autores sugerem um extenso e complexo sistema de informações, com a seguinte composição de inputs para um manejo integrado de microbacias hidrográficas:

i) atributos espaciais:

- mapa base
- mapas temáticos (fertilidade, pedregosidade, profundidade efetiva do solo, carta geológica/geomorfológica, mapa de uso da terra, carta de classes de declividade, hidrografia, carta de coeficientes de rugosidade, carta de solos, potencial de erosão do solo, carta de capacidade de uso da terra)

ii) atributos não espaciais:

- localização geográfica da área de manejo
- área física
- clima
- densidade populacional
- recursos hídricos

(comprimento da vazão superficial, densidade de drenagem, sinuosidade dos cursos de água, padrões de drenagem, índice de circularidade, índice de forma, declividade média, coeficiente de compacidade)

SISTEMAS DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA

Uma rápida análise dos dados coletados e utilizados por órgãos governamentais e empresas privadas, processados por meio de computadores, concluiria que na maioria das vezes estes relacionam-se com estatísticas demográficas, econômicas e geográficas. Estas informações têm sido processadas das mais diversas formas, entre elas a manipulação, gerenciamento e armazenamento através de bancos de dados, planilhas eletrônicas ou graficamente em sistemas de Mapeamento Assistido por Computador (CAD). Informações de dados econômicos atuais e tendências demográficas futuras podem ser geradas usando formatos padrões de relatórios, mas a melhor forma de demonstrar, apresentar e analisar a distribuição destes dados (principalmente a análise qualitativa/comparativa) é através de imagens e gráficos. Quando os dados referem-se a uma localização geográfica, mapas podem apresentar-se como o melhor veículo para análises, ou mesmo para demonstrações das conclusões obtidas (*uma figura vale mais do que mil palavras*).

Atualmente, as mapotecas do passado estão cada vez mais rapidamente cedendo lugar a bancos de dados digitais, onde não apenas mapas são mantidos, mas também dados de todos os tipos a eles relacionados. O desenvolvimento da engenharia de software, produzindo programas do mais alto nível, disponíveis a todo tipo de usuário e exigindo cada vez menor conhecimento específico em informática, habilitam não apenas a visualização de um mapa qualquer na tela de um computador ou terminal gráfico, mas também a consulta de dados descritivos a ele relacionados.

Nos últimos 15 a 20 anos, a tecnologia de Sistemas de Informação Geográfica evoluiu de uma simples e atrativa idéia para uma indústria inteira. Isto se deve graças à rapidez com que se percebeu as vantagens de se dispor de informações espaciais georreferenciadas, principalmente devido à sua aplicabilidade ao processo decisório e, conseqüentemente, à consecução das metas da organização. Na execução desta pesquisa pode-se constatar alguns indicadores da evolução desta tecnologia ao longo dos últimos anos, dentre eles:

- a) aumento crescente do número de instalações des-

tes sistemas a cada ano;

- b) o tema "SIG" tem sido amplamente discutidos em cada vez mais freqüentes seminários, congressos e conferências, quer a nível local, ou mesmo regional e internacional;

- c) muitos cursos de graduação e pós-graduação já incorporaram SIG aos seus currículos, nas mais diversas áreas do conhecimento;

- d) abertura de diversos centros nacionais de pesquisa em SIG, em todo o mundo;

- e) jornais e outros periódicos especializados neste tema, demonstram o amplo mercado que lhe é oferecido, entre outros.

No entanto, foram observadas algumas sérias barreiras, que dificultam a curto e longo prazo a inserção de um SIG dentro de uma pequena prefeitura, por exemplo, dentre eles:

- a) despreparo da maioria dos usuários no uso de computadores, principalmente no que diz respeito ao uso de ferramentas de programação e entendimento de estruturas de arquivos.

- b) profissionais ligados à informática estão despreparados para, isoladamente, aplicar tais sistemas, uma vez que não possuem habilidade técnica nas áreas de potencial aplicabilidade (engenharias, arquitetura, ...);

- c) quase completa ausência de dados, em escala e qualidade adequados ao uso em planejamento e tomada de decisão, principalmente quando estes envolvem aspectos ligados ao meio ambiente;

- d) a implantação de um SIG completo e eficiente depende de um período de tempo que muitas vezes é superior ao mandato de um prefeito. O fato de constituir-se em tarefa de longo prazo e, portanto, não rendendo votos no curtíssimo prazo, faz com que a implantação deste tipo de sistema seja obra de prefeitos mais audaciosos e mais comprometidos com o bem-estar da população.

Benefícios Potenciais ao Uso de SIG

A incorporação da tecnologia de automação computacional, bem como os preceitos do próprio SIG fazem com que se vislumbre uma série de benefícios potenciais advindos de seu uso nas mais diversas áreas (Tomlinson, 1990; Burrough, 1987; Dale & Mclaughlin, 1990; Montgomery & Schuch, 1993, Korte, 1992):

- a) os dados de mapas são melhores organizados e mantidos em base segura;

- b) informações redundantes e problemas advindos da manutenção de múltiplos conjuntos de dados são eliminados;

- c) as revisões de mapas são mais fáceis e rápidas;

- d) a mão-de-obra torna-se mais produtiva;

- e) dados de mapas são integrados através de toda organização. Banco de dados centralizado, permitindo uma

- fonte comum de pesquisa e armazenamento de dados;
- f) manutenção do banco de dados em tempo real;
 - g) velocidade no processamento de grandes volumes de dados;
 - h) habilidade na produção rápida de relatórios e estatísticas de real interesse ao usuário;
 - i) suporte a funções de engenharia e planejamento, usando informações disponíveis de planimetria, topografia, hidrografia, uso do solo e zoneamento fiscal;
 - j) atração de novos empreendimentos em função de um planejamento eficiente da locação de serviços de água, esgoto, transporte, recursos humanos;
 - k) melhora na qualidade dos planos elaborados para desenvolvimento, em função de uma melhor e mais ampla capacidade de análise;

BANCO DE DADOS PARA PROJETOS ENVOLVENDO RECURSOS HÍDRICOS (RH)

A exploração de informações sobre os recursos hídricos é possível com a utilização do sensoriamento remoto orbital, limitando-se no entanto à escala regional. Barrett & Curtis (1992) apresentam o uso destes sensores no monitoramento de hidrometeorologia, hidrologia de superfície, hidrogeologia e oceanografia. O estudo que ora se apresenta, no entanto, requer um grau maior de detalhamento de informações, e um banco de dados específico deve ser projetado a fim de gerar subsídios ao planejamento hídrico da microbacia.

Shelton (1969) divide a exploração e projeto de obras hidráulicas de engenharia em quatro fases distintas, ao longo das quais vai se intensificando o volume e a precisão dos métodos e dos dados coletados. A estrutura do banco de dados para projeto do reservatório tem por base aquela proposta pelo autor para países de Terceiro Mundo, onde este considera o planejamento de recursos hídricos nestes países: demanda, disponibilidade média de água, disponibilidade mínima de água, vazão máxima, disponibilidade de mananciais subsuperficiais, direito a água, condições bacteriológicas e químicas e análise de sedimentos em suspensão.

Linsley & Franzini (1978) afirmam ainda que dados representativos e homogêneos de fenômenos envolvendo hidrologia só são possíveis a partir de 15 anos de observações da área de estudos. Ao discorrer sobre o planejamento dos aproveitamentos de recursos hídricos, estes autores propõe também uma estrutura mui interessante para o banco de dados de recursos hídricos, considerando seus diversos usos e também aspectos relacionados a projeções para o futuro.

Planejamento de RH e SIG

Ao tratar de questões relacionadas à hidrologia e planejamento em países de terceiro mundo, Shelton (1969) já

apontava que os problemas encontrados em projetos envolvendo recursos hídricos iniciam-se já nas atividades de seu planejamento, pois há grande carência de dados. O enfoque de obras mais atuais, como Magalhães (1989), Dale & McLaughlin (1990), confirma a deficiência de dados para planejamento de recursos naturais em países de Terceiro Mundo, o que leva a concluir que as ações realizadas nestes anos para captura e armazenamento de uma adequada base de dados, ainda não vão de encontro às necessidades do planejador. Tucci (1993) ao executar laudo técnico no município de Cocal do Sul, envolvendo recursos hídricos, fala também a respeito da dificuldade de se realizarem análises quando da inexistência dos dados apropriados.

Em Connecticut (EUA) um estudo foi realizado visando a utilização de SIG na determinação da disponibilidade de manancial subsuperficial para o planejamento de recursos hídricos e suprimento de água à população. Naquele país a identificação e proteção de suprimentos de águas subterrâneas potáveis para abastecer necessidades futuras é um grave problema e áreas com potencial de abastecimento são protegidas em lei, pelo programa de classificação da qualidade de água do Estado, não se permitindo descargas de poluentes na área (Nystrom *et al.*, 1985).

É amplamente reconhecido que para decisões técnico-administrativas efetivas em gerenciamento de recursos hídricos, um banco de dados que integre informações sobre os mananciais é necessário. SIG pode ser utilizado para prover ambos o banco de dados, e um eficiente meio de integração destes dados, para serem usados na tomada de decisões. A tecnologia SIG também provê os meios pelos quais instituições locais e estaduais podem efetivamente usar os recursos hídricos em seus processos de tomada de decisão (Hendrix & Buckley, 1986).

Hendrix & Buckley (1986) em suas conclusões sobre o uso de tecnologia SIG para o gerenciamento de recursos hídricos em Vermont, EUA, afirma que tais sistemas têm grande potencial para contribuir à solução de complexos problemas de gerenciamento de recursos hídricos em diversas escalas de planejamento.

Segundo Merchant (1994), SIG tem sido amplamente utilizado para gerência do recurso e modelagem, em virtude da dificuldade de se monitorar a qualidade da água. A modelagem espacial é então uma excelente ferramenta e bastante implementada em SIG.

A QUESTÃO DA ÁGUA EM COCAL DO SUL

Cocal do Sul, um pequeno município situado na Região Carbonífera, ao Sul do Estado de Santa Catarina não foge, entretanto, à regra no que diz respeito às questões relacionadas com a má gerência e preservação do recurso hídrico.

É consenso entre os habitantes daquela cidade a importância da água para a vida humana e, infelizmente, na população urbana existe também consenso sobre a má qua-

lidade das fontes que suprem suas casas com o recurso. Quando fala-se sobre o assunto, frequentemente ouvem-se reclamações sobre o “mau gosto”, “turbidez” e o “mau cheiro” da água que consomem.

Também é muito criticada a localização errônea do atual reservatório, fato este apontado inclusive pelas autoridades locais do poder executivo, legislativo e técnicos do SAMAE, fundação encarregada do suprimento de água para o município. Nas conclusões de seu laudo técnico, Ávila (1993) exemplifica que o aumento de 1 metro no nível d’água do Rio Cocal provocaria o alagamento de áreas adjacentes, onde estão sendo implantados loteamentos urbanos.

As reuniões na câmara de vereadores sobre a questão da água no município tem gerado discussões polêmicas a ânimos exaltados, em função dos interesses envolvidos e da gravidade da questão. Uma comissão de águas foi instalada no ano passado para encarar a questão com a importância que lhe é devida.

A poluição por dejetos de suínos, já apresentada por Veiga *et al.* (1991) como responsável por grande parte da poluição do meio ambiente neste Estado, também pôde ser bem caracterizada na área. Uma das primeiras conseqüências do levantamento de dados sobre focos de poluição executado por Seiffert (1994) foi a decisão da Câmara de Vereadores pela paralização das atividades da granja de abate de suínos localizada na microbacia, em virtude do elevado número de coliformes presentes nas águas.

Há que se salientar ainda o temor da população local quanto à possível mineração a céu aberto dos depósitos de carvão existentes a montante na microbacia em estudo. A recente vitória judicial obtida pela Prefeitura Municipal contra esta exploração, ainda não garante por muito tempo a saúde do meio ambiente das regiões à jusante.

METODOLOGIA

Utilizando banco de dados composto de informações de pluviometria dos últimos 72 anos (1924 a 1995), rede hidrográfica, rede viária, mapa de altimetria, dados censitários sobre demanda e produção de água, mapa de declividade, mapa dos focos de poluição hídrica, mapa de geologia, aptidão de uso do solo e mapa de solos, integrados nos softwares SPANS e Idrisi, propôs-se formar um sistema de apoio à decisão sobre a localização de uma (ou mais se necessário) obra de arte que proporcione o armazenamento mínimo de água, suficiente para abastecer a zona urbana durante os meses de déficit hídrico, garantindo-se a qualidade da água armazenada. Também objetivou-se avaliar desta maneira o desempenho dos softwares utilizados.

Tendo em vista o banco de dados descrito no parágrafo anterior, a figura 1 a seguir esquematiza os principais procedimentos seguidos.

Há que se destacar ainda a importância dos levantamentos realizados a campo. Nos meses de março, abril,

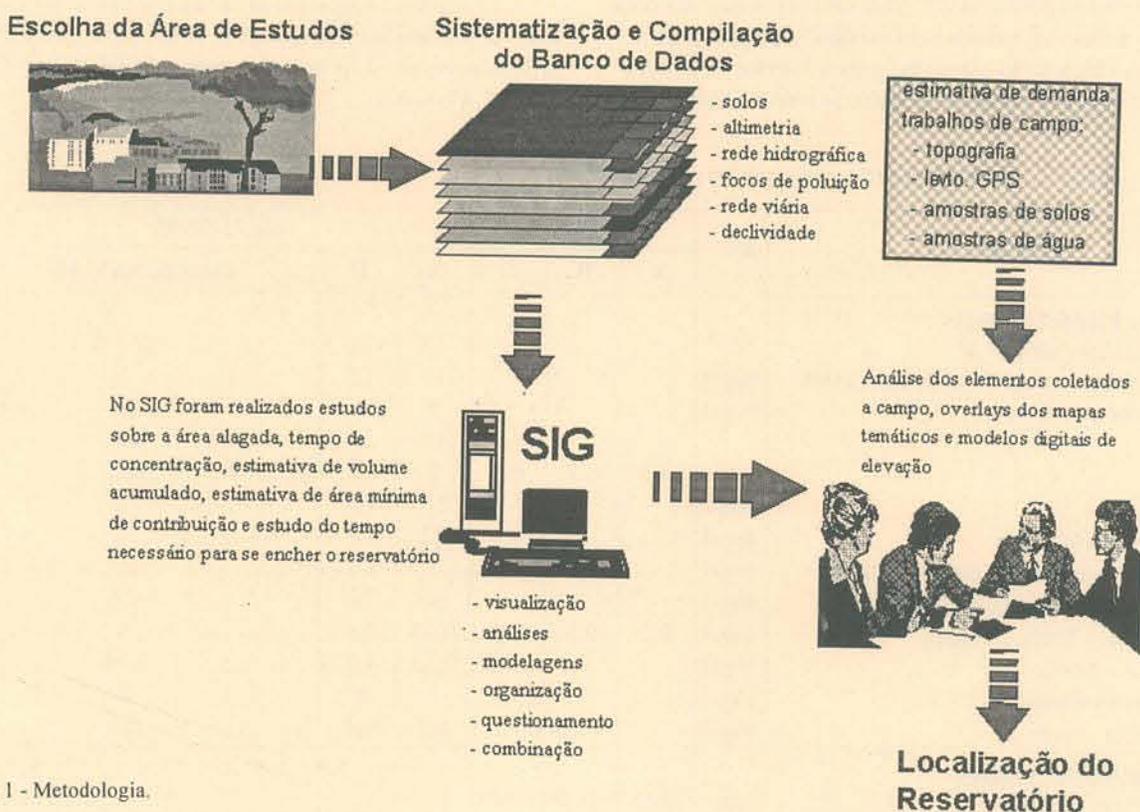


Figura 1 - Metodologia.

maio e junho de 1995 foram executadas uma série de visitas a campo, quando foram executados os trabalhos de reconhecimento e checagem; levantamento de pontos com GPS e traçado de perfis através de taqueometria; instalação de medidores de vazão nos córregos; coleta de amostras de solo e água para análise em laboratório. Estes trabalhos foram especialmente importantes devido à carência de dados básicos existentes na área de estudos.

RESULTADOS OBTIDOS

a) Análise das Amostras de Água

Os resultados das análises realizadas pelo SAMAE em 14 e 23 de junho de 1995, envolvendo avaliação de características físicas, químicas e bacteriológicas das águas dos córregos que virão a suprir o reservatório, podem ser resumidos pelo quadro 1.

A análise do quadro 1 permite a anotação de algumas características interessantes, se comparadas as amostras coletadas nos córregos e na estação do SAMAE:

a) quanto ao exame bacteriológico, fica clara a alta taxa de coliformes em todos os pontos de coleta, sobretudo em 14/06, quando foi registrada precipitação nas últimas 24 horas, e a lixiviação causada pelas águas da chuva carregou elementos poluentes para os leitos dos córregos. Esta água, no entanto, apresenta ainda condições de ser tratada;

b) para os pontos B e C pode-se prever que tal contaminação tenha sido gerada pela existência da granja de porcos, cujos dejetos são carregados para o interior do açude;

c) ainda em 14/06, obtiveram-se valores bastante po-

sitivos nos pontos de coleta para pH e ferro total, indicando o não comprometimento da qualidade do manancial pela mina abandonada, ou mesmo pelas camadas de carvão do Membro Siderópolis, situadas nas regiões a montante dos pontos de coleta. Se comparados aos resultados obtidos por Seiffert (1994), para outros pontos da microbacia a montante do atual ponto de coleta, a utilização deste manancial representa um incremento na qualidade do recurso que será suprido à população;

d) para a coleta em 23/06, observou-se uma redução à metade no índice de ferro total no ponto A, paralelamente a um acréscimo de 0.1 mg-l no ponto B. Para ambos a água encontra-se ainda em condições de ser tratada;

e) se comparada à coleta na barragem do SAMAE, os pontos A e B apresentam melhores condições de pH, naturalmente situados nos limites impostos pela legislação (6.5 a 8.5);

f) os demais parâmetros analisados em 23/06, apresentam-se em conformidade com o disposto na legislação vigente.

b) Análise das Amostras de Solo

A cobertura vegetal da área gerou grande quantidade de matéria orgânica na área a ser inundada pela barragem - praticamente toda área de mata, ou 4.72 ha. Para garantir a qualidade da água do reservatório, esta cobertura deve ser removida com o apoio de uma draga.

O quadro 2 apresenta uma síntese dos resultados obtidos com a análise das amostras coletadas a campo. Classificaram-se os solos pelos padrões da HRB nas classes A7-5 e A7-6/A5.

Quadro 1 - Síntese dos resultados das análises da água nos pontos de coleta

Exame	un.	em 14/06/95			em 23/06/95		
		A	B	C	A	B	estação SAMAE
Exame Físico-Químico:							
Temperatura: água e ar	°C				15	15	12 e 8
Alcalinidade ao Alaranjado de metila	mg-l				13	12	7
gás carbônico livre	mg-l				9	9	9
cor					15	20	10
pH		7,1	6,7	6,5	7	6,7	5,8
turbidez	Ntu				3,7	4,3	2,6
oxigênio dissolvido	mg-l				12	11	12
oxigênio consumido em meio ácido	mg-l				1	1,2	2,5
dureza total - bruta e tratada	mg-l				30	28	28
ferro total - bruta e tratada	mg-l	0,3	0,5	0,5	0,17	0,6	3
cloretos - bruta	mg-l				3,63	4,3	3,16
alumínio residual	mg-l				0	0	0
fluor S/D - bruta	mg-l				0,2	0,4	0,3
Exame Bacteriológico:							
coliformes total	un.	1600	>1600	>1600			

Quadro 2 - Tabela resumo dos ensaios de caracterização e compactação dos solos.

Amostra	Densidade Real (δ)	Limite de Liquidez (LL) %	Limite de Plasticidade (LP) %	Índice de Plasticidade (IP) %	$\gamma_{sm\acute{a}x}$ (g/cm ³)	Umidade Ótima (hot) %	Silte + Argila %	Areia (%)	Pedregulho (%)
1	2,68	41	29	12	1,44	24,4	48	34	18
2	2,75	44	34	10	1,45	25,0	72	27	1

c) Análise da Área Alagada e do Uso do Solo na Área a Montante da Barragem

O plano de informação "uso do solo" foi obtido por fotointerpretação (Seiffert, 1994), tendo a sua inserção no SIG propiciado condições de melhor se avaliarem as características da área inundada.

Considerando o corpo do aterro para a represa no ponto mais a jusante do levantamento taqueométrico, nota-se que as áreas alagadas são utilizadas apenas com mata nativa e pasto. Para uma represa com 10 m de altura (cota 90) as regiões inundadas são de 3,91 ha e 1,36 ha, de mata e pasto, respectivamente, num total de 5,27 ha de terras inundadas.

A pequena área alagada paralelamente ao acúmulo de grande volume pode ser explicado em parte pela análise da tabela produzida pelo Spans, onde se apresentam os dados de declividade e altimetria para a microbacia da barragem. Nota-se que abaixo da cota 90 o relevo apresenta-se predominantemente com declividades iguais e superiores a 20%, o que o caracteriza como ondulado a forte ondulado. O relevo com declividades elevadas é propício à construção de barragens, tanto por permitir um melhor aproveitamento da bacia, como por evitar causar danos a áreas propícias ao uso agrícola e reduzir o custo com indenizações.

O uso do solo na barragem pode ser caracterizado pelo cruzamento de níveis de informações no SIG, constata-se a predominância de vegetação de grande porte (matas: 61 % e florestas: 1%) e plantação de bananas (21 %). Existe portanto, uma boa cobertura vegetal protegendo o manancial.

d) Volume de Água e Tempo para Encher o Reservatório

A alta declividade das áreas a montante da represa, em cotas acima de 90 m, com inclinações do terreno sempre superiores aos 20 % (ondulado a montanhoso), exceto para uma pequena região entre 140 m e 180 m, com declividades abaixo de 20% (ondulado a suave ondulado), associado às medidas de evaporação na estação agrometeorológica de Urussanga, conclui pela adoção de um coeficiente de escoamento em torno de 25 % a 35 % (Agrodata, s/d).

Através de equações em SIG, foi possível o cálculo do volume de água acumulado em um ano, para coeficientes de escoamento de 10%, 20% e 40%, respectivamente. Para um reservatório com capacidade de 425.250 m³ (3 meses de consumo, população futura em 20 anos) pode-se afirmar que a uma taxa de escoamento de: 10%, o reservatório levaria cerca de 3 anos para encher; 20%, o reservatório levaria cerca de 11 meses; 40%, o reservatório levaria cerca de 4 a 5 meses;

A análise da vazão atual, medida pelos vertedouros implantados na área, apresenta um volume médio de escoamento de 25 l/s (90 m³/h), superior a atual demanda para consumo doméstico, de aproximadamente 15 l/s. Esta vazão é suficiente para atender à demanda futura de 100 l/hab.dia (atual consumo do município), para uma população de 22500 hab. Deve-se ainda considerar que esta é uma época de estiagem, com precipitações bem abaixo do médio normal, estando o manancial subterrâneo sendo descarregado.

e) Local para Implantação do Aterro

Paralelamente aos dados coletados sobre focos poluentes, condições de potabilidade dos recursos hídricos e análises do solo que será utilizado no corpo do aterro, o levantamento topográfico permite que algumas observações sejam inferidas quanto ao local para implantação da represa.

A área abrangida pelo levantamento taqueométrico levou à conclusão que seria possível armazenar um volume de 275.000 m³ para a represa, com 10 m de altura (cota 90 m). Tendo em vista a demanda prevista para o município para os próximos 20 anos (141750 m³/mês), este reservatório teria condições de suprir água, desconsiderando-se a infiltração no solo, por dois meses, durante os quais não precipitaria uma só gota.

A consulta à bibliografia indica, entretanto, que a capacidade do reservatório deve ser projetada tendo por base dados de uma série histórica de vazões (em torno de 50 anos). Como estes dados inexitem para a microbacia, sendo a correlação com áreas vizinhas um processo considerado bastante impreciso, deve-se prever reservatório com capacidade mínima para atender aos três meses de menor expectativa de precipitação. Isto implica em se deslocar o

eixo do aterro, no mínimo, 200 m a jusante do limite extremo Leste do levantamento taqueométrico.

Outrossim, quanto maior o reservatório, maiores as possibilidades de sua utilização para outros fins, como a piscicultura, irrigação, entre outros.

A determinação das cotas também permitiu aproximar o desnível existente entre a atual estação de captação e o futuro reservatório: aproximadamente 27 metros.

f) Tempo de Concentração

A área da microbacia até o ponto atual de captação (aprox. 28 km²), se considerada uma previsão de demanda para 20 anos, a um consumo por habitante de 200 l/dia, conduz à conclusão de que aproximadamente 12,7 mm mensais seriam suficientes para atender à população de toda a microbacia. No entanto, o rápido escoamento da água pelos leitos dos rios torna este volume disponível por apenas algumas horas do mês (tempo de concentração igual a 42,1 horas), ou seja, sem armazenamento, a população teria água para apenas algumas horas, dependendo depois da capacidade do aquífero subterrâneo.

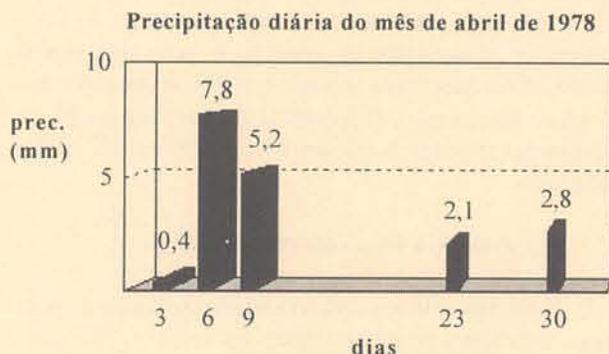


Figura 2 - Gráfico da distribuição diária das chuvas durante o mês. Fonte: EPAGRI, 1995

Mesmo com a precipitação mínima superior a estes 12,7 mm ocorre, na prática, falta de água para atender à demanda da população. Esta carência é perfeitamente explicada pelo parágrafo anterior, ou seja, pelo pressuposto de que a água deixa a microbacia rapidamente, e apenas um pequeno volume pode ser aproveitado para o consumo (caso em que não existe reservatório). Finalizado o período de escoamento da água precipitada na área, ou seja, o tempo para que toda a água precipitada e que não sofreu infiltração, escoe (t_c + tempo de precipitação), o rio e os córregos passam a ser abastecidos pelo manancial subterrâneo (Magalhães, 1989).

O gráfico da figura 2 representa um mês de seca em Cocal do Sul. Pode-se facilmente constatar a insuficiência de água proveniente do escoamento superficial (excluindo a vazão básica), pois encontram-se apenas cinco pequenas

precipitações distribuídas ao longo do mês. Deve-se ainda considerar o fato de que um mínimo de 60% desta precipitação é "perdida" em processo de evapotranspiração.

g) Análise da Demanda

Na análise da demanda considerou-se o alcance do plano por 20 anos, período em que, analisados os aspectos que dizem respeito à cultura do habitante local, a população não deverá exceder os 25000 habitantes. Os dados referentes à demanda atual encontram-se na figura 3.

A previsão de demanda não leva em conta o consumo de águas pelas indústrias, visto que estas não carecem do recurso com características potáveis, sendo-lhes impigido o dever de tratar a água que utilizam. Assim, a taxa de consumo de 200 l/hab.dia (o dobro do consumo atual) é razoável.

Demanda Média Diária de Água para Consumo Doméstico

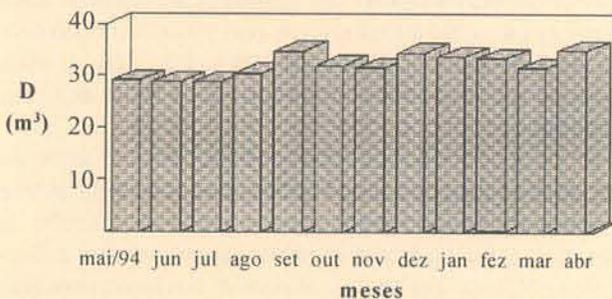


Figura 3 - Demanda de água para consumo doméstico em Cocal do Sul, SC. Fonte: SAMAE

CONCLUSÕES

As questões de poluição de mananciais demandam que autoridades ligadas à gerência do recurso tomem providências legais e iniciem a construção de um banco de dados para entendimento e utilização racional dos recursos hídricos e, providenciem a educação da população para preservação do recurso, em função da necessidade de seu consumo. Conforme se viu pela revisão bibliográfica, o fato tem sido evidenciado por diversos autores, já há mais de 35 anos.

SIG só pode ser efetivamente implantado em pequenos municípios, gradativamente, a partir da conscientização de líderes, para que estes venham a conhecer o seu significado, projetando por si só usos para esta tecnologia. Uma vez conhecedores da tecnologia SIG e Cadastro Técnico Multifinalitário e dos benefícios que advém de sua utilização, o usuário terá condições de decidir, por conta própria, os níveis de informação de que necessita, sua escala e precisão, assim como o Sistema de Informações mais adequado as suas necessidades. A conscientização pode ser criada

pela participação em seminários, congressos e cursos que versem sobre o assunto.

Neste trabalho, a universidade esteve posicionada entre a empresa e o usuário. Do convênio com a empresa de aerolevantamento, surgiu a oportunidade de realizar pesquisas com meios e equipamentos cujo custo é bastante elevado e, conseqüentemente, demoram tempo para ingressarem em uma prefeitura. A universidade, através de seus especialistas, desperta um mercado latente atuando junto à pequena prefeitura, no sentido de conscientizar o usuário da necessidade da importância de obter planos de informação básicos para o planejamento a nível de microbacia e municipal.

Quando apresentada à câmara de vereadores, poder executivo e demais representantes da comunidade e iniciativa privada a idéia de se construir reservatórios recebeu força, sendo observado que desta forma se previne o meio ambiente da degradação advinda da exploração do carvão nas cabeceiras das microbacias. Também foi sugerido na ocasião a continuidade deste trabalho, estendendo-o para as demais microbacias do município, no sentido de preservar assim o meio ambiente e garantir o suprimento não apenas da população, mas também de indústrias que venham a se instalar.

Agradecimentos - Os autores gostariam de agradecer à Prefeitura Municipal de Cocal do Sul, à Searching for the Resource Empresa Aerodata S/A - Eng^o de Aerolevantamentos e aos integrantes do GT Cadastro/UFSC, que empenharam-se no desenvolvimento deste trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Assad, E.D. & Sano, E.E. 1993. **Sistema de Informações Geográficas: Aplicações na Agricultura**. EMBRAPA. CPAC. 274p., Brasília.
- Ávila, E.L. 1993. **A influência da mineração do carvão na vazão da água superficial do rio Cocal**. (Laudo Técnico).
- Babbitt, H.E.; Doland, J.J. & Cleasby, J.L. 1976. **Abastecimento de água**. São Paulo, Edgard Blücher. 592p.
- Barrett, E. C. & Curtis, L.F. 1992. **Introduction to environmental remote sensing**. Singapore, Chapman & Hall, 426 p.
- Burrough, P. A. 1987. **Principles of geographical information systems for land resources assessment**. New York, Oxford University Press, 193p.
- Dale, P.F. & McLaughlin, J.D. 1990. **Land information management: an introduction with special reference to cadastral problems in third world countries**. New York, Oxford Un. Press, 263 p.
- Garcez, L.N. 1962. **Construções hidráulicas**. São Paulo, Edgard Blücher. v. 1, 276p.
- Hendrix, W.G. & Buckley, D.J.A. 1986. Geographic Information System technology as a tool for ground water management. **GIS Technical Papers**, Vol. 3, ACSM-ASPRS Annual Convention.
- Korte, G.B. 1992. **The GIS book**. Santa Fé, E.U.A., On Word Press, 165p.
- Linsley, R. K. & Franzini, J. B. 1978. **Engenharia de Recursos Hídricos**. São Paulo, McGraw-Hill/EDUSP, 798p.
- Madruça, P.R. de A. 1992. **Sistema integrado de mapeamento para manejo de bacias hidrográficas**. Curitiba, UFPR. 224p. Tese de Doutorado em Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná.
- Magalhães, P.C. 1989. **Hidrologia Superficial**. In: ENGENHARIA HIDROLÓGICA, Rio de Janeiro, ABRH/Ed. UFRJ. 4:201-289. Coleção ABRH de Recursos Hídricos, v.2.
- Merchant, J. W. GIS-Based groundwater pollution hazard assessment: a critical review of the DRASTIC model. **Photogrammetric Engineering & Remote Sensing**, 60(9):1117-1127.
- Monegat, C. 1992. A pequena propriedade: degradação, revegetação e outras práticas conservacionistas. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS., Curitiba, Anais... Curitiba, UFPR. 520p.
- Montgomery, G.E. & Schuch, H. C. 1993. **GIS Data Conversion**. Fort Collins, GIS World Inc., 320p.
- Nystron, D.A.; Wright, B.E; Prislw Jr. M.P & Batten, L.G. 1986. USGS/Connecticut geographic information system project. **GIS Technical Papers**, Vol. 3, ACSM-ASPRS Annual Convention,.
- Pundek, M. 1991. Levantamento e planejamento conservacionista de propriedades rurais em microbacias. In: **Projeto de Recuperação, Conservação e Manejo dos Recursos Naturais em Microbacias Hidrográficas. Projeto Microbacias/BIRD**. Florianópolis, Secretaria do Estado da Agricultura e Abastecimento. 292p.
- Ramos, F. 1989. **Hidrologia**. In: ENGENHARIA HIDROLÓGICA, Rio de Janeiro, ABRH/Ed. UFRJ. 1:1-16. Coleção ABRH de Recursos Hídricos, v.2.
- Renuncio, L.E. 1995. **Integração do cadastro técnico multifinalitário a sig visando a implantação de um reservatório para abastecimento de água no município de Cocal do Sul - SC**. Florianópolis, UFSC. 203p. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina.
- Renuncio, L.E. & Loch, C. 1994. Integração entre sistemas de informação geográfica e cadastro técnico multifinalitário visando a análise ambiental. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CADASTRO TÉCNICO MULTIFINALITÁRIO, 1., 1994, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis.
- Seiffert, N.F. 1994. **Base documental de dados sobre a microbacia hidrográfica do rio Cocal**. Florianópolis. Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina.
- Shelton, R. L. 1989. **Physical resource investigations for economic development**. Washington, Organization of American States, Michigan State University, 437 p.
- Tomlinson, R.F. 1991. Geographic Information Systems: a new frontier. In: Peuquet, D. J. & Marble, D. F. (eds.) **Introductory readings in Geographic Information Systems**. London, TAYLOR & FRANCIS. 371 p.
- Tucci, C.E.M. 1993. **Avaliação do impacto da mineração da área da Companhia Carbonífera Urussanga sobre a quantidade de água do rio Cocal na cidade de Cocal**. (Laudo Técnico)
- Veiga, M. *et al.* 1991. Degradação do solo e da água. In: **Projeto de recuperação, conservação e manejo dos recursos naturais em microbacias hidrográficas. Projeto Microbacias/BIRD**. Florianópolis. Secretaria do Estado da Agricultura e Abastecimento. 292p.