MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA
SECRETARIA DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL
CPRM - SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL

FOLHA SI.22 LAGOA MIRIM

PROJETO DE DISPONIBILIDADE HÍDRICA DO BRASIL
CARTA HIDROGEOLÓGICA - ESCALA 1:1.000.000

NOTA TÉCNICA

APRESENTAÇÃO DO PROJETO

O **"PROJETO DE DISPONIBILIDADE HÍDRICA DO BRASIL"** tem por objetivo desenvolver um sistema de informações geográficas na temática de recursos hídricos, a partir do conhecimento geológico e hidrológico existentes, em conformidade com a Missão Institucional da CPRM/SGB, de "*gerar e difundir o conhecimento geológico e hidrológico básico para o desenvolvimento sustentável do Brasil*".

No tocante às águas subterrâneas, vem sendo implementado um projeto de cartografia hidrogeológica sistemática, concebido para uniformizar e padronizar todos os produtos baseados em mapas temáticos, de forma a facilitar a sua compreensão e a interpretação dos dados pelos usuários, tendo como unidade básica de trabalho a Folha ao Milionésimo, na escala 1:1.000.000.

Na fase atual, a partir deste Mapa Hidrogeológico, está sendo elaborado o Atlas Hidrogeológico do Brasil, em escala 1:1.000.000, totalmente orientado, dentro do um Sistema de Informações Geográficas (SIG), composto pelo conjunto das 46 folhas que compõem a Carta Internacional do Mundo ao Milionésimo - CIM, cobrindo todo o Brasil.

METODOLOGIA DE ELABORAÇÃO DAS FOLHAS

Visando a padronização e uniformização de todas as folhas, conforme meta perseguida pelo SGB adotam-se procedimentos metodológicos internacionalmente aceitos, sistematizando os trabalhos a partir das propostas apresentadas na publicação "*Hydrogeological Maps, A Guide and a Standard Legend*", de Wilhelm Struckmeier e Jean Margat (1995) e o documento da UNESCO, intitulado "*UNESCO. International Legend for Hydrogeological Maps*", verso revisada, em 1983.

Considerandose a premissa básica de uniformidade e padronização dos produtos e as dimensões continentais envolvidas, as folhas são constituídas por cinco bases temáticas principais: planimetria, geologia, poços, piezometria e hidrologia.

Foram, entretanto, necessárias algumas adaptações e simplificações para se adaptarem à metodologia aplicada e a escala dos trabalhos. Na base geológica, por exemplo, algumas unidades incorporaram do ponto de vista hidrogeológico, como coberturas recentes eminentemente pelíticas cria de pequenas expressões areais foram eliminadas, visando ressaltar aquíferos mais importantes que se encontravam ocultos sob essas unidades. Esta base, oriunda do GIS BRASIL (CPRM, 2003), contém originalmente 2.533 unidades litológicas mapeadas, impossíveis de serem representadas em um mapa que pretende ressaltar aspectos hidrogeológicos, ao invés de feições meramente estratigráficas ou litológicas. Desta forma, a mesma precisou ser simplificada, pela conversão das unidades geológicas em outros entes que ressaltassem suas características de transmissão e armazenamento de águas subterrâneas, da seguinte forma (Struckmeier & Margat, op.*cit*):

- Individualizando corpos contínuos ou descontínuos, conforme suas características geométricas e formas de ocorrência das águas subterrâneas;
- Classificando os diferentes tipos litológicos de acordo com as características de fluxo dominantes;

Assim, foram definidas quatro classes taxonômicas, para agrupamento das unidades, classificadas hierarquicamente da mais ampla (a mais abrangente) à menor (a fundamental): ***Unidades Hidrolitológicas*** (porosas, cársticas, fraturadas e não aquíferas); onde se considera apenas a forma de acúmulo e condução de águas subterrâneas, os ***Sistemas Aquíferos*** (então de dois ou mais aquíferos para criar um novo domínio), ***Aquíferos*** (correspondentes a unidades geológicas, sofrendo variações espaciais em suas características hidrogeológicas) e ***Unidades Hidroestratigráficas***, agrupando formações geológicas ou parte delas que armazenam e transmitem águas subterrâneas de forma semelhante e com produtividades da mesma ordem de grandeza, sendo a unidade básica de mapeamento, representando os elementos básicos do mapeamento.

Para a hierarquização dessas unidades em termos de produtividades hídricas, foi elaborada uma tabela (Diniz et al, 2012) de "Caracterização Hidráulica das Classes dos Aquíferos", baseada no trabalho de Struckmeier e Margat (1995, Op. cit.). Na sua elaboração, os tempos de bombeamentos foram estipulados em 12 horas contínuas e os rebaixamentos fixados em 25 metros, para a comparação das produtividades de cada poço analisado.

UNIDADES HIDROESTRATIGRÁFICAS

Unidades Granulares

Depósito Litorâneo – Ql

Localização – Ocorre ao longo da linha de costa e se estende para o interior como uma faixa com extensões variáveis englobando as lagoas litorâneas. Os depósitos litorâneos considerados possuem área de 9.704 km².
Características Litológicas – Formado por sedimentos pleistocênicos a holocênicos relacionados com deposição em ambiente litorâneo, resultado da progressão da margem continental em direção ao leste. Apresenta sucessão de sedimentos mais novos a leste e mais velhos a oeste. Apresenta depósitos eólico-lacustres-fluviais do sistema de laguna-barreira compostos de areias quartzosas, finas a médias, bem selecionadas, com intercalações de siltes e argilas ricas em matéria orgânica.
Características Hidrogeológicas – As pesquisas e poços existentes indicam variada espessura para esses depósitos. Possuem profundidades variando entre 20 a 180 m, vazões de explotação média de 35,0 m³/h, com máxima chegando a 206,0 m³/h e capacidade específica média de 3,5 m³/h/m com valores máximos observados na ordem de 15 m³/h/m. O nível estático se encontra predominantemente em profundidades entre 1 e 5 metros. Trata-se de uma unidade aquífera bem utilizada, havendo muitos poços particulares residenciais e alguns poços tubulares de grandes vazões destinadas a abastecimento público.
Produtividade – A produtividade neste aquífero é classificada entre *Moderada (Classe 3)* na sua porção externa, ao longo da linha de costa, e *Geralmente Muito Baixa, porém Localmente Baixa (Classe 5)* na sua porção interna, associado às lagoas e lagunas.
Qualidade – Aquífero caracterizado pela possibilidade de conter águas salinas e salobras (NO3), estando os mesmos situados preferencialmente entre 0,1 e 1 mg/L. A concentração média de cloreto situa-se em 124 mg/L. Águas mais cloretadas devem corresponder à áreas de recarga onde a precipitação eleva a quantidade de cátions sódio e íntem cloreto. Há locais em que a concentração de ferro possui valores acima do limite de potabilidade estabelecido na resolução CONAMA 396/2008, que é de 0,3mg/L. O pH situa-se dentro de valores adequados para o consumo, entre 6,3 e 8,5, sendo o pH médio igual a 7,5.

Passa Dois – P2T1pd

Localização – Ocorre próximo ao embasamento fraturado indiferenciado no extremo noroeste da folha, justamente com a área de ocorrência do Grupo Passa Dois. O Grupo Passa Dois ocorre em uma área de 50,7 km².
Características Litológicas – Composto por sedimentos arenoargilosos permianos de coloração avermelhada, variando entre lamitos, siltitos, arenitos finos argilosos e folhelhos sílticos de cor creme clara. Também ocorrem restritos níveis conglomeráticos, pouco expressivos.
Características Hidrogeológicas – Comporta-se como um aquífero hidraulicamente contínuo na região noroeste da folha. Geralmente é um aquífero ruim em decorrência da baixa porosidade resultante da presença em grande quantidade de sedimentos finos e/ou de matriz argilosa, produzindo baixas vazões ao longo de toda sua área de ocorrência. Normalmente não ocorrem grandes espessuras de sedimentos saturados, com consequente armazenamento.
Estimativa de Produtividade – A produtividade neste aquífero é classificada entre *Geralmente Muito Baixa, porém Localmente Baixa (Classe 5) a Pouco Produtiva* ou *Não Aquífera (Classe 6)*.
Qualidade – Aquífero caracterizado pela possibilidade de conter águas duras com altos teores de cálcio e magnésio. Também podem ser encontradas águas sulfatadas em decorrência de maior residência em determinadas regiões combinadas com níveis argilosos mais carbonosos e com o contato dessas águas com outros aquíferos.

Rio Bonito – P1rb

Localização – Ocorre como aquífero livre em uma área restrita à região noroeste da folha, justamente com a área de ocorrência do Grupo Passa Dois. A Formação Rio Bonito possui área superficial de 127,8 km².
Características Litológicas – Composta por sedimentos areno-pelíticos sucedendo-se verticalmente entre arenitos de coloração creme-clara a esbranquiçada de granulometria fina a média, siltitos argilosos carbonosos de coloração cinza-escura e camadas de carvão.
Características Hidrogeológicas – Trata-se de um aquífero hidraulicamente descontínuo por ser composto de áreas sem contato entre si. As capacidades específicas ficam abaixo de 0,5 m³/h/m. Como há grande intercalação entre os arenitos e as rochas sedimentares mais finas, isso prejudica em certos locais a exploração de águas desse aquífero, pois impossibilita a comunicação entre camadas aquíferas. Em outros locais apresenta capacidades específicas ligeiramente acima dos 0,5 m³/h/m devido a características litológicas mais adequadas portanto a produção de poços pode ser considerada mais rentável.
Estimativa de Produtividade – Nesta folha, na forma de aquífero livre apresenta produtividade *Geralmente Muito Baixa, porém Localmente Baixa (Classe 5)*.
Qualidade – Teores de salinidade situam-se entre 800 mg/L e 1.500 mg/L. A salinidade aumenta com a profundidade, ocorrendo valores de até 30000 mg/L de sólidos totais dissolvidos em poços mais profundos. Podem ser encontradas águas sulfatadas em decorrência da dissolução de minerais sulfetados nos horizontes carbonosos dessa formação.

Unidades Fraturadas

Embasamento Fraturado Indiferenciado – Fr

Localização - Cobre boa parte do noroeste da área de ocorrência desta folha como uma superfície única. Ocupa uma área total de 3580 km².
Características Litológicas – O Embasamento Fraturado Indiferenciado engloba uma série de tipos litológicos, tais como: granitoide, vulcânica, meta-vulcânica, metassedimento, gnaisse, migmatito, granulito, xisto, quartzito, mármore, marga, entre outras litologias.
Características Hidrogeológicas – Configura um meio hidraulicamente descontínuo, constituído por aquíferos de menor importância, aqüitardos ou aquicludos. Caracteriza-se pela ocorrência de fraturas preenchidas ou parcialmente preenchidas por minerais secundários, resultantes da alteração dos minerais constituintes das rochas, que no conjunto formam uma unidade hidrogeológica com menos fraturamento no comparativo com a Formação Serra Geral. Apresenta baixas vazões, geralmente menores que 2 m³/h.
Estimativa de Produtividade – Este aquífero é classificado nesta folha com produtividade *Geralmente Muito Baixa, porém Localmente Baixa (Classe 5)*.
Qualidade – A água deste aquífero é geralmente boa para consumo humano.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA
Ministro da Estado: Fernando Coelho Filho

SECRETARIA DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL
Secretário: Vicente Humberto Lôbo Cruz

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL
Diretor-Presidente: Eduardo Jorge Ledsham
Diretor de Hidrologia e Gestão Territorial: Stênio Petrovich Pereira
Diretor de Geologia e Recursos Minerais: José Leonardo Silva Andriotti
Diretor de Relações Institucionais e Desenvolvimento: Antônio Carlos Bacelar Nunes
Diretor de Administração e Finanças: Nelson Victor Le Corvo D'Oliveira
Chefe do Departamento de Hidrologia: Frederico Cláudio Peixinho
Chefe da Divisão de Hidrogeologia e Exploração: José Carlos da Silva
Chefe do Departamento de Relações Institucionais e Divulgação: Márcio Henriques Soares
Chefe da Divisão de Marketing e Divulgação: José Márcio Henriques Soares
Chefe da Divisão de Cartografia: Marilia Santos Salinas do Rosário

PROGRAMA GEOLOGIA DO BRASIL - CARTOGRAFIA HIDROGEOLÓGICA
Coordenação: João Alberto Oliveira Diniz

CARTA HIDROGEOLÓGICA DO BRASIL AO MILIONÉSIMO
Coordenação Geral: João Alberto Oliveira Diniz
Coordenação de Geoprocessamento: Robson de Carlo da Silva
Coordenação de Hidrogeologia e SIG: Adson Brito Monteiro
Thiago Luiz Feijó de Paula

Execução Técnica:
Eliel Martins Senhorinho - SUREG-PA
José Luiz Flores Machado - SUREG-PA
Matheus Marcilli (*in memoriam*) - SUREG-PA
Diogo Rodrigues Andrade da Silva - SUREG-PA

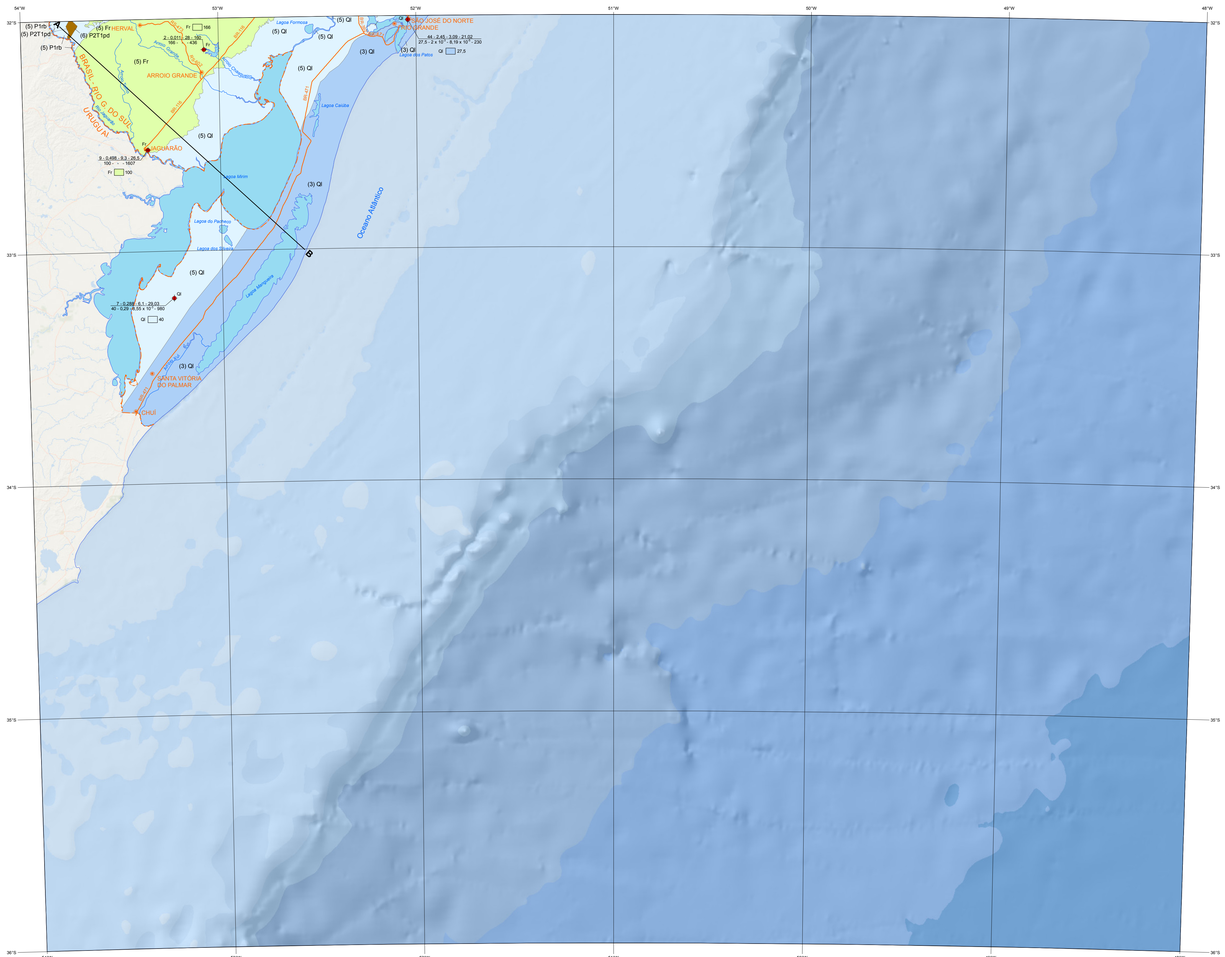
Cartografia Digital
Robson de Carlo da Silva - SUREG-RE

Estagiária
Rayssa Costa Pedrosa

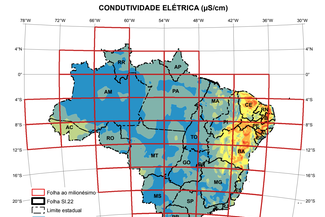
Fonte da Base Geológica Utilizada: CPRM, 2004. Carta Geológica do Brasil ao Milionésimo. Projeto GIS BRASIL. FOLHA SI.22 - LAGOA MIRIM.

Crédito da Base Cartográfica: IBGE/DGC. Base Cartográfica Contínua, ao milionésimo – BCIM, versão 3.0. Rio de Janeiro, 2010. Simplificada pela equipe de Geoprocessamento da SUREG-RE/GERIDE, para adequação à carta temática impressa.

Crédito da Imagem de Satélite: Esri, DeLorme, GEBCO, NOAA NGDC, e outros colaboradores.

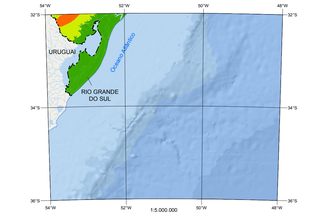


CONDUTIVIDADE ELÉTRICA (µS/cm)

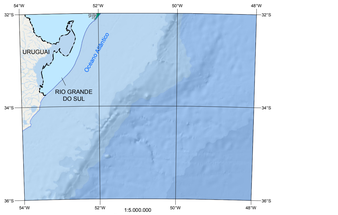


DOMÍNIOS HIDROLITOLÓGICOS

CLASSES DE RELEVO



SUBBACIAS HIDROGRÁFICAS E DENSIDADE DE POÇOS



Regiões Hidrográficas	Subbacias Hidrográficas	Área (km²)	Nº de Poços/200 km²
Atlântico Sul	Litoral Médio	79	9
	Lagoa Mirim-São Gonçalo	13.388	1

Fonte: ANA - Agência Nacional de Águas
SEMA-RS - Secretaria do Meio Ambiente do Estado do Rio Grande do Sul

Poços
2 - 3 - 4 - 5
6 - 7 - 8 - 9

1 - Aquífero captado
2 - Vazão de teste para 12:00 ha (m³/h)
3 - Capacidade específica para 12:00 hs (m³/h/m)
4 - Nível estático (m)
5 - Nível Dinâmico (m)
6 - Profundidade (m)
7 - Transmissividade (m²/s)
8 - Condutividade hidráulica (m/s)
9 - Condutividade elétrica (µS/cm)

Perfil Esquemático do Poço

Sigla da Unidade	Espessura Captada da Unidade (m)
(3) N3 / (1) K2ac	(Classe) Unidade hidrogeológica aforante / (Classe) Principal aquífero subjacente

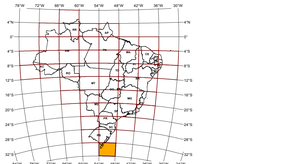
Obs.: 1) A classe do aquífero → a unidade estratigráfica, seja aforante ou subjacente, define a unidade hidroestratigráfica.
2) a unidade hidroestratigráfica subjacente, representa o aquífero mais produtivo, com boa qualidade de água e

Cidade
Limite internacional
Estrada pavimentada
Estrada não pavimentada
Curso de água perene
Açude, lagoa e barragem
Rio de margem dupla
Traçado da seção hidrogeológica
Contato de unidade hidroestratigráfica aforante
Limite inferido de unidade hidroestratigráfica subjacente

BIBLIOTECA DE UNIDADES

Domínio Hidrolitológico	Sigla da Unidade Estratigráfica	Nome da Unidade Estratigráfica	Litologia da Unidade Estratigráfica
Granular (Gr)	Ql	Depósito Litorâneo	areia, argila, silte e cascalho
	P2T1pd	Grupo Passa Dois	folhelho, calcário, arenito e siltito
	P1rb	Formação Rio Bonito	arenito e siltito
Fraturado (Fr)	Fr	Embasamento Fraturado Indiferenciado	granitóide, vulcânica, meta-vulcânica, metassedimento, gnaisse, migmatito, granulito, xisto e quartzito

LOCALIZAÇÃO DA FOLHA



CARACTERIZAÇÃO HIDRÁULICA DAS CLASSES DE AQUÍFEROS

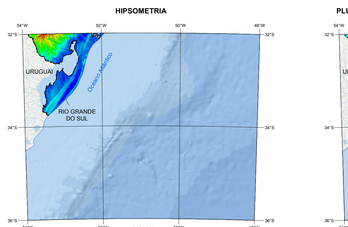
Classe	Granulares	Fraturadas	Cársticos	Qs (m³/h/m)*	T (m²/s)	K (m/s)	Vazão(m³/h)	Produtividade **
(1)				≥ 4,0	$\geq 10^{-3}$	$\geq 10^{-5}$	≥ 100	Muito Alta: Fornecimentos de água de importância regional (abastecimento de cidades e grandes irrigações). Aquíferos que se destacam em âmbito nacional.
(2)				$2,0 \leq Qs < 4,0$	$10^{-3} \geq T > 10^{-4}$	$10^{-5} \geq K > 10^{-6}$	$50 \leq Q < 100$	Alta: Características semelhantes à classe anterior, contudo situando-se dentro da média nacional de cada aquífero.
(3)				$1,0 \leq Qs < 2,0$	$10^{-3} \geq T > 10^{-4}$	$10^{-5} \geq K > 10^{-6}$	$25 \leq Q < 50$	Moderada: Fornecimento de água para abastecimentos locais em pequenas comunidades, irrigação em áreas restritas.
(4)				$0,4 \leq Qs < 1,0$	$10^{-3} \geq T > 10^{-4}$	$10^{-5} \geq K > 10^{-6}$	$10 \leq Q < 25$	Geralmente baixa, porém localmente moderada: Fornecimentos de água para suprir abastecimentos locais ou consumo privado.
(5)				$0,04 \leq Qs < 0,4$	$10^{-3} \geq T > 10^{-4}$	$10^{-5} \geq K > 10^{-6}$	$1 \leq Q < 10$	Geralmente muito baixa, porém localmente baixa: Fornecimentos contínuos dificilmente são garantidos.
(6)				< 0,04	$< 10^{-4}$	$< 10^{-6}$	< 1	Pouco Produtiva ou Não Aquífera: Fornecimentos insignificantes de água. Abastecimentos restritos ao uso de bombas manuais.

Modificada de Struckmer & 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

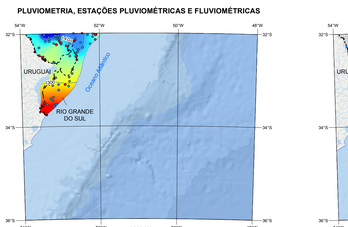
ARTICULAÇÃO DAS FOLHAS

CAPACIDADE DE INFILTRAÇÃO DO SOLO E ESTAÇÕES DA RIMAS

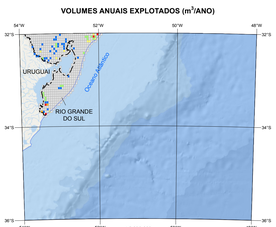
HIPSOMETRIA



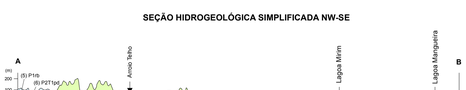
PLUVIOMETRIA, ESTAÇÕES PLUVIOMÉTRICAS E FLUVIOMÉTRICAS



VOLUMES ANUAIS EXPLOTADOS (m^3/ANO)



SEÇÃO HIDROGEOLÓGICA SIMPLIFICADA NW-SE



ESCALA HORIZONTAL: 1:750.000

Determinação dos Sistemas Aquíferos

IAH - International Association of Hydrogeology

CARTA HIDROGEOLÓGICA

Escala 1:1.000.000

0 10 20 40 60 80 km

Sistema Geodésico de Referência: SIRGAS-2000-Brasil - Policônico
Datum: D-SIRGAS-2000
Latitude de Origem: 0° (Equador)
Meridiano Central: 51° W de Greenwich
Esferóide: GRS_1980

2016

CPRM Serviço Geológico do Brasil
SECRETARIA DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL
MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA
BRASIL