

AVALIAÇÃO DO POTENCIAL HIDROGEOLÓGICO DA REGIÃO DOS LAGOS – RIO DE JANEIRO – BRASIL

Rodrigo Menezes Raposo de Almeida¹ & José Silva Lima²

Resumo - A Região dos Lagos, distante cerca de 150km da cidade do Rio de Janeiro é o principal pólo turístico do Estado do Rio de Janeiro. Na época das férias de verão, janeiro e fevereiro, a população com cerca de 300 mil hab aumenta em cinco vezes, passando para cerca de 1.500 mil hab. Não é de esperar que a questão de saneamento básico seja o maior problema para a população residente, especialmente nesta época do ano. O sistema de abastecimento público é baseado numa represa localizada a cerca de 25 a 30 km de distância dos principais centros urbanos, deste modo, o problema de abastecimento se estende durante o ano todo. O déficit hídrico da região tem maior reflexo nas áreas rurais, os rios são intermitentes, impondo um sistema de abastecimento rural baseado exclusivamente nas águas subterrâneas. O levantamento de campo realizado para cadastramento de fontes de captação objetivou o levantamento de informações que pudessem nortear o uso e a preservação das águas subterrâneas na região. O armazenamento e o tratamento preliminar dos dados foi feito num banco de dados específico para águas subterrâneas, o GWW Groundwater Software for Windows. O tratamento e o cruzamento dos dados, foi feito utilizando o SPRING, um software específico para processamento de imagens e tratamento de informações georreferenciadas. Os principais resultados deste estudo indicaram a existência de uma região com grande potencial para captação de águas subterrâneas, município de Saquarema em função do clima e geomorfologia e uma região com a existência de águas altamente

¹ Universidade Federal Fluminense, Laboratório de Geotecnologia, Rua Passo da Pátria 156 s.133, Niterói, RJ Tel: 21 613 0976, Fax 21 717 4446, email:resub@civil.uff.br

² Escola Politécnica Municipal de Araruama e Secretaria Municipal de Agricultura Abastecimento e Pesca, Araruama, RJ, email:josesilvalima@hotmail.com.br

salinizadas, impróprias para o consumo humano, municípios de São Pedro da Aldeia e Cabo Frio.

Palavras-chave - mapeamento hidrogeológico, salinidade, região dos lagos

INTRODUÇÃO

O projeto ReSub Lagos é desenvolvido no âmbito da Rede de Geotecnologia em Águas Subterrâneas - ReSub, resultado de uma iniciativa da FAPERJ e FINEP, através do edital RECOPE/RJ 1/97 para a estruturação de redes cooperativas de pesquisa no estado do Rio de Janeiro. Tendo em vista que até este momento não existia nenhum grupo desenvolvendo estudos sistemáticos em águas subterrâneas no estado do RJ, a ReSub veio cobrir esta lacuna através de uma parceria entre as principais universidades do estado, instituições do governo, prefeituras e empresas de poços. Pelo caráter do programa, os projetos deveriam apresentar um resultado prático de interesse das instituições clientes, com alcance no setor ambiental e social. A participação e o comprometimento de cinco prefeituras da Região dos Lagos (Saquarema, Araruama, Iguaba Grande, São Pedro da Aldeia e Cabo Frio), do Departamento de Recursos Minerais DRM/RJ e da Empresa de extensão rural EMATER-RIO foi decisivo para a estruturação deste projeto na Região dos Lagos.

OBJETIVO

O objetivo do projeto é a geração de informações técnicas que auxiliem às prefeituras municipais e aos órgãos do governo a utilizarem racionalmente os recursos hídricos subterrâneos, para o abastecimento de comunidades urbanas e rurais, não servidas pelo sistema público. Espera-se que através da elaboração de mapas de potencial e qualidade das águas subterrâneas, confeccionados utilizando uma linguagem e representação simples e objetiva, seja possível alcançar este objetivo.

Além da elaboração do mapa propriamente dito, é necessário a participação e o envolvimento de técnicos dos municípios abordados, de modo que as informações do meio físico, levantadas durante os trabalhos de campo, sejam repassadas para esses técnicos. Deste modo, será possível dar continuidade ao trabalho de

cadastro de fontes de captação e fontes de contaminação a nível municipal, um primeiro passo para o gerenciamento do uso dos recursos hídricos na região.

CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA

A Região dos Lagos dista cerca de 150km da cidade do Rio de Janeiro, o acesso se dá através da BR101 norte, com entrada para a RJ124 na altura do município de Rio Bonito. Todo o percurso pode ser feito através de estradas de pista dupla e com bom estado de conservação, facilitando a chegada em massa dos turistas nas épocas de verão e feriados prolongados.

A área total da Região dos Lagos é de 1981 km², sendo que 13% da área, 257 km², são formados pelas Lagoas de Araruama, Saquarema, Jaconé, Jacarepiá, Vermelha e Juturnaíba. As Lagoas de Araruama e Vermelha tem características hipersalinas enquanto que Lagoa de Juturnaíba é uma represa de água doce. As primeiras lagoas têm importância fundamental para o turismo da região enquanto que a última têm importância estratégica para o abastecimento de água da região.

Os municípios que compõe a Região dos Lagos são Saquarema, Araruama, Iguaba Grande (recém emancipado de Araruama), São Pedro da Aldeia, Cabo Frio, Armação de Búzios (recém emancipado de Cabo Frio) e Arraial do Cabo, Tabela 1. A população estimada na região para o ano 2000 é de cerca de 300 mil hab, sendo que nos meses de verão, especialmente janeiro e fevereiro a população flutuante chega de 600 mil hab a 1.500 mil hab, épocas de ano novo e carnaval.

Esta característica particular vem a justificar o projeto, uma vez que o abastecimento de água de todos os municípios está baseado na captação e tratamento das águas da represa de Juturnaíba que dista cerca de 20 a 30 km dos centros urbanos. Deste modo, todo o sistema de captação, tratamento e distribuição é dimensionado para atender a população flutuante que reside na região cerca de 60 dias ao ano. Dependendo do potencial hídrico subterrâneo, poderiam ser dimensionados sistemas de captação alternativos para atender a população flutuante a um custo bem menor, tendo em vista a redução significativa com as despesas de captação, tratamento das águas e adução.

A geologia da região não é muito complexa, sendo caracterizada por planícies costeiras e modelados de acumulação fluvial com sedimentos marinhos e aluvionares compostos por areias, cascalhos, argilas não consolidadas e ocasionalmente turfas; com menor expressão são encontrados tabuleiros costeiros

do grupo Barreiras, formados por arenitos e sedimentos areno-argilosos com laterização; estruturando as colinas e maciços costeiros encontra-se rochas intrusivas alcalinas, gnaisses bandados horizontalizados Búzios, gnaisses bandados e granitóides do complexo Paraíba do Sul e gnaisses bandados do complexo Cabo Frio, DRM/RJ, 1982.

Pedologicamente a região possui uma grande variedade de solos. O planossolo é encontrado na superfície das colinas costeiras e ocupa a maior parte da região, seguido dos solos podzólicos nas planícies, podzols hidromórficos nas baixadas litorâneas, solos orgânicos a montante dos podzols hidromórficos. Com menor expressão encontra-se solos orgânicos, glei e solonchaks, PESAGRO-RIO.

Tabela 1 – Características gerais dos municípios que compõe a Região dos Lagos.
Fonte CIDE 1997

Município	População hab	Área Km2	Altitude	Latitude Sul	Latitude Oeste
Araruama	66,341	635.4	15	22°52'22"	42°20'35"
Arraial do Cabo	23,447	158.1	8	22°57'58"	42°01'40"
Cabo Frio	108,229	437.5	4	22°52'46"	42°01'07"
São Pedro da Aldeia	60,788	394.2	5	22°50'21"	42°06'10"
Saquarema	45,596	356.1	10	22°55'12"	42°30'37"
	304,401	1,981.3			

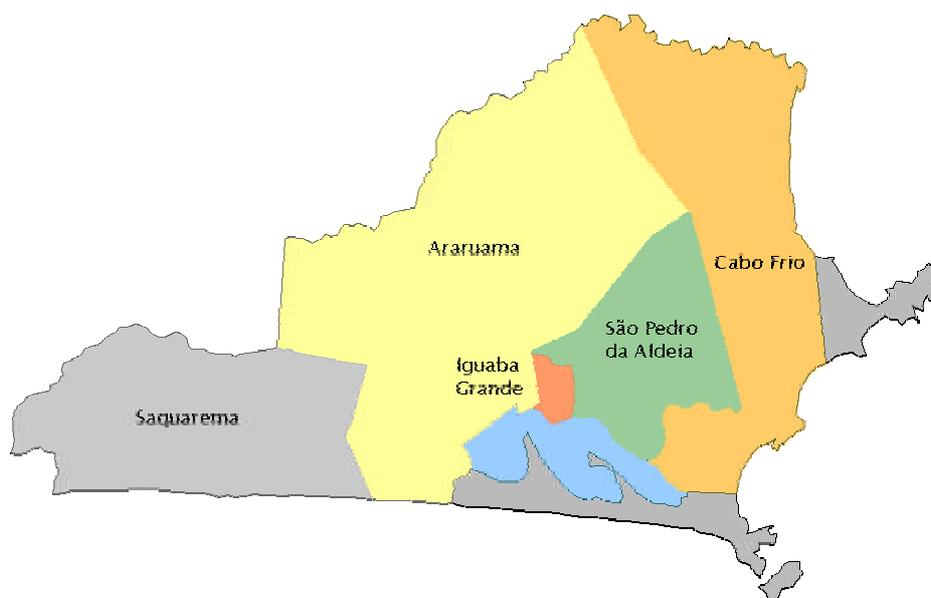


Figura 1 – Localização dos Municípios que compõe a Região dos Lagos

O clima da região é do tipo Aw/Cr clima quente e úmido com estação chuvosa no verão e subúmido sem estação seca bem definida, segundo José Setzer in FEEMA, 1986, Figura 2.

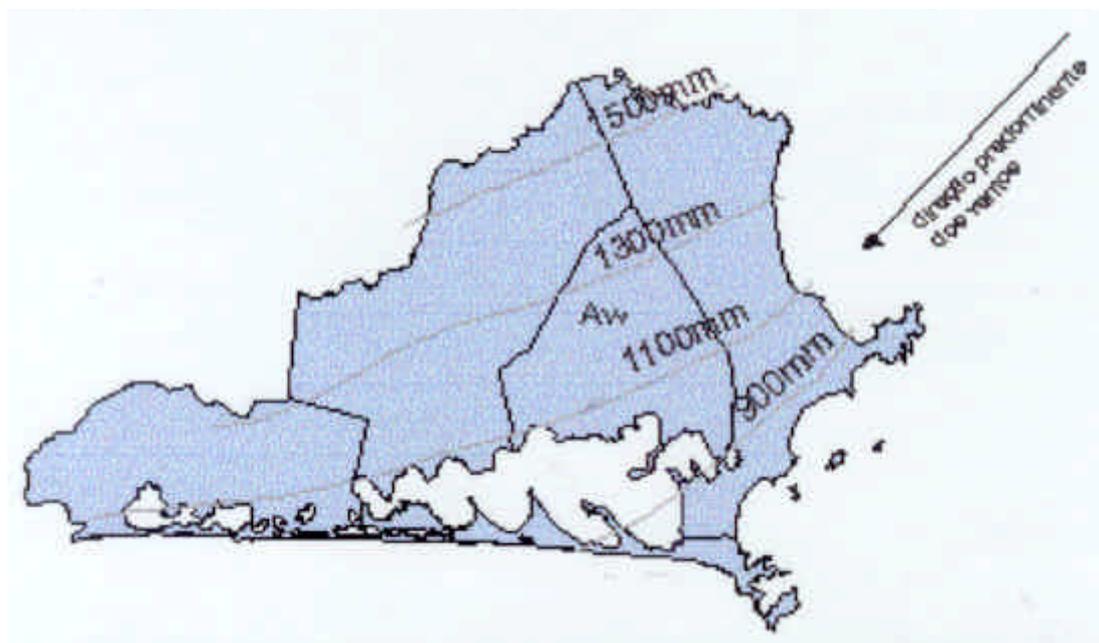


Figura 2 – Precipitação média anual e clima, adaptado da FEEMA, 1986, com representação da direção dos ventos predominantes, interpretado do LANDSAT TM5, 1994

METODOLOGIA

Para caracterização hidrogeológica da região, desenvolveu-se as seguintes etapas de trabalho:

1. levantamento das informações existentes, relatórios, fotos, imagens, mapas e respectivas escalas, Tabela 2;
2. elaboração de uma metodologia para cadastramento de poços baseada no levantamento da CPRM para o polígono das secas;
3. levantamento de campo para cadastramento de poços e fontes naturais;
4. estruturação de um banco de dados no GWW para cadastramento dos poços;
5. implementação de um sistema de informações geográficas no SPRING;
6. tratamento dos dados espaciais;
7. cruzamento dos dados

**Tabela 2 – Relação dos mapas, cartas, fotos e imagens disponíveis da
Região dos Lagos**

Tipo de Informação	Fonte	Escala	Papel	Digitalizadas	OBS
Cartas topográficas	IBGE	1:50.000	X	X	topografia não está digitalizada
Mapas Geológicos	DRM/RJ	1:50.000	X		com relatórios
Mapas Geológicos	DRM/RJ	1:100.000		X	
Mapas Geológicos	DRM/RJ	1:400.000	X	X	
Mapa Pedológico	CIDE	1:400.000		X	
Mapa Geomorfológico	Radam Brasil	1:1.000.000		X	
Fotos aéreas	DRM/RJ	1:20.000	X		180 fotos
Fotos aéreas	CPRM	1:60.000	X	X	escaneadas
Imagem Satélite	LandSat TM5	30 m		X	RGB 345 - 1994
Imagem Satélite	LandSat TM7	15, 30 e 60m		X	8 bandas - 1999

Cadastramento de poços

Para o cadastramento dos poços, utilizou-se como referência a metodologia da CPRM para cadastramento de poços e nascentes descrita por Leite, 1998. Com as informações da cartilha, elaborou-se uma ficha de campo para orientar e padronizar o levantamento, ver modelo de ficha em anexo.

É interessante destacar que dificilmente a ficha é totalmente preenchida pelo recenseador no campo, seja pela falta de informações, problemas nos equipamentos, falta de atenção ou pressa. Alguns dados são essenciais e devem necessariamente constar em todas as fichas, como: equipe, data, hora, técnicos, localização, informante, municípios, UF, coordenadas, natureza, diâmetro, altura da boca, NA, profundidade, revestimento, estado do poço, motivo, pH, condutividade, temperatura, tipo de uso e fontes alternativas de abastecimento. A falta de alguma destas informações numa determinada ficha, se não justificada adequadamente, implica numa pontuação negativa para o cadastro, isto é, passa-se a desconfiar da qualidade dos respectivos dados de campo. Portanto, através de uma análise bem feita no banco de dados de poços e nascentes cadastradas é possível avaliar a confiabilidade das informações, permitindo inclusive uma análise espacial de confiabilidade dos dados. Como o cadastro de poços ainda não foi concluído, esta análise ainda não foi concluída.

PRINCIPAIS RESULTADOS

Dos dados levantados e informações geradas até o momento, já é possível verificar um comportamento diferenciado dos sistemas de aquíferos em função da sub-região ou bacia hidrográfica. Os principais sistemas aquíferos são: aquíferos costeiros formados por depósitos de restinga arenosos, aquíferos aluvionares mais distantes das lagoas, aquíferos aluvionares próximos às lagoas, aquífero misto fraturado e perfil de alteração e finalmente o aquífero fraturado, Tabela 3.

Tabela 3 – Principais características dos sistemas aquíferos na Região dos Lagos

Aquífero	Tipo	Característica	Obs:
Costeiro	Depósitos de restinga	Areias quartzozas	Alto teor de salinidade
Aluvionar lagunar	Depósitos flúvio lacustres	Areias siltsosas, argilosas e turfas	Presença de Fe e H ₂ S
Aluvionar continental	Depósitos aluvionares	Areias médias, siltsosas, argilosas e com pedregulhos	
Misto fraturado	Perfil de alteração e rocha alterada fraturada	Areias médias a grossas eventualmente siltsosas	Normalmente a captação é feita no perfil de alteração
Fraturado	Rocha fraturada	Gnaisses bandados e granitos	Presença de nascentes e poços profundos

Com relação ao aproveitamento destes aquíferos, é importante sobrepor as informações de salinidade das águas subterrâneas, que neste projeto está representado pela condutividade elétrica expressa em $\mu\text{s/cm}$. As principais faixas de condutividade selecionadas para representar a variação espacial são: 200, 500, 1.500 e 10.000 $\mu\text{s/cm}$. Pode-se observar que as maiores ocorrências, 64% dos poços, estão entre as faixas de 200-500 e 0-200 respectivamente, entretanto, um número significativo, 36% dos poços, apresentaram altas condutividades a extremamente alta, Tabela 4.

Tabela 4 – Faixas de condutividade das águas subterrâneas na Região dos Lagos

Faixa	Condutividade/Salinidade	$\mu\text{s/cm}$	Amostras	% total
1	Baixa	0-200	32	25.0
2	Média	200-500	50	39.1
3	Alta	500-1.500	28	21.9
4	Extremamente alta	1.500 a 10.000	18	14.1
		Total	128	100.0

Observando a distribuição espacial das condutividades, é possível separar claramente as áreas com baixa e extremamente alta condutividade. O município de Saquarema, apresenta as águas com menores condutividades, enquanto o município de São Pedro da Aldeia e Cabo Frio apresentam os maiores valores de condutividades. Uma rápida comparação deste mapa de tendências de condutividades, Figura 3, com o mapa de isoietas, Figura 2, pode-se observar que o clima e a direção de incidência dos ventos é um fator importante para a ocorrência destas variações espaciais de condutividade na Região dos Lagos.

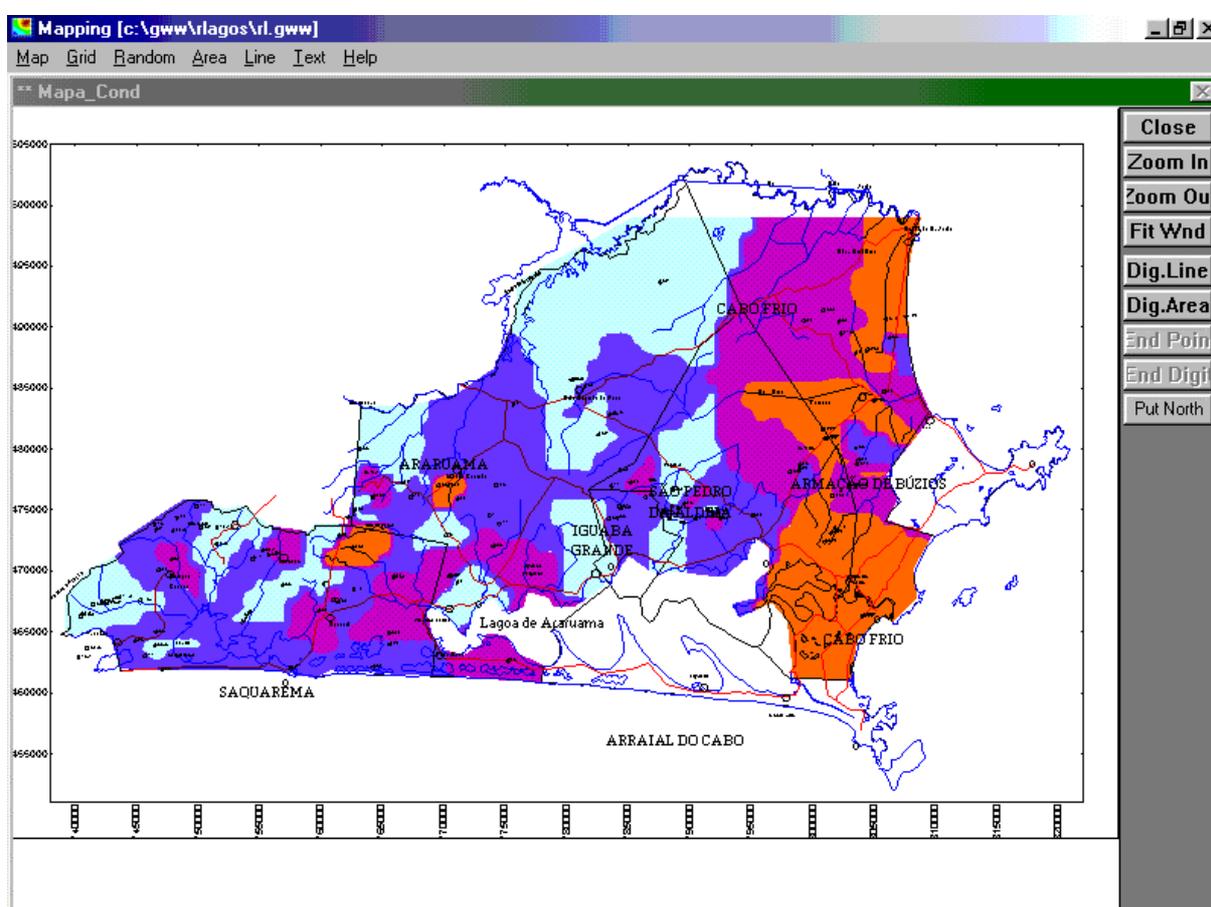


Figura 2 – Mapa de tendências de condutividade. 0-200 μ s/cm (azul claro), 200-500 μ s/cm (azul escuro), 500-1.500 μ s/cm (roxo), 1.500-10.000 μ s/cm (vermelho).

O dados climáticos das estações de Maricá e Iguaba Grande, próximas aos municípios de Saquarema e São Pedro da Aldeia respectivamente ajudam no entendimento do fator clima na qualidade ou salinidade das águas subterrâneas na

Região dos Lagos. A estação de Maricá apresenta uma precipitação anual 50% maior que em Iguaba Grande, enquanto que o déficit anual de Iguaba é cerca de 75% maior que em Maricá. Isto é, as maiores precipitações, as menores evaporações e os maiores desníveis topográficos ou gradientes hidráulicos são observados na região de Saquarema. A consequência destes fatores é a maior circulação das águas subterrâneas, com menor tempo de residência, menor influência do aerossol marinho e menores condutividades.

Por outro lado, em São Pedro da Aldeia e Cabo Frio, aonde ocorre o maior déficit hídrico, os desníveis topográficos são menores e a influência do aerossol marinho é mais significativa. A influência do aerossol marinho é mais acentuada nesta região por uma singularidade geomorfológica da costa, isto é, a predominância de ventos nordeste e sudoeste na região faz com que a influência do aerossol marinho seja permanente, independente do sentido do vento, Figura 2. As consequências destes fatores atuando em conjunto são: menores infiltrações, maior tempo de residência das águas subterrâneas, maiores evaporações e concentração de sais na superfície do solo. A partir de uma análise do mapa pedológico da região, elaborado pela PESAGRO-RIO, é possível verificar a ocorrência de solos tipo *solonchack*, com as áreas aonde as águas subterrâneas são mais salinas. Estes solos apresentam um horizonte superficial pouco espesso, podendo apresentar crostas salinas superficiais devido a ascensão capilar e precipitação de sais nas estações secas, segundo descrição de Palmieri e Larach (1996).

Observando as áreas com alta concentração de sais, ou elevada condutividade e as imagens de satélite TM5 e TM7, nota-se que as principais salinas da Região dos Lagos estão localizadas nas áreas costeiras próximas às áreas com condutividades extremamente alta. É possível observar, que o alinhamento das dunas de areia móveis, indicam a direção predominante do vento Figura 3.

Acredita-se portanto, que o déficit hídrico associado à incidência permanente do aerossol marinho NE-SW, sejam os principais responsáveis pelas diferenças de condutividade das águas subterrâneas na Região dos Lagos. Como, a diferença de temperatura entre as duas estações não é significativa, Tabela 4, certamente este não é um fator importante.

Tabela 4 – Resumo dos dados climáticos das estações mais próximas de Saquarema e de São Pedro da Aldeia respectivamente.

Estação	Precipitação anual mm	Evaporação anual mm	Déficit anual mm	Temp Méd. Máx °C	Temp. Méd. Mín °C
Maricá	1382	1547	-165	28,4	19,5
Iguaba	905	1575	-670	28.5	21.1
diferença	477	-28	505	-0.1	-1.6
%	52.7	-1.8	-75.4	-0.4	-7.6

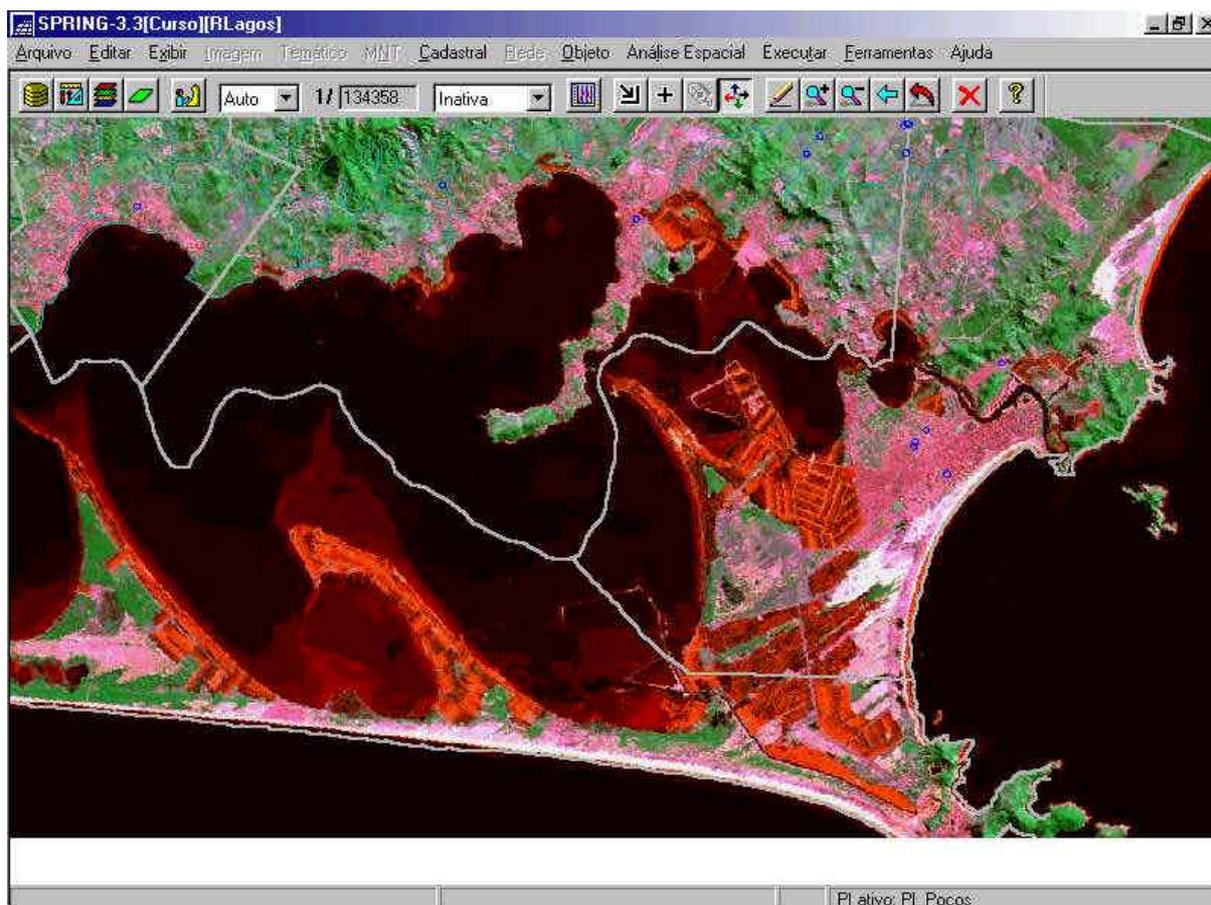


Figura 3 – Imagem de satélite TM 5 de 1994 bandas R3G4B5. Observar a direção predominante dos ventos através do alinhamento das dunas móveis em branco. As áreas em vermelho escuro são salinas e os círculos azuis são poços cadastrados.

Software utilizado Spring 3.3.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com este trabalho de levantamento das informações básicas da região, cadastramento de poços, tratamento dos dados e geração das primeiras informações, foi possível estabelecer um cenário para entender os fatores externos responsáveis pelo comportamento diferenciado das águas subterrâneas na Região dos Lagos.

É importante ressaltar que estes dados estão sendo complementados, as áreas com baixa densidade de informações ainda precisam ser detalhadas, análises físico-química completa das águas ainda devem ser conduzidas para ajudar a explicar a origem e os principais fatores responsáveis pela salinização das águas subterrâneas.

Estas informações serão fundamentais na delimitação espacial dos aquíferos e suas potencialidades. Espera-se que a partir deste mapa, seja possível implementar um programa de proteção e gerenciamento integrado dos recursos hídricos. Com a formação de um consórcio intermunicipal para gestão ambiental da Região dos Lagos e bacia do Rio São João, no final de 1999, será possível definir as áreas aonde a adução das águas da Lagoa de Jurnaíba é fundamental para o desenvolvimento urbano e as áreas aonde a água subterrânea pode ser utilizada estrategicamente e em conjunto com as águas superficiais para reduzir os custos com o abastecimento.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem às prefeituras da Região dos Lagos Saquarema, Araruama através da Secretaria Municipal de Agricultura, Abastecimento e Pesca e Secretaria de Educação, Iguaba Grande, São Pedro da Aldeia, através da Diretoria de Agricultura e Cabo Frio. A EMATER-RIO pelo apoio e logística de campo ao DRM-RJ e a CPRM pelas discussões e informações compartilhadas. Em especial à FAPERJ e FINEP que através do programa RECOPE/RJ edital 1/97 acreditaram na proposta de trabalho e na equipe de pesquisadores das universidades envolvidas no programa: UFF, UFRRJ, UFRJ, UERJ e PUC-Rio.

BIBLIOGRAFIA

- FEEMA, 1995. APA de Massambaba – Plano Diretor. Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente, Secretaria de Estado de Meio Ambiente, Governo do Estado do Rio de Janeiro. Relatório Preliminar.
- Leite, F.J. 1998. Cartilha Informativa – Diretrizes para preenchimento das fichas de campo. Ações Emergenciais de Combate aos Efeitos das Secas. Programa de Perfuração, Instalação, Recuperação de Poços e Aplicação de Técnicas de Dessalinização de Água Subterrânea. CPRM e SRH/MMA.
- Palmieri, F e Larach, J.O.I. 1996. Pedologia e Geomorfologia in Geomorfologia e Meio Ambiente. Editores A.J.T. Guerra e S.B. da Cunha. Bertrand Brasil. Rio de Janeiro.

Ficha de Cadastro de Poços e Nascentes

Equipe:	Data: / /
Técnico:	

Código do Poço:	Localização:	
Proprietário:		
Informante:		
Endereço (Rua, Av., casa, quadra, no.):		
Município:		
UF:		
Coordenadas:	N (X):	Mapa Utilizado:
GEOG UTM	E (Y):	Articulação:

Dados do Poço				
Profundidade (m):	Natureza:	Poço tubular	Cacimba	Fonte Natural
Diâmetro (pol.):	NE (m):	ND (m):		
Vazão	Tipo:	Valor: (l/h)		
Altura da boca (m):	Tempo diário de funcionamento:			
Revestimento:	Sim	Não	Tipo:	Diâmetro (pol.):
Estado do poço:	Em uso	Abandonado	Desativado	Não instalado

Motivo de falta de funcionamento:	Seco	Entulhado	Outros:
	Salinizado	Cimentado	
	Soterrado		

Tipos de Uso:	Doméstico	Industrial	Rural	Comercial
Tipo de Aquífero:	Sedimentar	Aluvionar	Fissural	Costeiro
Equipamento de bombeamento:	Potência (hp)			

Atendimento:	Fontes alternativas de abastecimento:
Qualidade da água:	

Observações/ Recomendações:

1 - ANEXAR, SEMPRE QUE POSSÍVEL, ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA, BACTERIOLÓGICA E PERFIL CONSTRUTIVO DO POÇO
2 - UTILIZAR O VERSO PARA CROQUI DE LOCALIZAÇÃO