



Mapeamento Geológico e Hidrogeológico do Município de Joinville-SC

Produto P1 · Plano de Trabalho

Abril 2019



Prefeitura de
Joinville



**SERVIÇO GEOLÓGICO
DO BRASIL - CPRM**

MAPEAMENTO GEOLÓGICO E HIDROGEOLÓGICO DO MUNICÍPIO DE JOINVILLE - SC

PRODUTO 1 | PLANO DE TRABALHO

Dados internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)

M297 Mapeamento geológico e hidrogeológico do município de Joinville, SC: produto 1, plano de trabalho / Organização Marcos Alexandre de Freitas; Carla Klein; Marcelo Goffermann. – Porto Alegre : CPRM, 2019.
Xxx p.

ISBN 978-65-5664-104-1

1. Geologia Regional. 2. Hidrogeologia. 3. Santa Catarina I. Freitas, Marcos Alexandre de (org.). II. Klein, Carla (org.). III. Goffermann, Marcelo (org.)

CDD 558.164

Ficha catalográfica elaborada pela bibliotecária Ana Lúcia Coelho CRB 10-840

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA

Ministro de Estado

Bento Albuquerque

Secretário de Geologia, Mineração e Transformação Mineral

Alexandre Vidigal de Oliveira

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL | CPRM DIRETORIA EXECUTIVA

Diretor Presidente

Esteves Pedro Colnago

Diretor de Geologia e Recursos Minerais

Márcio José Remédio

Diretor de Hidrologia e Gestão Territorial

Alice Silva de Castilho

Diretor de Infraestrutura Geocientífica

Paulo Romano

Diretor de Administração e Finanças

Cassiano de Souza Alves

SUPERINTENDÊNCIA REGIONAL DE PORTO ALEGRE

Superintendente

Lucy Takehara Chemale

Gerência de Geologia e Recursos Minerais

Carla Klein

Gerência de Infraestrutura Geocientífica

Ana Cristina Bomfim Peixoto

Gerência de Hidrologia e Gestão Territorial

Franco Buffon

Gerência de Administração e Finança

Alexandre Trevisan Chagas

EQUIPE EXECUTORA

Coordenador e Responsável Técnico

Geólogo DSc Marcos Alexandre de Freitas

Supervisores

Geólogo DSc Bruno Ludovico Dihl Horn

Geólogo DSc Jorge Henrique Laux

Geólogo MSc Marcelo Goffermann

Executores

Geólogo DSc Bruno Ludovico Dihl Horn

Geóloga DSc Carla Klein

Geólogo MSc Carlos Augusto Provenzano

Geólogo MSc Carlos Moacyr da Fontoura Iglesias

Geólogo Eliel Martins Senhorinho

Geóloga MSc Isadora Aumond Kuhn

Geólogo DSc Jorge Henrique Laux

Geólogo MSc Leandro Menezes Betiollo

Geólogo MSc Marcelo Goffermann

Geólogo DSc Marcos Alexandre de Freitas

Geóloga MSc Paloma Gabriela Rocha

Engenheira Hidrólogica MSc Adriana Burin Weschenfelder

Engenheira Hidrólogica MSc Camila Dalla Porta Mattiuzi

Engenheira Cartógrafa Giana Grupioni Rezende

Engenheira Hidrólogica MSc Karine Pickbrenner

Engenheira Hidrólogica MSc Marta Rubbo

Técnicos em Geociências

Bruno Francisco B. Schiehl

Clézio Ribeiro Santos

Luís Alberto da Costa e Silva

Pedro Cesar de Freitas

Ramon Darwin de Araújo

Estagiários

Adolfo Nicolau Britzke

Henrique Bocalon

Henrique Pereira dos Santos

Jeniffer Kunzler Rohmann

Thayna Isabella Gonçalves de Araújo

Preparação e Revisão de Textos

Irinéa Barbosa da Silva

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA

SECRETARIA DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM

DIRETORIA DE GEOLOGIA E RECURSOS MINERAIS

| PROGRAMA DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL |

MAPEAMENTO GEOLÓGICO E HIDROGEOLÓGICO DO MUNICÍPIO DE JOINVILLE - SC

PRODUTO 1 | PLANO DE TRABALHO

ORGANIZADORES

Marcos Alexandre de Freitas

Carla Klein

Marcelo Goffermann



Prefeitura de
Joinville



SERVIÇO GEOLÓGICO
DO BRASIL – CPRM

Porto Alegre

Abril de 2019

SUMÁRIO

1. Apresentação	10
2. Área de Estudo	10
3. Produtos	12
4. Atividades a Serem Desenvolvidas	12
4.1 Mobilização, Planejamento e Detalhamento das Ações Previstas	12
4.2 Levantamento e Interpretação de Dados Bibliográficos e Cartográficos.....	12
4.3 Aquisição, Preparo e Integração de Dados Cartográficos	13
4.4 Interpretação de Imagens de Satélite e Fotografias Aéreas.....	14
4.5 Elaboração da Nota Técnica	14
4.6 Investigação Geofísica da Área	15
4.7 Mapeamento Geológico, Estrutural e de Recursos Minerais.....	15
4.8 Mapeamento Hidrogeológico e Favorabilidade Hidrogeológica	17
4.8.1 Inventário e Cadastramento de Poços	17
4.8.2 Realização de Análises Físico-químicas e Isotópicas.....	18
4.8.3 Vulnerabilidade Natural dos Aquíferos	19
4.8.4 Ensaio de Bombeamento.....	20
4.8.5 Estudo Hidrológico de Balanço Hídrico	21
4.8.6 Mapa Hidrogeológico	21
4.8.7 Mapa de Favorabilidade Hídrica Subterrânea	22
4.9 Relatório Final	23
4.10 Entrega de Dados Espaciais Vetoriais	23
4.11 Treinamento dos agentes técnicos municipais	23
5. Equipe Técnica	23
6. Cronograma Físico das Atividades	24
7. Recursos Necessários	26
8. Prazos Para Entrega dos Produtos	26
9. Restrições	27
10. Referências Bibliográficas	28
11. Bibliografia Consultada	28

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 - Localização da área, limites municipais de Joinville e área mínima para mapeamentos.	11
Figura 4.1 - Exemplo de identificação de poço cadastrado pelo SGB-CPRM.....	17
Figura 4.2 - Sondas multiparamétricas para medição in loco dos parâmetros físico-químicos das águas subterrâneas.....	18

LISTA DE QUADROS

Quadro 5.1 – Equipe técnica.....	24
Quadro 6.1 - Cronograma físico das atividades.....	25

LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1 - Produtos a serem gerados.	12
Tabela 7.1 - Detalhamento dos recursos necessários à execução do projeto.....	26
Tabela 8.1 - Detalhamento dos prazos necessários à execução do projeto.	26

LISTA DE SIGLAS

ART – Anotação de Responsabilidade Técnica
CAF – Comissão de Acompanhamento e Fiscalização da PMJ
CAJ – Companhia Águas de Joinville
CBERS – <i>China-Brazil Earth Resources Satellite</i>
CREA – Conselho Regional de Engenharia e Agronomia
CTF/APP – Cadastro Técnico Federal de Atividades Potencialmente Poluidoras e Utilizadoras de Recursos Ambientais
DRASTIC – <i>Depth to water, Recharge, Aquifer media, Soil media, Topography, Impact of vadose zone and Conductivity of the aquifer method</i>
DRHI – Diretoria de Recursos Hídricos da SDE
DSc – <i>Doctor of Science/Doctor Scientiae</i>
FATMA – Fundação de Amparo à Tecnologia e Meio Ambiente de Santa Catarina (atualmente IMA)
GeoSGB – Sistema de Geociências do Serviço Geológico do Brasil do SGB-CPRM
GDB – <i>GeoDataBase</i>
GOD – <i>Groundwater confinement, Overlaying data and Depth to water method</i>
IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IMA – Instituto do Meio Ambiente de Santa Catarina (anteriormente FATMA)

MDT – Modelo Digital de Terreno

MSc – *Master of Science/Magister Scientiae*

OS – Ordem de Serviço

PDF – *Portable Document Format*

PMJ – Prefeitura Municipal de Joinville

SAMA – Secretaria de Agricultura e Meio Ambiente da PMJ

SEV – Sondagem Elétrica Vertical

SEI – Sistema Eletrônico de Informações

SIAGAS – Sistema de Informações de Águas Subterrâneas do SGB-CPRM

SIG – Sistema de Informações Geográficas

SIMGeo – Sistema Municipal de Informações Georreferenciadas

SISMMAM – Sistema Municipal de Meio Ambiente

SDE – Secretaria de Estado de Desenvolvimento Econômico Sustentável

STD – Sólidos Totais Dissolvidos

SUREG-PA – Superintendência Regional de Porto Alegre do SGB-CPRM

TDR – Termo de Referência

UGA – Unidade de Desenvolvimento de Gestão Ambiental da SAMA

UTM – Universal Transversa de Mercator, projeção



1. APRESENTAÇÃO

Este Plano de Trabalho, referente ao Contrato SEI N° 1621270-SAP.GABE/SAP.USU/SAP.USU. ADI, consiste na formalização do planejamento dos trabalhos contratados e norteará sua condução durante a execução do projeto. O documento contém o detalhamento de todas as atividades descritas no item 5 – do Memorial Descritivo de Serviços de Engenharia SEI N° 1428915/2018 do Anexo Único do referido contrato, bem como os respectivos prazos e condições técnicas para o pleno cumprimento dos serviços contratados.

2. ÁREA DE ESTUDO

O projeto, a ser desenvolvido pelo SGB-CPRM (Serviço Geológico do Brasil - Companhia de Pesquisas de Recursos Minerais), localiza-se na região norte do estado de Santa Catarina. De acordo com a SDE (Secretaria de Desenvolvimento Econômico Sustentável do Estado de Santa Catarina), o município está situado na Região Hidrográfica RH 6 - Baixada Norte. Situada na Vertente Atlântica, a RH 6 é a menor Região Hidrográfica em extensão do estado (4.936 km²), integrando duas bacias principais: a do Rio Cubatão e a do Rio Itapocu, cujas nascentes localizam-se na Serra do Mar e desembocam no oceano.

A bacia do Rio Cubatão, conhecido também como Cubatão do Norte, ocupa 490 km². Na bacia do Cubatão, vivem cerca de 60.000 habitantes, entretanto suas águas são de extrema importância para o abastecimento da população de Joinville, cidade mais populosa do estado, com 515.252 habitantes (IBGE, 2010), assim como para o seu polo industrial.

A área de mapeamentos geológico, estrutural e de distribuição de recursos minerais deverá abranger minimamente o polígono que inclui todo o limite urbano de Joinville, assim como alguns setores adjacentes, conforme definido na Figura 2.1. Tal área, a ser mapeada na escala 1:10.000, possui extensão aproximada de 470 km² e situa-se, majoritariamente, em ambiente de depósitos cenozoicos de planície costeira, incluindo morros e elevações do embasamento, assim como trechos de planícies aluviais dos principais rios da região. Para as demais áreas do município é sugerido mapeamento na escala 1:25.000.

A área de mapeamentos hidrogeológico e de favorabilidade hidrogeológica, assim como de inventário de poços, mapeamento hidrogeoquímico e de vulnerabilidade natural dos aquíferos, inclui a totalidade do território municipal, com extensão de 1.134 km². A escala a ser adotada na cartografia hidrogeológica e temas correlatos será 1:50.000.

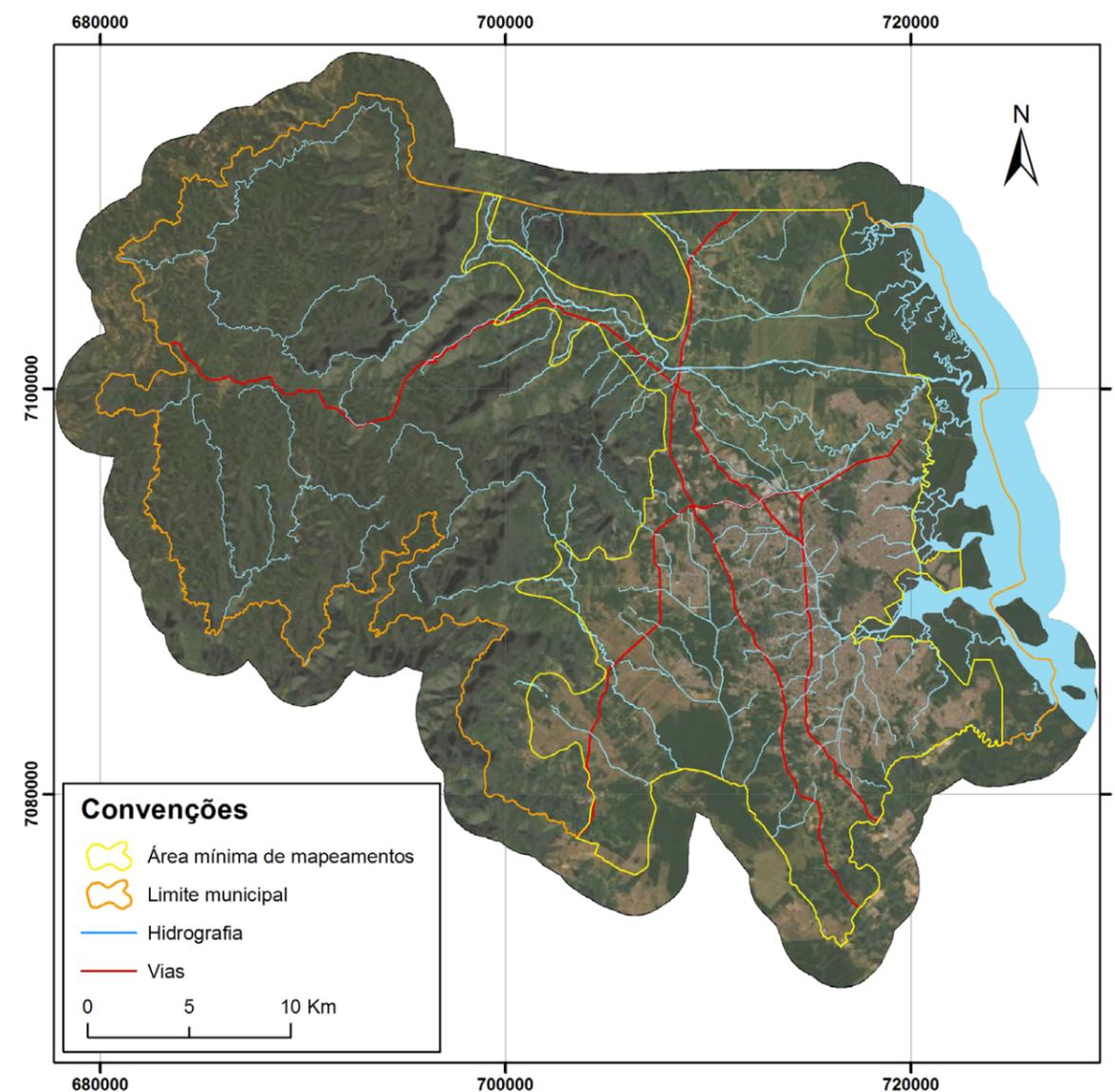


Figura 2.1 - Localização da área, limites municipais de Joinville e área mínima para mapeamentos.

3. PRODUTOS

Os produtos a serem gerados neste contrato estão relacionados e enumerados na Tabela 3.1, conforme especificado no Memorial Descritivo:

Tabela 3.1 - Produtos a serem gerados.

Produto	Código
Plano de Trabalho	P1
Nota Técnica	P2
Inventário e Cadastramento de Poços	P3
Mapa Hidrogeoquímico	P4
Mapa de Vulnerabilidade Natural dos Aquíferos	P5
Mapa Geológico, Estrutural e de Recursos Minerais	P6
Mapa Hidrogeológico e de Favorabilidade Hídrica Subterrânea	P7
Relatório Final	P8

4. ATIVIDADES A SEREM DESENVOLVIDAS

Os trabalhos a serem desenvolvidos para o mapeamento geológico e hidrogeológico irão englobar as seguintes atividades:

4.1 Mobilização, Planejamento e Detalhamento das Ações Previstas

Para dar início à execução dos trabalhos será necessário a realização de atividades preparatórias como:

- Mobilização dos recursos físicos e humanos;
- Reunião de planejamento para definir os critérios de trabalho com a CAF, realizada dia 27/03/2019;
- Consolidação do Plano de Trabalho de forma detalhada, explicitando o planejamento técnico e físico de cada atividade, com descrição da metodologia a ser empregada, os prazos previstos para execução, os insumos necessários ao desenvolvimento do trabalho e a composição da equipe;

O planejamento e detalhamento das ações previstas culminarão na elaboração e entrega do Plano de Trabalho denominado Produto P1.

4.2 Levantamento e Interpretação de Dados Bibliográficos e Cartográficos

Inicialmente, será realizado o levantamento de informações, estudos e projetos existentes sobre a área, como dados bibliográficos e cartográficos, incluindo relatórios técnicos, bancos e arquivos de dados gerados em universidades, empresas de saneamento, empresas de exploração mineral, instituições públicas, entre outras. Os seguintes dados serão levantados:

- Projetos, artigos técnicos, relatórios, monografias, dissertações e teses que trazem informações geológicas, hidrogeológicas, hidrológicas, geofísicas, geomorfológicas, pedológicas, hidrometeorológicas da área a ser estudada;

- Dados de afloramentos com resultados de análises petrográficas, químicas, geocronológicas, paleontológicas e de recursos minerais do Sistema de Geociências do Serviço Geológico do Brasil - CPRM, denominado GeoSGB;
- Informações e dados do meio físico em distintos órgãos do município e do estado de Santa Catarina, em diferentes escalas;
- Aerofotos, imagens de satélite e modelos digitais do terreno (MDT) existentes;
- Cartografia em várias escalas existentes na área do município relacionadas à geologia, geofísica, estruturas geológicas, geomorfologia, pedologia, hidrogeologia, hidrologia, e hidrometeorologia;
- Levantamentos aerogeofísicos e geofísicos terrestres;
- Cadastros e fichas técnicas de poços tubulares junto às empresas perfuradoras, concessionárias de abastecimento público (CAJ - Companhia Águas de Joinville), Diretoria de Recursos Hídricos da Secretaria de Estado do Desenvolvimento Econômico Sustentável (DRHI-SDE), IMA (antiga FATMA), Prefeitura de Joinville e demais usuários públicos e privados da área em estudo;
- Informações de poços presentes na base SIAGAS localizados no município de Joinville;
- Resultados de análises de qualidade de água subterrânea com parâmetros físicos, químicos e microbiológicos presentes em repositórios da SAMA, IMA (antiga FATMA), DRHI-SDE, SIAGAS, entre outras fontes, e estudos hidrogeológicos feitos em trabalhos acadêmicos anteriores;
- Informações referentes à outorga de direito de uso de águas subterrâneas e superficiais junto a IMA (antiga FATMA) e DRHI-SDE;
- Dados hidrometeorológicos disponíveis em instituições públicas atuantes nessa área;
- Levantamentos de dados de licenciamentos ambientais na SAMA e IMA (antiga FATMA).

As informações serão adquiridas diretamente pelo Serviço Geológico do Brasil-CPRM e vão servir de base para o desenvolvimento das demais ações que integrarão o trabalho. Os dados compilados deverão ser sistematizados e integrados para serem utilizados na elaboração dos serviços contratados.

O acesso aos dados e informações de processos de licenciamentos ambientais é de suma importância para o desenvolvimento desse estudo, sendo fundamental o papel do poder público municipal em permitir e promover junto aos órgãos responsáveis, o acesso a tais informações, bem como fazer a ampla divulgação dos trabalhos que serão executados no município.

4.3 Aquisição, Preparo e Integração de Dados Cartográficos

A base cartográfica oficial do município, a ser fornecida pela CONTRATANTE, será adaptada para compor os mapas de serviço a serem executados pelo SGB-CPRM e não será objeto de modificações ou edições. Esta base compõe o Sistema de Referência Cartográfico do Município de Joinville, adotando o referencial geodésico do Sistema Geodésico Brasileiro (SGB). Suas principais especificações são:

- Projeção Universal Transversa de Mercator (UTM), meridiano central W 51°;
- Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas (SIRGAS 2000);
- Elipsoide de referência: GRS80;
- Datum* vertical: Marégrafo de Imbituba (SC).

Os mapas, imagens e base de dados serão integrados, organizados e disponibilizados para a Prefeitura Municipal de Joinville em um SIG compatível com o SIMGeo. Os principais elementos a serem integrados serão:

- Base planimétrica digital vetorizada adaptada a partir da base recebida;
- Imagem orbital do mosaico RapidEye e/ou Geocover;
- Mapas geológicos anteriores digitais e vetorizados;

- d) Fotografias aéreas georeferenciadas de várias escalas e multitemporais;
- e) Imagens e dados vetoriais de aerogeofísica;
- f) Modelos digitais de terreno;
- g) Imagens orbitais variadas;
- h) Base de dados de afloramento (do GeoSGB e da revisão bibliográfica);
- i) Base de dados de prospecção geoquímica (concentrados de bateia, sedimento de corrente e solo provenientes do GeoSGB e da revisão bibliográfica);
- j) Base de dados de recursos minerais (do GeoSGB e da revisão bibliográfica);
- k) Base de dados de geocronologia (do GeoSGB e da revisão bibliográfica);
- l) Mapa de solos escala 1:10.000 disponibilizado pela Prefeitura de Joinville;
- m) Base dados de poços tubulares existente no SIAGAS.
- n) Base cartográfica na escala 1:10.000, em parte da área rural na escala 1:5.000 e no total da área urbana na escala 1:1.000, disponibilizado pela Prefeitura de Joinville;
- o) Levantamentos aerofotogramétricos e perfilamentos a laser, disponibilizado pela Prefeitura de Joinville;
- p) Informações de cadastro de poços e dados de sondagens, disponibilizado pela Prefeitura de Joinville (se disponível);

4.4 Interpretação de Imagens de Satélite e Fotografias Aéreas

A interpretação de imagens de satélite e fotografias aéreas é essencial para os estudos de meio físico como mapeamento geológico e hidrogeológico. Os principais objetivos dessa análise são a definição da natureza litológica das áreas, das formas estruturais existentes, classes de vegetação, da densidade de drenagem, da caracterização do relevo e das condições atuais de uso e ocupação da terra. Nesta etapa inicial, também será possível caracterizar algumas unidades estratigráficas e compartimentos hidrogeológicos e individualizá-los dentro de cada subsistema específico.

A partir da análise das imagens RapidEye e dos satélites CBERS 2 e/ou LANDSAT, georreferenciadas, deverão ser extraídas informações sobre os aspectos geológicos das unidades envolvidas e seus contatos, além dos aspectos estruturais da área como rede de drenagem, fotolineamentos e identificação de compartimentos locais dos aquíferos. Nessa análise poderão ser adotadas técnicas de processamento digital, tais como: o uso de filtros de convolução direcionais e isotrópicos, realces, razões de bandas, rotações espectrais, transformações IHS e análise de componentes principais.

A fotointerpretação digital será realizada através da geração de anaglifos em cópias digitais das fotos aéreas de boa qualidade, pelo menos 300 dpi, da área a ser trabalhada. Os anaglifos gerados serão salvos em formato TIF e, posteriormente georreferenciados. Serão gerados arquivos vetoriais, de geologia e estruturas diretamente em um programa de georreferenciamento e edição, tal como o programa ArcGIS® 10.8.1, desenvolvido pela ESRI™, com o uso de óculos 3D, não sendo necessário o uso de estereoscópio e das imagens físicas.

A partir da interpretação desses sensores remotos, integrada com os dados bibliográficos existentes, deverão ser gerados mapas preliminares que, posteriormente serão complementados e atualizados com as informações dos trabalhos de campo dentro dos diversos temas previstos nesses estudos.

4.5 Elaboração da Nota Técnica

Após a fase de coleta e interpretação dos dados secundários, será apresentada uma síntese dos levantamentos efetuados, que irão embasar o desenvolvimento dos trabalhos de mapeamento geológico e hidrogeológico do município de Joinville.

Os dados secundários e informações, coletadas na fase inicial, deverão ser sistematizados e integra-

dos para serem utilizados na elaboração dos serviços contratados, procurando quantificá-los para dar consistência ao cronograma físico e financeiro previsto. A reunião de todas as informações coletadas, sistematizadas e interpretadas deverão compor um relatório-síntese sob a forma de uma Nota Técnica na forma digital e impressa, incluindo os diversos aspectos de apresentação dos resultados, como registros fotográficos, tabelas, mapas, gráficos, entre outros, que será entregue como o Produto P2.

Os dados coletados e sistematizados serão disponibilizados na forma de um banco de dados, produzido no *software* ArcGIS® 10.8.1, permitindo a consulta e atualização das informações e a geração de novos mapas.

4.6 Investigação Geofísica da Área

Os levantamentos geofísicos deverão ser interpretados de forma integrada entre as áreas dos mapeamentos geológico e hidrogeológico e com outras áreas de conhecimento, considerando também dados disponíveis de trabalhos anteriores. Os produtos gerados pela investigação geofísica, necessariamente serão interpretados conjuntamente com as informações obtidas das outras atividades realizadas no âmbito do projeto, como geologia, geomorfologia, cadastro de poços tubulares, etc.

A interpretação dos dados aerogeofísicos de magnetometria e gamaespectrometria e da gravimetria terrestre (se houver) será feita a partir dos contrastes laterais de propriedades físicas de minerais (susceptibilidade magnética, emissão de radiação gama – elementos eTh, eU e K, e densidade) existentes nas litologias dos terrenos estudados. Vale ressaltar que as assinaturas geofísicas são respostas aos contrastes encontrados entre as diferentes litologias, que devem ser considerados durante o processo de interpretação. Caso necessário, para facilitar o entendimento geológico e hidrogeológico, poderão ser realizadas inversões do vetor de magnetização dos dados magnetométrico e inversão gravimétrica, com geração de corpos (isovolumes). Esse processamento permite observar variações na distribuição das rochas em profundidade de acordo com seu comportamento magnético e/ou gravimétrico. Além disso, serão feitos recortes geofísicos de áreas menores para realçar as informações geofísicas com maior detalhe, que auxiliarão na interpretação geológica e hidrogeológica.

O SGB-CPRM dispõe de alguns métodos geofísicos portáteis terrestres, que poderão ser utilizados para orientar os trabalhos de mapeamento geológico e hidrogeológico desse projeto. Dentre os disponíveis, destacam-se os métodos elétricos para obter informações das litologias presentes em subsuperfícies, por meio de suas propriedades elétricas. Um dos métodos a ser utilizado será a resistividade elétrica, em que as correntes elétricas, geradas artificialmente em superfície, são introduzidas no solo através de eletrodos metálicos e as diferenças de potencial resultantes são medidas na superfície. Isso, porque a maior parte dos minerais formadores das rochas é isolante e a presença de íons das águas nos poros será o principal meio de condução da corrente elétrica através de uma rocha. Assim, o grau de porosidade e o conteúdo de sais na fase aquosa são os principais fatores que diminuem resistividade das rochas. E, de forma secundária, a presença de argilominerais, minerais sulfetados e granulação grosseira também indicam rochas de menor resistividade. Dentre as técnicas de campo que poderão ser utilizadas estão a Sondagem Elétrica Vertical (SEV) e o Caminhamento Elétrico (CE).

4.7 Mapeamento Geológico, Estrutural e de Recursos Minerais

O mapeamento geológico do município de Joinville tem como objetivo representar os diversos tipos de unidades geológicas, evolução das estruturas tectônicas e realizar uma estimativa dos recursos minerais existentes. Será realizado nas escalas 1:10.000 (área urbana) e 1:25.000 (restante do município), abrangendo 470 km² e 664 km², respectivamente (Figura 2.1).

Os estudos geológicos deverão, necessariamente, envolver a observação de pesquisas e mapeamen-

tos anteriores da área do município e seu entorno, disponíveis em diversas escalas, considerando-se os aspectos litoestratigráficos, tectônicos e recursos minerais, além de fatores que influenciam na hidrogeologia, hidrodinâmica e hidroquímica. A elaboração do mapa geológico de serviço e planejamento das etapas de campo será feito a partir de levantamentos bibliográficos e de mapas geológicos, estruturais, hidrogeológicos, pedológicos e de recursos minerais existentes do município. Também serão feitas interpretações das imagens de sensores remotos disponíveis para a região, tais como: fotografias aéreas, imagens de satélite e/ou aerotransportados, mapas aerogeofísicos, etc.

A integração dessas informações ocorrerá mediante métodos digitais de cartografia, com atividades de mapeamento em campo, associado aos dados de poços com perfis litológicos conhecidos. Todos esses dados serão integrados na base cartográfica cedida pela prefeitura, para a geração do mapa geológico de serviço a ser utilizado nas atividades de mapeamento. O recobrimento sedimentar da área urbana apresenta obstáculos que dificultam observações diretas, considerando a ação antrópica (aterros, construções, pavimentos). Portanto, nestes casos, serão utilizados métodos indiretos, por exemplo geofísica terrestre e sondagens manuais, para interpretação do substrato em relação à sua extensão lateral e espessura, incluindo os solos turfosos.

No mapeamento geológico sistemático, será realizado o número de caminhamentos adequados à escala que será trabalhada, da complexidade geológica e de acesso da área (locais inacessíveis e ação antrópica). As etapas de campo iniciais serão realizadas para obter uma visão geral das unidades e definir os principais problemas geológicos a serem detalhados nos levantamentos subsequentes.

A atividade de campo compreenderá de descrições de afloramentos de rocha, que serão organizados e tabulados em bases de dados, com a geração de informações que serão utilizadas para atualização dos mapas geológicos, estruturais e de recursos minerais. Os trabalhos serão desenvolvidos com coleta sistemática de amostras, visando análises laboratoriais subsequentes, e também deverá ser realizado o cadastro de recursos minerais, se encontrados. As amostras de rocha coletadas serão descritas macroscopicamente e as selecionadas serão enviadas para confecção de lâminas petrográficas e/ou análises químicas. Essas amostras também poderão ser avaliadas e caracterizadas para uso como materiais de construção civil (agregados), quando for o caso. As amostras de sedimentos inconsolidados (presentes em depósitos aluvionares, planície de inundação, tálus, planícies de maré, mangue) poderão ser encaminhadas para análise granulométrica e mineralógica de areia e argila, que poderão ser classificados como insumos minerais para a construção civil.

Do ponto de vista da geologia estrutural aplicada à hidrogeologia, as atividades de campo deverão incluir, principalmente, estudos voltados, especialmente, para estruturas rúpteis com vistas a entender a importância da conformação estrutural da distribuição e geometria dos principais subsistemas que formam os aquíferos locais.

Ao final do mapeamento serão entregues: (i) o relatório técnico; e (ii) os mapas geológico, de estruturas e de recursos minerais, cujas informações serão utilizadas na geração do mapa hidrogeológico do município. O relatório contemplará, entre outros, as metodologias e critérios para a elaboração dos mapas geológico e estrutural com descrições detalhadas dos conteúdos de cada mapa. Será apresentado o contexto geológico regional, a partir dos principais trabalhos já publicados, com descrições sintéticas das unidades estratigráficas reconhecidas na área, citando os eventos de deformação e metamorfismo, alterações hidrotermais e relação das idades geocronológicas. Além disto, serão contemplados os possíveis recursos minerais do município e suas áreas de ocorrência.

As amostras coletadas durante os trabalhos da CPRM serão mantidas sob guarda desta, com livre acesso por parte da Prefeitura Municipal de Joinville.

Os arquivos vetoriais que compõem os mapas a serem entregues terão as informações padrões adotados no SGB-CPRM para as tabelas de atributos de cada *shape*. Esse banco de dados será entregue em

formato compatível com o do Sistema Municipal de Gestão das Informações Georreferenciadas, além da disponibilização das tabelas de atributos com descrição dos pontos realizados e amostragem.

4.8 Mapeamento Hidrogeológico e Favorabilidade Hidrogeológica

4.8.1 Inventário e Cadastro de Poços

O inventário e o cadastramento de poços têm como objetivo buscar o conhecimento parcial da infraestrutura hídrica instalada, a estimativa dos recursos de águas subterrâneas utilizados e a oferta de água subterrânea existente. Essa informação será fundamental para avaliar os volumes explorados e demandas potenciais no município.

Após o levantamento prévio das fichas técnicas de poços tubulares, será dado início ao cadastramento de poços em campo, com complementação do cadastro com a inserção de novos poços. Nessa fase, o objetivo principal é aprimorar a representatividade espacial dos dados relativos às características construtivas, demandas de água subterrânea e a potenciais fontes de contaminação que por ventura existam no entorno dos poços tubulares. Também serão cadastradas as captações por nascentes de importância local e comunitária (interesse público).

Se os proprietários dos poços permitirem, estes serão identificados com etiquetas à prova de intempéries, contendo uma sigla e o indicativo de que o poço foi cadastrado pelo SGB-CPRM no âmbito do Projeto (Figura 4.1). Durante o cadastramento em campo dos poços e nascentes serão, desde que possível, realizadas medidas *in loco* (Figura 4.2), por meio de equipamentos portáteis (medidores de nível e sondas multiparamétricas), dos seguintes parâmetros: nível da água, pH, condutividade elétrica e temperatura das águas subterrâneas.



Figura 4.1 - Exemplo de identificação de poço cadastrado pelo SGB-CPRM.

Após as etapas de campo, as informações serão consolidadas e atualizadas, será realizado um tratamento estatístico dos dados cadastrais compilados e, referentes às cotas e profundidades dos níveis de água, vazões, usos da água, poços desativados, número total de poços por zonas ou bairros do município. Tratamento semelhante deverá ser empreendido também para as nascentes eventualmente cadastradas.

A partir dos dados obtidos do cadastramento dos poços tubulares, o SGB-CPRM irá apresentar manual sobre a forma de perfuração, operação e manutenção de poços tubulares profundos para exploração das águas subterrâneas nos sistemas aquíferos presentes no município de Joinville, que deverá ser entregue em meio digital.



Figura 4.2 - Sondas multiparamétricas para medição in loco dos parâmetros físico-químicos das águas subterrâneas.

As fichas de cadastro serão de responsabilidade do geólogo responsável e deverão fazer parte de um anexo do volume relativo ao inventário e cadastramento de poços. As informações dos poços e nascentes coletadas na etapa de campo serão sistematizadas em um SIG. Os dados de poços obtidos no âmbito desse estudo farão parte do SIMGeo e também deverão ser incluídos pelo SGB-CPRM no SIAGAS. Deverão constar do banco de dados, ainda, as fotografias coloridas codificadas do ponto d' água, ilustrando o poço ou nascente, bem como seu entorno.

Os resultados serão apresentados no Produto P3, sob a forma de um relatório técnico sobre as obras de captação de água subterrânea do Município de Joinville.

4.8.2 Realização de Análises Físico-químicas e Isotópicas

A amostragem de poços e nascentes para a realização de análises químicas tem por objetivo conhecer os diversos tipos físico-químicos das águas subterrâneas presentes em Joinville e tecer considerações sobre as características e evolução geoquímica. Um dos resultados dessa atividade será o mapa hidrogeológico na escala 1:50.000, que deverá conter a delimitação preliminar dos sistemas aquíferos e a espacialização dos principais parâmetros físico-químicos obtidos com a realização das análises

físico-químicas e compilação das já existentes (dados secundários). Este produto também contemplará informações acerca dos padrões de potabilidade, processos hidrogeoquímicos envolvidos nos sistemas aquíferos e questões relativas à contaminação das águas subterrâneas. E também serão realizadas análises isotópicas, em complementação às análises químicas para entender a dinâmica do transporte de água no interior dos Sistemas Aquíferos de Joinville e sua relação com as águas superficiais.

A seleção dos poços para coleta e envio de amostras para a realização de análises laboratoriais deverá levar em conta a representatividade das unidades hidrogeológicas presentes no município, de modo que a caracterização hidrogeoquímica seja possível. Outro fator a ser levado em conta na escolha dos pontos a serem amostrados é que os poços apresentem condições mínimas necessárias para coleta das amostras de água, como a facilidade de acesso ao local das coletas e que seja possível o bombeamento dos poços.

Cada amostra deverá ser acompanhada da descrição das condições de coleta, como data, hora, ocorrência de chuvas, poços em bombeamento, etc. e fotografia do momento da coleta. Serão seguidas as normas padronizadas e recomendações internacionais para coleta, preservação e transporte de amostras (p. ex., ISO 5667-11:2009) de modo que sejam o mais possível representativas das condições naturais de ocorrência da água subterrânea. Após a coleta, embalagem e armazenamento, as amostras serão encaminhadas a um laboratório, a ser contratado na região que seja credenciado na IMA (antiga FATMA).

Visando a caracterização físico-química das águas subterrâneas serão efetuadas análises em laboratório dos seguintes parâmetros: temperatura, cor, turbidez, pH, condutividade elétrica (CE), sólidos totais dissolvidos (STD), alcalinidade total, dureza total, Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Cl^- , SO_4^{2-} , HCO_3^- , CO_3^{2-} , F^- , Fe^{2+} , Fe^{3+} , Fe total, Mn total, Al^{3+} , N total, NO_2^- , NO_3^- , bário, níquel, zinco, cádmio, chumbo, cobre, cromo, mercúrio, arsênio, brometos e TPH (*Total Petroleum Hydrocarbons*). Com vistas a efetuar análise dos isótopos ambientais estáveis, oxigênio-18 (^{18}O) e deutério (^2H), poderão ser realizadas análises em amostras de água de poços tubulares, poços rasos e nascentes, e em águas superficiais.

Com base nos resultados das análises físico-químicas e, isotópicas, será apresentada a classificação química das águas subterrâneas e, possivelmente, a dinâmica dos sistemas aquíferos de Joinville. A avaliação dos parâmetros e índices hidrogeoquímicos, necessários à caracterização da qualidade das águas, possibilitará o diagnóstico para os diversos usos, indicando, quando for o caso, a origem e mecanismos da contaminação das águas subterrâneas, apontando as áreas mais favoráveis e mais restritivas à sua captação, além das principais restrições ao seu aproveitamento do ponto de vista qualitativo. Serão entregues à CONTRATANTE todos os resultados de análises (fichas originais digitais) realizadas pelos laboratórios, com a identificação do ponto de coleta. Os mapas hidrogeoquímicos deverão estar na escala 1:50.000, conterão como base o contorno simplificado dos sistemas aquíferos. Os dados das análises químicas serão incluídos pelo SGB-CPRM no SIAGAS.

Os resultados do mapeamento hidrogeoquímico deverão estar organizados no Sistema de Informações Geográficas compatível com o SIMGeo e serem apresentados sob a forma de um relatório técnico. Esse relatório técnico contemplará a descrição dos diversos tipos hidroquímicos, os processos hidrogeoquímicos envolvidos, a caracterização em relação aos critérios de potabilidade e os indicativos de contaminação, se houver. Todas as informações e dados relativos a esse tema serão apresentadas no Produto P4, com ilustrações, fotografias, gráficos, mapas e resultados das análises realizadas.

4.8.3 Vulnerabilidade Natural dos Aquíferos

O principal objetivo do mapeamento da vulnerabilidade natural dos sistemas aquíferos é indicar, conforme as metodologias consagradas, as áreas de alta, média e baixa vulnerabilidade natural à contaminação, permitindo ao município traçar programas de proteção dos aquíferos e das águas subterrâneas. Dentre os objetivos específicos estão a determinação da recarga potencial dos aquíferos, avaliação dos níveis das águas subterrâneas e o levantamento das principais fontes potenciais de contaminação.

O levantamento das fontes potenciais de contaminação é uma atividade que utiliza dados secundários disponíveis. Desta forma deverão ser consultados os cadastros dos órgãos ambientais estaduais (IMA, antiga FATMA) e municipais (SAMA), assim como o Cadastro Técnico Federal de Atividades Potencialmente Poluidoras e Utilizadoras de Recursos Ambientais (CTF/APP), pertencente ao IBAMA. O acesso aos dados dos licenciamentos ambientais é de suma importância para o desenvolvimento desse estudo, sendo fundamental o papel do poder público municipal em permitir e promover o acesso a tais informações.

Todas as fontes potenciais de contaminação cadastradas e as informações coletadas nesta etapa serão sistematizadas na forma de um banco de dados e devem ser apresentadas em mapa na escala 1:50.000 e na forma digital compatível com SIMGeo, bem como serão identificadas as áreas com atividades urbanas e periurbanas que potencialmente podem afetar as águas subterrâneas.

Dentre as principais e mais tradicionais metodologias para o estudo de vulnerabilidade das águas subterrâneas, destacam-se os métodos GOD e DRASTIC. A escolha do método final a ser apresentado levará em conta o que melhor representar a vulnerabilidade natural na área em estudo, em função dos dados e informações disponíveis. Os mapas serão gerados através do cruzamento dos diversos planos de informação envolvidos em um SIG, conforme a metodologia GOD e DRASTIC, e serão feitas comparações metodológicas entre as duas abordagens.

O mapa de risco de contaminação das águas subterrâneas será elaborado em função das cargas contaminantes potenciais dispostas sobre ou sob a superfície do terreno e do caráter dos iminentes riscos de contaminação. Este mapa será o resultado do cruzamento dos planos de informações sobre a vulnerabilidade natural do sistema aquífero à poluição e as fontes potenciais de contaminação. Aspectos da presença de provável cunha salina também serão levados em conta nos aquíferos que sofrerem interferência de marés.

Os mapas de vulnerabilidade natural dos sistemas aquíferos e do risco de contaminação das águas subterrâneas serão produzidos e apresentados na forma digital, na escala 1:50.000, compatíveis com o SIMGeo. Conterão como base o contorno simplificado dos sistemas aquíferos, determinados a partir do levantamento das características hidrogeológicas preliminares da área. Em conjunto com os mapas e base de dados será apresentado um relatório técnico parcial, que juntos constituirão o Produto P5.

4.8.4 Ensaios de Bombeamento

Com o objetivo de determinar os parâmetros hidráulicos dos aquíferos, serão programados ensaios de bombeamento em poços preferencialmente públicos. Os poços devem ser selecionados do cadastro atualizado no âmbito deste trabalho e idealmente devem possuir perfis litológico e construtivo conhecidos. A seleção dos poços será definida em comum acordo entre o SGB-CPRM e a CAF. As distâncias entre os poços em bombeamento e os poços de observação deverão considerar as bases técnicas científicas como, por exemplo, a relação da distância com as espessuras totais e saturadas dos aquíferos e o posicionamento das seções filtrantes nos poços exploratórios e de observação.

Deverão ser testados pelo menos cinco pares de poços (bombeamento e observação) em ensaios de bombeamento, com medição contínua do rebaixamento dos níveis e posterior recuperação. As medidas de nível serão efetuadas utilizando-se poços de observação. É necessário verificar se as regiões abastecidas pelos pares de poços selecionados dispõem de reservatório para garantia do abastecimento durante os testes, porque se faz necessário desligar os poços para recuperação do nível estático antes do início do teste. Durante o teste não é possível alimentar o reservatório ou a rede de distribuição de água.

Esta atividade vai depender da existência de pares de poços preferencialmente públicos que atendam os pré-requisitos descritos acima. Caso não seja possível atender a essas condições, os parâmetros poderão ser calculados a partir de ensaios de bombeamento já realizados e disponíveis no banco de dados de poços tubulares.

A vazão de bombeamento deve ser constante nos ensaios e, para isto, se utilizará bombas submersas que já estiverem instaladas nos poços. Durante os testes de aquífero devem ser observadas as medidas do poço de observação e do poço bombeado e a recuperação. Depois de interrompido os bombeamentos, devem ser efetuadas medidas até recuperação total do nível.

Com base nos resultados dos testes de aquífero serão determinados os seguintes parâmetros hidrodinâmicos: transmissividade, condutividade hidráulica, coeficiente de armazenamento e porosidade efetiva. Deverão ser aplicados métodos de análise condizentes com o tipo de aquífero e utilizados programas específicos de computador para análise.

4.8.5 Estudo Hidrológico de Balanço Hídrico

O estudo hidrológico de balanço hídrico tem como objetivo estimar a recarga dos aquíferos, sendo extremamente importante para auxiliar na determinação do potencial hidrogeológico da área.

O estudo será feito através da análise do ciclo hidrológico, sendo regido: (i) no solo e subsolo, pela ação da gravidade, bem como pelo tipo e densidade da cobertura vegetal; (ii) na atmosfera e superfícies líquidas (rios, lagos, mares e oceanos), pelos elementos climáticos, como por exemplo, temperatura do ar, ventos, umidade relativa do ar (função do déficit de pressão de vapor) e insolação (função da radiação solar). Estes são os fatores responsáveis pelos processos de circulação da água dos oceanos para a atmosfera, em dada latitude terrestre (MANOEL FILHO, 2008). A recarga de um aquífero ocorre basicamente a partir da infiltração de água das chuvas e, em menor escala, de corpos d'água superficiais. A existência de solos porosos e permeáveis favorece a infiltração; no entanto, essa condição pode ser ampliada se o solo for coberto por vegetação e estiver em relevo plano. Já em áreas de relevo íngreme e solos pouco permeáveis, a maior parte da água precipitada transforma-se em cursos superficiais, dificultando a infiltração. Caso necessário, poderão ser executados ensaios de infiltração nos solos presentes nas áreas potenciais de recarga.

Será necessário realizar estudos de caracterização climática da área com base em dados de estações pluviométricas e meteorológicas existentes, incluindo dados diários de séries históricas de precipitação, temperatura, umidade relativa do ar e índice global de radiação, com a consequente avaliação das evapotranspirações real e potencial e do estabelecimento do balanço hídrico.

Por meio do balanço hídrico pode-se avaliar de forma quantitativa os volumes de água que entram e saem de um determinado sistema em um dado intervalo de tempo, utilizando-se da equação da continuidade. O presente trabalho quantificará os valores de recarga que chegam aos aquíferos existentes em Joinville. Considerando-se os excedentes de água, deverá ser feita a avaliação potencial da taxa de infiltração das águas oriundas da precipitação pluviométrica para a recarga dos sistemas aquíferos. Serão levados em conta o possível comprometimento das áreas de recarga devido aos usos hoje estabelecidos na região e os ensaios de infiltração executados no âmbito desses estudos e no mapa de uso e ocupação da região.

4.8.6 Mapa Hidrogeológico

Os mapas hidrogeológicos ou mapas de águas subterrâneas são representações gráficas que refletem o estado da arte no conhecimento hidrogeológico, evidenciando as exigências específicas do seu uso e visam o atendimento a público alvo. Tratam da ocorrência e distribuição desses recursos dentro de uma determinada área ou região, sendo basicamente direcionados a:

- Fornecer informações sobre a ocorrência e distribuição das águas subterrâneas;
- Fornecer a base de compreensão entre as águas subterrâneas e o meio ambiente, destinando-se, sobretudo ao gerenciamento dos recursos hídricos de uma determinada região.

O Mapa Hidrogeológico do Município de Joinville, na escala 1:50.000, reunirá as informações coletadas, interpretadas e georreferenciadas durante os estudos hidrogeológicos. As informações apresentadas indicarão o conhecimento sobre o meio físico da região estudada que envolva: geologia, geomorfologia, pedologia, geofísica, hidroquímica, meteorologia, climatologia, hidrogeologia, uso e ocupação da terra, entre outros.

A metodologia a ser adotada pelo SGB-CPRM para a cartografia hidrogeológica é baseada na tabela de Struckmeir & Margat modificada *in* Diniz (2012). Esta abordagem metodológica divide-se em três partes: i - Banco de Dados Georreferenciados do Geotabbase-Cartografia Hidrogeológica; ii - Preenchimento dos Atributos dos Polígonos de Hidrogeologia; iii - Encartes - Principais Cartogramas.

O banco de dados espaciais do Mapa Hidrogeológico de Joinville tem o objetivo de facilitar, padronizar e acelerar o preenchimento dos atributos relativos ao tema hidrogeologia. Sua estrutura permite ainda uma fácil e rápida manipulação dos dados, bem como boa agilidade no armazenamento e transferência. O tipo de banco de dados espaciais, a ser utilizado no referido projeto, será o File Geodatabase, desenvolvido pela empresa ESRI™, disponível no pacote de aplicativos do ArcGIS®, versão 10.7.1, programa utilizado na realização do projeto.

4.8.7 Mapa de Favorabilidade Hídrica Subterrânea

Os métodos computacionais para avaliação da favorabilidade à ocorrência de água subterrânea em aquíferos fissurais contribuem de forma precisa e detalhada sobre a área de interesse, permitindo eficiência na exploração do recurso hídrico subterrâneo. Assim, para avaliar a favorabilidade hídrica subterrânea de uma determinada área, é necessário definir quais parâmetros são os mais adequados às especificidades locais e que melhor representam as características fisiográficas dominantes no condicionamento do potencial hidrogeológico.

Os modelos hidrogeológicos conceituais em áreas fissurais, caso do município de Joinville, têm utilizado uma ampla quantidade de variáveis, devido à complexidade da evolução tectônica e geomorfológica destas áreas. Na maioria dos casos, os parâmetros são estabelecidos a partir da correlação entre a produtividade dos poços com as distintas configurações da paisagem. Assim, os principais métodos conceituais utilizam características que favoreçam a porosidade secundária ou primária, como litotipos, lineamentos e morfoestruturas, zonas de juntas e de camadas, dissecação do relevo, pedologia, vegetação e manto de intemperismo, entre outras, para avaliar a favorabilidade (SMERDON *et al.*, 2009; OH *et al.*, 2011; OIKONOMIDIS, 2015).

Técnicas de geoprocessamento, envolvendo parâmetros como unidades litológicas, declividade do terreno, uso e cobertura do solo, espessura do manto de alteração e densidade de lineamentos morfoestruturais, serão adotadas para a determinação da favorabilidade hidrogeológica. Essas informações serão configuradas por meio de modelos de distribuição de dados espaciais em um SIG. Serão utilizadas ferramentas computacionais e de geoestatística que possibilitarão avaliar de forma sistêmica o ambiente e calcular estes elementos. Os dados serão tratados a partir de princípios hierárquicos, justaposição e funcionalidade numa análise sistêmica e integrada, bem como serão utilizados parâmetros estatísticos, com operadores de multiplicação, soma e soma ponderada dos parâmetros envolvidos, de forma a extrair as informações de favorabilidade hidrogeológica.

O SGB-CPRM deverá apresentar os resultados da cartografia hidrogeológica e do mapa de favorabilidade hídrica subterrânea em forma de mapas e relatório digitais que constituirão o Produto P7. O Mapa de Favorabilidade Hídrica Subterrânea final, na escala 1:50.000, será subdividido em quatro classes distintas: não favorável, pouco favorável, moderadamente favorável, e favorável.

4.9 Relatório Final

O relatório final (Produto P8) consistirá de Nota Explicativa com a integração e síntese conclusiva de todos os produtos entregues nas fases anteriores, e, a exemplo dos relatórios parciais intermediários, será entregue impresso e encadernado, como também em mídia digital nos formatos DOC e PDF, após aprovação da CAF.

Os resultados finais do projeto, nas formas de mapas, relatórios, gráficos, ilustrações, textos explicativos, serão divulgados em meio digital e impressos. Todos os mapeamentos serão entregues impressos em duas vias no formato A1, assim como em mídia digital (PDF).

4.10 Entrega de Dados Espaciais Vetoriais

Os mapas temáticos produzidos durante o projeto serão entregues no formato vetorial (*shapefile*) *classes de feições*, com os respectivos bancos de dados organizados em Sistema de Informações Geográficas através de GDBs (*Geodatabases*), compatíveis com o SIMGeo.

4.11 Treinamento dos agentes técnicos municipais

O treinamento para os agentes técnicos do município de Joinville será realizado pelos pesquisadores do SGB-CPRM, que executaram o projeto em questão, nas dependências da Superintendência Regional de Porto Alegre ou em Joinville.

O objetivo do treinamento, a ser realizado após a entrega do Produto (P8), é proporcionar o nível técnico dos agentes municipais, a serem indicados pela CAF, sobre a Geologia, Recursos Minerais, Hidrogeologia, Nascentes, Vulnerabilidade de Aquíferos de Joinville, manuseio dos mapas e informações e potencialidades do uso da ferramenta SIG, além da produção de material para divulgação externa. Também, serão abordados a visão geral das normas para perfuração de poços tubulares e os critérios para gestão de água subterrânea no território do município.

O programa final e local do curso será definido em comum acordo entre a CPRM e a CAF e sua realização se dará a partir do 22º mês de execução do projeto.

5. EQUIPE TÉCNICA

A equipe base para o desenvolvimento das atividades do projeto (Quadro 5.1) será composta por três geólogos com conhecimentos específicos de mapeamento geológico, três geólogos com conhecimentos específicos de hidrogeologia, um engenheiro hidrólogo, dois técnicos de nível médio com experiência prática em hidrogeologia. Gerentes de área e supervisores temáticos acompanharão e farão a gestão do projeto. Estagiários de geologia, hidrogeologia e engenharia cartográfica complementarão a equipe executora.

Quadro 5.1 - Equipe técnica.

Nome	Cargo	Dedicação
Carla Klein	Geóloga DSc	Total
Carlos Moacir Iglesias	Geólogo MSc	Total
Leandro Menezes Betiollo	Geólogo MSc	Total
Marcos Alexandre de Freitas	Hidrogeólogo DSc – Chefe do Projeto	Total
Diogo Rodrigues A. Silva	Geólogo DSc	Parcial
Eliel Martins Senhorinho	Hidrogeólogo	Parcial
Jorge Henrique Laux	Geólogo DSc	Parcial
Lucy Takehara Chemale	Geóloga DSc	Parcial
Marcelo Goffermann	Hidrogeólogo MSc	Parcial
Márcia Conceição Pedrollo	Engenheira Hidróloga MSc	Parcial
Marta Rubbo	Engenheira Hidróloga MSc	Parcial
Bruno Schiehl	Técnico Nível Médio	Parcial
Luis Alberto da Costa e Silva	Técnico Nível Médio	Parcial
Adolfo Nicolau Britzke	Estagiário de Geologia	Total
Thayná Isabella Gonçalves de Araújo	Estagiária de Hidrogeologia	Total
Andrey Martins de Lima	Estagiário de Hidrogeologia	Total
Jeniffer Kunzler Rohmann	Estagiária de Eng. Cartográfica	Total
Henrique Pereira dos Santos	Estagiário de Eng. Cartográfica	Total

6. CRONOGRAMA FÍSICO DAS ATIVIDADES

O prazo para o desenvolvimento dos trabalhos é de 24 (vinte e quatro) meses contados a partir do dia 15/03/2019 (data do recebimento da Ordem de Serviço emitida pela Contratante). O cronograma de atividades, previstas no Quadro 6.1, indica o período de desenvolvimento dos trabalhos, assim como os prazos finais para entrega dos produtos relacionados no item 5 – Produtos, no anexo único do Contrato N° 075/2019.

Quadro 6.1 - Cronograma físico das atividades.

PRODUTOS E ATIVIDADES	2019												2020					2021								
	A	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	Mai-Out	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	
Mobilização, planejamento e detalhamento das ações previstas (P1)	P1*																									
Elaboração da nota técnica (P2)				P2*																						
Inventário e cadastramento de poços – Confecção de mapa e SIG (P3)																										
Estudos para elaboração do mapa hidrogeológico – Confecção de mapa e SIG (P4)																			P4*							
Estudos para elaboração do mapa da vulnerabilidade natural dos aquíferos - Confecção de mapa e SIG (P5)																					P5*					
Mapeamento geológico, estrutural e de recursos minerais - geofísica / Mapas e Relatório Técnico (P6)																										
Estudos para elaboração do mapa hidrogeológico e de favorabilidade hídrica subterrânea mapas e SIG (P7)																										
Elaboração do relatório final (P8)																										
Treinamento dos agentes municipais																										

7. RECURSOS NECESSÁRIOS

Os recursos necessários para a execução do projeto totalizam R\$ 2.229.005,00 (dois milhões duzentos e vinte e nove mil e cinco reais) distribuídos conforme a Tabela 7.1:

Tabela 7.1 - Detalhamento dos recursos necessários à execução do projeto.

Produto/Código	Valor (R\$)
Plano de Trabalho-P1	222.900,50
Nota Técnica-P2	222.900,50
Inventário e Cadastramento de Poços-P3	445.801,00
Mapa Hidrogeoquímico-P4	222.900,50
Mapa de Vulnerabilidade Natural dos Aquíferos-P5	222.900,50
Mapa Geológico, Estrutural e de Recursos Minerais-P6	445.801,00
Mapa Hidrogeológico e Favorabilidade Hídrica Subterrânea-P7	222.900,50
Relatório Final-P8	222.900,50
Total	2.229.005,00

8. PRAZOS PARA ENTREGA DOS PRODUTOS

Os prazos estabelecidos pelo contrato para a entrega dos produtos estão discriminados na Tabela 8.1.

Tabela 8.1 - Detalhamento dos prazos necessários à execução do projeto.

Produto/Código	Prazo em meses após emissão da OS	Prazo em meses repactuados (Pandemia COVID 19)
Plano de Trabalho-P1	01	01
Nota Técnica-P2	03	03
Inventário e Cadastramento de Poços-P3	06	06
Mapa Hidrogeoquímico-P4	10	24
Mapa de Vulnerabilidade Natural dos Aquíferos-P5	14	26
Mapa Geológico, Estrutural e de Recursos Minerais-P6	18	28
Mapa Hidrogeológico e Favorabilidade Hídrica Subterrânea-P7	22	29
Relatório Final-P8	24	30

9. RESTRIÇÕES

Algumas limitações que poderão ser encontradas durante a execução do projeto, sendo capazes de afetar o cumprimento pleno das atividades, devem ser consideradas e devidamente tratadas antes de iniciar as atividades de campo. Ponderando os itens referidos no ofício 033/SUREG-PA/2019, encaminhado para a gerência da UGA (Unidade de Desenvolvimento de Gestão Ambiental) da SAMA, e após a prévia análise das características da área do projeto, considerou-se a necessidade de mitigação das seguintes restrições:

- Possíveis restrições, por parte dos proprietários, aos locais onde existem poços a serem cadastrados, principalmente em indústrias, hotéis e condomínios;
- Obtenção de dados construtivos e litológicos de poços tubulares através de empresas de perfuração, SDE, indústrias;
- Acesso aos dados e informações técnicas dos processos de licenciamento ambiental no município através do IMA (antiga FATMA), SAMA e IBAMA;
- Restrições ao acesso das áreas particulares quando da execução de mapeamento geológico;
- Inexistência de poços tubulares públicos para a execução de ensaios de bombeamento;
- Chuvas frequentes que podem prejudicar os trabalhos de campo;
- Nova onda de pandemia de COVID-19 com respectivas medidas de enfrentamento.

Com exceção do último item, as demais restrições podem ser minimizadas se houver uma intensa divulgação do projeto em consonância com a Prefeitura Municipal de Joinville.

10. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

DINIZ, J. A. O. **Proposta metodológica para elaboração de mapas hidrogeológicos**. Recife: CPRM, 2012. (Publicação interna).

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Estatística por cidade e estado**: Charqueada. Brasília: IBGE, 2010. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sc/joinville/panorama>. Acesso em: 15 jun. 2020

MANOEL FILHO, J. Ocorrência das Águas Subterrâneas. In: FEITOSA, F. A. C.; MANOEL FILHO, J.; FEITOSA, E. C.; DEMÉTRIO, J. E. A. (Org.) **Hidrogeologia: conceitos e aplicações**. Rio de Janeiro: CPRM, 2008. p. 53-76.

OH, H.; KIM Y. S.; CHOI, J. K.; PARK, E.; LEE, S. GIS mapping of regional probabilistic groundwater potential in the area of Pohang City, Korea. **Journal of Hydrology**, v. 399, n. 3-4, p. 158-172, mar., 2011.

OIKONOMIDIS, D.; DIMOGIANNI, S.; KAZAKIS, N.; VOUDOURIS, K. A GIS/Remote Sensing-based methodology for groundwater potentiality assessment in Tirnavos area, Greece. **Journal of Hydrology**, v.525, p. 197-208, jun. 2015.

SMERDON B.D.; ALLEN D.M.; GRASBY S.E.; BERG M.A. An approach for predicting groundwater recharge in mountainous watersheds. **Journal of Hydrology**, v. 365, p. 156–172, 2009.

11. BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA - ABGE. **Ensaio de permeabilidade em solos: orientações para a sua execução no campo**. 4.ed. São Paulo: ABGE, 2013.

CALDURO, F. A.; DORFMAN, R. **Manual de ensaios de laboratório e de campo para irrigação e drenagem**. Porto Alegre: UFRGS;PRONI/IPH, s.d.

FOSTER, S. S. D.; HIRATA, R. C. A.; ROCHA, G. A. **Riscos de poluição de água subterrânea: uma proposta de avaliação regional**. São Paulo: CEPIS/ OPS, 1988.

FOSTER, S. S. D.; HIRATA, R. C. A. **Determinação do risco de contaminação das águas subterrâneas: um método baseado em dados existentes**. São Paulo: Instituto Geológico, 1993.

FOSTER, S. S. D.; HIRATA, R. C. A.; GOMES, D.; D'ELIA, M.; PARIS, M. **Groundwater Quality Protection: a guide for Water Service Companies, Municipal Authorities and Environment Agencies**. s.l.: The International Bank for Reconstruction and Development/The World Bank, 2002.

FOSTER, S. S. D. Fundamental Concepts in Aquifer Vulnerability, pollution Risk and Protection Strategy. In: VAN DUIJVANBODE, W.; H.G. VAN WAEGENINGH, H. G. (Ed.). **Vulnerability of soil and Groundwater to Pollution. Vulnerability of soil and Groundwater to Pollution**. Haia: Comitê de Pesquisa Hidrológica, 1987.

GUIGUERI, N.; KOHNKEI, M. Métodos para determinação da vulnerabilidade de aquíferos. In: XII CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 12., 2002, Florianópolis. Anais [...] Florianópolis: ABAS, 2002.

HUGGETT, R. J. **Systems Analysis in Geography**. Oxford: Clarendon Press, 1980.

MEDEIROS, V. C.; ROSA-COSTA, L. T. **Guia de procedimentos técnicos da Diretoria de Geologia e Recursos Minerais – DGM: instruções técnicas do Departamento de Geologia – DEGEO**. Brasília: CPRM, 2018.

STRUCKMEIER, W. F.; MARGAT, J. **Hydrogeological maps: a guide and a standard legend**. Hannover: International Association of Hydrogeologists, 1995. (International contributions to hydrogeology, v. 17).



Localizada na região nordeste do Estado de Santa Catarina, Joinville é uma cidade de porte médio, cuja dinâmica urbana-industrial se assemelha a centros regionais de maior envergadura. O crescimento populacional e a variedade de atividades presentes no município demandam conhecimento em maior detalhe da sua base geológica e hidrogeológica, que possibilite tanto melhor utilização e gerenciamento de recursos minerais e hídricos subterrâneos como a identificação de áreas de risco geológico e planejamento da ocupação do espaço municipal.

Com uma população urbana estimada de 550.272 habitantes e rural de 19.373 habitantes em 2016, Joinville conta com altas densidades demográficas no seu perímetro urbano. O aumento populacional e o aumento do número de indústrias de transformação, com áreas industriais associadas, assim como a expansão do sistema viário municipal, demandam intenso aporte de insumos minerais para a construção civil, assim como melhor conhecimento do meio físico urbano e rural para evitar a alocação de populações, instalações industriais e de comércio e serviços em áreas de risco.

O mapeamento geológico constitui elemento básico e fundamental para conhecer o arcabouço geológico de uma área ou região, assim como suas fragilidades e potencialidades. Constitui documento essencial tanto para subsidiar e viabilizar a atividade minerária, como para identificar ambientes de fragilidade natural potencial do meio físico e, por conseguinte, áreas de risco para as atividades humanas no seu mais amplo espectro. O mapeamento geológico representa, assim, importante ferramenta para o planejamento territorial, gerenciamento de riscos geológicos e para planos e políticas públicas na área de mineração.

A crescente demanda de água para abastecimento público em Joinville resulta na exploração de recursos hídricos subterrâneos por meio de abertura de poços efetuada principalmente por empresas e condomínios industriais e residenciais. O aprofundamento do conhecimento hidrogeológico do município por meio da cartografia dos recursos hídricos subterrâneos e cadastramento de poços permitirá identificar de modo mais detalhado a extensão do potencial exploratório da água de subsuperfície, assim como estabelecer políticas públicas para o gerenciamento de sua utilização.

O mapeamento geológico, estrutural e de distribuição de recursos minerais no limite urbano de Joinville é na escala 1:10.000. Nesta área ocorrem majoritariamente depósitos cenozoicos de planície costeira, incluindo morros e elevações do embasamento, assim como trechos de planícies aluviais dos principais rios da região. Para as demais áreas do município a escala do mapeamento é 1:25.000. Os mapeamentos hidrogeológico e de favorabilidade hidrogeológica, assim como de inventário de poços, mapeamento hidrogeoquímico e de vulnerabilidade natural dos aquíferos, incluem a totalidade do território municipal e são na escala 1:50.000.

Contrato SEI Nº 1621270-SAP.GABE/SAP.USU/SAP.USU.ADI

Serviço Geológico do Brasil – CPRM
Superintendência Regional de Porto Alegre
Rua Banco da Província, 105 – Santa Tereza
Porto Alegre – RS – CEP: 90840-030
Tel.: (51) 3406-7300