

PANORAMA DOS
RECURSOS
HÍDRICOS
NO BRASIL

Sandra Garcia Gabas • José Luiz Albuquerque Filho • Itabaraci N. Cavalcante
(Organizadores)



ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE GEOLOGIA
DE ENGENHARIA E AMBIENTAL

Copyright 2024. Associação Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental – ABGE

Produção editorial:

Assistência editorial: *Luciana Marques e Denise Amaral*

Organizadores: *Sandra Garcia Gabas; José Luiz Albuquerque Filho e Itabaraci Nazareno Cavalcante*

Projeto gráfico/Diagramação/Capa: *Rita Motta*

Foto da capa: *Aquífero Guarani, na localidade de Balneário Cachoeirão, município de Terenos-MS*

Primeira edição impressa em 2024: *1.500 exemplares*

A ABGE, os autores, integrantes de equipe, revisores e o editor não possuem responsabilidade de qualquer natureza por eventuais danos ou perdas a pessoas ou bens originados do uso desta publicação.

Todos os direitos reservados à ABGE



ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE GEOLOGIA
DE ENGENHARIA E AMBIENTAL

DIRETORIA ABGE GESTÃO 2023/2024

PRESIDENTE: Fábio Soares Magalhães

VICE-PRESIDENTE: Erik Wunder

DIRETOR SECRETÁRIO: Sergio Sussumu Tokudo

DIRETOR FINANCEIRO: Adalberto Aurélio Azevedo

DIRETORA DE EVENTOS: Ana Elisa Silva de Abreu

DIRETORA DE COMUNICAÇÃO: Lilian Pimentel

Conselho Deliberativo: Fábio Soares Magalhães, Erik Wunder, Sergio Sussumu Tokudo, Adalberto Aurélio Azevedo, Ana Elisa Silva De Abreu, Lilian Pimentel, Luiz Antonio Pereira de Souza, Otávio Coaracy Brasil Gandolfo, Joao Luiz Armelin, João Antônio Curtis, Luiz Alberto Minicucci, Malena D' Elia Otero, Iramir Barba Pacheco, Sergio Augusto De Arruda Camargo, Mauro Gomes Dos Santos Filho, Romildo Dias Moreira.

Conselho Consultivo: Delfino Luiz Gouveia Gambetti (Presidente), Adalberto Aurélio Azevedo, Carlos Manoel Nieble, Fernando Facciola Kertzman, Fernão Paes de Barros (in memorian), Jayme de Oliveira Campos, Giacomio Ré, Guido Guidicini, Kenzo Hori, João Jerônimo Monticelli, Luiz Ferreira Vaz (in memorian), Luiz Francisco Saragiotto, Maria Heloísa Barros de Oliveira Frascá, Murillo Dondici Ruiz (in memorian), Nivaldo José Chioffi, Tarcísio Barreto Celestino e Wilson Shoji Yiomasa.

NÚCLEO RIO DE JANEIRO/ESPÍRITO SANTO

Conselho Deliberativo: Aline Pimentel da Silva, Ana Caroline Duarte Dutra, Giovanna Tristão R. da Cunha, Larissa Mozer, Raquel Batista M. da Fonseca e Rodrigo Ferreira Franca.

NÚCLEO MINAS GERAIS

Conselho Deliberativo: Alberto Ferreira do Amaral Junior, Angelo Almeida Zenobio, Bruno Felipe Roepke, Diego Moreira da Silva, Ellen Delgado Fernandes, Frederico Nascimento Mendes Bezerra, Maria Giovana Parizzi, Michele Aparecida Flores Costa, Reuber Ferreira Cota, Yan Lucas de O. P. Santos e Walter Dos Reis Junior.

NÚCLEO SUL

Conselho Deliberativo: Adelir José Strieder, Andréa Nummer, Cezar Augusto Burkert Bastos, Débora Lamberty, Karina R. Camargo, Malva Andrea Mancuso e Marcos A. Musso Laespiga.

NÚCLEO CENTRO OESTE

Conselho Deliberativo: Bruna M. Cruz Fernandes, Caiubi Emanuel Souza Kuhn, Ingrid Ferreira Lima, Patrícia de Araújo Romão e Rodrigo Luiz Gallo Fernandes.

NÚCLEO NORTE

Conselho Deliberativo: Claudio Fabian, Dianne D. F. Fonseca, Elton Rodrigo de Andretta, Iris Celeste N. Bandeira, José Sidney Barros e Sheila G. Teixeira.

SECRETARIA ABGE

Gerente Executiva: Luciana Marques

Assistente Editorial: Denise Amaral

Assistente Administrativo: Kauany Santos

Assistente Administrativo: Vanessa Oliveira

Auxiliar Administrativo: Emilly Mendes

Auxiliar de Comunicação: Gabriele Lima

Av. Prof. Almeida Prado, 532 | Prédio 59 | Cidade Universitária | São Paulo - SP

Fones: (11) 3767-4361 | (11) 98687-6560

E-mail: abge@abge.org.br | Site: abge.org.br



ANÚNCIO 2



Expressamos nossos agradecimentos ao Conselho Federal de Engenharia e Agronomia – CONFEA e à Associação dos Geólogos de Cuiabá – GEOCLUBE, por patrocinarem a publicação desta obra, possibilitando a divulgação do trabalho desenvolvido pelos diferentes especialistas na relevante temática da situação dos Recursos Hídricos do Brasil.

ORGANIZADORES

Prof. Dra. Sandra Garcia Gabas – UFMS

Dr. José Luiz Albuquerque Filho – IPT

Prof. Dr. Itabaraci Nazareno Cavalcante – DEGEO/CC/UFC

REVISORES – CRH

Giancarlo Lastoria – UFMS

Idembergue Barroso Macedo de Moura – CPRM

Itabaraci Nazareno Cavalcante – DEGEO/CC/UFC

José Luiz Albuquerque Filho – IPT

Luis de Almeida Prado Bacellar – UFOP

Maisa Comar Pinhotti Aguiar – UEMG

Malva Andrea Mancuso – UFMS

Renato Blat Migliorini – UFMT

Sandra Garcia Gabas – UFMS

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO	8
PREFÁCIO ABGE	10
PREFÁCIO DOS AUTORES	12
A PROBLEMÁTICA DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO, REGIÃO SUDESTE DO BRASIL	14
EDIU CARLOS LOPES LEMOS ITABARACI NAZARENO CAVALCANTE	
ÁGUA SUBTERRÂNEA NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO: OCORRÊNCIA, USO, DESAFIOS E PERSPECTIVAS	24
FERNANDO A. C. FEITOSA	
ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NO DISTRITO FEDERAL	34
JOSÉ ELOI GUIMARÃES CAMPOS DRIELLY SOUZA RODRIGUES	
ANÁLISE DA VULNERABILIDADE E RISCO DE CONJ[TAMINAÇÃO EM AQUÍFERO URBANO COMO ELEMENTOS AUXILIARES À GESTÃO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS	45
FILIPE DA SILVA PEIXOTO ITABARACI NAZARENO CAVALCANTE	
AS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS DO ESTADO DO CEARÁ E A GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS	57
ITABARACI N. CAVALCANTE CLÁUDIO CÉSAR AGUIAR CAJAZEIRAS JOYCE SHANTALA FERNANDES DE OLIVEIRA SOUSA	
CONTRIBUIÇÕES DO PROFÁGUA AO ENSINO E PESQUISA EM GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS NO ESTADO DE RONDÔNIA	69
NUBIA CARAMELLO JOÃO GILBERTO DE SOUZA RIBEIRO NARA LUÍSA REIS DE ANDRADE FERNANDA BAY HURTADO	
DESAFIOS PARA O ATENDIMENTO DA DEMANDA HÍDRICA ATUAL E FUTURA DO NOROESTE DO RIO GRANDE DO SUL	79
MALVA ANDREA MANCUSO	
DIAGNÓSTICO E DESAFIOS DA GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS EM MINAS GERAIS	87
FLÁVIO DE MORAIS VASCONCELOS BEATRIZ LOBO FILGUEIRAS DE MIRANDA GOMES VITOR LIMA MIRANDA E SILVA	

EVOLUÇÃO DO CONHECIMENTO SOBRE AS ÁGUAS SUPERFICIAIS E SUBTERRÂNEAS DA ÁREA URBANA E PERIURBANA DE MANAUS	97
JUSSARA SOCORRO CURY MACIEL JANAINA SIMONE NEVES MIRANDA PRISCILA SOUSA SILVA LUANA LISBOA	
GESTÃO DAS ÁGUAS DE MATO GROSSO: PANORAMA ATUAL E DESAFIOS FUTUROS	111
DANIELA MAIMONI DE FIGUEIREDO RENATO BLAT MIGLIORINI LETÍCIA AUXILIADORA DA SILVA DIONEL LEANDRO OBADOWISKI BRUNO	
GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS NO ESTADO DE MATO GROSSO DO SUL	121
ANGÉLICA HARALAMPIDOU ELISABETH ARNDT LEONARDO SAMPAIO COSTA	
INOVAÇÕES TECNOLÓGICAS COM FOCO NA GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS	127
MARCIELI BONFANTE VISENTIN JAQUELINE ISABEL DE SOUZA	
PANORAMA DA GESTÃO DAS ÁGUAS EM MINAS GERAIS	135
MAURICIO BERTACHINI MARCELO DA FONSECA	
PANORAMA DOS RECURSOS HÍDRICOS EM MINAS GERAIS	152
MARCELO FONSECA MARÍLIA DE CARVALHO MELO	
QUALIDADE DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NO CENTRO-SUL DA BAHIA – NORDESTE DO BRASIL COMO INSTRUMENTO DE GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRÂNEOS	163
MARIA DA CONCEIÇÃO RABELO GOMES ITABARACI NAZARENO CAVALCANTE	
RECARGA GERENCIADA DE AQUÍFEROS: CONCEITOS E POSSÍVEIS APLICAÇÕES, COM FOCO NO ESTADO DE MINAS GERAIS	176
GISELE KIMURA PAULO FERNANDO PEREIRA PESSOA	
RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRÂNEOS EM MATO GROSSO DO SUL: AVANÇOS, DESAFIOS ATUAIS E PERSPECTIVAS FUTURAS	188
SANDRA GARCIA GABAS GIANCARLO LASTORIA	
SISTEMA AQUÍFERO GRANDE AMAZÔNIA – SAGA E O ESPAÇO AMAZÔNICO BRASILEIRO	199
FRANCISCO DE ASSIS MATOS DE ABREU ITABARACI NAZARENO CAVALCANTE	




APRESENTAÇÃO

A gestão integrada dos recursos hídricos frente às mudanças climáticas é um dos grandes desafios do mundo moderno. Na definição de gestão integrada de recursos hídricos (GIRH) dada pela *Global Water Partnership (GWP)* “um processo que promove a coordenação de desenvolvimento e gestão de água, terra e recursos relacionados, a fim de maximizar a resultante econômico e o bem-estar social de forma equitativa, sem comprometer a sustentabilidade vital dos ecossistemas” já se vislumbra a relação da água com o solo, com o meio ambiente, com o desenvolvimento econômico, com o bem estar e a equidade social, bem como com a sustentabilidade dos ecossistemas. Mas apesar de definida esta é uma questão é bastante complexa.

No contexto brasileiro no qual a Constituição Federal de 1998 determinou a dupla dominialidade das águas¹ e metade do território é constituído por rochas

¹ A Constituição Federal divide entre a União e os Estados o domínio da água, da seguinte forma: (1) são bens da União os lagos, rios e quaisquer correntes de água em terrenos de seu domínio, ou que banhem mais de um Estado, sirvam de limites com outros países, ou se estendam a território estrangeiro ou dele prove-nham (CF art 20, inciso III); (2) são bens dos Estados as águas superficiais ou subterrâneas, fluentes, emergentes e em depósito, ressalvadas, na forma da lei, as decorrentes de obras da União (CF, art. 26, inciso I). <https://www.editorajc.com.br/dominio-e-competencia-sobre-os-recursos-hidricos-no-brasil/>



do domínio poroso há outra perspectiva pouco abordada nesta complexidade. Em que pese esta carta magna tratar as águas superficiais e subterrâneas, aparentemente, como componentes individuais na gestão, estas são na prática partes indissociáveis do Ciclo Hidrológico, já que as águas subterrâneas são responsáveis pela manutenção da perenidade dos rios, quando estes não dispõem de regularização por reservatórios artificiais. Nos períodos de estiagem, quando as chuvas diminuem consideravelmente ou cessam, as vazões nos rios são mantidas pelo fluxo advindo dos aquíferos conectados.

Para que a gestão integrada de recursos hídricos seja implementada em toda a sua complexidade ela deve estar amparada por uma estrutura de governança robusta e perene. Neste sentido, alguns elementos são imprescindíveis para que isto de fato ocorra. O primeiro elemento é a necessidade de acesso a informações confiáveis, base para a tomada de decisão para a gestão, por meio do monitoramento hidrometeorológico (rio-chuva-aquífero), para o conhecimento sistemático dos recursos hídricos, no tempo e no espaço e para melhor previsibilidade nas projeções de cenários climáticos. Outro é a necessidade da constituição e manutenção das instituições gestoras com estruturas adequadas para conduzir a gestão (pessoal, treinamento, equipamentos, sistemas e orçamento). Deve-se ressaltar a importância da articulação entre estas instituições com as de meio ambiente, clima e de outros setores, bem como com a de outros estados e da União. E por fim, a relevância da cooperação para o desenvolvimento de estratégias, ferramentas e normas conjuntas levando a uma atuação coordenada dos diferentes entes gestores em uma mesma bacia hidrográfica ou em busca de uma ferramenta para uso conjunto, especialmente àquelas envolvendo a integração de águas superficiais e subterrâneas.

Neste sentido, esta publicação apresenta a experiência de alguns órgãos estaduais na gestão de recursos hídricos trazendo análises de alguns dos elementos necessários para a implementação da gestão integrada. Ademais contextualiza a ocorrência das águas subterrâneas de alguns estados, no Semiárido brasileiro e em outros contextos. Por fim apresenta novos conceitos e ferramentas práticas para a gestão de recursos hídricos (recarga gerenciada de aquíferos, proposição de um Índice de Risco de Contaminação de Água Subterrânea e sistemas de informação e de suporte à decisão). São contribuições importantes para a divulgação da importância da gestão integrada de recursos hídricos e do seu estágio de desenvolvimento, que podem servir de inspiração para futuros atores que desejem atuar em prol da sua implementação e do seu aperfeiçoamento no Brasil.




PREFÁCIO ABGE

A ABGE se sente mais uma vez orgulhosa por poder disponibilizar aos seus sócios e profissionais da área de recursos hídricos e geotecnia o livro “Panorama de Recursos Hídricos no Brasil”, que por meio de uma condução brilhante dos coordenadores agregou 38 autores, sendo que alguns autores participaram com outros colegas em outros temas, para escrever 18 artigos da mais alta qualidade técnica.

Elaborado dentro da linha da discussão técnica do papel e gestão dos recursos hídricos brasileiros, os temas deram ênfase nas questões das águas subterrâneas, onde na maioria destes artigos, por meio de estudos regionais, sintetiza o conhecimento atual na área de Recursos Hídricos Nacional.

Material indispensável para consulta, a sua disponibilização pela ABGE ajudará em muito os formandos que se dispuserem a trabalhar nesta área e aos profissionais já atuantes que terão um excelente material para o seu dia a dia, para todos aqueles que quiserem saber o *status quo* da Gestão de Recursos Hídricos no Brasil, inclusive suas inovações tecnológicas.



Este compêndio, resultado de mais de dois anos de muita dedicação dos autores, contou também com o excelente apoio de nossa equipe administrativa, dedicadas e competentes na gestão das inúmeras etapas que um trabalho desta envergadura exige.

Finalizamos, cumprimentando os autores pelo excelente trabalho, e desejando a todos ótima leitura, na certeza de que este Livro será de grande valia para os profissionais geólogos e engenheiros.

Que tenham todos bom proveito deste maravilhoso trabalho

Boa leitura!!!

Fabio Soares Magalhães

Presidente ABGE

Delfino Gambetti

Presidente Conselho Deliberativo ABGE




PREFÁCIO DOS AUTORES

Num contexto global de iminente escassez dos recursos hídricos, torna-se imperativo disseminar os elementos e premissas que fundamentam uma gestão participativa e integrada. À luz das progressões conceituais, organizacionais, tecnológicas e institucionais na administração dos recursos hídricos, isso se torna um requisito fundamental para um desenvolvimento sustentável em harmonia com a preservação ambiental.

A implementação dos princípios norteadores da gestão dos recursos hídricos deve buscar ordenar sua utilização de forma múltipla, ao mesmo tempo em que garante sua conservação para as gerações futuras. Isso implica em minimizar ou até mesmo evitar os problemas associados à escassez e à contaminação dos corpos d'água, problemas estes que afetam e comprometem os diversos usos desses recursos fundamentais.

Esta publicação sobre a Gestão de Recursos Hídricos é uma jornada pelo coração pulsante das possibilidades, práticas e desafios que moldam o uso sustentável da água em nossa sociedade. Reunindo uma gama diversificada de perspectivas, especialistas e práticas exemplares, esta obra busca iluminar as complexidades e as oportunidades que cercam a gestão eficaz da água.

Desde a importância das águas subterrâneas para o semiárido brasileiro, passando pela contribuição das águas subterrâneas na gestão integrada dos



recursos hídricos no Ceará, até os desafios do atendimento da demanda hídrica atual e as perspectivas de aumento da oferta hídrica regional; cada capítulo desta obra representa um elo na cadeia de esforços necessários para assegurar um futuro sustentável para a humanidade e para o planeta que habitamos.

Neste mundo interconectado, onde os desafios da água transcendem fronteiras geográficas e políticas, a colaboração e a cooperação são mais do que simplesmente desejáveis; são imperativas. Esta publicação é, portanto, não apenas um ponto de partida para reflexão, mas também um convite à ação conjunta.

Que estas páginas inspirem e capacitem todos aqueles comprometidos com a causa da gestão responsável dos recursos hídricos, lembrando-nos sempre de que, em última análise, o destino da água está entrelaçado com o destino da humanidade e do nosso planeta como um todo.

Tercio D. Tavares

Diretor de Operações
COGERH – Cia. de Gestão de Recursos Hídricos do Ceará