



Projeto Águas do Centro-Sul de Minas Gerais

Dezembro
2023

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA

Ministro de Estado

Alexandre Silveira de Oliveira

Secretário de Geologia, Mineração e Transformação Mineral

Vitor Eduardo de Almeida Saback

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL (SGB-CPRM)

DIRETORIA EXECUTIVA

Diretor-Presidente interino

Inácio Cavalcante Melo Neto

Diretor de Geologia e Recursos Minerais

Francisco Valdir Silveira

Diretora de Hidrologia e Gestão Territorial

Alice Silva de Castilho

Diretor de Infraestrutura Geocientífica

Paulo Afonso Romano

Diretor de Administração e Finanças

Cassiano de Souza Alves

DEPARTAMENTO DE HIDROLOGIA

Chefe do Departamento de Hidrologia

Andrea de Oliveira Germano

Chefe da Divisão de Hidrologia Básica - DIHIBA

Ana Carolina Zoppas Costi

Divisão de Hidrologia Aplicada - DIHAPI

Emanuel Duarte Silva

Divisão de Hidrogeologia e Exploração - DIHEXP

Valmor José Freddo Filho

SUPERINTENDÊNCIA REGIONAL DE BELO HORIZONTE

Superintendente

Marlon Marques Coutinho

Gerente de Hidrologia e Gestão Territorial

José Alexandre Pinto Coelho Filho

Supervisora de Hidrogeologia e Gestão Territorial

Michele Silva Santana

Supervisora de Hidrologia

Luana Kessia Lucas Alves Martins

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA
SECRETARIA DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL
SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL (SGB-CPRM)
DIRETORIA DE HIDROLOGIA E GESTÃO TERRITORIAL
I PROGRAMA RECURSOS HÍDRICOS I

RELATÓRIO PARCIAL

Projeto Águas do Centro-Sul de Minas Gerais

AUTORES

Maria Antonieta Alcântara Mourão
Márcio de Oliveira Cândido
Marlon Marques Coutinho
Janaína Simone Neves Miranda
Michele Silva Santana
Fernando Alves Carneiro
Bárbara Henriques de Oliveira Lobo Cordeiro
Edimilton Dias da Rocha Pereira



Belo Horizonte
2023

PROJETO ÁGUAS DO CENTRO-SUL DE MINAS GERAIS - PACS

ÓRGÃO CONVENENTE

Instituto Mineiro de Gestão das Águas – IGAM

ÓRGÃO INTERVENIENTE

Fundação Arthur Bernardes – FUNARBE

REALIZAÇÃO

Serviço Geológico do Brasil – SGB/CPRM

Superintendência Regional de Belo Horizonte – SUREG/BH

Gerência de Hidrologia e Gestão Territorial – GEHTE/BH

COORDENAÇÃO TÉCNICA

Maria Antonieta Alcântara Mourão

Márcio de Oliveira Cândido

COORDENAÇÃO EXECUTIVA

Michele Silva Santana

EQUIPE TÉCNICA

Bárbara Henriques de Oliveira Lobo Cordeiro

Bruna Fiume

Clyvikh Renna Camacho

Flávia Maria de Fátima Nascimento

Fernando Alves Carneiro

Janaína Simone Neves Miranda

Maria Fernanda Parise Tomazella

Marcelo Donadelli Sacchi (Residente em Geociências)

Edimilton Dias da Rocha Pereira (Residente em Geociências)

Anna Luiza Walder Lorenzato Cardoso (Estagiária)

Matheus de Castro Fiusa (Estagiário)

APRESENTAÇÃO

O Projeto Águas do Centro-Sul de Minas – PACS consiste na realização de um estudo de disponibilidade hídrica subterrânea da região Centro-Sul do estado de Minas Gerais, compreendendo a avaliação das estimativas de quantidades exploráveis de água subterrânea que subsidiará a emissão de outorgas de direito de uso de recursos hídricos.

O PACS foi concebido como um projeto de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação (PD&I) e está alinhado à missão institucional do Serviço Geológico do Brasil – “Gerar e disseminar conhecimento geocientífico com excelência, contribuindo para melhoria da qualidade de vida e desenvolvimento sustentável do Brasil”.

Para realização deste projeto foi firmado o convênio (2241002892/2022 – IGAM e 174/2022 – CPRM) em 13 de dezembro de 2022 entre o Serviço Geológico do Brasil – SGB/CPRM, o Instituto Mineiro de Gestão da Águas – IGAM e a Fundação Arthur Bernardes – FUNARBE.

Este relatório parcial tem por objetivo apresentar o contexto e histórico do projeto, apresentação da área de estudo, metodologia a ser aplicada e etapas de execução realizadas e esperadas.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	2
2. OBJETIVOS.....	5
3. METODOLOGIA.....	6
4. ETAPAS DE EXECUÇÃO	8
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	16
REFERÊNCIAS	17

1. INTRODUÇÃO

O Projeto Águas do Centro-Sul de Minas – PACS consiste realização de um estudo da Disponibilidade Hídrica Subterrânea da região Centro-Sul do estado de Minas Gerais em área aproximada de 341.008 km², compreendendo a avaliação das estimativas de quantidades exploráveis de água subterrânea que subsidiará a emissão de outorgas de direito de uso de recursos hídricos.

O estudo de avaliação da disponibilidade hídrica constitui o fator fundamental para a eficácia da gestão dos recursos hídricos, principalmente no atual cenário das adversidades causadas pelas mudanças climáticas e da crescente demanda de água para o insumo industrial, agropecuário e de abastecimento público. Os recursos hídricos superficiais e subterrâneos são elementos fundamentais para a qualidade de vida da população e estratégicos para o desenvolvimento da economia.

Justificativa

A motivação para a estruturação do PACS originou-se da necessidade de avaliação da disponibilidade hídrica em áreas do Estado de Minas Gerais que ainda não dispõem de estudo para estimativa do Recurso Potencial Explorável (RPE), nos termos da Deliberação Normativa CERH n° 76/2022 (CERH, 2022), e padronizar os parâmetros utilizados na outorga.

Os estudos realizados pelo Projeto Águas do Norte de Minas – PANM (executado pelo Serviço Geológico do Brasil – SGB/CPRM; Cândido *et al.*, 2019), estabeleceram os valores dos Recursos Potenciais Exploráveis - RPE (o RPE corresponde ao volume total de água armazenada no aquífero e disponível para o uso, o qual pode ser extraído sem causar comprometimento da parcela do fluxo de base, contabilizado como referência para os processos de regularização dos recursos hídricos superficiais.) para porção norte do Estado, os quais são importantes indicadores para as avaliações e definições dos volumes subterrâneos outorgáveis.

De posse deste estudo, o Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM) promoveu amplo debate com os usuários, Conselho Estadual de Recursos Hídricos (CERH), Comitês de bacia, academia e Associação Brasileira de Águas Subterrâneas – ABAS, que culminou na publicação, em junho de 2022, da Deliberação Normativa 76 do CERH-MG de 19/04/22 (CERH, 2022), cujo objetivo é definir critérios para a regularização dos recursos hídricos subterrâneos do Estado de Minas Gerais. A DN-76 utiliza como indicador da disponibilidade subterrânea para a porção norte, nordeste e noroeste do estado de Minas Gerais, o valor da RPE definida pelo PANM.

Público alvo

Os produtos previstos do projeto irão alcançar um vasto leque de beneficiários, dentre os quais se destacam, de forma geral, os diferentes segmentos de usuários na região de atuação do projeto e gestores de recursos hídricos.

Os potenciais usufruidores são as entidades gestoras tais como o Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos - SISEMA, o Conselho Estadual de Política Ambiental - COPAM, o Conselho Estadual de Recursos Hídricos - CERH, os Comitês e Agências de Bacias Hidrográficas

gestores ambientais das esferas federal, estadual e municipal e gestores econômicos das esferas estadual, federal e municipal de outras secretarias, usuários de recursos hídricos, Ministério Público, instituições de âmbito público e privado, pesquisadores, especialistas e estudantes do Brasil e de outros países.

Por fim, a sociedade mineira como um todo, tendo em vista que os recursos hídricos terão uma gestão baseada em estudos técnicos que visam assegurar a sustentabilidade ambiental e permanência dos recursos hídricos.

Área de estudo

O projeto atua na porção centro-sul do Estado de Minas Gerais abrangendo 689 municípios em uma área de 341.008 km², aproximadamente.

Os estudos serão desenvolvidos nos limites de vinte oito circunscrições hidrográficas: SF1 a SF5 (bacia do rio Francisco), PN1 a PN3 (bacia do rio Paranaíba), GD1 a GD8 (bacia do rio Grande), DO1 a DO5 (bacia do rio Doce), PS1e PS2 (bacia do rio Paraíba do Sul), IB1 (bacia do rio Itabapoana); IP1 (bacia do rio Itapemirim), PJ1 (bacias dos rios Piracicaba e Jaguari) e SM1 (bacia do rio São Mateus), área aproximada de 341.008 km² (Figura 1).

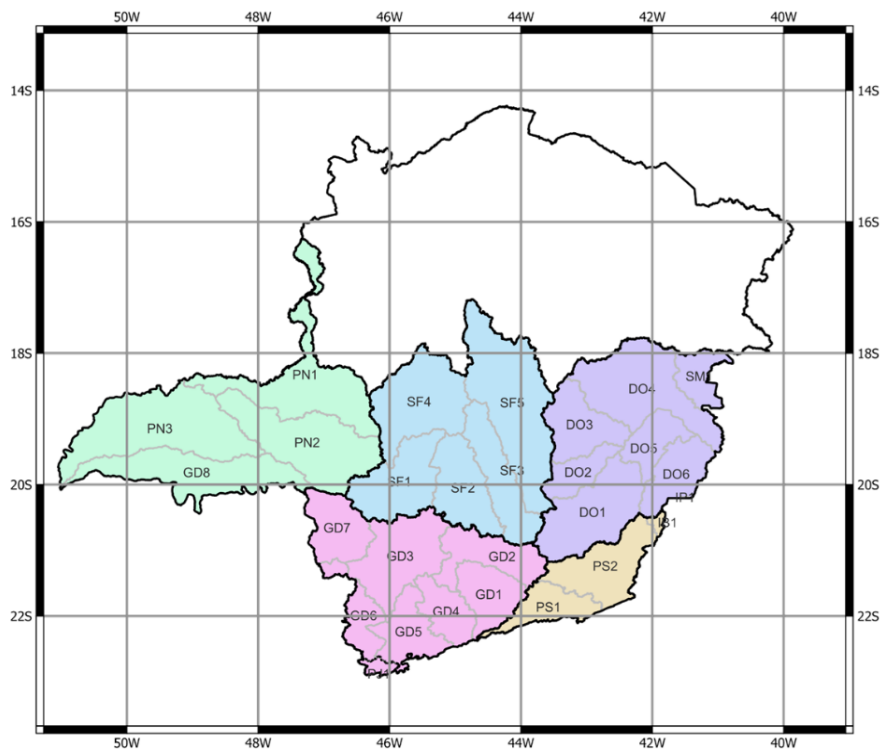


Figura 1: Circunscrições hidrográficas da área de atuação do projeto PACS

A região de atuação do projeto abrange as maiores densidades populacionais do estado de Minas Gerais, 85% da população do estado reside nos 689 municípios da área de estudo, segundo dados do IBGE (c2023), a população estimada em 2021 era 18.283.991 (Figura 2).

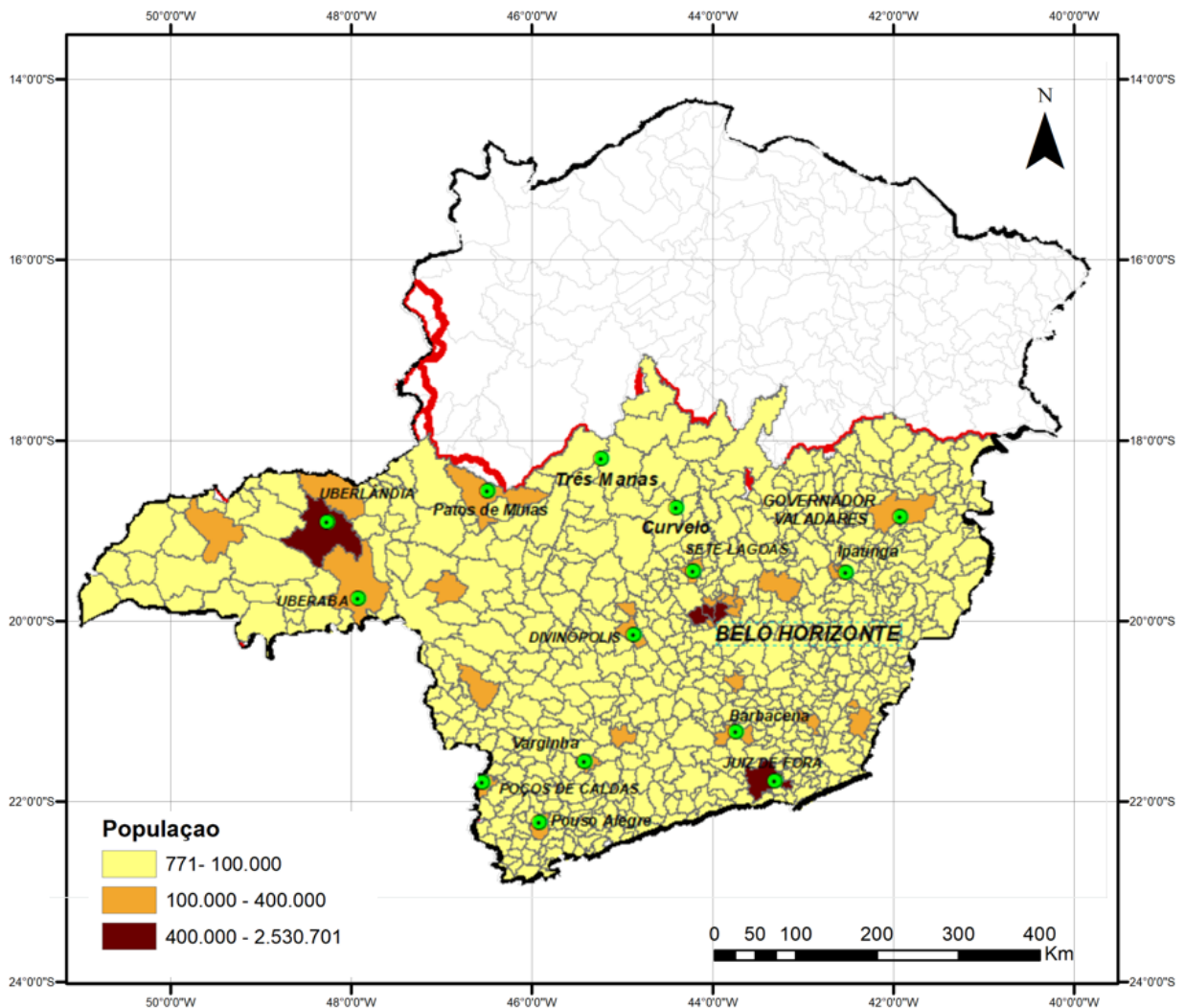


Figura 2: Distribuição da população nos municípios da área do projeto PACS
(Fonte: Adaptado de IBGE (c2023). Elaboração: Maria Mourão/SGB).

De acordo com dados da Agência Nacional de Águas - ANA (2019), os municípios que estão na área de atuação do projeto foram responsáveis por cerca de 55% do uso consuntivo da água em 2017 no estado de Minas Gerais, um total de 96 m³/s. A **figura 3** mostra a espacialização desse consumo por município.

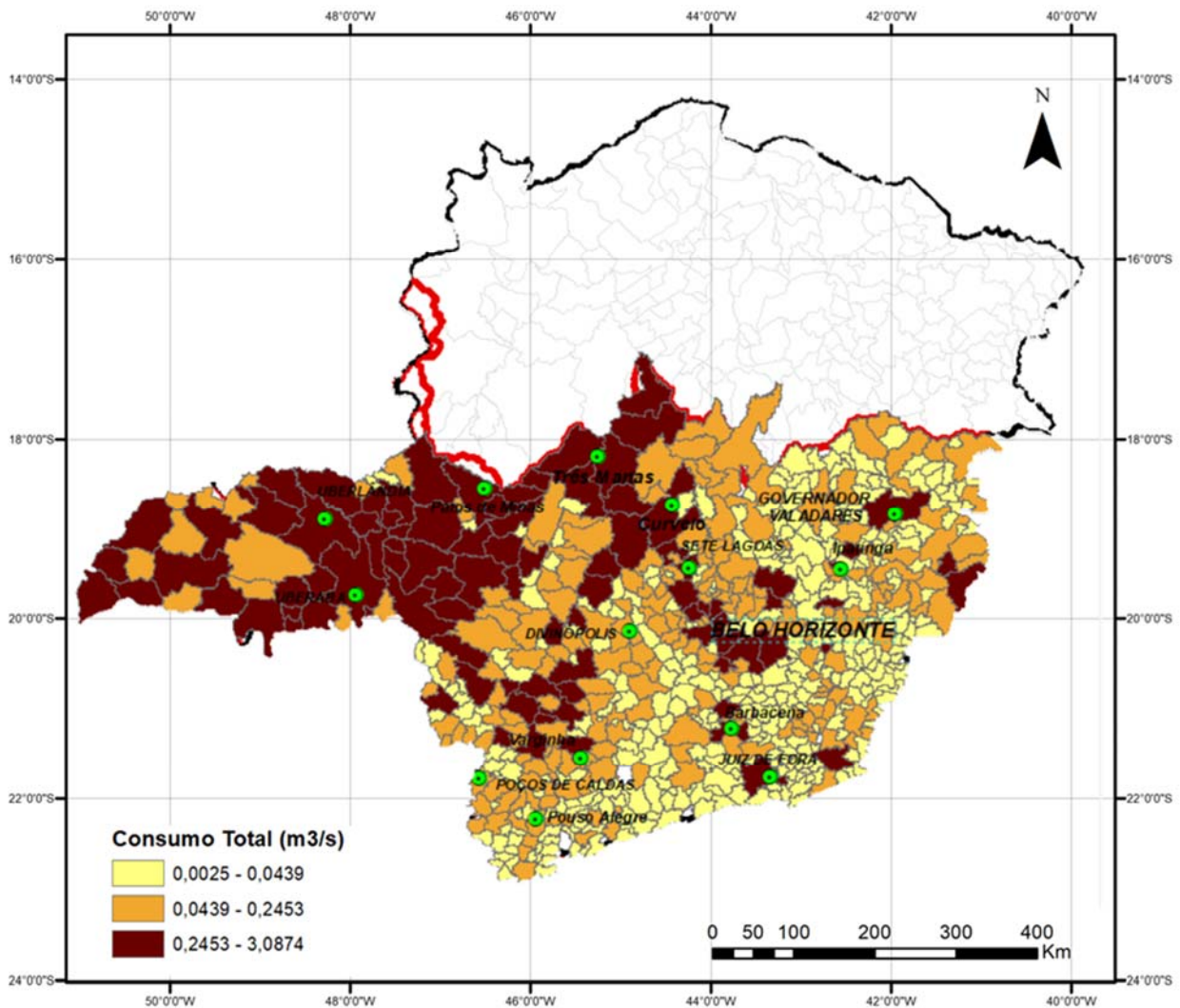


Figura 3: Consumo total de água subterrânea na área do projeto PACS
(Fonte: Adaptado de ANA (2019). Elaboração: Maria Mourão/SGB).

2. OBJETIVOS

Avaliar a disponibilidade hídrica subterrânea na porção centro-sul do Estado de Minas Gerais nas seguintes circunscrições hidrográficas: SF1 a SF5 (bacia do rio Francisco), PN1 a PN3 (bacia do rio Paranaíba), GD1 a GD8 (bacia do rio Grande), DO1 a DO5 (bacia do rio Doce), PS1e PS2 (bacia do rio Paraíba do Sul), IB1 (bacia do rio Itabapoana); IP1 (bacia do rio Itapemirim), PJ1 (bacias dos rios Piracicaba e Jaguari) e SM1 (bacia do rio São Mateus) e, mais especificamente, calcular o valor do Recurso Potencial Explotável (RPE) de cada circunscrição e implementar uma rede de monitoramento de águas subterrâneas para subsídio a gestão de recursos hídricos.

3. METODOLOGIA

A metodologia geral para a avaliação dos recursos hídricos subterrâneos contabiliza a soma de duas parcelas:

- Reserva Permanente - corresponde as águas armazenadas no tempo geológico, a qual é invariável em decorrência da flutuação sazonal da superfície potenciométrica;
- Recursos renováveis – corresponde a recarga hídrica subterrânea; ou seja, representa a quantidade de água armazenada no aquífero que é renovada anualmente a cada ciclo hidrológico.

A **figura 4** demonstra a fórmula para a estimativa do Recurso Potencial Explotável – RPE.

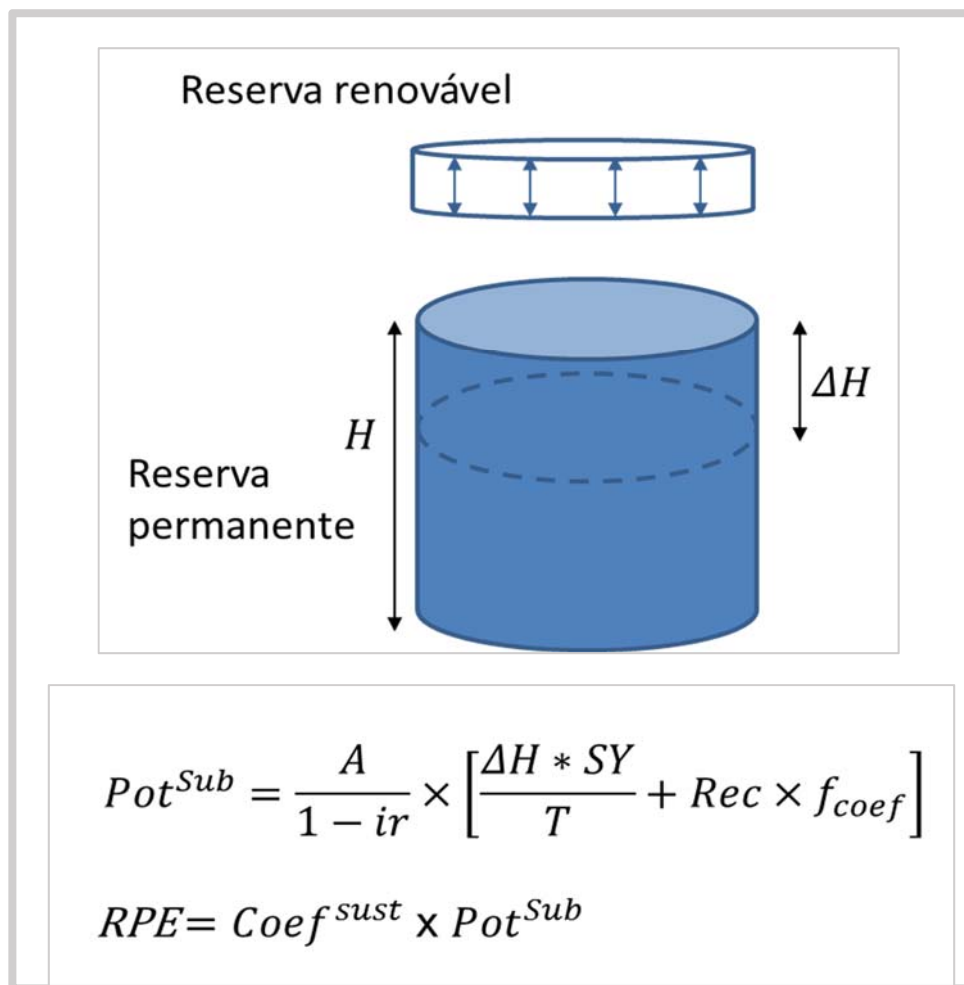


Figura 4: Estimativa do Recurso Potencial Explotável

Para o alcance dos objetivos do projeto estão previstas as seguintes atividades de execução:

- Levantamento, consolidação e sistematização de informações secundárias;
- Seleção de pontos de monitoramento para complementação de informações;

- Monitoramento complementar de vazões;
- Instalação, operação e manutenção de rede de monitoramento subterrânea;
- Caracterização hidrometeorológica: pluviometria, evaporimetria e fluviometria;
- Caracterização hidrogeológica: definição de domínios geoambientais; estimativas da profundidade saturada e coeficiente de armazenamento;
- Avaliação da disponibilidade hídrica subterrânea: estimativas da recarga subterrânea, restituição específica e reserve permanente;
- Estimativa do Recurso Potencial Explotável.

Além da metodologia abordada acima, pretende-se aplicar nos estudos das águas subterrâneas do PACS o emprego de dados GRACE com a aplicação de inteligência computacional.

Uma nova fronteira foi aberta para o estudo das águas subterrâneas pelos dados gravitacionais fornecidos pelas missões GRACE e GRACE-FO (Gravity Recovery and Climate Experiment; JPL, [202-]), que medem constantemente as alterações gravitacionais do planeta, entre elas as promovidas pelo movimento das águas durante o ciclo hidrológico. Estes valores são mapeados pelos satélites e posteriormente convertidos em Total de Água Armazenada (Total Water Storage - TWS).

O TWS inclui, por definição, os valores de águas subterrâneas, umidade do solo, água superficial, neve e gelo. Mesmo apresentando limitações referentes à resolução espacial, 0.25°, temporal, escala mensal e erro estimado em coluna de água de 1cm, os dados GRACE são uma ferramenta de grande valor no estudo hidrológico e hidrogeológico ao redor do mundo. O adequado emprego das observações dos satélites GRACE pode indicar áreas com ganho e perda de massa de água, abrindo a possibilidade de estudos direcionados para áreas com maior possibilidade de escassez hídrica, seja superficial ou subterrânea (JPL, [202-]).

Os resultados do estudo, assim como as suas proposições e recomendações, deverão ser discutidos em workshop com os principais agentes de Recursos Hídricos (Estadual e Federal), sob responsabilidade dos pesquisadores do SGB, e deverá ter uma dinâmica organizacional que favoreça a participação dos agentes na validação dos resultados e na transformação das proposições oferecidas pelo Estudo.

4. ETAPAS DE EXECUÇÃO

As etapas de execução do projeto foram definidas entre as parte do convênio. **A figura 5** mostra o cronograma definido para o período de quarenta e oito meses do projeto.

Meta	Descrição	2023												2024												2025												2026											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Aquisição de equipamentos e serviços	█																																															
2	Levantamento, consolidação e sistematização de dados e informações secundárias	█																																															
3	Levantamento, consolidação e sistematização de dados e informações primárias complementares													█												█												█											
4	Instalação de rede de monitoramento subterrânea													█												█																							
5	Caracterização hidrometeorológica da região													█												█																							
6	Caracterização hidrogeológica da região													█												█												█											
7	Avaliação da disponibilidade hídrica subterrânea													█												█												█											
8	Estimativa do recurso potencial explorável													█												█												█											
9	Acompanhamento físico-financeiro do projeto	█												█												█												█											

Figura 5: Cronograma das etapas de trabalho no projeto PACS.

Etapas concluídas

Considerando o plano de trabalho do projeto foram desenvolvidas, no período de dezembro de 2022 a dezembro de 2023, as atividades detalhadas a seguir.

Reunião de abertura para a apresentação da equipe técnica e principais atividades a serem executadas

No dia 15 de fevereiro de 2023 foi realizada, no auditório da Superintendência Regional de Belo Horizonte, a solenidade de divulgação do projeto que contou com a presença de autoridades e representantes do IGAM, FUNARBE e SGB (Figura 6). A dinâmica abrangeu apresentação do SGB sobre a proposta do estudo, métodos, cronograma físico e financeiro e produtos a serem gerados e breves exposições da FUNARBE e do IGAM. Ao final foi efetuada palestra sobre os mapas hidrogeológicos de Minas Gerais e do Quadrilátero Ferrífero envolvendo a explanação de todo o processo envolvido de organização de banco de dados e a estrutura do Sistema de Informações Geográficas. Destacou-se que esses mapas deverão servir de base para o projeto PACS.



Figura 6: Participantes do evento de solenidade de abertura do Projeto Águas do Centro-Sul de Minas Gerais

Reuniões presenciais e remotas com os parceiros e equipe técnica

Houve reuniões com as equipes gerenciais e técnicas do SGB e o parceiros do projeto para tratar dos procedimentos e normas relacionados à requisição de equipamentos e softwares, à solicitação dos recursos para as campanhas de campo, à prestação de contas e à contratação de estagiários, técnicos e consultor.

Reuniões remotas posteriores ocorreram para esclarecimentos adicionais com participação por parte do SGB, da gerência financeira e da coordenação executiva do Projeto PACS, essas reuniões tiveram como temas: procedimentos para importação de equipamentos, discussão de uma solução para a contratação de consultoria externa, soluções para viabilizar a hospedagem de campo e pagamentos de abastecimento de combustível dos veículos em campo.

Destaca-se que foi fornecido pela FUNARBE, aos coordenadores técnicos e executivo do projeto, acesso ao Sistema AGREGA. Esse sistema é exclusivo da FUNARBE e corresponde a uma ferramenta de gestão visando auxiliar a execução e acompanhamento dos projetos e por meio dele devem ser feitas todas as solicitações de compra e serviços relativos ao convênio.

Foram realizadas três reuniões (02 e 14/03 e 04/04) com toda a equipe do projeto tendo como objetivos:

- Esclarecer sobre os procedimentos de acompanhamento físico e financeiro criados para o Projeto.
- Apresentar, de forma detalhada, a metodologia adotada para o Projeto Águas do Norte de Minas Gerais de modo a promover o nivelamento dos pesquisadores e técnicos;
- Discutir a inclusão de novos métodos e técnicas considerando a natureza de Pesquisa; Desenvolvimento e Inovação do Projeto;
- Promover o conhecimento a respeito da utilização dos dados do satélite GRACE para a investigação das variações de armazenamento total de água e do armazenamento de água subterrânea;
- Iniciar a discussão a respeito dos critérios para delimitação das zonas hidrogeambientais;

- Determinar as diretrizes de trabalho para cada equipe: Hidrologia, Hidrogeologia, Solos e Sistema de Informações Geográficas e Banco de Dados.

Reuniões específicas com as equipes temáticas têm sido efetuadas para acompanhamento do desenvolvimento do projeto.

Apresentações do Projeto em diferentes fóruns

Foram agendadas, pelo IGAM, apresentações nas reuniões plenárias do Conselho Estadual de Política Ambiental – COPAM e do Conselho Estadual de Recursos Hídricos-CERH ocorridas, respectivamente, nos dias 15 e 22 de março de 2023. O objetivo primordial foi comunicar aos membros dos conselhos o início da execução do projeto, o cronograma, os custos envolvidos e os produtos a serem alcançados.

Adicionalmente, foi feito pela Associação Brasileira de Águas Subterrâneas – ABAS/Núcleo MG e pelo LEHiD – Laboratório de Estudos Hidrogeológicos da UFMG convite ao SGB para apresentação do Projeto PACS no Café Hidrogeológico, ocorrido em 13 de junho de 2023 (Figura 7).

De modo geral, as proposições do projeto foram bem recebidas nos diferentes fóruns. Entretanto, houve algumas manifestações de preocupação quanto à possibilidade de restrições de uso da água subterrânea. Nesse sentido, foram recebidos contatos de representantes do IBRAM – Instituto Brasileiro de Mineração e da VALE solicitando uma maior aproximação com a CPRM para conhecimento detalhado sobre o projeto, colaboração e eventualmente, acompanhamento.

Café Hidrogeológico
13 de Junho de 2023
Centro de Atividades Didáticas 3

- 14:00 - 14:10**
▶ Início do evento
- 14:10 - 14:40**
Maurício Bertachini - ABAS/MG
Unindo forças pela água: Construindo um futuro sustentável na América Latina
- 14:40 - 15:10**
Maria Antonieta Mourão - CPRM
O conhecimento como suporte à gestão integrada de recursos hídricos: exemplo da porção centro-sul de MG
- 15:10 - 15:40**
Marcelo da Fonseca - Diretor IGAM
Monitoramento remoto integrado: uma ferramenta de aprimoramento da gestão de dados hidrogeológicos
- 15:40 - 16:10**
Maria Luiza Ramos - Vale S.A.
Hidrogeologia na mineração
- 16:10 - 16:30**
i Sobre o LEHiD/UFMG
- 16:30 - 17:00**
☕ Coffee Break 1 - Sorteio de livros!
- 17:00 - 17:30**
Augusto Auler - Instituto do Carste
O Brasil no cenário internacional da hidrogeologia cárstica: carências e financiamento
- 17:30 - 18:00**
Ricardo Hirata - Professor titular da USP
A difícil tarefa de integrar as águas subterrâneas na gestão hídrica
- 18:00 - 18:30**
Marília de Melo - SEMAD/MG
Panorama da gestão das águas subterrâneas em MG: avanços e desafios
- 18:30 - 19:00**
☕ Coffee Break 2 - Sorteio de 3 minicursos para 14/06
 - Hidroquímica na mineração (Water Services and Technologies)
 - Python aplicado na hidrogeologia (WSP Brasil)
 - Aquisição/tratamento de dados hidrogeológicos (Clam)
- 19:00 - 20:30**
🍷 Mesa redonda
Gestão Integrada dos Recursos Hídricos em Minas Gerais

BÔNUS: 2 MINICURSOS GRÁTIS
7:30 / 12:00 - No prédio do IGC/UFMG - vagas limitadas!
-(20 vagas) Traçadores fluorescentes: aplicação e interpretação (LEHiD/IGC)
-(20 vagas) Modelamento numérico usando o Feflow (IGEO)

Inscrições até 13/06, via pix: abas.minasgerais@gmail.com
Enviar comprovantes para abasmg@abasmg.org.br
Para mais informações: (31) 99642-1983
Estudante: associado ABAS: CRÁTIS / não associado ABAS: R\$ 40,00
Profissional: associado ABAS: R\$80,00 / não associado ABAS: R\$ 150,00

Organização: ABAS - MG, LEHiD
Apoio: UFMG
Patrocínios: WATER SERVICES AND TECHNOLOGIES, WSP, clam

Figura 7: Programação do Café Hidrogeológico promovido pela ABAS e LEHiD.

Aquisição de materiais, equipamentos e softwares

Para possibilitar a execução das atividades, o projeto prevê a aquisição de equipamentos especializados e softwares específicos de modelagem hidrológica e hidrogeológica. Os processos de aquisição são realizados pela fundação parceira do projeto sob supervisão do SGB.

Reunião de material existente para suporte ao projeto

As equipes do projeto executaram busca de material, tais como mapas, artigos, dissertações, teses, relatórios etc., que possam contribuir para o propósito do projeto e que deverão compor o acervo do projeto.

Discrimina-se abaixo os principais documentos e mapas identificados, em especial, aqueles mais recentes. Alguns já foram obtidos e outros deverão ser solicitados ao IGAM por serem fruto de estudos custeados por empreendedores.

PARA O TEMA HIDROLOGIA

Conforme apresentado anteriormente na **figura 1**, a área delimitada para o projeto PACS contém vinte e oito circunscrições em nove bacias hidrográficas principais são elas: bacia do rio Francisco (SF1 a SF5), bacia do rio Paranaíba (PN1 a PN3), bacia do rio Grande (GD1 a GD8), bacia do rio Doce (DO1 a DO5), bacia do rio Paraíba do Sul (PS1 e PS2) bacia do rio Itabapoana (IB1), bacia do rio Itapemirim (IP1), bacias dos rios Piracicaba e Jaguari (PJ1) e bacia do rio São Mateus (SM1).

Para a caracterização hídrica de cada uma das bacias hidrográficas a principal atividade preliminar necessária é o inventário de dados pluviométricos, fluviométricos e climatológicos. Inicialmente foram realizadas consultas nas principais bases de dados hidrológicos do país, podemos destacar o Portal HidroWeb – acesso no endereço eletrônico <https://www.snirh.gov.br/hidroweb/apresentacao> – e o banco de dados BDMEP – INMET – acesso pelo endereço eletrônico <https://bdmep.inmet.gov.br/>. Nestes bancos de dados constam o cadastro de estações convencionais e automáticas.

Para as estações pluviométricas foram identificadas e consultadas cerca de 2205 estações na área do projeto e entorno. Posteriormente foi feito o levantamento da série temporal de cada uma das estações e elaborados diagramas de análise da disponibilidade de informações ao longo do tempo de toda a série histórica da estação, desde sua instalação, conforme exemplificado na **figura 8**. O banco de dados tem como data de consulta maio de 2023.

A etapa atual, em execução, refere-se a análise das series temporais e também a consistência exaustiva dos dados pluviométricos em cada uma das estações pluviométricas. Estão em fase de consistência os dados de 544 estações, sendo 464 estações operadas pelo SGB, 80 estações operadas pelo IGAM e 88 estações climatológicas do INMET sendo 68 estações automáticas e 20 estações convencionais.

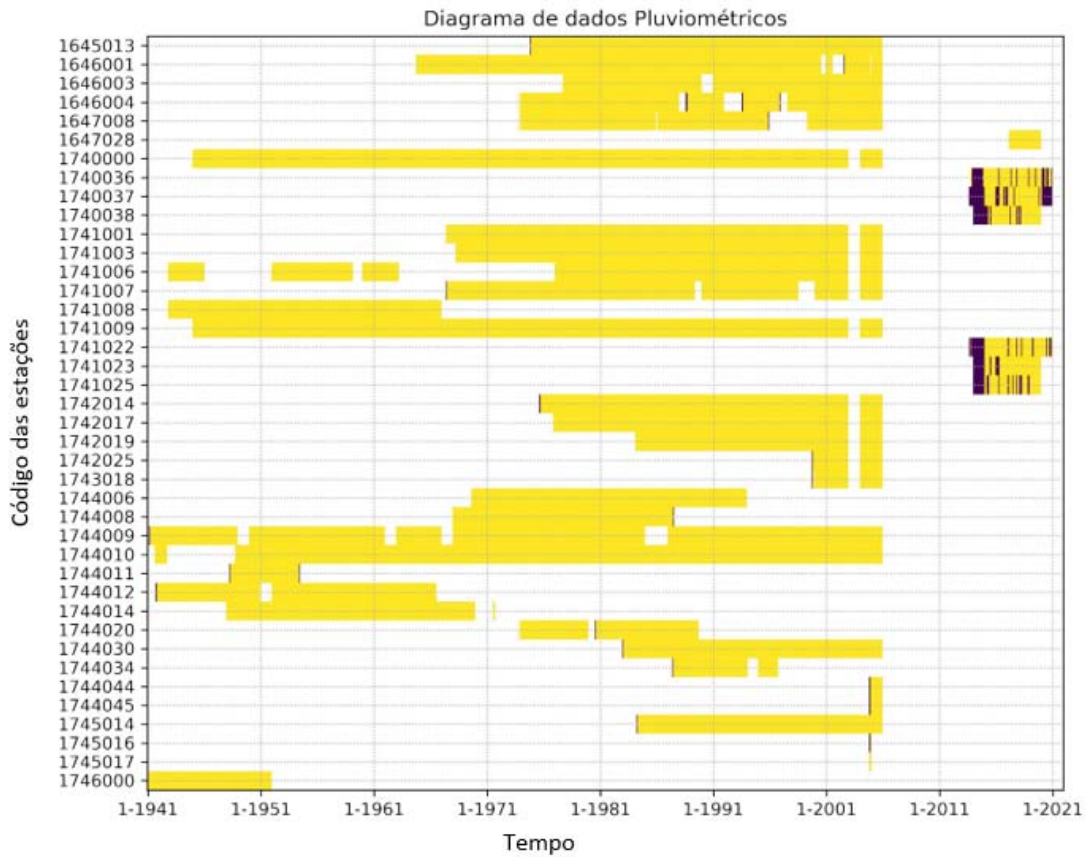


Figura 8: Diagrama de Gantt – dados pluviométricos

A título de exemplificação a **figura 9** ilustra como é uma estação pluviométrica e o mapa da **figura 10** mostra as estações pluviométricas e pluviométricas identificadas na área do projeto e entorno. Durante o levantamento de informações das estações pluviométricas foram identificadas cerca de 3.420 estações na área do projeto e entorno. As atividades de análise da quantidade e qualidade de informações disponíveis, bem como a realização da consistência dos dados pluviométricos serão iniciadas após a finalização da consistência dos dados pluviométricos citados anteriormente.

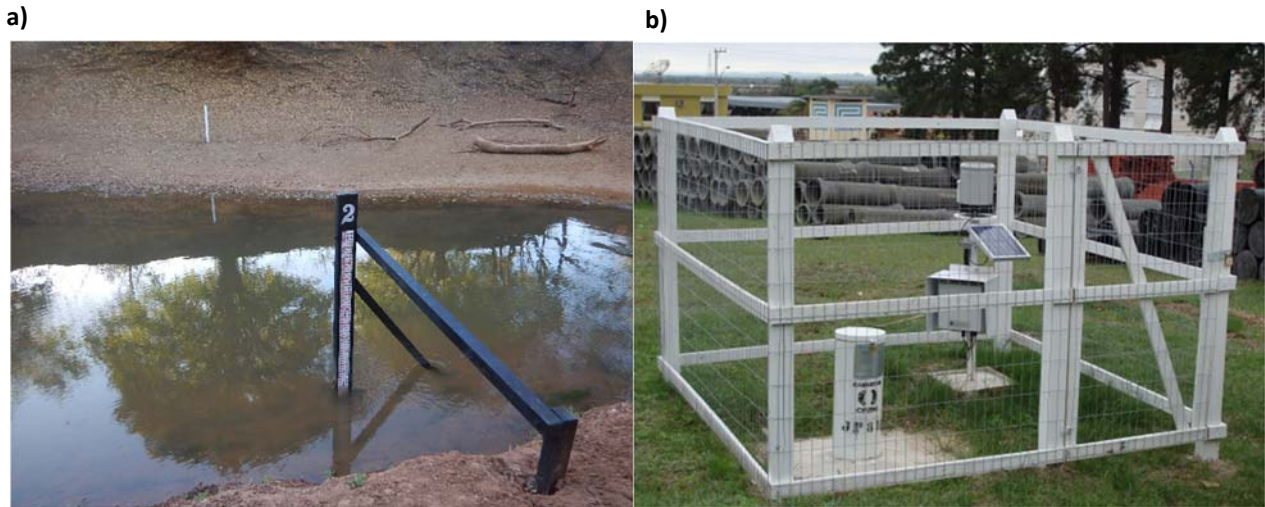


Figura 9: Exemplificação de estações, em a) estação fluviométrica e em b) estação pluviométrica ao lado de um poço de monitoramento.

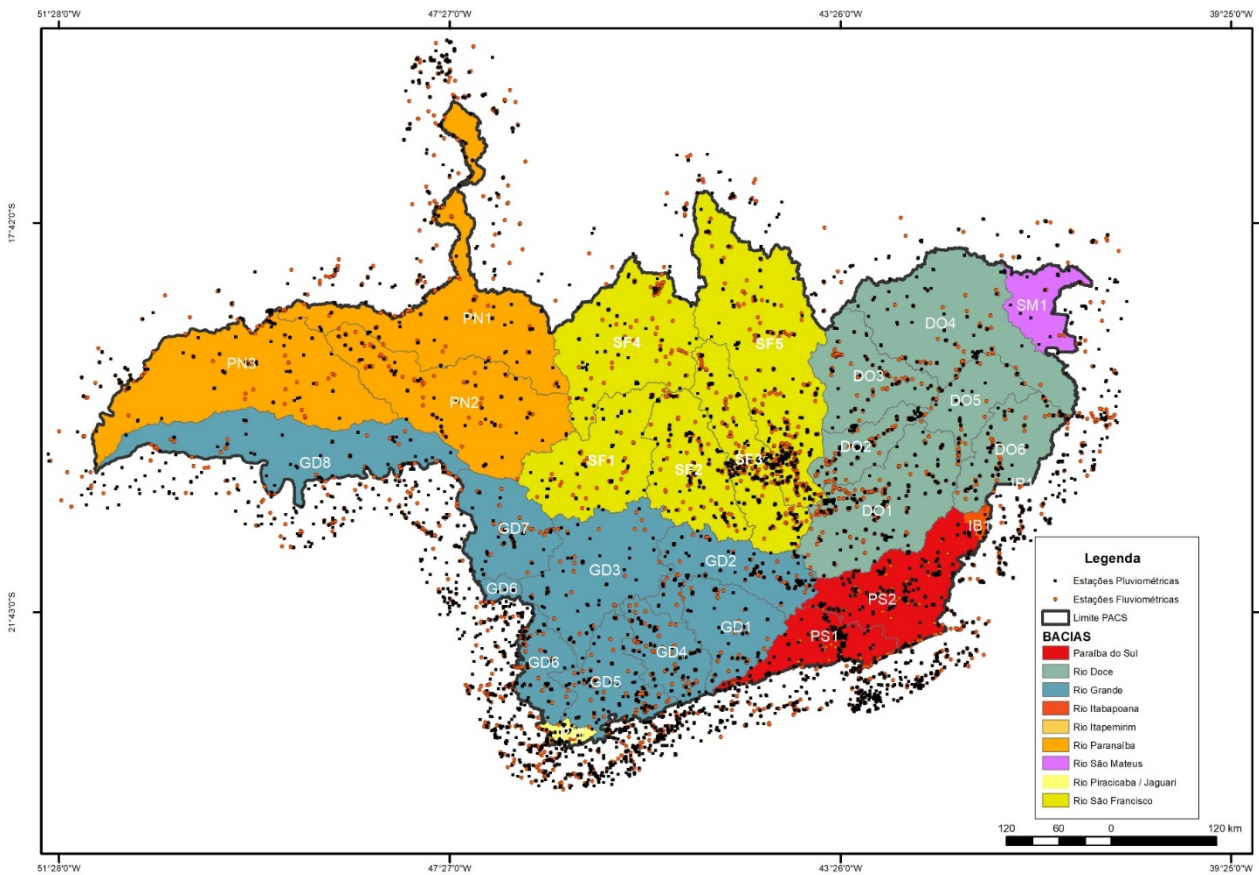


Figura 10: Mapa da área do projeto e entorno com as estações pluviométricas e fluviométricas identificadas.

PARA O TEMA HIDROGEOLOGIA

- a) Quadrilátero Ferrífero: Plano de Segurança Hídrica da Região Metropolitana de Belo Horizonte (PROFILL, 2022a, 2022b, 2022c, 2022d, 2022e, 2022f, 2022g, 2022h, 2022i, 2022j; Agência RMBH; IGAM; PROFILL, 2023); Relatório de Consolidação da Pesquisa Hidrogeológica na Área do Empreendimento CSUL - Centralidade Sul – projeto de implementação de empreendimento urbanístico privado (CSul [...], 2020); Projeto de Monitoramento e Pesquisa Hidrogeológica para o CSul (CSul [...], 2019); Avaliação das Disponibilidades Hídricas Superficiais e Subterrâneas para o empreendimento Centralidade Sul (CSul [...], 2018); Estudo Hidrogeológico - Coca-Cola FEMSA Unidade Itabirito (Coca-Cola FEMSA, 2018); Modelo hidrogeológico de fluxo do flanco leste do Sinclinal Moeda (Quadrilátero Ferrífero – MG): caracterização, impactos e perspectivas futuras para o Aquífero Cauê (Magalhães, 2023); i) modelos e estudos recentes feitos pelas mineradoras (Vale, Gerdau, Anglo Gold, Vallourec-Mannesman; CSN etc.); ii) monitoramento hidrológico/hidrogeológico efetuado pelas minerações, iii) perfurações e testes de bombeamento.
- b) Triângulo Mineiro: Interação das Águas Subterrâneas/Superficiais: Um Paradigma na Gestão dos Recursos Hídricos – Sistema Aquífero Bauru no Triângulo (Campos, 2022); Novas Dinâmicas Regionais: As Consequências da Expansão da Cultura da Cana-de Açúcar no Triângulo Mineiro-MG (Vargas; Michelloto, 2011); Estimativa da Degradação de Pastagens Cultivadas do Cerrado Mineiro com Base na Técnica de Eficiência no Uso Da Água (WUE - Water Use Efficiency) (Fernandes, 2017); Caracterização Espectro-Temporal de Pastagens do Triângulo Mineiro Utilizando Dados Modis Evi2 (2000-2010) (Anjos *et al.*, 2013); Avaliação da recarga aquífera anual no aquífero Bauru no Município de Araguari, Minas Gerais (Bertol, 2007)
- c) Circuito das Águas: Circuito das Águas do Sul de Minas Gerais – Investigação sobre o processo de mineralização e gaseificação das águas aflorantes nas fontes do Parque das Águas da Estância Hidromineral de Caxambu (Vaz, 2021) e Caracterização Geoambiental, geológica, geofísica, hidrogeológica e hidrogeoquímica do Circuito das Águas de Minas Gerais com ênfase nos parques hidrominerais de Cambuquira, Caxambu, Contendas, Marimbeiro e Lambari (SIGA [...], 2018).
- d) Paraíba do Sul: Segurança Hídrica da Bacia do Rio Paraíba do Sul (Paiva, 2020); Conflitos Sociais em Torno dos Recursos Hídricos no Trecho Fluminense do Médio Paraíba do Sul (Lima, 2000); Anais do IV Simpósio de Recursos Hídricos da Bacia do rio Paraíba do Sul (<https://anais.abrhidro.org.br/jobs.php?Event=203>) (Simpósio [...], 2023); Monitoramento (<http://sigaceivap.org.br/siga-ceivap/salaDeSituacao>, CEIVAP, 2023); Plano de Gerenciamento de Risco (PGR) para a Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul (NIPPON KOEI LAC; REGEA [...], 2022).
- e) APA Carste de Lagoa Santa e imediações: Análise do comportamento e desempenho hídrico das depressões cársticas da região da APA Carste Lagoa Santa (MG) (Amaral, 2018); Modelo conceitual de fluxo dos aquíferos pelíticos-carbonáticos da Região da APA Carste de Lagoa Santa, MG (De Paula, 2019); Caracterização hidrológica da bacia do córrego Samambaia, região da APA Carste de Lagoa Santa – MG (Tavares, 2020); Compartimentação dos fluxos do sistema hidrogeológico cárstico do Grupo Bambuí a partir dos isótopos ^2H , ^{18}O e ^3H na região de Lagoa Santa, Minas Gerais (Ribeiro, 2020); Hidrodinâmica das zonas cárstica e cárstica-fissural do sistema aquífero da Formação Sete Lagoas por meio de traçadores corantes e da análise das estruturas rúpteis na região de Lagoa Santa, Minas Gerais (Teodoro, 2020); Análise da aplicação

de métodos europeus de vulnerabilidade intrínseca ao carste tropical da região da APA Carste de Lagoa Santa (Silva, 2022); Refinamento do modelo hidrogeológico conceitual e modelagem hidrogeológica numérica da região cárstica de Lagoa Santa (Dantas, 2023); An approach to map karst groundwater potentiality in an urban area, Sete Lagoas, Brazil (Magnabosco *et al.*, 2020); Relação hidráulica entre o complexo Belo Horizonte e o Grupo Bambuí na porção sul da APA Carste de Lagoa Santa, MG (Andrade *et al.*, 2019); Monitoramento do uso e cobertura do solo em Sete Lagoas e Prudente de Morais- MG entre 1990 -2015 (Santos *et al.*, 2018); Análise dos fluxos nos aquíferos cárstico-fissurais da região da APA Carste de Lagoa Santa, MG (Ribeiro *et al.*, 2019); Hidrogeologia dos Aquíferos Cársticos Cobertos de Lagoa Santa, MG (Pessoa, 2005); Hydrogeological Conceptual Model of Sete Lagoas (MG) and Associated Implications of Urban Development in Karst Region (Galvão, 2015).

f) Outras regiões cársticas: Estudo de intercomunicação hidráulica superficial-subterrânea no carste da área peri-urbana de Pains/MG, utilizando-se traçador Rondamina WT (Freitas, 2009); Estudo do Aquífero Carbonático da Cidade de Barroso (MG) - Uma Contribuição à Gestão do Manancial Subterrâneo (Dias, 2009).

g) Banco de Dados do SIAM: Cedido pelo IGAM onde constam informações relacionadas às captações de água efetuadas por diversos empreendimentos ou usuários para o Estado de Minas Gerais.

PARA O TEMA GEOPROCESSAMENTO

Objetivando reunir as bases vetoriais e em raster e os dados para suporte ao projeto foram preparados para a área de estudo, a partir do acervo existente na CPRM (Silva *et al.*, 2020; Fiume *et al.*, 2022a; Fiume *et al.*, 2022b), os mapas geológico, hidrogeológicos e planimétricos (área do PACS e detalhamento do Quadrilátero Ferrífero) bem como o banco de dados em Access integrando todos os pontos de água subterrânea armazenados no SIAGAS já com diversos campos adicionados, criados a partir de consultas formuladas, permitindo maior agilidade na execução de pesquisas.

Resultados esperados

Ao final do projeto serão disponibilizados os seguintes produtos:

- Sistema de informações geográficas: bases cartográficas utilizadas e elaboradas no projeto;
- Banco de dados com as informações hidrometeorológicas e hidrogeológicas levantadas;
- Relatório técnico final;
- Rede de monitoramento subterrânea em operação.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O projeto, com duração prevista de quatro anos, está sendo desenvolvido em parceria com órgãos estaduais no Estado de Minas Gerais e prevê a utilização de dados primários e metodologia inovadora desenvolvida pela equipe de especialista do SGB.

O estudo incorpora aspectos de inovação para a gestão de águas subterrâneas, que ainda é pouco empregada no Brasil, com a aplicação das referências metodológicas do PANM complementadas pelo emprego de novas variáveis e tecnologias de modelagem computacional para a definição de valores dos Recursos Potenciais Explotáveis – RPE. Permite, assim, o avanço na implementação da gestão integrada de águas superficiais e subterrâneas.

Assim, ao final do projeto, será disponibilizado ao IGAM e demais usufruidores de recursos hídricos a metodologia e informações básicas padronizadas para gestão dos recursos hídricos subterrâneos em todo o território mineiro.

REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (Brasil). **Manual de usos consuntivos da água no Brasil**. Brasília: ANA, 2019. Disponível em: https://www.snirh.gov.br/portal/snirh/centrais-de-conteudos/central-de-publicacoes/ana_manual_de_usos_consuntivos_da_agua_no_brasil.pdf/view. Acesso em: 15 fev. 2024.
- AGÊNCIA RMBH; IGAM; PROFILL. **Plano de Segurança Hídrica da Região Metropolitana de Belo Horizonte: produto 3 – mapas temáticos e áreas prioritárias para segurança hídrica, DC002 (banco de dados consolidado)**. [Belo Horizonte]: Agência RMBH; IGAM; PROFILL, 2023. Disponível em: <https://www.pshrbh.com.br/>. Acesso em: 8 maio 2023.
- AMARAL, D.G.P. **Análise do comportamento e desempenho hídrico das depressões cársticas da região da Apa Carste Lagoa Santa (MG)**. 2018. 125 f. Dissertação (Mestrado em Geologia) - Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte. Disponível em: <https://repositorio.ufmg.br/handle/1843/IGCC-BDYMQZ>. Acesso em: 15 fev. 2024.
- ANDRADE, I.B.; BARBOSA, J.A.; RIBEIRO, C.G.; DE PAULA, R.S.; VELASQUEZ, L.N.M. Relação hidráulica entre o complexo Belo Horizonte e o Grupo Bambuí na porção sul da APA Carste de Lagoa Santa, MG. **Geonomos**, Belo Horizonte, v. 27, n. 1, p. 38-45, 2019. DOI: <https://doi.org/10.18285/geonomos.v27i1.21852>. Disponível em: <https://periodicos.ufmg.br/index.php/revistageonomos/article/view/21852>. Acesso em: 15 fev. 2024.
- ANJOS, V.S; SANO, E.E.; BEZERRA, H.S.; ROSA, R. 2020. Caracterização espectro-temporal de pastagens do triângulo mineiro utilizando dados MODIS EVI2 (2000-2010). **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, v. 25, n. 1, p. 205-215, jan./abr. 2013. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1982-45132013000100016>. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1982-45132013000100016&lng=pt&tln g=pt. Acesso em: 10 maio 2023.
- BERTOL, G.A. **Avaliação da recarga aquífera anual no aquífero Bauru no Município de Araguari, Minas Gerais**. 2007. 101 f. Dissertação (Mestrado em Geologia) – Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte. Disponível em: <https://repositorio.ufmg.br/handle/1843/MPBB-74MN3Y>. Acesso em: 15 fev. 2024.
- CAMPOS, J.C.V. **Interação das águas subterrâneas/superficiais: um paradigma na gestão dos recursos hídricos – sistema aquífero Bauru no Triângulo Mineiro - MG**. 2022. 123 f. Tese (Doutorado em Geociências e Meio Ambiente) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Rio Claro, SP. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11449/236190>. Acesso em: 15 fev. 2024.
- CÂNDIDO, M.O.; BEATO, D.A.C.; FIUME, B.; SCUDINO, P.C.B.; CARNEIRO, F.A.; NASCIMENTO, F.M.F.; COUTINHO, M.M.; ALMEIDA, C.S.C.; SOCORRO, A.S.; SANTANA, M.S.; RIBEIRO, R.S.; CORDEIRO, B.H.O.L. **Projeto Águas do Norte de Minas, PANM: estudo da disponibilidade hídrica subterrânea do norte de Minas Gerais: relatório de integração**. Belo Horizonte: CPRM, 2019. Disponível em: <https://rigeo.sgb.gov.br/handle/doc/21117>. Acesso em: 16 fev. 2024.
- COCA-COLA FEMSA. **Estudo hidrogeológico - Coca-Cola FEMSA Unidade Itabirito**. Belo Horizonte: Water Service and Technology, 2018.

- COMITÊ DE INTEGRAÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARAÍBA DO SUL. **Sistema de Informações Geográficas e Geoambientais da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul - SIGA CEIVAP**: sala de situação. Belo Horizonte: AGEVAP, 2023. Disponível em: <http://sigaceivap.org.br/siga-ceivap/salaDeSituacao>. Acesso em: 15 fev. 2024.
- CONSELHO ESTADUAL DE RECURSOS HÍDRICOS (Minas Gerais). **Deliberação normativa CERH nº 76, de 19 de abril de 2022**. Belo Horizonte: CERH-MG, 2022. Disponível em: <https://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=56002>. Acesso em: 16 fev. 2024.
- CSUL LAGOA DOS INGLESES. **Estudo de impacto ambiental - EIA**: avaliação das disponibilidades hídricas superficiais e subterrâneas para o empreendimento Centralidade Sul. Belo Horizonte: Potamos/Hidrovia, 2018.
- CSUL LAGOA DOS INGLESES. **Projeto de monitoramento e pesquisa hidrogeológica para o CSul**. Belo Horizonte: MDGEO Serviços de Hidrogeologia Ltda., 2019.
- CSUL LAGOA DOS INGLESES. **Relatório de consolidação da pesquisa hidrogeológica na área do empreendimento CSul**. Processo SEI 137001.0028787/2020-91. Belo Horizonte: MDGEO Serviços de Hidrogeologia Ltda., 2020.
- DANTAS, J.C.M. **Compartimentação e modelagem hidrogeológica do sistema aquífero cárstico-fissural da região cárstica de Lagoa Santa**. 2023. Dissertação (Mestrado em Geologia) – Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2023. Disponível em: <http://hdl.handle.net/1843/61631>. Acesso em: 16 fev. 2024.
- DE PAULA, R.S. **Modelo conceitual de fluxo dos aquíferos pelíticos-carbonáticos da região da APA Carste de Lagoa Santa, MG**. 2019. 278 f. Tese (Doutorado em Geologia) – Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2019. Disponível em: <http://hdl.handle.net/1843/IGCC-BDFR23>. Acesso em: 16 fev. 2024.
- DIAS, F.S. **Estudo do aquífero carbonático da cidade de Barroso (MG) - uma contribuição à gestão do manancial subterrâneo**. 2009. 84 f. Tese (Doutorado em Geologia) – Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2009. Disponível em: <http://hdl.handle.net/1843/MPBB-7YKKJW>. Acesso em: 16 fev. 2024.
- FERNANDES, F.H.S. **Estimativa da degradação de pastagens cultivadas do cerrado mineiro com base na técnica de Eficiência no Uso da Água (WUE - Water Use Efficiency)**. 2017. 121 f. Dissertação (Mestrado em Geociências Aplicadas) – Instituto de Geociências, Universidade de Brasília, Brasília, 2017. Disponível em: <http://repositorio2.unb.br/jspui/handle/10482/24623>. Acesso em: 16 fev. 2024.
- FIUME, B.; NASCIMENTO, F.M.F.; MIRANDA, J.S.N.; DE PAULA, T.L.F. **Mapa hidrogeológico do Quadrilátero Ferrífero**. [S. l.]: Serviço Geológico do Brasil - CPRM, 2022a. 1 mapa, color. Escala 1:100.000.
- FIUME, B.; SENHORINHO, E.M.; NASCIMENTO, F.M.F.; MIRANDA, J.S.N.; ABREU, M.C.; DE PAULA, T.L.F. **Mapa hidrogeológico do estado de Minas Gerais**. [S. l.]: Serviço Geológico do Brasil - CPRM, 2022b. 1 mapa, color. Escala 1:500.000.
- FREITAS, P.M.C. **Estudo de intercomunicação hidráulica superficial-subterrânea no carste da área periurbana de Pains/MG, utilizando-se traçador Rondamina WT**. 2009. 101 f. Dissertação (Mestrado em Geologia) – Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2009. Disponível em: <http://hdl.handle.net/1843/MPBB-7Y7LUH>. Acesso em: 16 fev. 2024.

- GALVÃO, P.H.F. **Hydrogeological conceptual model of Sete Lagoas (MG) and associated implications of urban development in karst region**. 2015. 136 f. Tese (Doutorado em Recursos Minerais e Hidrogeologia) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015. DOI: <https://doi.org/10.11606/T.44.2015.tde-22092015-151113>. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/44/44138/tde-22092015-151113/pt-br.php>. Acesso em: 16 fev. 2024.
- IBGE. **Censo 2022**. Rio de Janeiro: IBGE, c2023. Disponível em: <https://censo2022.ibge.gov.br/panorama/>. Acesso em: 16 fev. 2024.
- JET PROPULSION LABORATORY. **GRACE Tellus: gravity recovery and climate experiment**. [Pasadena]: JPL; NASA, [202-]. Disponível em: <https://grace.jpl.nasa.gov/>. Acesso em: 16 fev. 2024.
- LIMA, F.P.N. **Conflitos sociais em torno dos recursos hídricos no trecho fluminense do médio Paraíba do Sul**. 2000. 153 f. Dissertação (Mestrado em Planejamento Urbano e Regional) – Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano Regional, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2000. Disponível em: <http://objdig.ufrj.br/42/teses/509365.pdf>. Acesso em: 16 fev. 2024.
- MAGALHÃES, C.C.C. **Modelo hidrogeológico de fluxo do flanco leste do Sinclinal Moeda (Quadrilátero Ferrífero – MG): caracterização, impactos e perspectivas futuras para o Aquífero Cauê**. 2023. 76 f. Dissertação (Mestrado em Geologia) – Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2023. Disponível em: <http://hdl.handle.net/1843/54865>. Acesso em: 16 fev. 2024.
- MAGNABOSCO, R.; GALVÃO, P.; CARVALHO, A.M. An approach to map karst groundwater potentiality in an urban area, Sete Lagoas, Brazil. **Hydrological Sciences Journal**, London, v. 65, n. 14, p. 2482-2498, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1080/02626667.2020.1802031>. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/02626667.2020.1802031>. Acesso em: 16 fev. 2024.
- NIPPON KOEI LAC; REGEA GEOLOGIA, ENGENHARIA E ESTUDOS AMBIENTAIS. **Produto 8 – Plano de gerenciamento de risco consolidado**. São Paulo: NIPPON KOEI LAC: REGEA, 2022. Interessado: Associação Pró-Gestão das Águas da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul – AGEVAP. Contrato 6911.0000958.19.2. Código 2058-R08-22. Revisão 02. Disponível em: http://18.229.168.129:8080/publicacoesArquivos/ceivap/arq_pubMidia_Processo_472-2019_P08.pdf. Acesso em: 5 fev. 2024.
- PAIVA, A.C.E. **Segurança hídrica da Bacia do Rio Paraíba do Sul**. 2020. 135 f. Tese (Doutorado em Ciência do Sistema Terrestre) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2020. Disponível em: <http://mtc-m21c.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/mtc-m21c/2020/09.17.15.42/doc/publicacao.pdf>. Acesso em: 16 fev. 2024.
- PESSOA, P.F.P. **Hidrogeologia dos aquíferos cársticos cobertos de Lagoa Santa, MG**. 2005. 375 f. Tese (Doutorado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) – Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2005. Disponível em: <http://hdl.handle.net/1843/ENGD-6LBJ3W>. Acesso em: 16 fev. 2024.
- PROFILL. **Plano de segurança hídrica da região metropolitana de Belo Horizonte – PSH-RMBH: produto 1 – plano de trabalho, RF001**. [Subproduto 1A]. [Belo Horizonte]: Agência de Desenvolvimento da Região Metropolitana de Belo Horizonte, 2022a. Disponível em: <https://www.pshrmbh.com.br/>. Acesso em: 8 maio 2023.

- PROFILL. **Plano de segurança hídrica da região metropolitana de Belo Horizonte – PSH-RMBH:** produto 2 – estudos e levantamentos diagnósticos, RF002 (subprodutos 2A, 2B e 2C). Revisão 01. [Belo Horizonte]: Agência de Desenvolvimento da Região Metropolitana de Belo Horizonte; IGAM, 2022b. Disponível em: <https://www.pshrmbh.com.br/>. Acesso em: 8 maio 2023.
- PROFILL. **Plano de segurança hídrica da região metropolitana de Belo Horizonte – PSH-RMBH:** produto 2 – estudos e levantamentos diagnósticos, RF003 (subproduto 2D). Revisão 01. [Belo Horizonte]: Agência de Desenvolvimento da Região Metropolitana de Belo Horizonte; IGAM, 2022c. Disponível em: <https://www.pshrmbh.com.br/>. Acesso em: 8 maio 2023.
- PROFILL. **Plano de segurança hídrica da região metropolitana de Belo Horizonte – PSH-RMBH:** produto 2 – estudos e levantamentos diagnósticos, RF004 (subprodutos 2E, 2F e 2G). Revisão 01. [Belo Horizonte]: Agência de Desenvolvimento da Região Metropolitana de Belo Horizonte; IGAM, 2022d. Disponível em: <https://www.pshrmbh.com.br/>. Acesso em: 8 maio 2023.
- PROFILL. **Plano de segurança hídrica da região metropolitana de Belo Horizonte – PSH-RMBH:** produto 2 – estudos e levantamentos diagnósticos, RF005 (subproduto 2H). Revisão 01. [Belo Horizonte]: Agência de Desenvolvimento da Região Metropolitana de Belo Horizonte; IGAM, 2022e. Disponível em: <https://www.pshrmbh.com.br/>. Acesso em: 8 maio 2023.
- PROFILL. **Plano de segurança hídrica da região metropolitana de Belo Horizonte – PSH-RMBH:** produto 2 – estudos e levantamentos diagnósticos, RF006 (subproduto 2I). Revisão 01. [Belo Horizonte]: Agência de Desenvolvimento da Região Metropolitana de Belo Horizonte; IGAM, 2022f. Disponível em: <https://www.pshrmbh.com.br/>. Acesso em: 8 maio 2023.
- PROFILL. **Plano de segurança hídrica da região metropolitana de Belo Horizonte – PSH-RMBH:** produto 2 – estudos e levantamentos diagnósticos, RF007 (subproduto 2J). Revisão 01. [Belo Horizonte]: Agência de Desenvolvimento da Região Metropolitana de Belo Horizonte; IGAM, 2022g. Disponível em: <https://www.pshrmbh.com.br/>. Acesso em: 8 maio 2023.
- PROFILL. **Plano de segurança hídrica da região metropolitana de Belo Horizonte – PSH-RMBH:** produto 3 – mapas temáticos e áreas prioritárias para segurança hídrica, RP001 (subproduto 3A). [Belo Horizonte]: Agência de Desenvolvimento da Região Metropolitana de Belo Horizonte; IGAM, 2022h. Disponível em: <https://www.pshrmbh.com.br/>. Acesso em: 8 maio 2023.
- PROFILL. **Plano de Segurança Hídrica da Região Metropolitana de Belo Horizonte:** oficina para discussão da metodologia de criação dos mapas de áreas prioritárias para segurança hídrica: 29/11/2022 - municípios da bacia hidrográfica do Rio das Velhas. [Oficina 1]. [Belo Horizonte]: Agência RMBH; IGAM, 2022i. Disponível em: <https://www.pshrmbh.com.br/>. Acesso em: 8 maio 2023.
- PROFILL. **Plano de Segurança Hídrica da Região Metropolitana de Belo Horizonte:** oficina para discussão da metodologia de criação dos mapas de áreas prioritárias para segurança hídrica: 30/11/2022 - municípios da bacia hidrográfica dos rios Pará e Paraopeba. [Oficina 2]. [Belo Horizonte]: Agência RMBH; IGAM, 2022j. Disponível em: <https://www.pshrmbh.com.br/>. Acesso em: 8 maio 2023.
- RIBEIRO, C.G.; VELÁSQUEZ, L.N.M; DE PAULA, R.S.; MEIRELES, C.G.; LOPES, N.H.B.; CLAVIJO ARCOS, R.E.; AMARAL, D.G.P. Análise dos fluxos nos aquíferos cárstico-fissurais da região da APA Carste de Lagoa Santa, MG. **Águas Subterrâneas**, São Paulo, v. 33, n. 1, p. 12-21, 2019.

- DOI: <https://doi.org/10.14295/ras.v33i1.29148>. Disponível em: <https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/29148>. Acesso em: 16 fev. 2024.
- RIBEIRO, C.G. **Compartimentação dos fluxos do sistema hidrogeológico cárstico do Grupo Bambuí a partir dos isótopos ^2H , ^{18}O e ^3H na região de Lagoa Santa, Minas Gerais**. 2020. 267 f. Dissertação (Mestrado em Geologia) – Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2020. Disponível em: <http://hdl.handle.net/1843/33956>. Acesso em: 16 fev. 2024.
- SANTOS, D.F.M.; COSTA, A.M.; OLIVEIRA, F.S.; VIANA, J.H.M. Monitoramento do uso e cobertura do solo em Sete Lagoas e Prudente de Morais – MG entre 1990-2015. **Revista Ra' e Ga**, Curitiba, v. 43, p. 57-74, fev. 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/raega.v43i0.50441>. Disponível em: <http://hdl.handle.net/1843/52535>. Acesso em: 16 fev. 2024.
- SIGA – Circuito das águas: caracterização geoambiental, geológica, geofísica, hidrogeológica e hidrogeoquímica do Circuito das Águas de Minas Gerais com ênfase nos parques hidrominerais de Cambuquira, Caxambu, Contendas, Marimbeiro e Lambari. Belo Horizonte: CODEMGE, 2018. Disponível em: <http://www.codemge.com.br/wp-content/uploads/2019/07/siga-circuito-das-aguas-100719.pdf>. Acesso em: 10 maio 2023.
- SILVA, M.A.; PINTO, C.P.; PINHEIRO, M.A.P.; MARINHO, M.S.; LOMBELLO, J.C.; PINHO, J.M.M.P.; GOULART, L.E.A.; MAGALHÃES, J.R. **Mapa geológico do estado de Minas Gerais**. Belo Horizonte: CPRM, 2020. 1 mapa, color. Escala 1:1.000.000. Disponível em: <https://rigeo.sgb.gov.br/handle/doc/21828>. Acesso em: 5 jan. 2023.
- SILVA, T.G.A. **Análise da aplicação de métodos europeus de vulnerabilidade intrínseca ao carste tropical da região da APA Carste de Lagoa Santa**. 2022. 76 f. Dissertação (Mestrado em Geologia) - Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte. Disponível em: <http://hdl.handle.net/1843/46819>. Acesso em: 16 fev. 2024.
- SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DA BACIA DO RIO PARAÍBA DO SUL, 4., 2023, Campos dos Goytacazes, RJ. **Anais** [...]. Porto Alegre: ABRHIDRO, 2023. Disponível em: <https://anais.abrhidro.org.br/jobs.php?Event=203>. Acesso em: 15 maio 2023.
- TAVARES, I.P.C.P. **Caracterização hidrológica da bacia do córrego Samambaia, região da APA Carste de Lagoa Santa – MG**. 2020. Dissertação (Mestrado em Geologia) – Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2020. Disponível em: <http://hdl.handle.net/1843/35021>. Acesso em: 16 fev. 2024.
- TEODORO, M.I.P. **Hidrodinâmica das zonas cárstica e cárstica-fissural do sistema aquífero da Formação Sete Lagoas por meio de traçadores corantes e da análise das estruturas rúpteis na região de Lagoa Santa, Minas Gerais**. 2020. 194 f. Dissertação (Mestrado em Geologia) – Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2020. Disponível em: <http://hdl.handle.net/1843/36490>. Acesso em: 16 fev. 2024.
- VARGAS, G.M.; MICHELLOTTO, B.D.G. Novas dinâmicas regionais: as consequências da expansão da cultura da cana-de-açúcar do Triângulo Mineiro-MG. **GEOGRAFIA**, Rio Claro, v. 36, n. 1, p. 5-22, jan./abr. 2011. Disponível em: <https://www.periodicos.rc.biblioteca.unesp.br/index.php/ageteo/article/view/4899>. Acesso em: 16 fev. 2024.
- VAZ, B.B. **Circuito das águas do sul de Minas Gerais – investigação sobre o processo de mineralização e gaseificação das águas aflorantes nas fontes do Parque das Águas da**

Estância Hidromineral de Caxambu. 2021. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia das Radiações, Minerais e Materiais) – Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear, Belo Horizonte, 2021.



MINISTÉRIO DE
MINAS E ENERGIA

