

XXIII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS

SUBDIVISÃO DAS CLASSES DE PRODUTIVIDADES DAS UNIDADES HIDROLITÓLOGICAS GRANULARES, FRATURADAS E CARSTICAS DO BRASIL

*Adson Brito Monteiro¹; Francisco Lages Correa Filho²; Thiago Luiz Feijó de Paula³ & João
Alberto Oliveira Diniz⁴*

RESUMO – O Serviço Geológico do Brasil lançou uma nova metodologia na confecção de mapas hidrogeológicos tendo como princípios a Taxonomia Hidrogeológica, 6 (seis) Classes de Produtividades e Representação em Mapa, das unidades hidroestratigráficas aflorantes e as subjacentes (mais produtivas e em profundidade economicamente viável). Foi observado ao se trabalhar com hidrolitologias, granulares, fraturadas e cársticas, em escalas maiores que ao milionésimo, a necessidade de subdividir as classes de produtividades em subclasses em decorrência, principalmente, de aspectos faciológicos e estruturais. Este trabalho tem como objetivo principal complementar a metodologia CPRM dividindo as Classes de Produtividades em Subclasses, nas Unidades Hidrolitológicas, Granulares, Fraturadas e Cársticas.

ABSTRACT - The Geological Survey of Brazil has launched a new methodology for preparation of hydrogeological maps based on Hydrogeological Taxonomy, 6 (six) Classes of Productivity and Map Representation, of the hydrostratigraphic units outcropping and underlying (more productive and in economically depth viable). When working with hydrolithologies, granular, fractured and karst with scales larger than millionth, was observed the need to subdivide the classes of productivities into subclasses in consequence of faciological and structural aspects. The main objective of this work is to complement the CPRM methodology dividing the Classes of Productivity into Subclasses, in the Hydrolithological Units, Granular, Fractured and Karst.

Palavras Chaves – Taxonomia hidrogeológica; Hidroestratigrafia; Subclasses de Produtividades.

1) Geólogo, Mestre em Hidrogeologia. CPRM – Serviço Geológico do Brasil. Av. Sul, 2291 – Afogados – Recife – PE. (81) 3316-1470. adson.monteiro@cprm.gov.br.

2) Geólogo, Especialista em Recursos Hídricos. Av. Aviador Irapuan Rocha, 2071 – Apto 1402 – Fátima - Teresina – PI. (86) 99987-0813. franciscolagescf@gmail.com.

3) Geólogo, Mestre em Hidrogeologia. CPRM – Serviço Geológico do Brasil. Av. Sul, 2291 – Afogados – Recife – PE. (81) 3316-1494. thiago.paula@cprm.gov.br.

4) Geólogo, Mestre em Hidrogeologia. CPRM – Serviço Geológico do Brasil. Av. Sul, 2291 – Afogados – Recife – PE. (81) 3316-1460. joao.diniz@cprm.gov.br.

1 - INTRODUÇÃO

O Serviço Geológico do Brasil, baseado no trabalho de Struckmeir & Margat (1995), lançaram uma nova proposta de cartografia de águas subterrâneas (Diniz *et al.*, 2012; 2014), tendo como diretrizes o princípio de Taxonomia Hidrogeológica (Diniz *et al.* – 2014) e a divisão das unidades granulares, fraturadas e cársticas em classes de produtividades.

Dentro desta nova ótica foram executados o Mapa Hidrogeológico do Brasil ao Milionésimo (2014), Mapa Hidrogeológico da Bacia do Prata (2015) e o Atlas Hidrogeológico do Brasil ao Milionésimo (2015; 2016), dentre outros. Entretanto, foi observado ao trabalhar com unidades hidrolíticas granulares, fraturadas e cársticas, em escalas maiores que o milionésimo, a necessidade da divisão das classes de produtividades em subclasses, devido, principalmente, a aspectos faciológicos e estruturais.

Este trabalho representa um complemento ao Manual de Cartografia Hidrogeológica, lançado pela CPRM em 2014.

2 - OBJETIVO

Divisão das Classes de Produtividades em Subclasses, nas Unidades Hidrolíticas Granulares, Fraturadas e Cársticas.

3 - PRINCÍPIOS DA METODOLOGIA

3.1 - Taxonomia Hidrogeológica

O conceito de Taxonomia Hidrogeológica foi introduzida na hidrogeologia por Diniz *et al.* (2014), no intuito de estabelecer uma hierarquia na classificação das unidades hidrogeológicas, onde a unidade menor se junta a outras, com algumas características semelhantes, para formar categorias maiores.

Diferentemente da biologia, na hidrogeologia, no estudo de uma área, como sistemática de trabalho, deve-se começar pela unidade hierárquica maior. Inicialmente Diniz *et al.* (op. cit.) dividiu a Taxonomia Hidrogeológica em 4 táxons: Unidade Hidrolítica (U_HL) – unidade maior, Sistema Aquífero (SA), Aquífero (AQ) e Unidade Hidroestratigráfica (U_HE) – unidade menor. Posteriormente Monteiro *et al.* (2016) acrescentou o táxon dos Não aquíferos (NAQ). A figura 1 resume a hierarquização taxonômica na hidrogeologia.

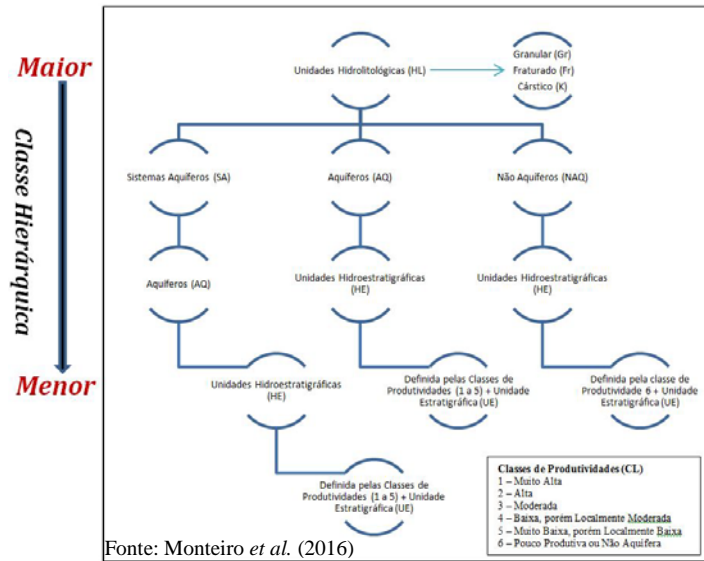


Figura 1 – Divisão da Taxonomia Hidrogeológica.

3.2 - Classes de Produtividade

Struckmeir & Margat lançaram, em 1995, uma metodologia, onde as unidades granulares, cársticas e fraturadas são classificadas, quanto a sua produtividade, levando em conta a vazão específica, a transmissividade hidráulica, a condutividade hidráulica e a vazão explorada. Diniz *et al.* (2012) adaptaram essa metodologia às nossas condições hidrogeológicas nomeando as classes de produtividade de 1 a 6 (tabela 1).

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)

3.3 - Representação em Mapa

Corresponde a representação da Unidade Hidroestratigráfica Aflorante (U_HE_AFL) sobre a Unidade Hidroestratigráfica Subjacente (U_HE_SUB). A Unidade Hidroestratigráfica corresponde a junção da classe de produtividade (tabela 1) 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. Se essa

unidade tiver produtividade menor que a aflorante, nesse caso, somente a aflorante será representada.

4 – UNIDADES HIDROLITOLÓGICAS EM ESCALAS DE DETALHES

4.1 – Subdivisão das Classes de Produtividades

Foi observada ao trabalhar em unidades fraturadas e cársticas, em escalas maiores que ao milionésimo, a necessidade da divisão das classes de produtividade em subclasses, este fato ocorre, principalmente, devido a aspectos estruturais e o nordeste brasileiro apresentar poços com uma baixa vazão em áreas dessas unidades hidrolitológicas. No caso das unidades sedimentares granulares, foi constatada a necessidade dessa subdivisão, devido à variação faciológica, vertical e lateral, visível em escalas de detalhes, portanto, com condutividade e transmissividade hidráulica variável acarretando uma produtividade diferenciada. Dessa maneira foi necessário subdividir a tabela 1 criando as subclasses de produtividades. Existem inúmeras regras e critérios na estatística que determinam a divisão de uma amostragem, como as Regras de Sturges e de Doane e os critérios da Raiz Quadrada e da Desigualdade. Foi escolhida a Fórmula de Sturges (equação 1) em decorrência dessa formulação ter se adequado melhor e fornecido uma quantidade aceitável do número de subclasses dentro de uma mesma classe de produtividade para os diversos tamanhos amostrais (tabela 02). Não há necessidade de subdivisão para as classes 1 e 6 devido às mesmas representarem os extremos, vazões muito altas ou muito baixas. Na equação abaixo, K – número de classes e n – número de informações (no caso foi considerada a vazão).

$$K=1+3,3\log n \quad (1)$$

Na subdivisão da vazão específica foi considerado um rebaixamento de 25 metros para bombeamentos de 12 horas. Os limites para transmissividade hidráulica foram definidos de acordo com os limites determinados para a vazão específica, através de uma relação matemática. A condutividade hidráulica foi relacionada à transmissividade hidráulica.

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 ⁻⁰⁴	Muito Alta
2	2a	83≤Q<100	3,32≤Q<4,0	5,4x10 ⁻⁰³ ≤T<10 ⁻⁰²	5,4x10 ⁻⁰⁵ ≤T<10 ⁻⁰⁴	Alta
	2b	67≤Q<83	2,68≤Q<3,32	2,6x10 ⁻⁰³ ≤T<5,4x10 ⁻⁰³	2,6x10 ⁻⁰⁵ ≤T<5,4x10 ⁻⁰⁵	
	2c	50≤Q<67	2,0≤Q<2,68	10 ⁻⁰³ ≤T<2,6x10 ⁻⁰³	10 ⁻⁰⁵ ≤T<2,6x10 ⁻⁰⁵	
3	3a	41≤Q<50	1,64≤Q<2,0	5,2x10 ⁻⁰⁴ ≤T<10 ⁻⁰³	5,2x10 ⁻⁰⁶ ≤T<10 ⁻⁰⁵	Moderada
	3b	33≤Q<41	1,32≤Q<1,64	2,5x10 ⁻⁰⁴ ≤T<5,2x10 ⁻⁰⁴	2,5x10 ⁻⁰⁶ ≤T<5,2x10 ⁻⁰⁶	
	3c	25≤Q<33	1,0≤Q<1,32	10 ⁻⁰⁴ ≤T<2,5x10 ⁻⁰⁴	10 ⁻⁰⁶ ≤T<2,5x10 ⁻⁰⁶	
4	4a	20≤Q<25	0,8≤Q<1,0	5,3x10 ⁻⁰⁵ ≤T<10 ⁻⁰⁴	5,3x10 ⁻⁰⁷ ≤T<10 ⁻⁰⁶	Geralmente Baixa, Porém Localmente moderada.
	4b	15≤Q<20	0,6≤Q<0,8	1,8x10 ⁻⁰⁵ ≤T<5,3x10 ⁻⁰⁵	1,8x10 ⁻⁰⁷ ≤T<5,3x10 ⁻⁰⁷	
	4c	10≤Q<15	0,4≤Q<0,6	10 ⁻⁰⁵ ≤T<1,8x10 ⁻⁰⁵	10 ⁻⁰⁷ ≤T<1,8x10 ⁻⁰⁷	
5	5a	7≤Q<10	0,28≤Q<0,4	7,8x10 ⁻⁰⁶ ≤T<10 ⁻⁰⁵	7,8x10 ⁻⁰⁸ ≤T<10 ⁻⁰⁷	Geralmente muito Baixa, Porém Localmente baixa
	5b	4≤Q<7	0,16≤Q<0,28	5,1x10 ⁻⁰⁶ ≤T<7,8x10 ⁻⁰⁶	5,1x10 ⁻⁰⁸ ≤T<7,8x10 ⁻⁰⁸	
	5c	1≤Q<4	0,04≤Q<0,16	10 ⁻⁰⁶ ≤T<5,1x10 ⁻⁰⁶	10 ⁻⁰⁸ ≤T<5,1x10 ⁻⁰⁸	
6	-	< 1	<0,04	<10 ⁻⁰⁶	<10 ⁻⁰⁸	Pouco produtiva/Não Aquífera

4.2 – Determinação da Unidade Hidroestratigráfica Aflorante e Subjacente

Seja um polígono de hidrogeologia (afloramento de rocha) e a seção vertical deste polígono (Estratigrafia), figura 2. Com base na seção vertical deve-se preencher a tabela de atributos definindo inicialmente a estratigrafia e a litologia, definindo as unidades estratigráficas (UE), aflorante (AFL) e subjacente (SUB).

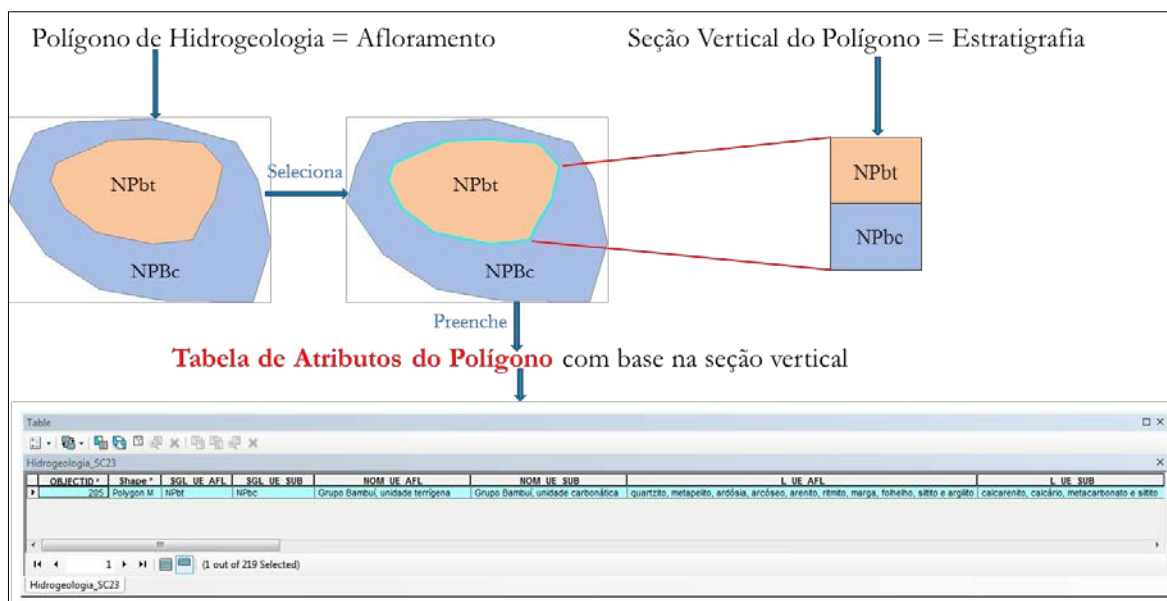


Figura 2 – Atributos com definição da litoestratigrafia.

O próximo passo é a determinação das Espessuras das Unidades Estratigráficas Aflorante e Subjacente (E_UE_AFL; E_UE_SUB), definição das Unidades Hidrolitológicas (U_HL) em Granular (Gr), Fraturada (Fr) e Cárstica (K); Vazão Média das Unidades Hidroestratigráficas (Q_HE_AFL; Q_HE_SUB), Classes (CL) e Subclasses (SCL) de Produtividades (PROD), tabela 2, consequentemente as Unidades Hidroestratigráficas, Aflorante (U_HE_AFL) e Subjacente (U_HE_SUB). Para as classes de 2 a 5, nesse caso específico, a *Unidade Hidroestratigráfica* representa a junção entre a *subclasse de produtividade* e a *unidade estratigráfica*. O atributo ESTRAT representa à sequência hidroestratigráfica completa no polígono considerado e REPR_MAP a representação em mapa como definido no item 3.3 (figura 3).

A interpretação tem como base o banco de dados de poços do SIAGAS (Sistema de Informações de Águas Subterrâneas) da CPRM, banco de dados de poços de órgãos gestores de recursos hídricos, trabalhos publicados e conhecimento da geologia e hidrogeologia regional.

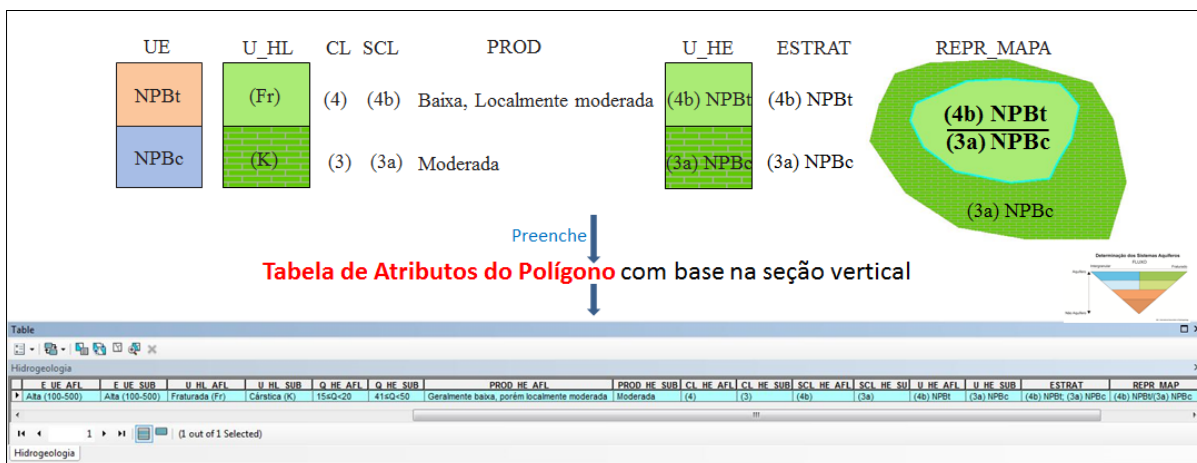


Figura 3 – Tabela de Atributos com definição da hidroestratigrafia.

Na análise dos polígonos de hidrogeologia e suas respectivas seções verticais em uma área regional podem haver unidades hidroestratigráficas com várias características de produtividades. Considerando como exemplo o aquífero Barreiras, ele pode ser subdividido em unidades hidroestratigráficas conforme a sua área de ocorrência nas seguintes situações: com várias classes de produtividades (figura 4), uniforme dentro de uma mesma classe de produtividade, sem necessidade de subdivisão (figura 5), na mesma classe de produtividade, porém subdividida (figura 6), classe de produtividade uniforme em partes e subdivididas no restante (figura 7) e uniforme dentro de uma mesma classe de produtividade e subdividida em outra classe (figura 8).

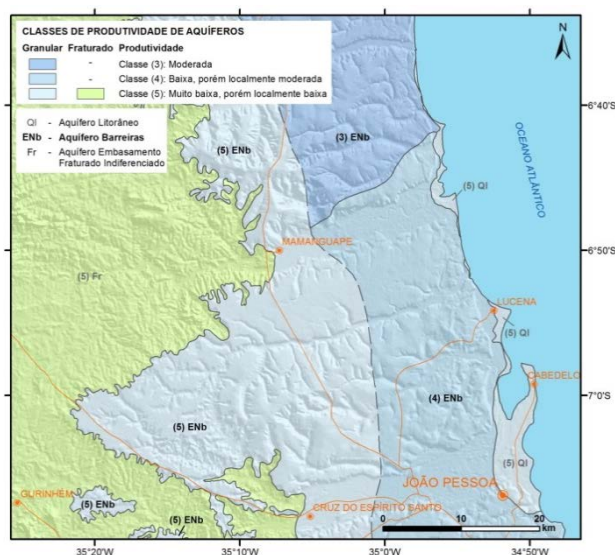


Figura 4 –Aq. Barreiras - Com várias classes de produtividades – (3) ENb, (4) ENb e (5) ENb.

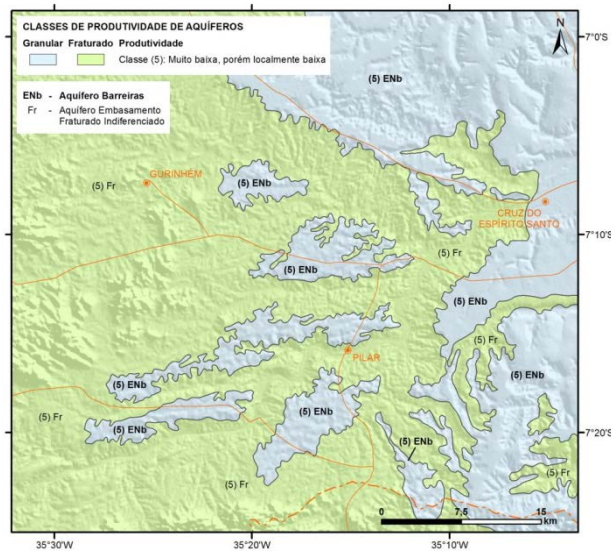


Figura 5 – Aq. Barreiras - Uniforme dentro de uma mesma classe, sem necessidade de subdivisão - (5) ENb.

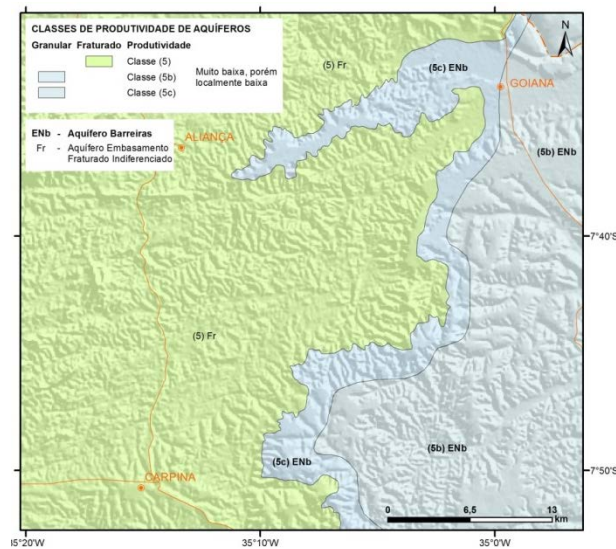


Figura 6 – Aq. Barreiras - Na mesma classe de produtividade, porém subdividida – (5b) ENb; (5c) ENb.

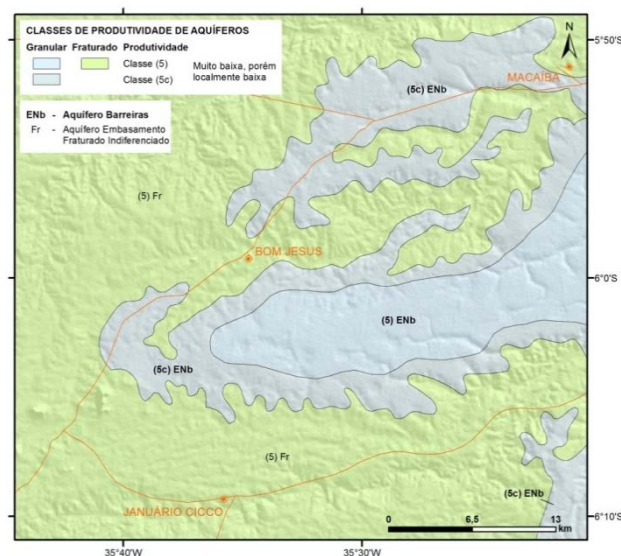


Figura 7 – Aq. Barreiras – Classe de produtividade uniforme em partes e subdivididas no restante – (5) ENb; (5c) ENb

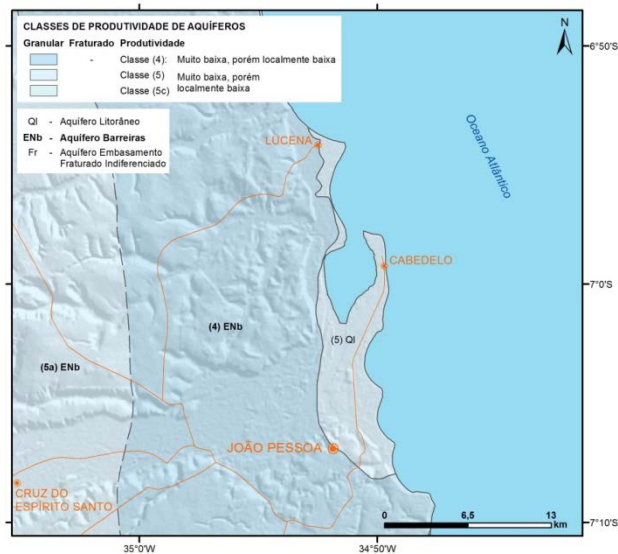


Figura 8 – Aq. Barreiras - Uniforme dentro da mesma classe e subdividido em outra classe – (4) ENb; (5a) ENb.

A tabela 3 mostra os principais atributos do polígono de hidrogeologia que devem ser preenchidos e que define a unidade hidroestratigráfica.

A Unidade Hidroestratigráfica (Aflorante ou Subjacente) representa a junção da Classe ou Subclasse da Produtividade da Unidade Estratigráfica (Aflorante ou Subjacente)

Tabela 3 – Principais Atributos do Polígono de Hidrogeologia

Sigla	Nome	Sigla	Nome
SGL_UE_AFL	Sigla da Unidade Estratigráfica Aflorante	K_HE_AFL	Condutividade Hidráulica da Unidade Hidroestratigráfica Aflorante
SGL_UE_SUB	Sigla da Unidade Estratigráfica Subjacente	K_HE_SUB	Condutividade Hidráulica da Unidade Hidroestratigráfica Subjacente
NOM_UE_AFL	Nome da Unidade Estratigráfica Aflorante	PE_HE_AFL	Porosidade Efetiva da Unidade Hidroestratigráfica Aflorante (%)
NOM_UE_SUB	Nome da Unidade Estratigráfica Subjacente	PE_HE_SUB	Porosidade Efetiva da Unidade Hidroestratigráfica Subjacente (%)
L_UE_AFL	Litologia da Unidade Estratigráfica Aflorante	S_HE_SUB	Coefficiente de armazenamento da Unidade Hidroestratigráfica Subjacente
L_UE_SUB	Litologia da Unidade Estratigráfica Subjacente	PROD_HE_AFL	Produtividade da Unidade Hidroestratigráfica Aflorante
E_UE_AFL	Espessura da Unidade Estratigráfica Aflorante	PROD_HE_SUB	Produtividade da Unidade Hidroestratigráfica Subjacente
E_UE_SUB	Espessura da Unidade Estratigráfica Subjacente	CL_HE_AFL	Classe da Unidade Hidroestratigráfica Aflorante
E_INT	Espessura do Manto de Intempresismo	CL_HE_SUB	Classe da Unidade Hidroestratigráfica Subjacente
U_HL_AFL	Unidade Hidrolitológica Aflorante	SCL_HE_AFL	Subclasse da Unidade Hidroestratigráfica Aflorante
U_HL_SUB	Unidade Hidrolitológica Subjacente	SCL_HE_SUB	Subclasse da Unidade Hidroestratigráfica Subjacente
Q_HE_AFL	Vazão da Unidade Hidroestratigráfica Aflorante	U_HE_AFL	Unidade Hidroestratigráfica Aflorante
Q_HE_SUB	Vazão da Unidade Hidroestratigráfica Subjacente	U_HE_SUB	Unidade Hidroestratigráfica Subjacente
QS_HE_AFL	Vazão Especifica da Unidade Hidroestratigráfica Aflorante	ESTRAT	Sequência Hidroestratigráfica
QS_HE_SUB	Vazão Especifica da Unidade Hidroestratigráfica Subjacente	REPR_MAPA	Representação em Mapa
T_HE_AFL	Transmissividade Hidráulica da Unidade Hidroestratigráfica Aflorante	COR_MAPA	STYLE com RGB referente a Unidade Hidroestratigráfica definida
T_HE_SUB	Transmissividade Hidráulica da Unidade Hidroestratigráfica Subjacente		

4.3 - Biblioteca de cores de acordo com a produtividade

A style Cartografia Hidrogeológica500 define o RGB para cada classe e subclasse da unidade hidroestratigráfica. A figura 9 mostra a feição das cores na style e a tabela 4 resume os atributos.

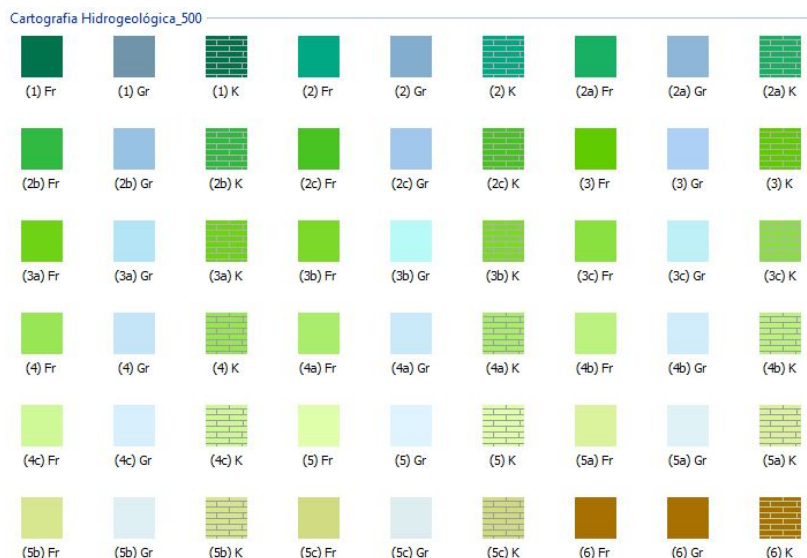


Figura 9 – Biblioteca de Cores de Acordo com a Produtividade.

Tabela 4 – Cor do Mapa (RGB das Classes e Subclasses das Unidades Hidrolitológicas).

Classe	Subclasse	Granular			Fraturada			Cárstica		
		R	G	B	R	G	B	R	G	B
1		112	148	170	0	115	76	0	115	76
2		130	173	207	0	168	132	0	168	132
	2a	141	182	217	24	177	99	24	177	99
	2b	152	194	227	48	186	66	48	186	66
	2c	162	199	237	72	195	33	72	195	33
3		173	208	247	96	204	0	96	204	0
	3a	179	229	247	110	211	21	110	211	21
	3b	184	218	247	124	217	42	124	217	42
	3c	190	223	247	138	224	63	138	224	63
4		195	229	247	152	230	85	152	230	85
	4a	202	233	249	170	236	107	170	236	107
	4b	209	237	251	188	243	128	188	243	128
	4c	216	240	253	206	249	150	206	249	150
5		224	244	255	224	255	171	224	255	171
	5a	223	243	246	219	243	157	219	243	157
	5b	222	240	243	214	231	143	214	231	143
	5c	221	237	240	209	219	129	209	219	129
6		168	112	0	168	112	0	168	112	0

7 - CONCLUSÕES

- O Serviço Geológico do Brasil lançou uma nova metodologia para cartografar as águas subterrâneas, tendo como princípio o conceito de taxonomia hidrogeológica e a divisão das unidades hidrolitológicas granulares, fraturadas e cársticas em classes de produtividades.

- Foram criadas 6 (seis) classes de produtividades, levando em conta as características peculiares do meio subterrâneo brasileiro: 1 (Muito Alta), 2 (Alta), 3 (Moderada), 4 (Baixa, porém Localmente Moderada), 5 (Muito Baixa, porém Localmente Baixa) e 6 (Não aquífera ou Pouco Produtiva).
- Foi observado que ao trabalhar no granular, fraturado e cárstico, em escalas maiores que o milionésimo, a necessidade da divisão das classes de produtividades em subclasses, devido a variações faciológicas e estruturais nessas hidrolitologias, com exceção das classes 1 e 6 por representarem os extremos. Utilizando a Regra de Sturges e aplicado à amostragem de poços captando essas unidades hidrolitológicas, foram criadas as seguintes subclasses de produtividades: 2a, 2b, 2c, 3a, 3b; 3c, 4a, 4b, 4c, 5a, 5b e 5c. A definição das subclasses de produtividade leva em conta a vazão, vazão específica, transmissividade e a condutividade hidráulica.

REFERÊNCIAS

- COMITÊ INTERGOVERNAMENTAL COORDENADOR DOS PAÍSES DA BACIA DO PRATA; CPRM - SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. *Mapa hidrogeológico da Bacia do Prata=Mapa hidrogeológico de la Cuenca Del Plata*. [Brasília]: CPRM, 2015. 1 mapa colorido Escala 1:2.500.000. Disponível em: <<http://rigeo.cprm.gov.br/jspui/handle/doc/17606>>
- 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.
- 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.
- 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.
- 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.119 p.
- DINIZ, J. A. OLIVEIRA (Coord.). *Projeto mapa hidrogeológico do Brasil ao milionésimo*. Brasília: CPRM – Serviço Geológico do Brasil, 2016. 46 mapas colorido Escala 1:1.000.000 Disponível em: <<http://www.cprm.gov.br/publique/Hidrologia/Mapas-e-Publicacoes/Atlas-Hidrogeologico-do-Brasil-ao-Milionesimo-4267.html>>
- MONTEIRO, ADSON B.; DINIZ, J. A. O.; DE PAULA; T. L. F. & 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
- STRUCKMEIER, WILHELM F. & MARGAT, JEAN. 1995. *Hydrogeological Maps A Guide and a Standard Legend*. Hannover: International Association of Hydrogeologists, (International contributions to hydrogeology, v. 17).