CARTOGRAFIA HIDROGEOLÓGICA NO SGB: UMA VISÃO METODOLÓGICA

Adson Brito Monteiro[1]; Thiago Luiz Feijó de Paula[2]& João Alberto Oliveira Diniz[3]

Abstract: This work shows the evolution and fundamentals of the Hydrological Cartography Methodology, used in a GIS environment, defined by the Geological Survey of Brazil-SGB-CPRM. The methodology was used in the maps published from 2014 to 2023. In addition, as a complement to the Hydrogeological Cartography Manual, the Hydrostatigraphic Units "Low Productive to Unproductive" were subdivided into 3 subclasses (Low Productive, Very Little Productive and Unproductive).

Resumo: Este trabalho mostra a evolução e fundamentos da Metodologia de Cartografia Hidrogeológica, em ambiente SIG, no Serviço Geológico do Brasil-SGB-CPRM e os mapas publicados a partir de 2014 até 2023. Além disso, como complemento ao Manual de Cartografia Hidrogeológica, foram subdivididas as Unidades Hidroestatigráficas Pouco Produtivas a Improdutivas em 3 subclasses (Pouco Produtiva, Muito Pouco Produtiva e Improdutiva).

Palavras-Chave – Metodologia; Taxonomia Hidrogeológica; Classes de Produtividades

1 - INTRODUÇÃO

O Serviço Geológico do Brasil a partir de 2014 iniciou um programa de cartografia hidrogeológica, em ambiente SIG, baseado em normas internacionais estabelecidos pela UNESCO e IAH, no princípio da taxonomia hidrogeológica e em classes de produtividades dos aquíferos. A padronização e normatização estão descritas no Manual de Cartografia Hidrogeológica. Entre 2014 e 2023 ocorreram avanços na metodologia com introdução do conceito de subclasses de produtividades. Neste período foram lançados 2 mapas hidrogeológicos internacionais (Bacia do Prata e Bacia do Rio Quaraí), o Mapa Hidrogeológico do Brasil, 9 mapas de unidades federativas (AL, CE, DF, MT, MG, PB, PR, RJ, RN), 5 mapas em áreas urbanas (Região Metropolitanas do Recife, Goiânia e Manaus, Ilha de São Luís e perímetro urbano e entorno de Campo Grande), 8 mapas na escala 1:100.000 (Buíque, Caimbé, Cajazeiras, Cícero Dantas, Jeremoabo, Sertânia e Ribeira do Pombal). Além disso, estão em andamento os mapas hidrogeológicos da América do Sul e dos estados do Acre, Amapá e Sergipe, todos com previsão de conclusão em 2023.

2 - OBJETIVO

Este trabalho tem como objetivo principal descrever a metodologia utilizada no Serviço Geológico do Brasil (SGB) na confecção de Mapas Hidrogeológicos e a subdivisão das Unidades Hidroestatigráficas Pouco Produtivas a Improdutivas.

1) Geólogo SGB – Serviço Geológico do Brasil. Av. Sul, 2291. Afogados, Recife – PE. (81) 3316-1472. adson.monteiro@sgb.gov.br

2) Geólogo. SGB – Serviço Geológico do Brasil. Av. Sul, 2291. Afogados, Recife – PE. (81) 3316-1494. thiago.paula@sgb.gov.br

3) Geólogo. SGB – Serviço Geológico do Brasil. Av. Sul, 2291. Afogados, Recife – PE. (81) 3316-1460. joao.diniz@sgb.gov.br

3 - CARTOGRAFIA HIDROGEOLÓGICA NO SGB

3.1 - Histórico no Mundo, no Brasil e no SGB

Os mapas hidrogeológicos produzidos em meados do século passado, carregavam uma impressionante variedade de conteúdos e representações, cada um deles representando conceitos locais, sem qualquer homogeneização.

As diferenças entre as representações mostravam-se tão grande que ocasionavam dificuldades na comparação de áreas distintas, ainda que vizinhas, conforme notado em uma amostra realizada em Helsinki em 1961, durante a Assembleia Geral da Associação Internacional de Ciências Hidrogeológicas (IAHS), onde aproximadamente 200 mapas hidrológicos e hidrogeológicos foram apresentados.

Das observações então realizadas, dois requisitos básicos tornaram-se claros:

i. A necessidade do estabelecimento de uma base internacional sobre os métodos de apresentação das informações hidrogeológicas em mapas e,

ii. O estabelecimento de um acordo, sobre quais características hidrogeológicas seriam de importância suficiente para exigir sua representação em um mapa.

O primeiro passo em busca de um consenso para elaboração desses mapas surgiu com a publicação da Associação Internacional de Hidrogeólogos - IHA intitulada "Hydrogeological Maps" (Anon 1977), publicado conjuntamente pela UNESCO e a Organização Meteorológica Mundial (WMO), contendo material descritivo e narrativo sobre todos os campos do mapeamento hidrogeológico, além de um capítulo especial dedicado a mapas de águas subterrâneas.

No Brasil, o mapeamento hidrogeológico sistemático e padronizado teve origem na região nordeste, a partir da publicação pela Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste – SUDENE, no período 1965 a 1980, do século passado, do "Inventário Hidrogeológico Básico do Nordeste", cobrindo uma área de 1.235.000 km^2, composto por 25 folhas na escala de 1:500.000.

Posteriormente coube ao Serviço Geológico do Brasil – SGB-CPRM a normatização dessas atividades, produzindo, já no ano de 1983, o Mapa Hidrogeológico do Brasil, na escala de 1:5.000.000, totalmente de acordo com a nova metodologia internacional estabelecida pela UNESCO (1970, 1977).

Em 1996, conjuntamente com o Departamento Nacional da Produção Mineral – DNPM, o SGB-CPRM publicou o Mapa Hidrogeológico da América do Sul. Seguiram-se, em 2005, o Mapa Hidrogeológico do Rio Grande do Sul (SGB e Governo do Estado) e o de São Paulo (SGB & DAEE & IPT & IG).

No ano de 2007 o SGB-CPRM provoca grande inovação na cartografia hidrogeológica com a publicação de seu "Mapa de Domínios e Subdomínios Hidrogeológicos", elaborado em um Sistema de Informações Geográficas tendo como base o Mapa Geológico do Brasil em Ambiente SIG (GIS BRASIL, 2004).

Em 2012, o SGB-CPRM em parceria com o Governo do Estado de Santa Catarina lançou o "Mapa Hidrogeológico de Santa Catarina", com escala 1:500.000.

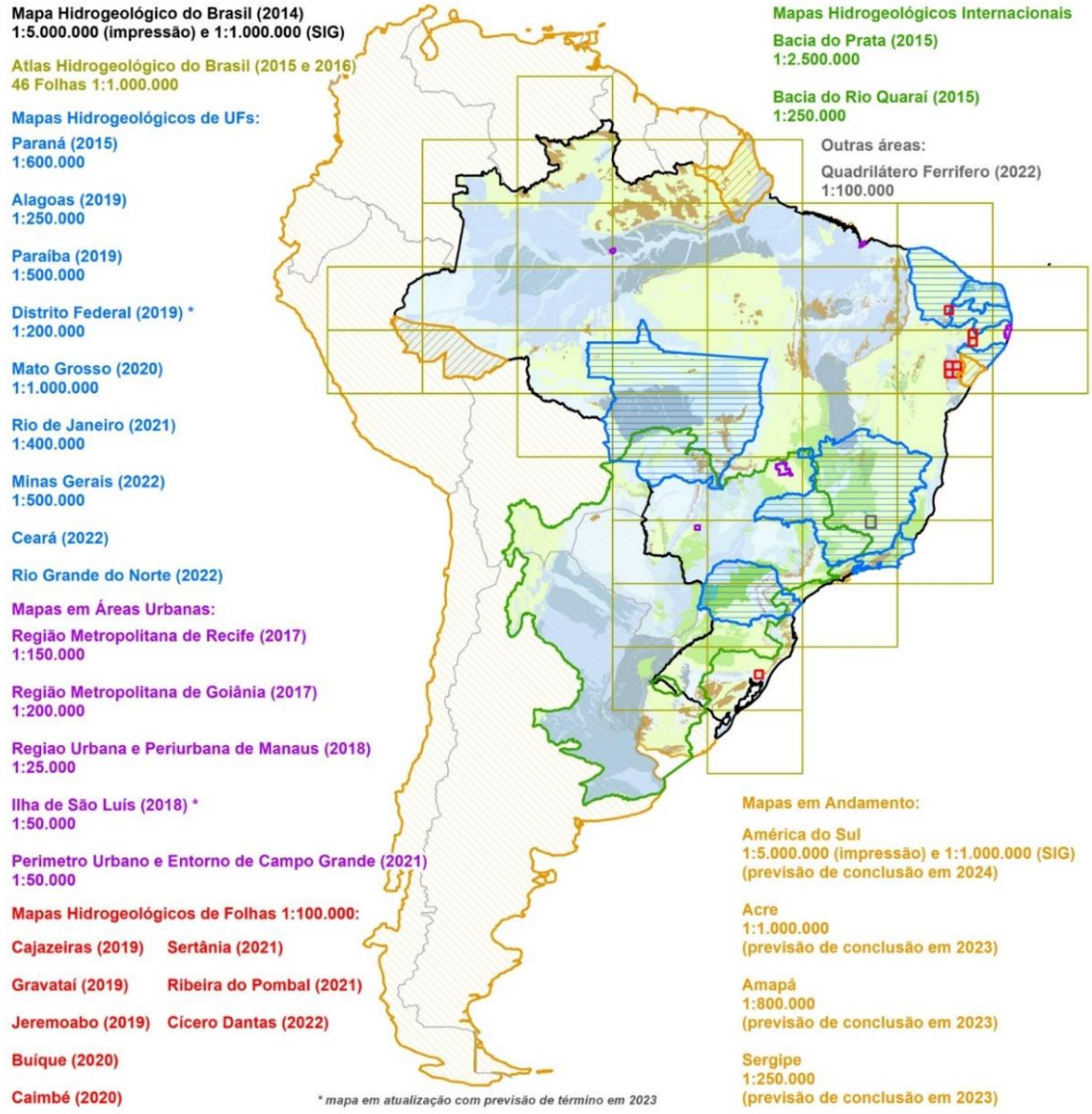
Foi estabelecido, então, o grupo de trabalho de cartografia hidrogeológica na instituição, que baseado em normas internacionais e princípio de Taxonomia Hidrogeológica, desenvolveu uma nova metodologia de trabalho, em ambiente SIG, conforme normatização e padronização descritas no Manual de Cartografia Hidrogeológica (2014). Neste mesmo ano, foi lançado o "Mapa Hidrogeológico do Brasil", com layout de impressão na escala 1:5.000.000 e Sistema de Informação Geográfica na escala de 1:1.000.000. O ano de 2014, marca o início de um programa sistemático de

cartografia hidrogeológica no SGB-CPRM, em que ficaram estabelecidos os padrões necessários para a confecção desses mapas de forma homogênea na instituição.

No ano de 2015, seguindo os critérios estabelecidos no Manual de Cartografia Hidrogeológica (2014), são lançados dois produtos em parceria com países do Mercosul, o "Mapa Hidrogeológico da Bacia do Prata", escala 1:2.500.000, executados com a Argentina, Bolívia, Paraguai e Uruguai e "Mapa Hidrogeológico da Bacia do Quaraí", escala 1:250.000, com o Uruguai. Ainda neste ano, o SGB lançou o "Mapa Hidrogeológico do Estado do Paraná", escala 1:600.000 e dá início a elaboração das primeiras cartas ao milionésimo do "Atlas Hidrogeológico do Brasil", se estendendo até 2016. Neste período foram publicadas as 46 folhas que cobrem o Brasil.

Nos anos seguintes, entre 2017 e 2022, os trabalhos de elaboração de mapas hidrogeológicos continuaram a ser desenvolvidos da mesma forma, sistemática e padronizada, consolidando de forma definitiva o Programa de Cartografia Hidrogeológica no Serviço Geológico de Brasil. Atualmente estão sendo elaborados, em SIG, os Mapa Hidrogeológicos da América do Sul, Estado do Acre, Estado do Amapá e Estado de Sergipe. A figura 1 resume toda produção de mapas hidrogeológicos, de 2014 até 2023, no SGB.

Figura 1 – Mapas Produzidos no Serviço Geológico do Brasil Entre 2014 e 2023.



3.2 – Metodologia

Fundamentos

A metodologia na cartografia de águas subterrâneas no Serviço Geológico do Brasil (SGB), tem como fundamento o princípio de Taxonomia Hidrogeológica (Diniz *et al.* – 2014; Monteiro *et al.* - 2016) que estabeleceram uma hierarquização na classificação e nomenclatura das unidades hidrogeológicas (Figuras 2 e 3). Foram também estabelecidas Classes de Produtividades baseadas nos trabalhos de Struckmeir & Margat (1995) modificada por Diniz *et al.* (2012) – Tabela 1, e posteriormente subdivididas por Monteiro *et al.* (2019), conforme mostrado na Tabela 2.

Figura 2 – Divisão Taxonômica Hidrogeológica.

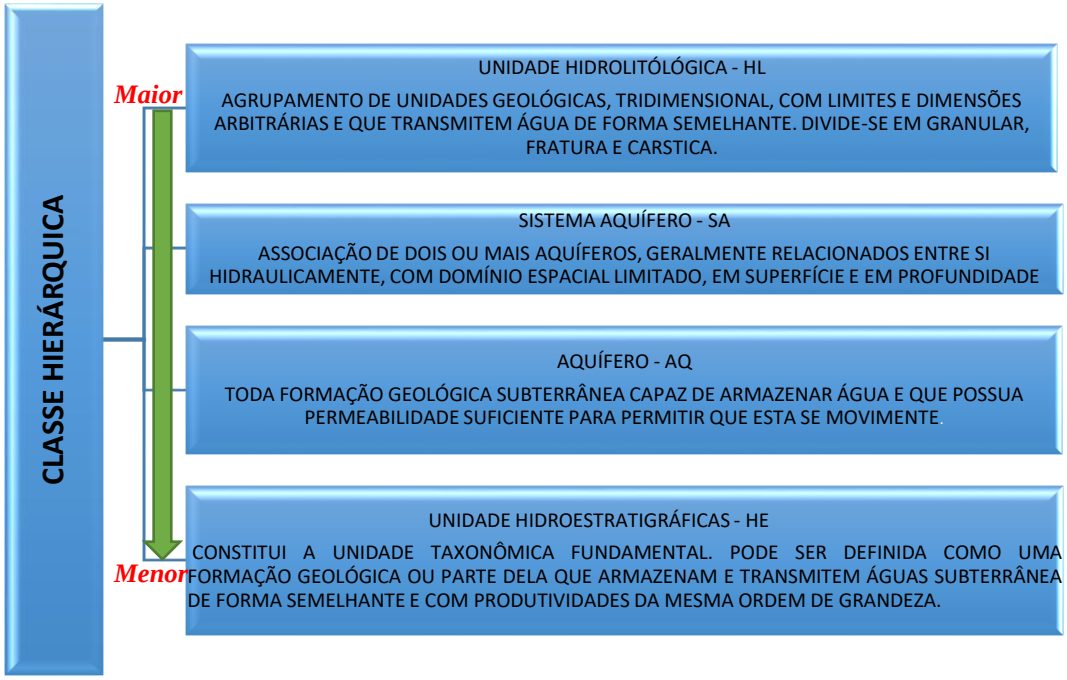
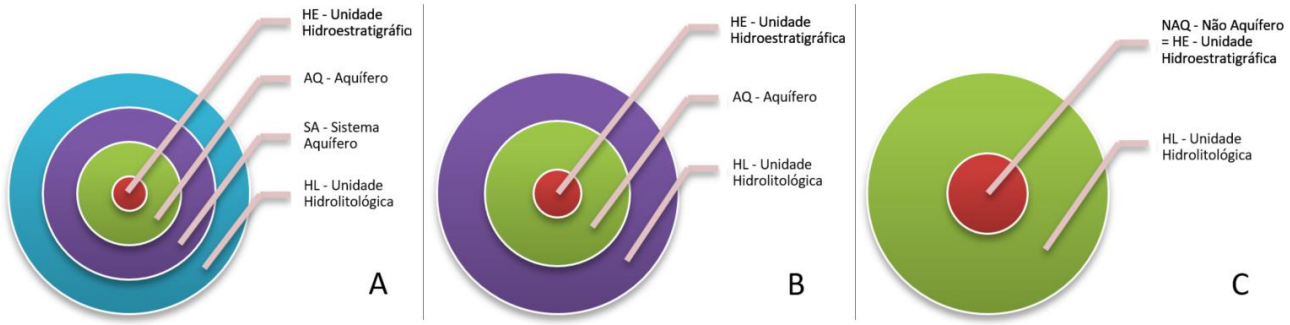


Figura 3 – Hierarquização Taxonômica Hidrogeológica.



Fonte: Monteiro *et al.* (2016)

A e B – unidades que armazenam e transmitem água subterrânea.
C – unidades que não transmitem água subterrânea ou transmitem pouco.

Tabela 1 – Caracterização Hidráulica das Unidades Hidroestratigráficas.

Classe	Granulares	Fraturadas	Cársticos	Q/s ($m^3/h/m$)*	T (m^2/s)	K (m/s)	Vazão(m^3/h)	Produtividade **
(1)				≥ 4,0	≥ 10^{-2}	≥10^{-4}	≥ 100	Muito Alta: Fornecimentos de água de importância regional (abastecimento de cidades e grandes irrigações). Aquíferos que se destaquem em âmbito nacional.
(2)				2,0 ≤ Q/s < 4,0	10^{-3} ≤T<10^{-2}	10^{-5} ≤K< 10^{-4}	50 ≤ Q < 100	Alta: Características semelhantes à classe anterior, contudo situando-se dentro da média nacional de bons aquíferos.
(3)				1,0 ≤ Q/s < 2,0	10^{-4} ≤T<10^{-3}	10^{-6} ≤K<10^{-5}	25 ≤ Q < 50	Moderada: Fornecimento de água para abastecimentos locais em pequenas comunidades, irrigação em áreas restritas.
(4)				0,4 ≤ Q/s < 1,0	10^{-5} ≤T< 10^{-4}	10^{-7} ≤K< 10^{-6}	10 ≤ Q < 25	Geralmente baixa, porém localmente moderada: Fornecimentos de água para suprir abastecimentos locais ou consumo privado.
(5)				0,04 ≤ Q/s < 0,4	10^{-6} ≤T< 10^{-5}	10^{-8} ≤K< 10^{-7}	1 ≤ Q < 10	Geralmente muito baixa, porém localmente baixa: Fornecimentos contínuos dificilmente são garantidos.
(6)				< 0,04	< 10^{-6}	< 10^{-8}	< 1	Pouco Produtiva ou Não Aquífera: Fornecimentos insignificantes de água. Abastecimentos restritos ao uso de bombas manuais.

Modificada de Struckmeir & Margat, 1995

* Valores válidos para teste de bombeamento de 12 horas e rebaixamentos máximos de 25 metros

** Na definição de classe de produtividade para os aquíferos cársticos e fraturados, utilizou-se apenas dados de vazão

Fonte: Diniz *et al.* (2012)

Tabela 2 – Subdivisão das Classes de Produtividades.

Classe	Subclasse	Q (m^3/h)	Q/s ($m^3/h/m$)	T (m^2/s)	K (m/s)	Produtividade
1	-	≥100	≥4,0	≥10^{-02}	≥10^{-4}	Muito Alta
2	2a	83≤Q<100	3,32≤Q<4,0	5,4x10^{-3}≤T<10^{-2}	5,4x10^{-5}≤K<10^{-4}	Alta
	2b	67≤Q<83	2,68≤Q<3,32	2,6x10^{-3}≤T<5,4x10^{-3}	2,6x10^{-5}≤K<5,4x10^{-5}	
	2c	50≤Q<67	2,0≤Q<2,68	10^{-3}≤T<2,6x10^{-3}	10^{-5}≤K<2,6x10^{-5}	
3	3a	41≤Q<50	1,64≤Q<2,0	5,2x10^{-4}≤T<10^{-3}	5,2x10^{-6}≤K<10^{-5}	Moderada
	3b	33≤Q<41	1,32≤Q<1,64	2,5x10^{-4}≤T<5,2x10^{-4}	2,5x10^{-6}≤K<5,2x10^{-6}	
	3c	25≤Q<33	1,0≤Q<1,32	10^{-4}≤T<2,5x10^{-4}	10^{-6}≤K<2,5x10^{-6}	
4	4a	20≤Q<25	0,8≤Q<1,0	5,3x10^{-5}≤T<10^{-4}	5,3x10^{-7}≤K<10^{-6}	Geralmente baixa, porém localmente moderada.
	4b	15≤Q<20	0,6≤Q<0,8	1,8x10^{-5}≤T<5,3x10^{-5}	1,8x10^{-7}≤K<5,3x10^{-7}	
	4c	10≤Q<15	0,4≤Q<0,6	10^{-5}≤T<1,8x10^{-5}	10^{-7}≤K<1,8x10^{-7}	
5	5a	7≤Q<10	0,28≤Q<0,4	7,8x10^{-6}≤T<10^{-5}	7,8x10^{-8}≤K<10^{-7}	Geralmente muito baixa, porém, localmente baixa.
	5b	4≤Q<7	0,16≤Q<0,28	5,1x10^{-6}≤T<7,8x10^{-6}	5,1x10^{-8}≤K<7,8x10^{-8}	
	5c	1≤Q<4	0,04≤Q<0,16	10^{-6}≤T<5,1x10^{-6}	10^{-8}≤K<5,1x10^{-8}	
6	-	< 1	<0,04	<10^{-6}	<10^{-8}	Pouco produtiva a Não Aquífera.

Fonte: Monteiro *et al.* (2019)

A figura 4 exemplifica em mapa as tipologias taxonômicas estabelecidas, desde classe de maior extensão areal (Unidade Hidrolitológica) até aquela de maior detalhamento e menor extensão em área, considerada a unidade fundamental (Unidade Hidroestratigráfica).

Evolução

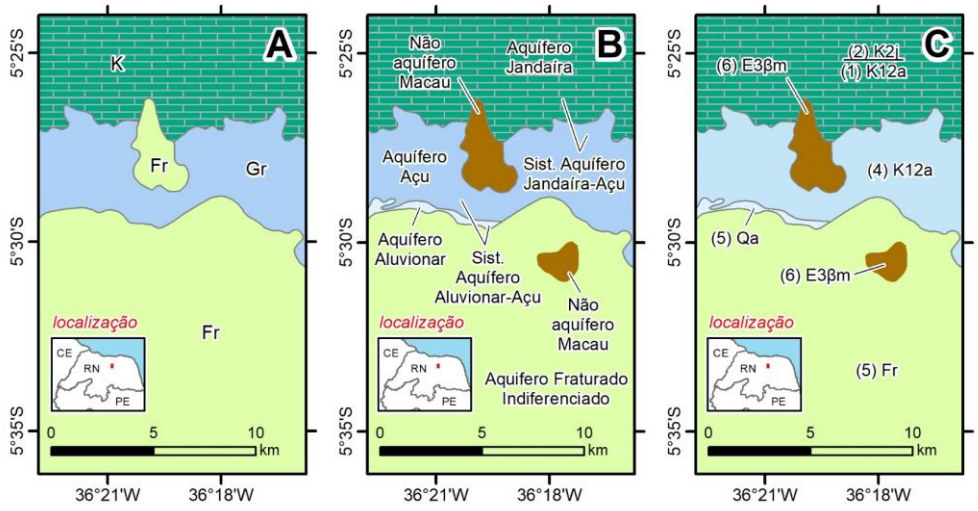
Na evolução da metodologia da cartografia hidrogeológica no Serviço Geológico do Brasil (SGB) inicialmente se considerava, devido às escalas pequenas de trabalho, somente as classes de produtividades de 1 a 6 como definido Diniz *et al. (op. cit.)* baseado em Struckmeir e Margat (1995).

Posteriormente, Monteiro *et al.* (2019) observaram a necessidade da *divisão das classes em subclasses* ao se trabalhar em unidades granulares, fraturadas e cársticas, em escalas maiores que ao

milionésimo. No caso das unidades sedimentares granulares, esta subdivisão decorre da variação faciológica, vertical e lateral, visível em escalas de detalhes, mostrando condutividades e transmissividades hidráulicas variáveis, acarretando uma produtividade diferenciada. Nas unidades hidrolitólogicas fraturadas e cársticas esta subdivisão ocorre, sobretudo, devido a aspectos estruturais. No nordeste brasileiro, principalmente, os poços nestes tipos de aquífero mostram geralmente vazões muito reduzidas, evidenciando a necessidade de um maior detalhamento.

Figura 4 – Exemplos em Mapa das Tipologias Taxonômicas.

A - Unidades Hidrolitólogicas B – Aquíferos/Sistema Aquífero C – Unidades Hidroestratigráficas



Na proposta inicial de Monteiro *et al.* (*op. cit.*), não foram subdivididas as classes 1 e 6, considerando que por representarem os extremos dos intervalos de vazões (muito altas ou muito baixas), não havia necessidade deste detalhamento. Entretanto, a prática mostrou que a classe 6 precisava de uma subdivisão, por agregar unidades de produtividades menores que 1 m^3/h, porém utilizadas no abastecimento rural das populações difusas e unidades hidroestratigráficas não produtivas, acarretando interpretações semelhantes para situações diferentes.

Desta maneira, utilizando os argumentos matemáticos com similaridade aos utilizados na divisão das classes de produtividades de 2 a 5, subdividimos a classe 6 (tabela 3) considerando que:

1. Subclasse 6a - representa uma unidade hidroestratigráfica granular, fraturada ou cárstica, pouco produtiva, porém localmente podendo ocorrer fácies ou camadas com produtividade muito baixa.

2. Subclasse 6b – representa uma unidade hidroestratigráfica granular, fraturada ou cárstica, muito pouco produtiva.

3. Subclasse 6c – representa uma unidade granular; fraturada ou cárstica, não produtiva.

Tabela 3 – Subdivisão das Unidades Hidroestratigráficas Pouco Produtivas a Improdutivas.

Classe	Subclasse	Q(m3/h)	Qs_(m3/h/m)	T (m2/s)	K (m/s)	Produtividade
6	6a	$0,60 \leq Q < 1,0$	$0,024 \leq Qs < 0,04$	$6,0x10^{-7} \leq T < 10^{-6}$	$6,0x10^{-9} \leq K < 10^{-8}$	Pouco produtiva, porém Localmente muito baixa
	6b	$0,20 \leq Q < 0,6$	$0,008 \leq Qs < 0,024$	$2,0x10^{-8} \leq T < 6,0x10^{-7}$	$2,0x10^{-10} \leq K < 6,0x10^{-9}$	Muito pouco produtiva
	6c	$Q < 0,20$	$< 0,008$	$< 2,0x10^{-8}$	$< 2,010^{-10}$	Improdutiva

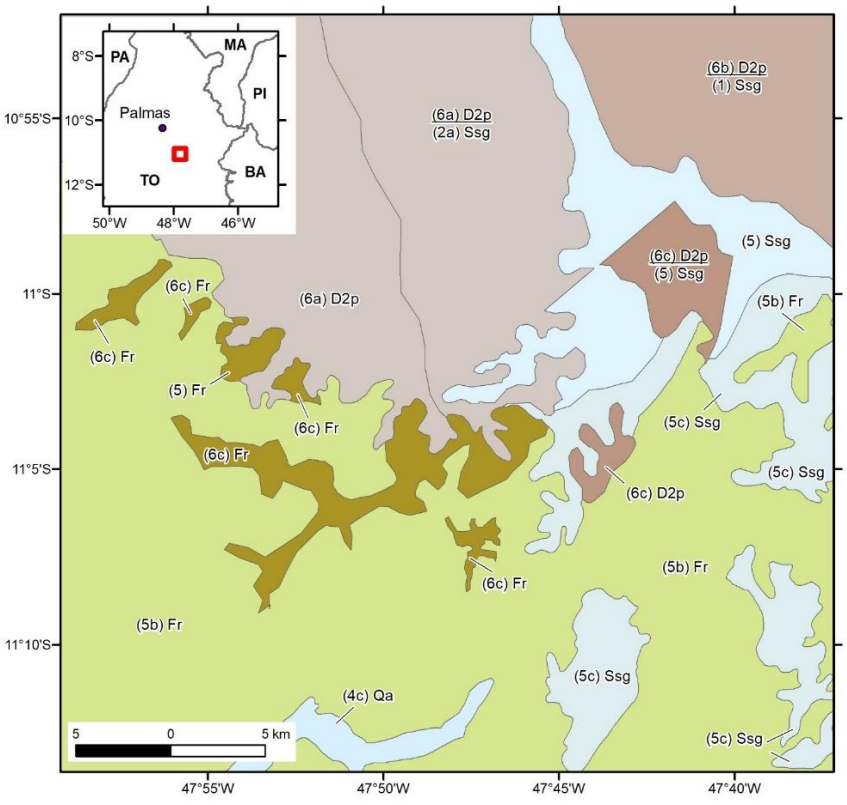
A tabela 4 mostra a consolidação evolutiva da metodologia no Serviço Geológico do Brasil.

Tabela 4 – Classes e Subclasses de Produtividades.

Classe	Subclasse	Q (m^3/h)	Q/s ($m^3/h/m$)	T (m^2/s)	K (m/s)	Produtividade
1	-	≥100	≥4,0	$\geq 10^{-2}$	$\geq 10^{-4}$	Muito Alta
2	2a	$83 \leq Q < 100$	$3,32 \leq Qs < 4,0$	$5,4x10^{-3} \leq T < 10^{-2}$	$5,4x10^{-5} \leq K < 10^{-4}$	Alta
	2b	$67 \leq Q < 83$	$2,68 \leq Qs < 3,32$	$2,6x10^{-3} \leq T < 5,4x10^{-3}$	$2,6x10^{-05} \leq K < 5,4x10^{-05}$	
	2c	$50 \leq Q < 67$	$2,0 \leq Qs < 2,68$	$10^{-3} \leq T < 2,6x10^{-3}$	$10^{-5} \leq K < 2,6x10^{-5}$	
3	3a	$41 \leq Q < 50$	$1,64 \leq Qs < 2,0$	$5,2x10^{-4} \leq T < 10^{-3}$	$5,2x10^{-6} \leq K < 10^{-5}$	Moderada
	3b	$33 \leq Q < 41$	$1,32 \leq Qs < 1,64$	$2,5x10^{-4} \leq T < 5,2x10^{-4}$	$2,5x10^{-6} \leq K < 5,2x10^{-6}$	
	3c	$25 \leq Q < 33$	$1,0 \leq Qs < 1,32$	$10^{-4} \leq T < 2,5x10^{-4}$	$10^{-6} \leq K < 2,5x10^{-6}$	
4	4a	$20 \leq Q < 25$	$0,8 \leq Qs < 1,0$	$5,3x10^{-5} \leq T < 10^{-4}$	$5,3x10^{-07} \leq K < 10^{-06}$	Geralmente Baixa, Porém localmente moderada.
	4b	$15 \leq Q < 20$	$0,6 \leq Qs < 0,8$	$1,8x10^{-5} \leq T < 5,3x10^{-5}$	$1,8x10^{-7} \leq K < 5,3x10^{-7}$	
	4c	$10 \leq Q < 15$	$0,4 \leq Qs < 0,6$	$10^{-5} \leq T < 1,8x10^{-5}$	$10^{-7} \leq K < 1,8x10^{-7}$	
5	5a	$7 \leq Q < 10$	$0,28 \leq Qs < 0,4$	$7,8x10^{-6} \leq T < 10^{-5}$	$7,8x10^{-8} \leq K < 10^{-7}$	Geralmente muito Baixa, Porém Localmente baixa.
	5b	$4 \leq Q < 7$	$0,16 \leq Qs < 0,28$	$5,1x10^{-6} \leq T < 7,8x10^{-6}$	$5,1x10^{-8} \leq K < 7,8x10^{-8}$	
	5c	$1 \leq Q < 4$	$0,04 \leq Qs < 0,16$	$10^{-6} \leq T < 5,1x10^{-6}$	$10^{-8} \leq K < 5,1x10^{-8}$	
6	6a	$0,60 \leq Q < 1,0$	$0,024 \leq Qs < 0,04$	$6,0x10^{-7} \leq T < 10^{-6}$	$6,0x10^{-9} \leq K < 10^{-8}$	Pouco produtiva, porém localmente muito baixa
	6b	$0,20 \leq Q < 0,6$	$0,008 \leq Qs < 0,024$	$2,0x10^{-8} \leq T < 6,0x10^{-7}$	$2,0x10-^{10} \leq K < 6,0x10^{-9}$	Muito pouco produtiva
	6c	<0,20	<0,008	$<2,0x10^{-8}$	$<2,0x10^{-10}$	Improdutiva

A figura 5 exemplifica em mapa, a subdivisão de uma unidade hidroestratigráfica que antes era definida como classe 6 e agora recebe as classificações 6a, 6b e 6c.

Figura 5 – Exemplo em Mapa de Unidades Hidroestratigráficas Classificadas em 6a, 6b e 6c.



Representação em Mapa e Style cor do Mapa

Complementam a metodologia, a Representação em Mapa das classes e subclasses das unidades hidroestratigráficas, aflorante e subjacente e a *Style* Cor do Mapa onde estão listados todos RGB.

A *Representação em Mapa* corresponde a Unidade Hidroestratigráfica Aflorante (U_HE_AFL) sobre a Unidade Hidroestratigráfica Subjacente (U_HE_SUB) – Figura 6. A Unidade Hidroestratigráfica corresponde a junção da classe ou subclasse de produtividade mais a sigla da Unidade Estratigráfica (UE). A Unidade Hidroestratigráfica Subjacente representa a unidade mais produtiva que esteja em profundidade economicamente viável e com água de boa qualidade, preferencialmente.

Figura 6 – Representação em Mapa.

$$\frac{\text{(3) N3i}}{\text{(1) K2ac}} = \frac{\text{(Classe ou Subclasse) Unidade hidroestratigráfica aflorante}}{\text{(Classe ou Subclasse) Principal unidade hidroestratigráfica subjacente}}$$

Obs.: 1) A classe de produtividade do aquífero + a unidade estratigráfica, seja aflorante ou subjacente, define a unidade hidroestratigráfica.

2) A principal unidade hidroestratigráfica subjacente, representa o aquífero mais produtivo, com boa qualidade de água e em menor profundidade.

As Cores do Mapa foram definidas pela UNESCO (1983) durante a Convenção Internacional para Mapas Hidrogeológicos e adotadas pela Associação Internacional de Hidrogeologia (AIH). Segundo os critérios aprovados, foi escolhida a cor azul para aquífero granular, verde para aquífero fraturado, incluindo os cársticos e marrom para as unidades não aquíferas. A produtividade para os aquíferos varia dos menos produtivos (azul claro, verde claro) até os mais produtivos (azul escuro e verde escuro). A figura 7 mostra a simbologia e padrão RGB utilizados em Mapas.

Figura 7 – Simbologia e Padrão RGB utilizados em mapas no SGB.

Classe	Granular	Fraturada	Cárstica	RGB (Gr)	RGB (Fr)	RGB (K)
(1)				112,148,169	0,115,76	56,132,148
(2)				130,173,207	0,168,132	65,171,190
(2a)				141,182,217	24,177,99	83,180,189
(2b)				152,194,227	48,186,66	100,190,189
(2c)				162,199,237	72,195,33	117,197,189
(3)				173,208,247	96,204,0	135,206,189
(3a)				179,213,247	110,211,21	144,212,194
(3b)				184,218,247	124,217,42	154,218,199
(3c)				190,223,247	138,224,63	164,224,204
(4)				195,229,247	152,230,85	174,230,209
(4a)				202,233,249	170,236,107	186,235,216
(4b)				209,237,251	188,243,128	199,240,222
(4c)				216,240.253	206,249,150	211,245,229

Classe	Granular	Fraturada	Cárstica	RGB (Gr)	RGB (Fr)	RGB (K)
(5)				224,244,255	224,255,171	224,250,235
(5a)				223,243,246	219,243,157	221,243,225
(5b)				222,240,243	214,231,143	218,236,220
(5c)				222,237,240	209,219,129	215,228,214
(6)				179,130,107	161,130,0	186,112,0
(6a)				212,201,195	191,191,94	214,189,144
(6b)				201,176,163	191,169,65	209,163,98
(6c)				189,150,132	171,149,39	199,136,54

4. – CONCLUSÕES

Mapas hidrogeológicos se constituem em ferramenta de extrema importância para o conhecimento, uso e gestão dos recursos hídricos de qualquer região, e têm evoluído continuamente desde o final da década de 60 do século passado.

No nosso país, sua elaboração e divulgação tem sido conduzida historicamente no Serviço Geológico do Brasil, apresentando grande avanço a partir da publicação de seu Manual de Cartografia Hidrogeológica.

O detalhamento das classes de produtividade em subclasses vem atender a necessidade de representar aquíferos de produtividades diferentes que eram mostradas da mesma forma, porém que representam importantes mananciais para o abastecimento de grandes áreas, notadamente na região semiárida do nordeste brasileiro.

5. – REFERÊNCIAS

ANON (1970). *"International legend for hydrogeological maps"*. London: UNESCO; IAHS; Inst. Geol. Sci, 1970. 101 p.

ANON (1977). *"Hydrogeological Maps"*. A contribution to the International Hydrological Decade. Studies and reports in hydrology, 20: 204 pp.; UNESCO; JWMO, Lausanne.

ANON (1983). "International legend for hydrogeological maps". Ed. Rev. Paris: UNESCO, 1983. 51p. (UNESCO Technical Documente, SC-84/WS/7)

CPRM (2004). "*Carta Geológica do Brasil ao Milionésimo"*. Projeto GIS Brasil. 48 Folhas. Programa Geologia do Brasil. Disponível em: http://www.cprm.gov.br/publique/Geologia/Geologia-Basica/Carta-Geologica-do-Brasil-ao-Milionesimo-298.html

CPRM/GOVERNO DO RIO GRANDE DO SUL (2005). "Projeto Mapa Hidrogeológico do Rio Grande do Sul". Disponível em https://rigeo.cprm.gov.br/handle/doc/5249.

CPRM (2007). "*Mapa de domínios e subdomínios hidrogeológicos do Brasil: águas subterrâneas: escala 1:2.500.000"*. Rio de Janeiro: CPRM, 2007. 1 CD-ROM. Sistema de Informações Geográficas - SIG. Disponível em: http://www.cprm.gov.br/publique/media/RecHidSub.pdf

CPRM/GOVERNO DO ESTADO DE SANTA CATARINA (2012). *"Mapa Hidrogeológico do Estado de Santa Catarina"*. Escala 1:500.000. Disponível em https://www.aguas.sc.gov.br/jsmallfib_top/DRHI/Aguas%20Subterraneas/99-wetransfer-mapa_hidrogeologico_sc.pdf.

CPRM/COMITÊ INTERGOVERNAMENTAL COORDENADOR DOS PAÍSES DA BACIA DO PRATA (2015). *"Mapa hidrogeológico da Bacia do Prata=Mapa hidrogeologico de la Cuenca Del Plata. [Brasília]: CPRM, 2015"*. 1 mapa colorido Escala 1:2.500.000. Disponível em: https://rigeo.cprm.gov.br/handle/doc/17606

CPRM/COMITÊ INTERGOVERNAMENTAL COORDENADOR DOS PAÍSES DA BACIA DO PRATA (2015). "*Projecto piloto demonstrativo Cuenca del Cuareim: memoria de la carta hidrogeologica [carta geológica da Bacia do Quaraí; carta hidrogeológica da Bacia do Quaraí]"*. [Brasília]: CPRM, 2015. 19 p. + 2 mapas. Escala 1:250.000. Disponível em: https://rigeo.cprm.gov.br/handle/doc/17607.

CPRM (2015; 2016). "*Atlas Hidrogeológico do Brasil ao Milionésimo". 46 folhas*. Disponível em http://www.cprm.gov.br/publique/Hidrologia/Mapas-e-Publicacoes/Atlas-Hidrogeologico-do-Brasil-ao-Milionesimo-4267.html.

DINIZ, J. ALBERTO O.; MONTEIRO, ADSON B.; FEITOSA, F. A. C.; FREITAS, M. A. & PEIXINHO, F. C. (2012). "*Metodologia para Elaboração de Mapas Hidrogeológicos"*. XVII Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas. Associação Brasileira de Águas Subterrâneas (ABAS). 23-26 out. Bonito. MS. Disponível em https://rigeo.cprm.gov.br/handle/doc/1106.

DINIZ, J. A. O.; DE PAULA; T. L. F.; MONTEIRO, ADSON B.; FEITOSA, F. A. C. & CARDOSO, A. de C. (2014). "*Taxonomia Hidrogeológica – Unidades Básicas de Referência"*. XVIII Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas. Associação Brasileira de Águas Subterrâneas (ABAS). 14-17 out. Belo Horizonte. MG. Disponível em https://rigeo.cprm.gov.br/handle/doc/16615.

DINIZ, J. A. O. (Coord.) et al. (2014). "*Mapa hidrogeológico do Brasil ao milionésimo: Nota técnica. Sistema de Informações Geográficas – SIG"*. Recife: CPRM - Serviço Geológico do Brasil. 43 p. 3 mapas, color., 1,78 cm x 91.00 cm. Escala 1:5.000.000. Programa de Cartografia Hidrogeológica. Disponível em https://rigeo.cprm.gov.br/handle/doc/15556.

DINIZ, J. A. O.; MONTEIRO ADSON B; SILVA, R. DE CARLO DA; DE PAULA; T. L. (2014). *Manual de Cartografia Hidrogeológica.* CPRM-Serviço Geológico do Brasil. Recife. PE. Disponível em https://rigeo.cprm.gov.br/handle/doc/16587.

DNPM/CPRM (1983). "*Mapa Hidrogeológico do Brasil*". Escala 1:5.000.000". Edição Comemorativa. Brasília.

DNPM/CPRM (1996). *"Mapa Hidrogeológico da América do Sul"*. Escala 1:5.000.000. Brasília.

GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO/CPRM (2005). "*Mapa de águas subterrâneas do Estado de São Paulo em 1:1.000.000"*. São Paulo, DAEE/IG-SMA/IPT/CPRM. Disponível em https://rigeo.cprm.gov.br/handle/doc/22279.

MONTEIRO, ADSON B.; DINIZ, J. A. O.; DE PAULA; T. L. & CORREIA FILHO, F. L. (2016). "*Taxonomia Hidrogeológica do Estado do Piauí"*. XIX Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas. Associação Brasileira de Águas Subterrâneas (ABAS). 20-23 set. Campinas (SP). http://www.abas.org/xixcabas/anais/103017_113_TAXONOMIA_HIDROGEOLOGICA_DO_ESTADO_DO_PIAUI.pdf

MONTEIRO, ADSON BRITO; DINIZ, J. A. O.; DE PAULA, T. L. & CORREIA FILHO, F. L. (2019) "*Divisão das Classes de Produtividades das Unidades Hidrolitólogicas Fraturadas e Cársticas do Brasil"*. XXIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos – Associação Brasileira de Recursos Hídricos (ABRH). Foz do Iguaçu – PR. Disponível em https://anais.abrhidro.org.br/job.php?Job=5884.

SOUZA, ODERSON ANTÔNIO DE & FRANZINI, ANDRÉA SEGURA (2015). "*Mapa Hidrogeológico do Estado do Paraná".* Escala 1:600.000. CPRM. Disponível em https://rigeo.cprm.gov.br/handle/doc/17600.

STRUCKMEIER, WILHELM F.; MARGAT, JEAN. (1995). "*Hydrogeological Maps A Guide and a Standard Legend"*. Hannover: International Association of Hydrogeologists, (International contribuitions to hydrogeology, v. 17).

SUDENE (1965-1980). *"Inventário Hidrogeológico Básico do Nordeste*". 25 Folhas. Escala 1:500.000.