

MODELO DOS MAPAS HIDROGEOLÓGICOS DA CPRM

Antonio de Souza Leal *

RESUMO

O que se expõe a seguir é a normatização do modelo dos mapas hidrogeológicos nas escalas 1:100.000 e 1:250.000, elaborados pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais, nos Projetos Levantamento Geológico Básico (PLGB), Grande Carajás e Metalogenético/Previsional.

O modelo (cartograma) é constituído por dois mapas principais em escalas diferentes. No de maior escala estão representados, por superposição de tramas, símbolos e cores, os mais importantes temas relativos à estrutura, usos e potencialidades dos aquíferos (sistemas, importância hidrogeológica e produtividade). No mapa menor constam informações relativas à qualidade das águas (Totais de sólidos dissolvidos, tipos químicos etc), a vulnerabilidade dos aquíferos à poluição e às condições dos limites dos aquíferos.

Na composição dos mapas procurou-se atender não só o setor técnico especializado, mas também o usuário, fazendo-se constar um maior número de informações práticas (explotabilidade, profundidades de captação, usos da água etc) sem comprometer a representação cartográfica.

APRESENTAÇÃO

Os principais documentos cartográficos assemelháveis aos nossos atuais mapas hidrogeológicos, foram elaborados na década de 1950 (R. Grahmann, 1952-57; H. Karrenberg, 1958). No início eles eram destinados a representação de aspectos muito especiais das águas subterrâneas, notadamente à produtividade. Nas décadas de 1970-80 eles evoluíram e tomaram as formas com que são editadas atualmente.

No Brasil, o primeiro programa de cartografia

hidrogeológica foi realizado pela SUDENE, com o Inventário Hidrogeológico Básico do Nordeste, na escala 1:500.000.

A CPRM desde o seu início (1970) tem realizado atividades relacionadas às águas subterrâneas, primeiramente restritas à área de exploração. Nesta fase está enquadrada uma série de poços tubulares perfurados notadamente no Nordeste do Brasil, com vazões, as vezes, surpreendentes.

A partir de 1975 a CPRM abriu o leque de suas atividades no campo da hidrogeologia, passando a atuar, também na pesquisa (Hidrogeologia da Fronteira Sudoeste-RS, Estudo Hidrogeológico da Região de Caldas Novas-GO, Estudo Hidrogeológico da Área de Mucanha-Vuzi/Moçambique etc.) e no mapeamento (13 folhas na escala 1:500.000, 3 folhas 1:250.000, 10 folhas 1:100.000, Mapa Hidrogeológico do Brasil na escala 1:2.500.000 etc.).

Embora esses estudos tenham, no âmbito nacional o mesmo internacional, suscitado um interesse crescente por parte dos hidrogeólogos e outros técnicos ligados ao problema da água, ainda não se definiu um modelo de mapa hidrogeológico capaz de atender a todas as expectativas. Assim os critérios a adotar, os temas a representar, a forma de representação cartográfica e o público a atingir continuam sendo motivos de controvérsias.

Este documento apresenta em sua forma original, uma relação de símbolos e ornamentos com os respectivos significados.

* Geólogo da Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - CPRM
Coordenador Nacional de Hidrogeologia do PLGB
Coordenador de Hidrogeologia do Projeto Vida

CONCEITO

Devido ao grande número de informações possíveis, a definição do conteúdo de um mapa relativo às águas subterrâneas é sempre uma questão difícil e quase sempre a decisão resulta de interesse do momento. Assim é que os Mapas de Previsão de Recursos Hídricos Subterrâneos surgiram como apêndices dos mapas de previsão metalogenética, como se a água fosse apenas um bem mineral. Como um documento mais versátil e abrangente defendemos aqui a elaboração, também, de mapas cujo conteúdo valoriza as condições hidrogeológicas mais usuais, isto é: as condições do aquífero e o caráter, a distribuição, a dinâmica, a qualidade e a quantidade de água subterrânea.

Um mapa hidrogeológico é a representação cartográfica do estado físico da água subterrânea dentro de sua moldura geológica. Em essência, é um mapa geológico mostrando as características geológicas importantes de uma área, agrupadas de acordo com as demandas de utilização e de proteção da água subterrânea.

O mapa hidrogeológico pretendido tem por objetivo agrupar áreas de condições similares de ocorrência de água subterrânea. Ele será preferencialmente realizado em regiões de comprovada carência de recursos hídricos de superfície e/ou de reconhecida necessidade de estabelecimento de normas de proteção ambiental e que disponham de cartografia geológica compatível (PLGB, PGC e Metalogenético).

O CONTEÚDO DO MAPA

Um mapa hidrogeológico consta, em sua essência, da representação de dados geológicos de base (litologia, estratigrafia, estrutura geológica, permeabilidade, transmissividade, geometria dos aquíferos, limites, reservas, etc.), completados pelos dados hidrográficos e hidrológicos, pontos d'água e, se permitido pela escala, relativos à hidrodinâmica dos aquíferos.

Assim, o mapa hidrogeológico é uma mapa de base

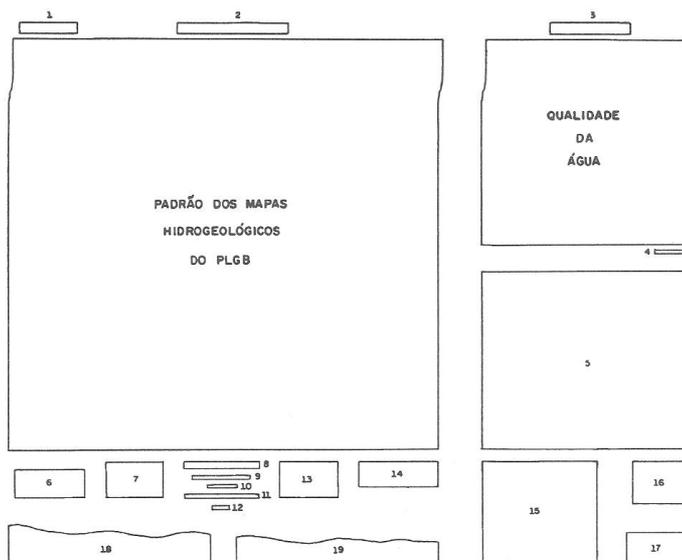


Figura 1

em relação ao qual outros mapas relativos às águas subterrâneas poderão ser elaborados, geralmente em escala menor. São principalmente mapas interpretativos de uma ou mais características das águas subterrâneas, de uso prático, e destinados a um público variado. Dentro deste conceito é que fizemos incluir na margem direita do mapa principal (Fig. 1), um mapa de encarte na escala 1:250.000, onde constarão aspectos da qualidade das águas subterrâneas e as condições de superfície dos aquíferos.

Na margem inferior do mapa far-se-á constar cortes hidrogeológicos destinados a esclarecer aspectos sequenciais dos aquíferos.

PRINCÍPIO DA LEGENDA

O mapa hidrogeológico na escala 1:100.000 apresentará uma síntese dos dados geológicos interpretados do ponto de vista hidrogeológico, acrescida de dados complementares relativos às águas subterrâneas. Como concebido,

o mapa adota formas simples e de fácil leitura e permite uma homogeneização em termos nacionais.

A metodologia de execução, detalhada em manual próprio, consiste, em essência, da caracterização hidrogeológica das várias litologias cartografadas (PLGB), tendo como suporte de interpretação, além das estruturas geológicas, dados sobre a ocorrência (tipo, extensão, profundidade e permeabilidade do aquífero, vazões dos poços, tipo de fluxo etc.) e qualidade das águas subterrâneas e outras informações influentes na formação, desenvolvimento e conservação dos aquíferos (geomorfologia, solo, vegetação, clima, grau de aproveitamento do solo, etc.).

O mapa apresentará por superposição de símbolos, tramas e cores, além de características físicas (níveis da água nos poços, vazões, direções de fluxo, etc.) e químicas (resíduo seco) das águas subterrâneas, uma classificação dos sistemas aquíferos segundo três aspectos:

- 1 - **Tipos e características dos sistemas aquíferos.** São representados por tramas (será feita uma composição trama versus cor para sistema aquífero versus importância hidrogeológica).
- 2 - **Importância hidrogeológica relativa local.** Critério que associa volume e qualidade água, necessidades hídricas e explotabilidade/possibilidades técnicas, justificativas econômicas.
- 3 - **Produtividade de aquífero.** No primeiro caso teremos uma definição da estrutura dos sistemas aquíferos e seus limites, baseada no comportamento hidrogeológico das litologias mapeadas e convenientemente grupadas. Teremos como resultado uma representação hidrolitológica, onde cada unidade será constituída por um sistema mais ou menos complexo (um ou mais níveis aquíferos associados a níveis semipermeáveis e/ou impermeáveis).

O sistema aquífero é definido por um conjunto de elementos físicos (transmissividade, permeabilidade etc.) e geométricos (forma, limites, etc.) em geral sujeitos a certas ações externas aos sistema (bombeamento, recarga artificial, drenagem etc.). A individualização do sistema será feita com base nos critérios de estrutura, do modo e da ordem de grandeza da permeabilidade e nas condições de superfície capazes de influenciar o comportamento das águas subterrâneas.

Para efeito de orientação damos abaixo uma classificação dos aquíferos segundo a permeabilidade dos terrenos:

Quadro 1

Permeabilidade m/dia	-6		-5		-4		-3		-2		-1		1		2		3		4	
	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Qualificação	Impermeável				Pouco Permeável				Algo Permeável				Permeável				Muito Permeável			
Classificação do aquífero	Aqüicludo				Aquitardo				Aqüífero Pobre				Aqüífero de regular a bom				Aqüífero excelente			
Tipo de Terreno	Argila compacta Ardósia Granito				Silte argiloso Silte Argila arenosa Argilas estratificadas				Areia fina Areia siltica Areia argilosa Calcário fraturado				Areia fina Mistura cascalho-areia				Cascalho puro			
Capacidade de drenagem	Não drenam				Drenam mal				Drenam bem											

Para um melhor entendimento do conceito de sistema aquífero, apresentamos um legenda-tipo elaborada para a folha São Gonçalo do Sapucaí (Fig. 2). Abaixo damos alguns exemplos de tipos bem definidos.

Exemplo:

1- **Aquíferos locais livres, subordinados aos cursos d'água.**

Permeabilidade alta a média. Aproveitamento através de poços de grande diâmetro e tubulares rasos, em geral, de elevada produtividade.

2- **Aquíferos livres, contínuos e extensos embutidos em formações semipermeáveis** (ou: cobertura semipermeável contendo níveis permeáveis extensos). Permeabilidade variável. Aproveitamento através de poços tubulares de até 200m.

3- **Aquíferos descontínuos, livres, estrutura dobrada, compartimentos.** Permeabilidade geralmente de baixa a média, mas localmente muito elevada. Aproveitamento através de poços tubulares de 80 a 100 metros de profundidade.

A importância hidrogeológica relativa local (grande, mediana, pequena, muito pequena e negligenciável) tem conceituação subjetiva e a definição das áreas deve ser feita mediante um confronto equilibrado entre quantidade de água (disponibilidade versus necessidade), qualidade (salinidade, contaminação) e explotabilidade (possibilidades técnicas e econômicas de captação). A separação das áreas terá condições distintas de região para região, dependendo da carência e dos costumes de uso da água.

A produtividade dos aquíferos será representada em

Quadro 2

DIVISÃO ESTRATIGRÁFICA		LITOLOGIAS		TIPOS E CARACTERÍSTICAS DOS SISTEMAS AQUÍFEROS	IMPOR- TÂNCIA HIDRO- GEOLOGICA RELATIVA
GRUPO/ COMPLEXO	FORMAÇÃO/ CORPO/ UNIDADE				
	Aluviões	Qa	Areias, argilas, cascalhos, turfa	Aquíferos contínuos de extensão variável, livres. Consistem de sedimentos clásticos não consolidados de espessura variável (máxima de 25m). Permeabilidade geralmente alta a média. Alimentação direta dos rios e chuvas. Águas, em geral, de boa qualidade. Aproveitamento através de poços de grande diâmetro e tubulares rasos.	Média a Grande
	Colúvios	Qc	Areias, cascalhos	Aquíferos locais encontrados em sedimentos inconsolidados de encosta, livres. Permeabilidade geralmente alta a média. Reservas hídricas sujeitas a grandes variações sazonais. Qualidade química das águas boa.	Pequena
	Instrusivas básicas	PXy	Hornblenditos e diopsitos	Aquíferos praticamente ausentes. Ocorrência local de pouca expressão	Muito pequena
	Granitos	Ply	Granito- gnaisse diversos	Aquíferos locais restritos às zonas fraturadas, livres. Permeabilidade baixa. Relevo acidentado. Numerosas fontes, geralmente relacionadas as zonas alteradas. Águas de boa qualidade.	Pequena
GRUPO ANDRE- LÂNDIA	Gnaisses Brejão	Plab	Gnaisses c/ intercalações de micaxistos e quartzitos e anfíbolitos	Aquíferos locais restritos às zonas fraturadas, livres. Permeabilidade baixa. Relevo acidentado. Reservas hídricas limitadas com melhores possibilidades nos níveis quartzíticos. Águas de boa qualidade.	Pequena
	Fm. S. Tomé das Letras	Plast	Quartzitos com intercalações de xistos	Aquíferos locais restritos às zonas fraturadas, livres. Constituem faixas estreitas em zonas de cisalhamento transcorrente. Permeabilidade média a baixa. Águas quimicamente de boa qualidade. Exploração restrita aos pontos mais baixos.	Pequena
	FORMAÇÃO CAMBUQUIR	Plac ₂	Gnaisses, quartzitos e xistos	Aquíferos locais restritos às zonas fraturadas, ampliadas devido a associação com aluviões ou manto de intemperismo, livres. Áreas de ocorrência, em geral, controladas por zonas de cisalhamento. Permeabilidade média a baixa. Qualidade química das águas boa.	Pequena
		Plac ₁	Xistos, quartzitos	Aquífero praticamente ausente. Possibilidade de ocorrência de água subterrânea restrita aos níveis quartzíticos.	Muito Pequena
COMPLEXO LAMBARI	Unidade B	PII B	Gnaisses, anfíbolitos, quartzitos e xistos	Aquíferos locais restritos às zonas fraturadas, localmente ampliadas devido ao desenvolvimento de espesso manto de intemperismo ou cobertura aluvionar, livres. Permeabilidade média a baixa. Qualidade química das águas boa.	Média
	Unidade A	PII A	Gnaisses	O espesso manto de intemperismo(até mais de 50m) dá origem a aquíferos contínuos de extensão variável, associados a aquíferos locais restritos às zonas fraturadas, livres. Permeabilidade geralmente média a baixa. Qualidade química das águas boa. Pequena área de ocorrências	Pequena

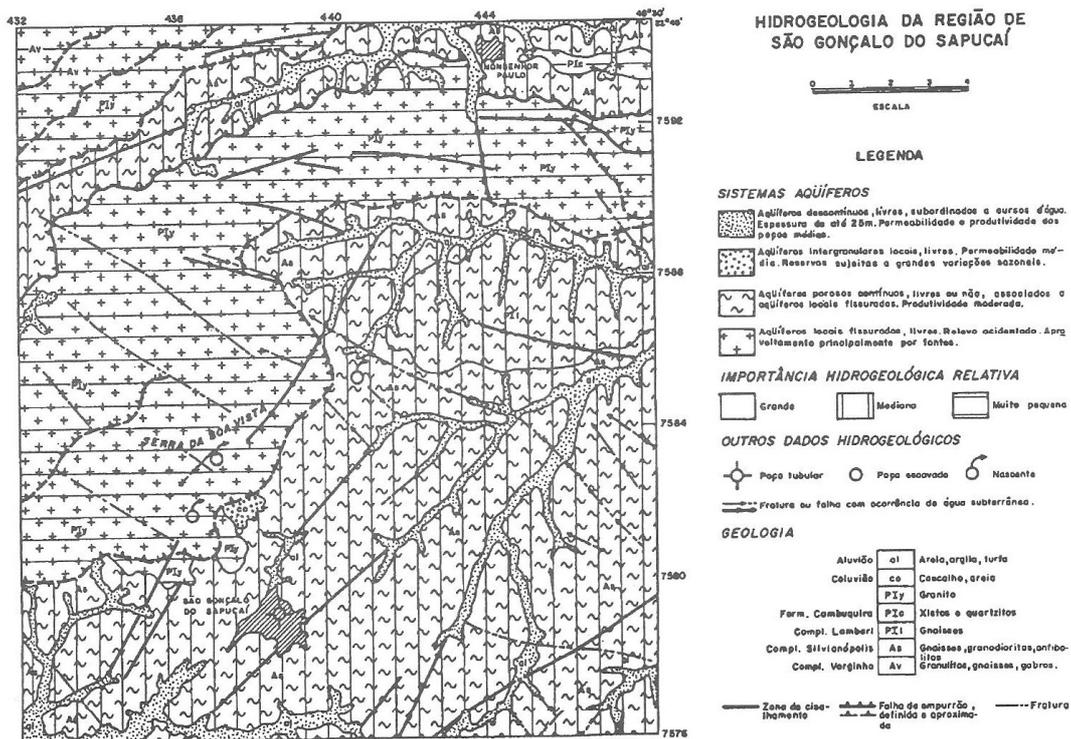


Figura 2

faixas de valores de capacidade específica (l/s/m) segundo dos limites abaixo:

PRODUTIVIDADE DE AQUIFERO
(Capacidade específica dos Poços)

Superior a	1,11 l/s/m
Entre	1,11 e 0,44 l/s/m
Entre	0,44 e 0,11 l/s/m
Entre	0,11 e 0,33 l/s/m
Inferior a	0,033 l/s/m

Na representação pontual o símbolo do poço terá dimensão indicativa da vazão do mesmo, conforme as faixas de grandezas seguintes:

PRODUTIVIDADE DE POÇO

✦ Seco	○ ✦ Entre 10 e 40 m ³ /h
○ ✦ Até 3 m ³ /h	○ ✦ Entre 40 e 100 m ³ /h
○ ✦ Entre 3 e 10 m ³ /h	○ ✦ Superior a 100 m ³ /h

Nota: As vazões são definidas para um rebaixamento do nível d'água de 25m.

MAPA DE ENCARTE NA ESCALA 1:250.000

Este documento tem por objetivo uma representação cartográfica de aspectos especiais das águas subterrâneas, notadamente da salinidade, dos riscos a poluição por agentes estranhos ao meio e do relacionamento do sistema aquífero com os condicionamentos de superfície.

Os dados químicos das águas serão indicados pontualmente, em isolíneas (TDS) e em áreas representativas quando possível. Neste último caso serão individualizadas as áreas de ocorrência de mesmo tipo químico da água conforme abaixo.

Tipos químicos de água:

- 1 - Bicarbonatada: a) de cálcio
b) de magnésio
c) de sódio
d) mista

- 2 - Cloretada: a) de cálcio
b) de magnésio
c) de sódio
d) mista
- 3 - Sulfatada: a) de cálcio
b) de magnésio
c) de sódio
d) mista
- 4 - Mista: a) de cálcio
b) de magnésio
c) de sódio
d) mista

- Área de descarga de aquífero cárstico
- Área de recarga de aquífero influenciada pela urbanização
- Área de rochas impermeáveis
- Área de descarga de aquífero livre
- Área de descarga de aquífero confinado através de superfície semipermeável
- Área sobreexplotada
- Área de proteção oculta de água subterrânea
- Aquífero utilizado como depósito de rejeitos industriais

Poços Segundo Concentração de Sais na Água (TSD)

- | | |
|---------------|---------------------|
| ○ ⊕ < 1 g/l | ⊕ ⊕ < 8 g/l |
| ● ⊕ 1 - 2 g/l | ⊕ ⊕ Não utilizável |
| ● ⊕ 2 - 4 g/l | ⊕ ⊕ Não determinada |
| ● ⊕ 4 - 8 g/l | |

1	2	3
4	5	6

Dados individuais de qualidade da água

- 1 - Dureza total, em mg/l de CaCO₃
- 2 - Índices de troca de base (itb)
- 3 - Taxa de Adsorção de Sódio (SAR)
- 4 - Relação rCa/rMg
- 5 - Cloretos, em mg/l ou relação rCl/rHCO₃
- 6 - Relação rSO₄/rCl

Constarão também do mapa de encarte os aspectos mais significativos do relacionamento do sistema aquífero coma as condições de superfície e de poluição das águas subterrâneas.

1 - CONDIÇÃO DAS ÁREAS DE EXPOSIÇÃO DOS AQUÍFEROS

- Área de recarga em formação de elevada a média permeabilidade
- Área de recarga com coberturas inconsolidadas sobre aquíferos fraturados
- Área de recarga em coberturas inconsolidadas sobre aquíferos de baixa permeabilidade
- Área de recarga de aquífero fraturado com relevo acidentado
- Área de recarga de aquífero fraturado
- Área de recarga de aquífero cárstico

2 - POLUIÇÃO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

- | | |
|---|----------------------------------|
| a) Vulnerabilidade do Aquífero à Poluição | b) Risco de Poluição do Aquífero |
| A Alta | 1 Alto |
| B Média | 2 Médio |
| C Baixa | 3 Baixo |
| D Negligenciável | 4 Negligenciável |

As áreas serão representadas pela combinação das letras A, B, C e D indicativas da vulnerabilidade do aquífero à poluição (grau de exposição aos agentes poluidores) e os índices numéricos (1, 2, 3 e 4) correspondentes ao risco de poluição do aquífero (existência em maior ou menor grau de condições propícias a ocorrência de poluição). Exemplos:

- Área de alta vulnerabilidade e alto risco de poluição das águas subterrâneas
- Áreas de alta vulnerabilidade e baixo risco de poluição das águas subterrâneas
- Áreas de baixa vulnerabilidade e médio risco de poluição das águas subterrâneas.

Para cada motivo descrito (características dos sistemas aquíferos, poços, importância hidrogeológica relativa, produtividade de aquífero, tipos químicos de água etc) será elaborado um "layer" que, na impressão, serão convenientemente superpostos.

BIBLIOGRAFIA

BRASIL, SUDENE (1966). Símbolos e normas para mapas geológicos. Recife, SUDENE, Div. Documentação, 32 f. mimeog. ilustr.

- BRGM (1966). La cartographie hydrogéologique. Paris. B.R.G.M. Chronique d'Hydrogeologie, nº 9, 32 p.
- CPRM (1986). Projeto mapas de previsão de recursos hídricos subterrâneos; roteiro metodológico de elaboração. CPRM (inédito), 54 p. ilustr.
- IAH/IAHS (1970). Legenda internacional para mapas hidrogeológicos. UNESCO/IAH/IAHS/Institute of Geological Sciences (Fr. Ing. Esp. Rus.) 101p. ilustr.
- IAH/IAHS (1983). International Legend for hidrogeological maps. (versão revisada). IAH/IAHS/UNESCO. 51p. ilustr.
- LEAL, ANTONIO DE SOUZA (1974). Legenda para mapas hidrogeológicos. Recife SUDENE - Div. Documentação. 72p. ilustr. (Hidrogeologia, 48).