

# GEOLOGIA AMBIENTAL:

Tecnologias para o desenvolvimento sustentável - Vol. 1

Eduardo de Lara Cardozo  
(Organizador)



Eduardo de Lara Cardozo  
(Organizador)

**GEOLOGIA AMBIENTAL: TECNOLOGIAS PARA O  
DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL**

---

Atena Editora  
2017

2017 by Eduardo de Lara Cardozo

Copyright © da Atena Editora

**Editora Chefe:** Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

**Edição de Arte e Capa:** Geraldo Alves

**Revisão:** Os autores

#### **Conselho Editorial**

Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto (UFPEL)

Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho (UnB)

Prof. Dr. Carlos Javier Mosquera Suárez (UDISTRITAL/Bogotá-Colombia)

Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior (UEPG)

Prof. Dr. Gilmei Francisco Fleck (UNIOESTE)

Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza (UEPA)

Prof. Dr. Takeshy Tachizawa (FACCAMP)

Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior (UFAL)

Profª Drª Adriana Regina Redivo (UNEMAT)

Profª Drª Deusilene Souza Vieira Dall'Acqua (UNIR)

Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson (UTFPR)

Profª Drª Ivone Goulart Lopes (Istituto Internazionale delle Figlie de Maria Ausiliatric)

Profª Drª Lina Maria Gonçalves (UFT)

Profª Drª Vanessa Bordin Viera (IFAP)

#### **Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)**

G345

Geologia ambiental: tecnologias para o desenvolvimento sustentável /  
Organizador Eduardo de Lara Cardozo. – Ponta Grossa (PR):  
Atena Editora, 2017.

297 p. : 57.346 kbytes – (Geologia Ambiental; v. 1)

Formato: PDF

ISBN 978-85-93243-39-4

DOI 10.22533/at.ed.3940809

Inclui bibliografia.

1. Desenvolvimento sustentável. 2. Geologia ambiental. 3. Meio ambiente. 3. Sustentabilidade. I. Cardozo, Eduardo de Lara. II. Título. III. Série.

CDD-363.70

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos seus respectivos autores.

2017

Proibida a reprodução parcial ou total desta obra sem autorização da Atena Editora

[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)

E-mail: [contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)

## Apresentação

Notícias como deslizamentos de encostas, regiões alagadas e ocupações irregulares sempre vêm à tona. E quando ocorrem, normalmente trazem junto a esses fatos, prejuízos econômicos e infelizmente anúncios relacionados à perda de vidas.

Alguns exemplos desses processos são recentes, como o caso do deslizamento de uma encosta em Angra dos Reis em 2010, onde houveram vítimas fatais, outro caso que chamou muito a atenção foi o rompimento, em 2015, de uma barragem de rejeitos no município de Mariana (Minas Gerais), bem como alagamentos em várias regiões brasileiras, são frequentemente divulgadas. Questões ambientais que ocorrem naturalmente, porém com o processo de ocupação irregular e degradação pela ação humana, os resultados nem sempre são positivos.

Os artigos aqui apresentados vêm ao encontro de muitos fatos ocorridos e que normalmente atribuímos apenas a questões ambientais. Porém, sabemos que não é bem assim! O deslizamento é um fenômeno comum, principalmente em áreas de relevo acidentado, as enchentes acontecem logo em seguida às chuvas intensas e em grandes períodos. Situações que há milhares de anos vem se repetindo, porém com o processo de urbanização, a retirada da cobertura vegetal, a ocupação de áreas irregulares, a contaminação do solo, a degradação do ambiente, entre vários outros pontos, acaba sendo intensificada pela constante alteração e ocupação desse espaço geográfico.

No primeiro volume da obra **“Geologia Ambiental: tecnologias para o desenvolvimento sustentável”** são abordadas questões como: análise da suscetibilidade a deslizamentos, avaliação de cenários sob perigo geotécnico, ordenamento territorial, a importância de estudos específicos considerando as complexidades e diversidades dos diferentes contextos, análise do comportamento geomecânico dos maciços rochosos, caracterização química-mineralógica e da resistência ao cisalhamento, estudos de resistência do meio físico em busca de segurança de instalações e a utilização de software no dimensionamento geotécnico aplicado a fundações profundas.

Neste primeiro volume também são contemplados os seguintes temas: análise da evolução da boçoroca do Córrego do Grito em Rancharia-São Paulo, estudos de áreas suscetíveis a ocorrência de inundações, diagnóstico ambiental voltado à erosão hídrica superficial e cartografia geotécnica, erosão e movimento gravitacional de massa, melhoramento fluvial do rio Urussanga - SC objetivando a redução de impactos associados às chuvas intensas, desassoreamento do Rio Urussanga - SC e caracterização do sedimento, potencialidades dos recursos hídricos na Bacia do Córrego Guariroba -MS.

E fechando este primeiro volume, temos os temas ligados ao: uso de tecnologias alternativas para auxiliar no tratamento de águas residuais, gestão de esgotamento sanitário, estudos sobre a contaminação dos solos por gasolina e

descontaminação através de bioremediação, metodologias que determinam a vulnerabilidade natural do aquífero à contaminação, mapeamento geoambiental como subsídio à seleção de áreas para implantação de centrais de tratamento de resíduos sólidos, são apresentados.

Diferentes temas, ligados a questões que estão presentes em nosso cotidiano. Desejo uma excelente leitura e que os artigos apresentados contribuam para o seu conhecimento.

Atenciosamente.

*Eduardo de Lara Cardozo*

## SUMÁRIO

**Apresentação.....03**

### CAPÍTULO I

ANÁLISE DA SUSCETIBILIDADE A DESLIZAMENTOS DA UNIDADE GEOMORFOLÓGICA SERRAS CRISTALINAS LITORÂNEAS NO MUNICÍPIO DE BLUMENAU/SC.

*Maurício Pozzobon, Gustavo Ribas Curcio e Claudinei Taborda da Silveira.....08*

### CAPÍTULO II

AValiação DE CENÁRIOS SOB PERIGO GEOTÉCNICO: O CASO DA COMUNIDADE DO MORRO DA MARIQUINHA, FLORIANÓPOLIS-SC.

*Gabriela Bessa, Daniel Galvão Veronez Parizoto, Rodrigo Del Olmo Sato, Nilo Rodrigo Júnior, Murilo da Silva Espíndola e Vítor Santini Müller.....30*

### CAPÍTULO III

AValiação DOS REMANESCENTES FLORESTAIS NA ELABORAÇÃO DE CARTAS GEOTÉCNICAS DE APTIDÃO À URBANIZAÇÃO O CASO DE SÃO BERNARDO DO CAMPO - SP

*Raquel Alfieri Galera, Fernando Cerri Costa e Ricardo de Souza Moretti.....42*

### CAPÍTULO IV

Caracterização E CLASSIFICAÇÃO GEOMECÂNICA DE MACIÇOS ROCHOSOS COMPOSTOS PELAS PRINCIPAIS LITOLOGIAS DA REGIÃO METROPOLITANA DE BELO HORIZONTE

*Walter dos Reis Junior e Maria Giovana Parizzi.....57*

### CAPÍTULO V

Caracterização GEOTÉCNICA E MINERALÓGICA DE UMA ARGILA FORMADA SOB ATIVIDADE HIDROTÉRMAL

*Marcelo Heidemann, Luiz Antônio Bressani, Juan Antonio Altamirano Flores, Matheus Porto, Breno Salgado Barra e Yader Alfonso Guerrero Pérez.....73*

### CAPÍTULO VI

PROPOSIÇÕES PARA UM CISALHAMENTO DIRETO DE CAMPO: ALTERNATIVA EM MAPEAMENTOS GEOTÉCNICOS.

*Vitor Santini Müller, Nilo Rodrigues Júnior, Murilo da Silva Espíndola, Regiane Mara Sbroglia, Rafael Augusto dos Reis Higashi e Juan Antonio Altamirano Flores.....89*

### CAPÍTULO VII

USO DE MODELO GEOLÓGICO DIGITAL COMO FERRAMENTA DE ORIENTAÇÃO DE DIMENSIONAMENTO DE FUNDAÇÃO

*Carlos Magno Sossai Andrade, Patrício José Moreira Pires e Rômulo Castello Henrique Ribeiro.....102*

#### CAPÍTULO VIII

ANÁLISE DA EVOLUÇÃO DA BOÇOROCA DO CÓRREGO DO GRITO EM RANCHARIA-SP DE 1962 A 2014

*Alyson Bueno Francisco.....118*

#### CAPÍTULO IX

CARACTERIZAÇÃO DA REDE DE DRENAGEM COMO SUBSÍDIO AO ESTUDO DA SUSCETIBILIDADE À INUNDAÇÃO NAS MICROBACIAS DO MÉDIO RIO GRANDE

*Eduardo Goulart Collares, Ana Carina Zanollo Biazotti Collares, Jéssica Avelar Silva e Amanda Francieli de Almeida.....126*

#### CAPÍTULO X

DIAGNÓSTICO AMBIENTAL SUPERFICIAL DO MUNICÍPIO DE PACOTI NO ESTADO DO CEARÁ. EROSIVIDADE, ERODIBILIDADE E UNIDADES DE RELEVO PARA GEOTECNIA

*Francisco Kleison Santiago Mota, Jean Marcell Pontes de Oliveira, Naedja Vasconcelos Pontes, César Ulisses Vieira Veríssimo e Sônia Maria Silva de Vasconcelos.....138*

#### CAPÍTULO XI

MAPEAMENTO DE AMEAÇAS E DESASTRES NATURAIS NA ÁREA URBANA DE SANTARÉM - PA

*Fábio Ferreira Dourado e Milena Marília Nogueira de Andrade.....160*

#### CAPÍTULO XII

MELHORAMENTO FLUVIAL DO RIO URUSSANGA PERTENCENTE À BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO URUSSANGA, SUL DE SANTA CATARINA

*Sérgio Luciano Galatto, Gustavo Simão, Jader Lima Pereira, Nadja Zim Alexandre e Vilson Paganini Belletini.....174*

#### CAPÍTULO XIII

METODOLOGIA DE AMOSTRAGEM E CARACTERIZAÇÃO DO SEDIMENTO DO RIO URUSSANGA-SC PARA FINS DE DEPOSIÇÃO

*Nadja Zim Alexandre, Carlyle Torres Bezerra de Menezes, Gustavo Simão, Jader Lima Pereira e Sérgio Luciano Galatto.....190*

#### CAPÍTULO XIV

POTENCIALIDADE DOS RECURSOS HÍDRICOS NA BACIA DO CÓRREGO GUARIROBA, MUNICÍPIO DE CAMPO GRANDE-MS

*Giancarlo Lastoria, Sandra Garcia Gabas, Guilherme Henrique Cavazzana, Juliana Casadei e Tamiris Azoia de Souza.....204*

## CAPÍTULO XV

ASPECTOS PRINCIPAIS SOBRE O USO DE TECNOLOGIAS ALTERNATIVAS PARA AUXILIAR NO TRATAMENTO DE EFLUENTES DE RESTAURANTE UNIVERSITÁRIO

*Bruna Ricci Bicudo, Lígia Belieiro Malvezzi e Edilaine Regina Pereira.....214*

## CAPÍTULO XVI

AVALIAÇÃO DOS PROBLEMAS OPERACIONAIS PRESENTES EM ALGUMAS ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ESGOTO NO CEARÁ

*Thiago de Norões Albuquerque, Tícia Cavalcante de Souza e Wladya Maria Mendes de Oliveira.....225*

## CAPÍTULO XVII

COMPARATIVO DE BIORREMEDIAÇÃO DE SOLOS CONTAMINADOS POR GASOLINA

*Diego Moreira da Silva, Marcela Penha Pereira Guimarães, Raphael Moreira Alves e Francisco Roberto Silva de Abreu.....239*

## CAPÍTULO XVIII

DETERMINAÇÃO DA VULNERABILIDADE NATURAL À CONTAMINAÇÃO DO AQUÍFERO E SUPERFÍCIE POTENCIOMÉTRICA EM TAQUARUÇU DO SUL - RS

*Gabriel D'Avila Fernandes, José Luiz Silvério da Silva, Willian Fernando de Borba, Lueni Gonçalves Terra, Carlos Alberto Löbler e Edivane Patrícia Ganzer.....251*

## CAPÍTULO XIX

MAPEAMENTO GEOAMBIENTAL COMO SUBSÍDIO À SELEÇÃO DE ÁREAS PARA IMPLANTAÇÃO DE CENTRAIS DE TRATAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS: APLICAÇÃO AO MUNICÍPIO DE SANTA CRUZ DA CONCEIÇÃO - SP

*Hermes Dias Brito, Fábio Augusto Gomes Vieira Reis, Claudia Vanessa dos Santos Corrêa e Lucilia do Carmo Giordano.....263*

***Sobre o organizador.....286***

***Sobre os autores.....287***



## **CAPÍTULO XIX**

**MAPEAMENTO GEOAMBIENTAL COMO SUBSÍDIO À  
SELEÇÃO DE ÁREAS PARA IMPLANTAÇÃO DE CENTRAIS  
DE TRATAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS:  
APLICAÇÃO AO MUNICÍPIO DE SANTA CRUZ DA  
CONCEIÇÃO - SP**

---

**Hermes Dias Brito  
Fábio Augusto Gomes Vieira Reis  
Claudia Vanessa dos Santos Corrêa  
Lucilia do Carmo Giordano**

**MAPEAMENTO GEOAMBIENTAL COMO SUBSÍDIO À SELEÇÃO DE ÁREAS PARA  
IMPLANTAÇÃO DE CENTRAIS DE TRATAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS:  
APLICAÇÃO AO MUNICÍPIO DE SANTA CRUZ DA CONCEIÇÃO - SP**

**Hermes Dias Brito**

Fundação para Desenvolvimento da Unesp – Fundunesp  
Rio Claro – SP

**Fábio Augusto Gomes Vieira Reis**

Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Departamento de Geologia Aplicada – DGA/ICGE/Unesp  
Rio Claro – São Paulo

**Claudia Vanessa dos Santos Corrêa**

Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Programa de Pós-Graduação em Geociências e Meio Ambiente, ICGE/Unesp  
Rio Claro, SP

**Lucilia do Carmo Giordano**

Fundação para Desenvolvimento da Unesp – Fundunesp  
Rio Claro – SP

**RESUMO:** Este trabalho tem como objetivo apresentar e discutir o desenvolvimento de um mapeamento geoambiental voltado à seleção adequada de áreas para a implantação de Central de Tratamento de Resíduos Sólidos (CTRS), tendo como foco de aplicação o município paulista de Santa Cruz da Conceição, que apresenta expressiva inconformidade ambiental em relação à gestão dos resíduos sólidos. A integração de informações obtidas com o levantamento bibliográfico efetuado, a geração de banco de dados (incluindo fatores físicos, biológicos e socioeconômicos) e a análise multicriterial em ambiente SIG conduziram à elaboração do respectivo mapeamento. Este teve como base fundamental estudo prévio de compartimentação fisiográfica da região do local, considerando-se principalmente a permeabilidade, resistência a erosão e estabilidade a movimentos gravitacionais, que foram integrados com dados de fragmentos de vegetação, declividade, áreas de gerenciamento de risco aviário de aeródromos regionais, informações do Plano Diretor e normas técnicas e legais. Entre os resultados obtidos, destaca-se a definição de áreas propícias à implantação de CTRS, incluindo incineradores, e de aterros sanitários em valas e em camadas. Este estudo oferece elementos para discussões e tomadas de decisão relacionadas ao processo de implantação de Central de Tratamento de Resíduos, sendo aplicável a outros municípios brasileiros.

**PALAVRAS-CHAVE:** Geologia de Engenharia, Ordenamento Territorial Sustentável, Análise Multicriterial, Estudo de Alternativas Locacionais.

## 1. INTRODUÇÃO

O Brasil colecionou, ao longo da história, experiências insatisfatórias relacionadas à gestão de resíduos sólidos e, ainda hoje, está distante das condições ideais. Levando-se em consideração apenas os Resíduos Sólidos Urbanos (RSU), no ano de 2015, 220 mil toneladas diariamente foram geradas, e aproximadamente 41,3% desses resíduos foram destinados em lixões e aterros controlados (Abrelpe, 2016). No Estado de São Paulo, 54% dos municípios apresentaram qualidade ineficiente de gestão de resíduos e apenas 2% (9 municípios) apresentam boas práticas de gestão (Perez, 2013).

Diante deste cenário, foi promulgada em 2010 a Lei Federal nº 12.305 (Política Nacional de Resíduos Sólidos), que estabelece diretrizes para o gerenciamento dos resíduos sólidos no país e a importância da hierarquização das ações de manejo (Brasil, 2010).

Para cumprir as diretrizes do gerenciamento integrados dos resíduos previstas na legislação surgiram as Centrais de Tratamento de Resíduos Sólidos (CTRS), definidas como complexos industriais formados por um conjunto de instalações com diferentes funções, capazes de transformar resíduos sólidos em produtos comercializáveis após tratamento específico. Este sistema, integrado com diferentes unidades, favorece a economia de energia e reduz gastos com transporte, realizando o aterramento dos resíduos de forma ambientalmente adequada em uma unidade de aterro sanitário.

As técnicas mais usadas nos últimos anos para a recuperação, tratamento e disposição final de resíduos sólidos urbanos foram os incineradores, plantas de gaseificação, usinas de reciclagem, biodigestores anaeróbicos, sistemas de tratamento mecânico biológico e aterros sanitários, que podem fazer parte de uma CTRS (Wilson, 2015).

Em vista da demanda por estas instalações, para que os municípios brasileiros se adequem às exigências legais, é necessário que os empreendedores executem estudos e projetos prévios, visando escolher, sob a perspectiva ambiental, os melhores locais para implantação e operação.

Em função de cada município apresentar em seu espaço geográfico características distintas e heterogêneas em relação aos meios físico, biótico e socioeconômico, é necessária a realização de estudos ambientais para a classificação territorial segundo suas aptidões, norteando a iniciativa pública e privada na escolha das melhores áreas para determinada atividade.

Desta maneira, o estudo de alternativas locais diminui os possíveis danos ambientais e amplia o alcance dos benefícios, potencializando a maior harmonia entre o ambiente e os diversos empreendimentos. Neste contexto, o mapeamento geoambiental é uma ferramenta de avaliação e planejamento fundamental, que objetiva a compartimentação do território com base nas características do meio físico, suas inter-relações com os meios biótico e antrópico, demonstrando as potencialidades ou restrições de uso (Fiori, 2004).

Assim, este trabalho tem como objetivo desenvolver mapeamento

geoambiental, na escala 1:50.000, para avaliar a potencialidade de aptidão de áreas passíveis em receber uma Central de Tratamento de Resíduos Sólidos Urbanos no município de Santa Cruz da Conceição (SP), incluindo unidades de aterro sanitário, incinerador, central de reciclagem, planta de gaseificação, sistema de tratamento mecânico biológico e biodigestor anaeróbico.

## **2. O MUNICÍPIO DE SANTA CRUZ DA CONCEIÇÃO**

O município de Santa Cruz da Conceição, localizado no Estado de São Paulo, está inserido na mesorregião de Piracicaba e faz limite com os municípios de Pirassununga, Leme, Corumbataí e Analândia (Figura 1). Possui uma área de 150 km<sup>2</sup>, altitude de 635 metros e ocupa a área central da bacia hidrográfica do Ribeirão do Roque, afluente do Rio Mogi-Guaçu (IBGE, 2010).

De acordo com dados do Cepagri (2015), o clima do município é enquadrado no tipo “Cwa”, clima temperado úmido com inverno seco e verão quente (Köppen, 1948), apresentando duas estações bem definidas: período chuvoso e quente, que ocorre entre outubro e março, e período seco com médias de temperaturas mais baixas, de abril a setembro.

Predominam os ventos alísios, com velocidade média de 5,4 km/h, podendo atingir até 7 km/h nos meses de máxima (Gomes, 2003). Dados eólicos de novembro de 2008 a abril de 2016 mostram que 35% dos ventos no local sopram da direção noroeste -315° (Brito, 2016).

As principais rodovias de acesso à região são a Anhanguera (SP-330) e a SP-225, que faz conexão com a Washington Luiz (SP-310). O município é tangenciado por linha férrea no seu extremo leste. Com relação ao transporte aéreo, existem dois aeródromos no município de Pirassununga, adjacente a Santa Cruz da Conceição.

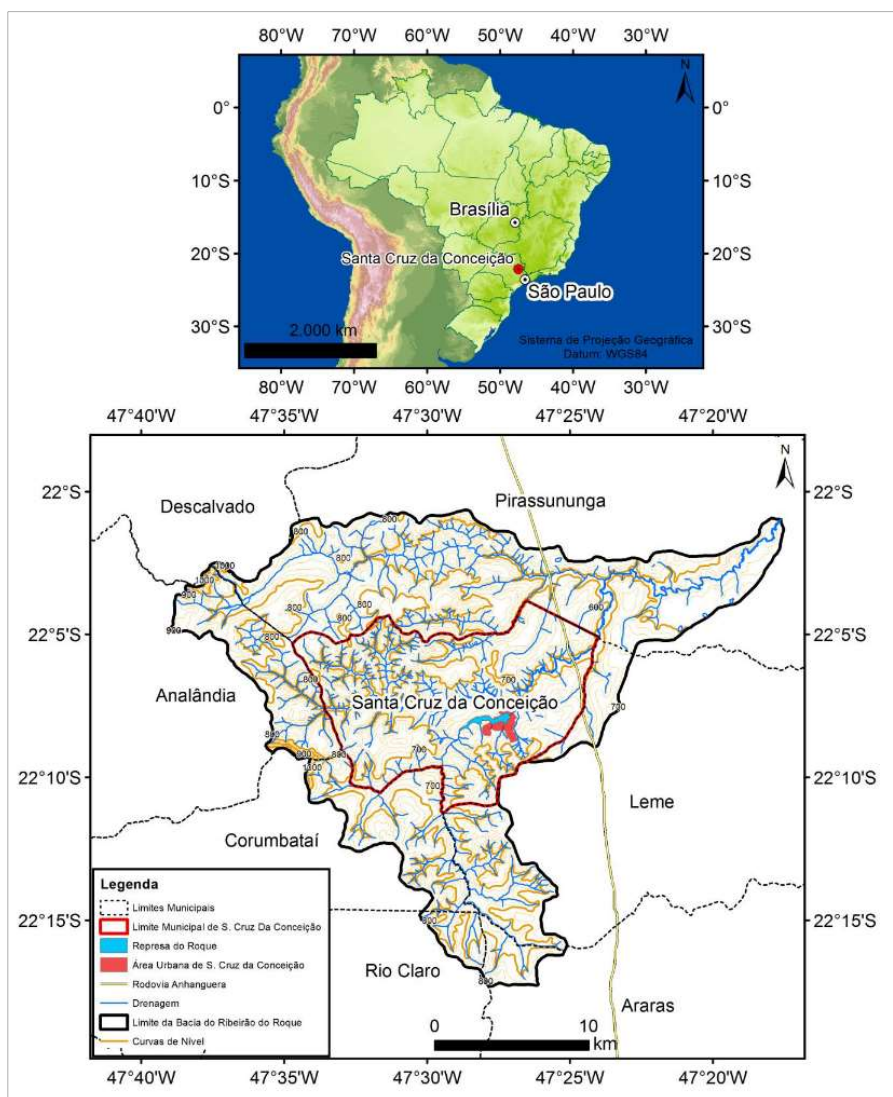


Figura 1 – Localização do município de Santa Cruz da Conceição (SP)

O Plano Diretor de Santa Cruz da Conceição norteia o processo de ordenamento territorial pela delimitação de (Santa Cruz da Conceição, 2007):

- macrozona urbana: parte do território municipal onde a urbanização está consolidada e oferece infraestrutura urbana e disponibilidade de serviços públicos, sendo ampliada ao longo do tempo pelas áreas destinadas à expansão urbana.
- zonas especiais de interesse ambiental: apresentam restrições de uso com o objetivo de preservar a paisagem e o meio ambiente, permitindo a ocupação qualificada e a oferta de espaços públicos adequados ao lazer da população.
  - zona especial de interesse turístico: é obrigatório a preservação de 30% dos espaços permeáveis, permitindo apenas uma taxa de ocupação de 50% do solo.
  - zona especial de paisagem edificada: espaço destinado a possíveis edificações verticais, região que recebe estímulos para intensificação atividades de

comércio, serviços, lazer e usos institucionais.

- zona de interesse industrial: composta e delimitada pelas áreas lindeiras das rodovias SP-193, SP-198 e SP-330, com distanciamento de 300 metros de cada lado dos pavimentos, formando corredores de interesse.

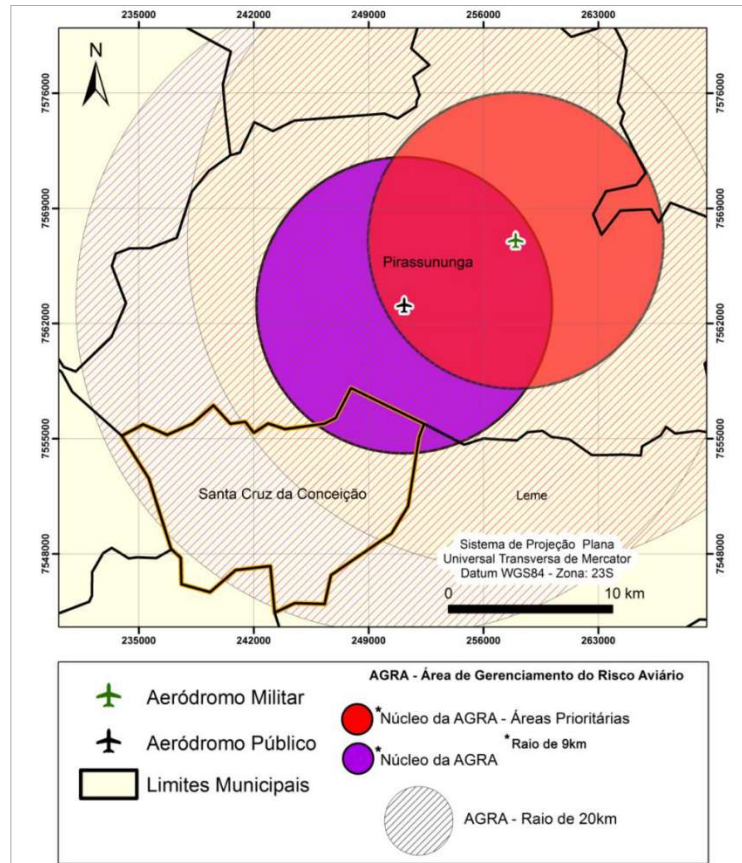


Figura 2 – Aeródromos próximos à Santa Cruz da Conceição e suas respectivas áreas de gerenciamento de risco aviário (AGRA). Fonte: Brasil (2011), e Perez (2013).

Desde sua ocupação, a paisagem no município de Santa Cruz da Conceição sofreu grandes alterações com o uso da terra, especialmente em relação à cobertura original. Os fragmentos florestais que ainda restam no local são caracterizados como vestígios do antigo ecótono entre Floresta Estacional Semidecidual (Mata Atlântica) e Cerrado, que ocupava a região no passado (Araújo, 2008). Atualmente, os principais tipos de uso da terra encontrados no local são pastagens, cultura semi-perene, principalmente cana-de-açúcar, e fragmentos da vegetação original (Figura 3).

No ano de 2015 existiam aproximadamente 33 km<sup>2</sup> de remanescentes florestais no município, que recobria 22% do seu território (Brito, 2016). Estes fragmentos distribuem-se, principalmente, ao longo dos canais de drenagem e, em alguns casos, são representados por áreas protegidas como Reserva Legal em propriedades rurais. Estas são as principais características relacionados ao meio biótico, onde a maior concentração de recursos biológicos está associada aos remanescentes de vegetação.

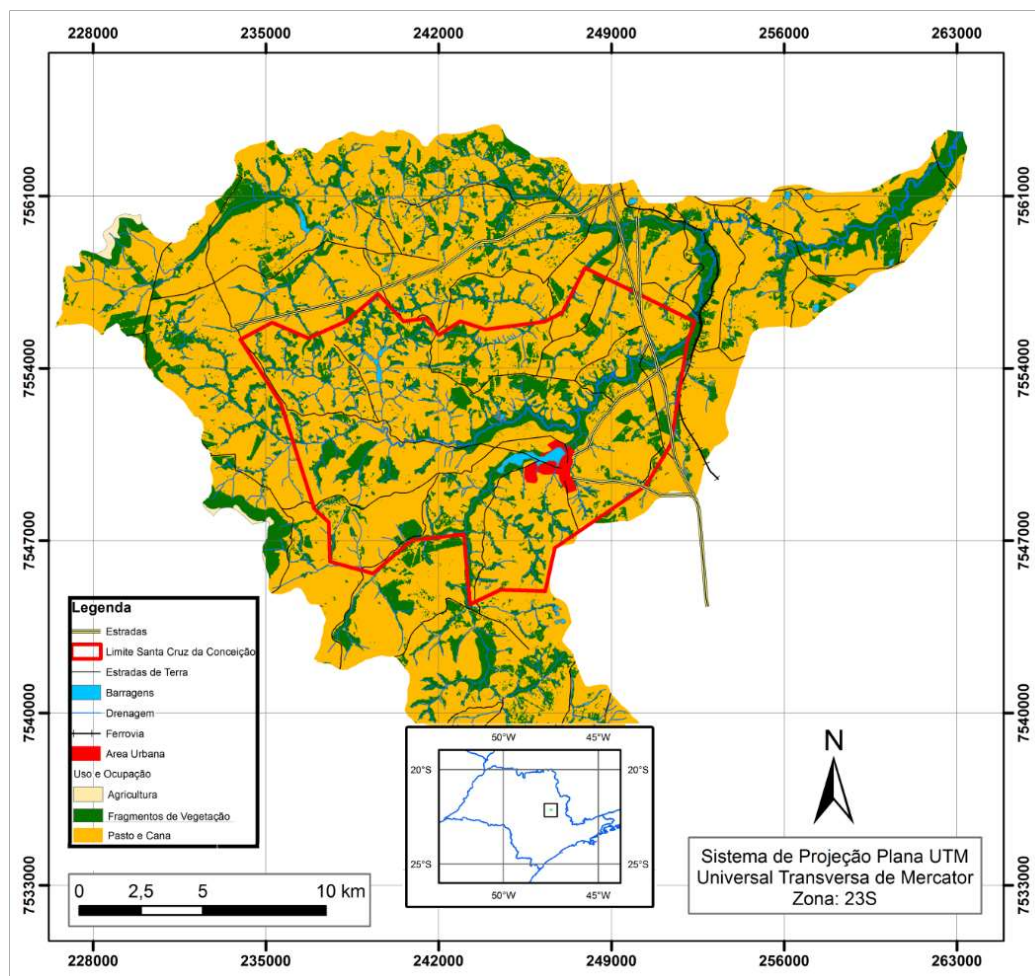


Figura 3 - Mapa de uso e ocupação da Bacia do Ribeirão do Roque. Fonte: Reis & Cerri (2014).

As Áreas de Preservação Permanente (APPs), destinadas à proteção dos recursos hídricos superficiais, totalizam 17 km<sup>2</sup> da área do município, o que compreende 11,5% do seu território (Figura 4).

Em relação ao meio físico, Reis e Cerri (2014) realizaram o mapeamento geológico-geotécnico da bacia do Ribeirão do Roque, as unidades litológicas encontradas no local são: Formação Tatuí, Formação Irati, Formação Corumbataí, Formação Piramboia, Formação Botucatu intrusões de diabásio correlatas à Formação Serra Geral, coberturas cenozoicas IG, 1980; 1984).

Na classificação geomorfológica de Ross e Moroz (1997), Santa Cruz da Conceição está inserida na Depressão Periférica Paulista, especificamente na Depressão do Mogí Guaçu, cujos modelados dominantes são as colinas com topos amplos. Em relação as formas de relevo, a maior parte do território é composta por zonas de meia-encosta. Na porção leste e sul ocorrem relevos colinosos, encostas suaves, morrotes alinhados; em poucas áreas na porção sudoeste do município são encontradas encostas íngremes. Nas demais áreas ocorrem planícies aluviais. O município é dominado por regiões com declividades que variam de 0° a 5° e regiões com declividades variando de 5° a 17°. A altitude no local varia entre 500 a 800

metros.

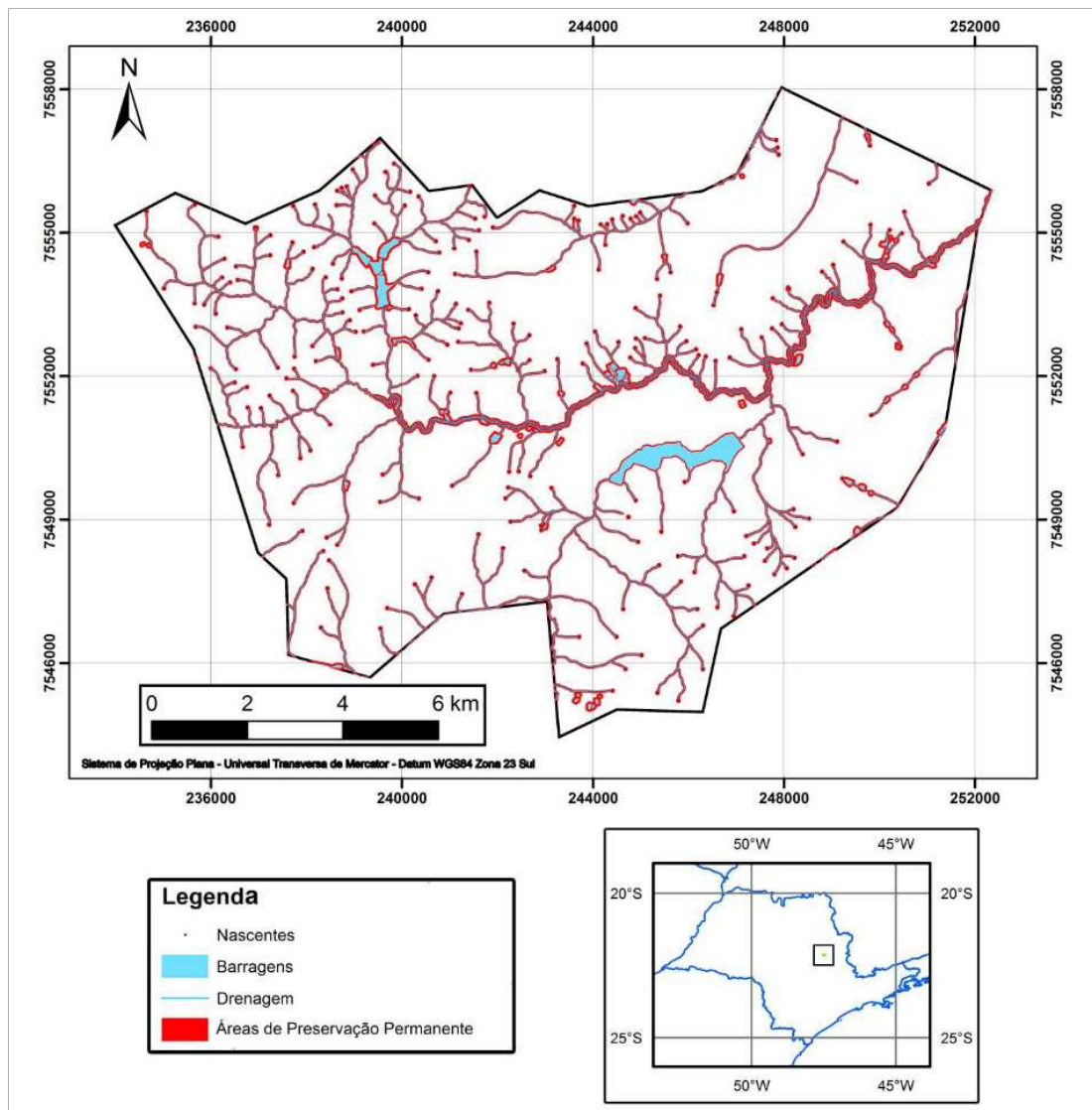


Figura 4 – Áreas de Preservação Permanente voltadas à proteção dos recursos hídricos. Fonte: Brito (2016).

A Figura 5 apresenta mapa das unidades de compartimentação fisiográfica, elaborado por Reis & Cerri (2014), conforme proposta metodológica de Zaine (2011), da bacia hidrográfica do Ribeirão do Roque, na qual insere-se o município de Santa Cruz da Conceição.

No município são identificadas sete unidades fisiográficas (unidades I, III, VI, VII, VIII, IX e X). Os Quadro 1A e 1B apresentam as principais características geológico-geotécnicas, fragilidades e potencialidades dessas unidades.



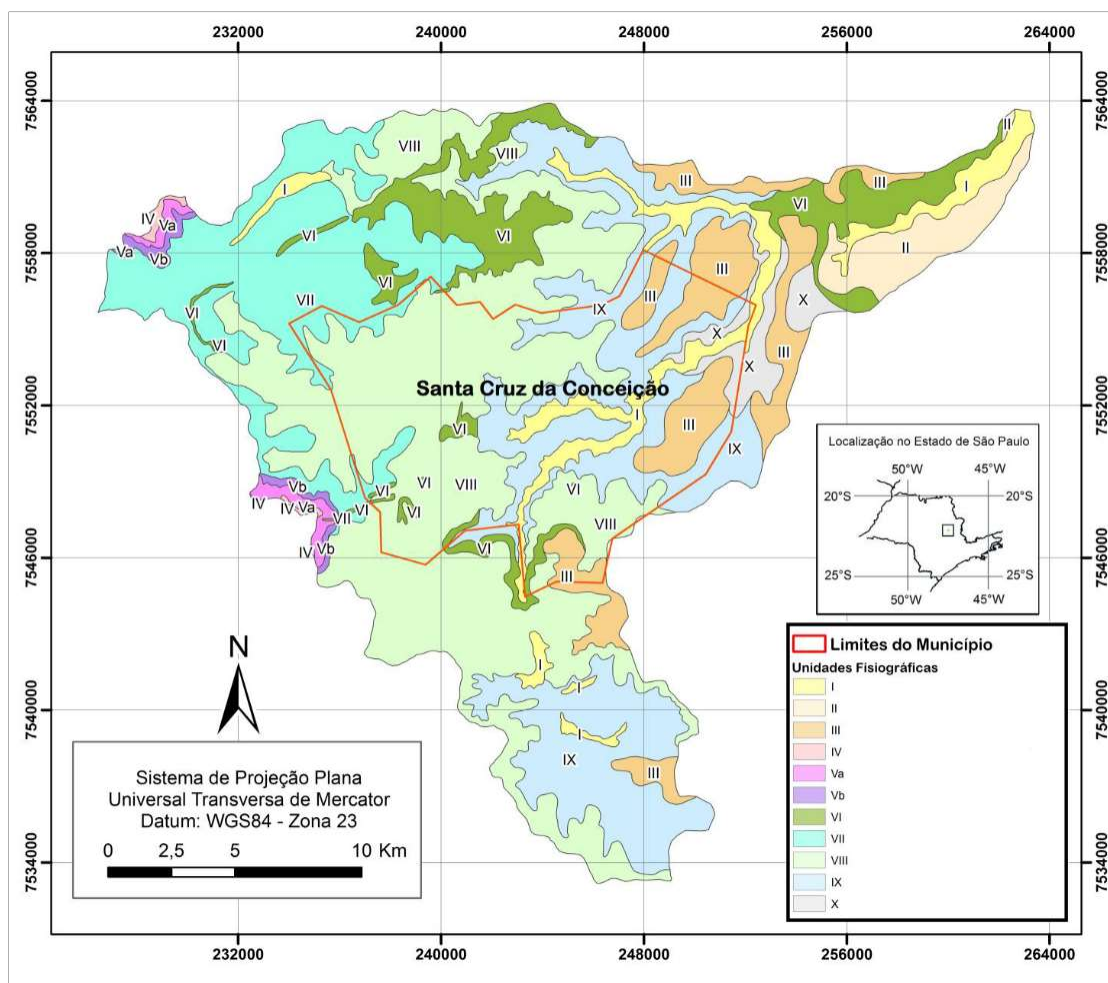


Figura 5 – Unidades fisiográficas em Santa Cruz da Conceição. Fonte: Reis & Cerri (2014).

A hidrogeologia regional se caracteriza pela contemplação dos Aquíferos Guarani, do Diabásio, da Serra Geral, do Tubarão e do Aquiclude Passa Dois, conforme apresenta a Figura 5 (IG, 1980; 1984). O Sistema Aquífero Guarani (SAG) é um reservatório de água subterrânea composto por arenitos mesozoicos bastante homogêneos das formações Piramboia e Botucatu, cobertos por espessas camadas basálticas que os confinam. Este reservatório possui boa permeabilidade e uma elevada capacidade de armazenamento e fornecimento de água (OAS, 2005; Iritani & Ezaki, 2012).

O Aquiclude Passa Dois é uma unidade hidrogeológica sedimentar que separa os Aquíferos Tubarão e Guarani, composto por folhelhos, siltitos, argilitos, calcários e dolomitos que ocorrem, por vezes como camadas ritmicamente intercaladas com diferentes espessuras. Apresenta grande porosidade e baixa permeabilidade, caracterizando-o como um meio relativamente impermeável (Karmann, 2000).

O Aquífero Tubarão é um aquífero sedimentar com ocorrência de siltitos, argilitos, folhelhos, arenitos muito finos, arenitos conglomeráticos e ritmitos. O aquífero em geral apresenta baixa produtividade de água para consumo (Iritani & Ezaki, 2012).

Unidade fisiográfica	Subsuperfície	Materiais e relevo	Fotoanálise				
			Formas de relevo				
			Amplitude local	Declividade	Valc/ Topo	Encostas	Feições particulares
I	Planície aluvial	Areias, cascalhos e argilas em planícies fluviais	Baixa	Baixa	Aberto/ Plano	Planas	Meandros
III	Coberturas cenozóicas	Colúvios em relevo colinoso	Baixa	Baixa	Aberto/ Plano	Convexas	----
VI	Diabásio - diques/ soleiras da Fm. Serra Geral	Diabásio em relevo de morrotes	Alta	Alta	Aberto/ Angulosos a arredondados	Côncavas e retilíneas	Cristas orientadas
VII	Arenitos da Formação Botucatu	Arenitos em relevo de encostas suaves	Baixa	Baixa	Abertos/ arredondados	Convexas	Ravinas/ voçorocas
VIII	Arenitos da Formação Piramboia	Arenitos em relevo de meia encosta	Média	Baixa a média	Fechados/ arredondados	Côncavas e retilíneas	Ravinas
IX	Siltitos e argilitos da Fm. Corumbataí	Siltitos e argilitos em relevo de meia encosta	Baixa	Baixa a média	Abertos/ arredondados	Convexas e côncavas	----
X	Folhelhos, cascalhos e sílex da Fm. Irati e siltitos e arenitos da Fm. Tatuí	Folhelhos, cascalhos e sílex da Fm. Irati e siltitos e arenitos da Fm. Tatuí em relevo de meia encosta	Baixa	Baixa a média	Abertos/ arredondados	Convexas e côncavas	----

Fotointerpretação (propriedades e atributos geotécnicos interpretados)						Observações de campo	
Unidade fisiográfica	Permeabilidade	Espessura do Manto de Alteração	Resistência à erosão natural (dureza)	Potencialidade a movimentos gravitacionais	Afloramentos e blocos rochosos	Processos geológicos	Vegetação e uso do solo
I	Alta	Média	Baixa	Baixa	Ausentes	Erosão fluvial e assoreamento	Mata ciliar
III	Alta	Alta a média	Baixa	Baixa	Ausentes	Erosão	Pasto e cana
VI	Média	Baixa a alta	Alta	Alta a média	Presentes	Rastejo, escorregamento e queda de blocos	Pasto
VII	Alta	Alta	Baixa	Baixa	Ausentes (raros)	Erosão	Pasto e cana
VIII	Alta a média	Média a baixa	Média a baixa	Baixa	Ausentes	Erosão	Pasto e cana
IX	Baixa	Baixa	Média	Baixa	Ausentes	Empastilhamento	Pasto e cana
X	Baixa	Baixa a média	Média	Baixa	Ausentes	Empastilhamento	Pasto e cana

Quadros 1a e 1b - Caracterização geológica-geotécnica das unidades fisiográficas de Santa Cruz da

Conceição. Fonte: Reis & Cerri (2014).

De acordo com os mesmos autores, o Aquífero Diabásio é um aquífero fraturado, com extensão restrita e constituído de diabásios gerados a partir do resfriamento e solidificação do magma em subsuperfície. A circulação e o armazenamento da água subterrânea nesta unidade hidrogeológica está condicionada à ocorrência de fraturas geradas por esforços tectônicos decorrentes da movimentação da crosta terrestre.

O Aquífero Serra Geral é caracterizado como um aquífero fraturado constituído por uma sequência de derrames de lava vulcânica, que originaram as rochas basálticas (Iritani & Ezaki, 2012).

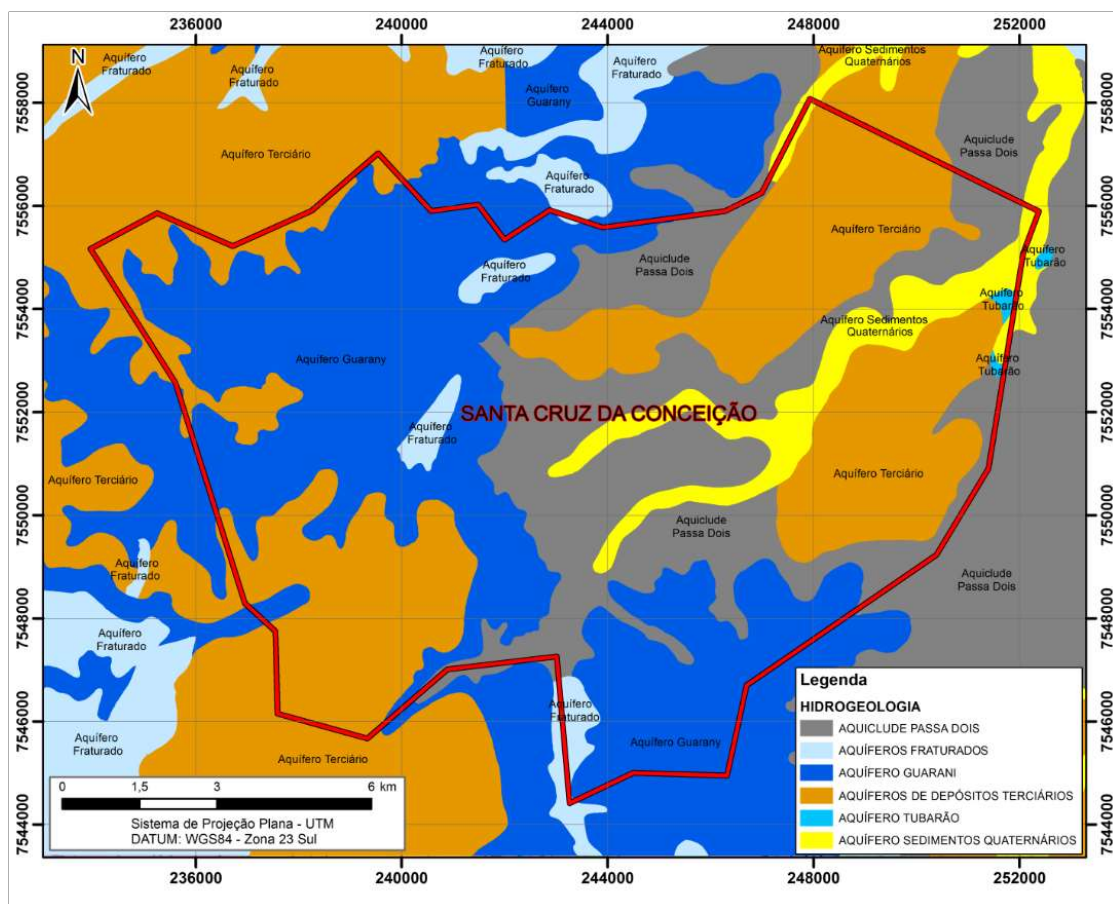


Figura 5 - Mapa das Áreas de Recarga de Aquíferos local. Fonte: IG (1980; 1984).

### 3. METODOLOGIA

A metodologia empregada para a seleção de áreas aptas à implantação de CTRS no município de Santa Cruz da Conceição pode ser resumidamente descrita nas etapas apresentadas no fluxograma da Figura 6.

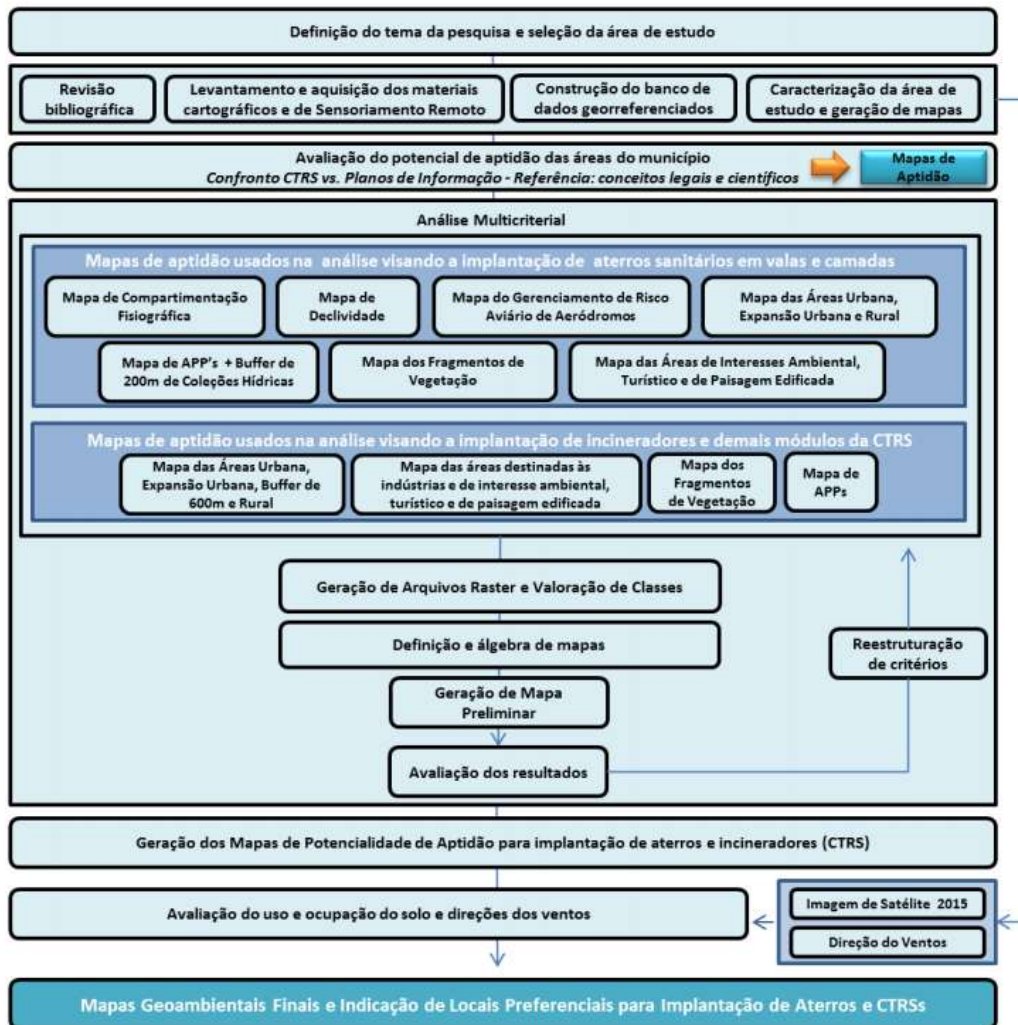


Figura 6 – Fluxograma das etapas de trabalho.

Para tal, foram obtidos os seguintes materiais cartográficos e produtos de sensoriamento remoto, georreferenciados no *datum* WGS84 com sistema de projeção plana UTM (Zona 23 Sul):

- Mapa de compartimentação fisiográfica: incluindo informações geológicas, de formas de relevo, materiais e solos, permeabilidade, resistência à erosão e de processos de dinâmica superficial (Reis & Cerri, 2014);
- Mapa de declividade, gerado a partir das cartas topográficas das Folhas Leme e Corumbataí, em escala 1:50.000 (IBGE, 1971a; 1971b);
- Mapa hidrográfico, representado pelas curvas de nível e hidrografia das cartas topográficas do IBGE em escala 1:50.000 (IBGE, 1971a; 1971b);
- Mapa com áreas de recarga de aquíferos, gerado a partir das informações das cartas geológicas das Folhas Leme e Corumbataí em escala 1:50.000 (IG, 1980; 1984);
- Mapa de Áreas de Preservação Permanente (APP's) dos corpos hídricos, gerados a partir da base hidrográfica do IBGE (IBGE, 1971a; 1971b) e no enquadramento da norma brasileira (Brasil, 2012);

- Mapa de remanescentes florestais de 2015, obtido pela fotointerpretação em imagens de satélite do Google Earth do ano de 2015;
- Mapas da área urbana atual e de expansão urbana elaborados através do Google Earth (2015) e Santa Cruz da Conceição (2007) e mapa com os aglomerados humanos regionais;
- Mapas com zonas de interesse municipal no escopo do Plano Diretor, incluindo áreas destinadas à expansão urbana e à implantação de indústrias, áreas de interesse ambiental e turístico, e macro zonas rural e urbana (Santa Cruz da Conceição, 2007);
- Verificação da presença de unidades de conservação na região junto ao Cadastro Nacional de Unidades de Conservação;
- Mapa com a infraestrutura de transporte terrestre;
- Mapa com as áreas de proteção de risco aviário de aeródromos próximos (Brasil, 2011; Perez, 2013);
- Mapa regional com informações de densidade demográfica nos raios de 100, 200 e 300 km a partir do município de Santa Cruz da Conceição (IBGE, 2010).

Posteriormente, os níveis de potencialidade de aptidão das áreas para possível implantação de central de tratamento de resíduos sólido urbano, foram descritos e avaliados variando de baixo a alto. Assim, foram considerados os potenciais de impactos, vulnerabilidade e exigências de cada unidade avaliada (aterros sanitários em valas, aterros sanitários em camadas e incineradores) frente à cada variável (Quadro 2). Para a compartimentação fisiográfica, foram selecionados como parâmetros de referência as variáveis permeabilidade, resistência à erosão e susceptibilidade aos processos gravitacionais, obtidos pela compartimentação fisiográfica elaborada por Reis & Cerri (2014).

Em sequência, em ambiente SIG, no *software* Arcgis 10.1, foram realizadas as interpolações multicriteriais dos dados, baseadas nos levantamentos dos produtos cartográficos e de sensoriamento remoto. Assim, para a análise destinada à implantação de aterros em valas e em camadas, foram integrados os mapas de compartimentação fisiográfica, de declividade, de áreas preservação permanente e de proteção extra de recursos hídricos indicados pela NBR 15849 da ABNT (2010), de fragmentos de vegetação, mapa de gerenciamento de risco aviário de aeródromos, mapa das áreas urbanas, de expansão urbana e rural e de interesses municipais presentes no Plano Diretor, incluindo as áreas destinadas às instalações industriais. Cabe ressaltar que devido ao fato de aterros em valas e camadas apresentarem diferentes demandas quanto ao critério declividade, os valores das classes foram subdivididos em intervalos de 0 a 5° (ideais para aterros em valas) e de 5 a 17° (ideais para aterros em camadas) (Levine, 1996; Zuquette et al., 1994).

Variável	Descrição dos critérios limitantes
Declividade	Ocorrência de processos dinâmicos (erosão e movimentos gravitacionais de massa (Brollo, 2001) Considera-se ideais para aterros em valas declividades entre 0 a 5° e para aterros em camadas 5 a 17° (Levine, 1996; Zuquette et al., 1994)
Áreas de Preservação Permanente	Regiões que devem ter prioridade de conservação para que os corpos d'água e os recursos bióticos sejam resguardados (Brasil, 2012)
	Distância mínima de 200 metros de qualquer corpo hídrico ou curso d'água para aterros sanitários (ABNT, 2010) e de 150 metros para incineradores (Ferretti & Pomarico, 2012)
Fragmentos de vegetação	Regiões com prioridade de conservação e exclusas para implantação de CTRS (ABNT, 2010; Brasil, 2012; Ferretti e Pomarico (2012)
Áreas de gerenciamento de risco aviário (AGRA)	Locais onde devem ser evitadas a proliferação de aves, sendo necessária cautela na operação de empreendimentos que possam atrair esses animais (Brasil, 2011)
Áreas urbanas e rurais e de expansão urbana	Aterros sanitários e incineradores devem estar localizados distante de núcleos populacionais (mínimo de 500 metros para aterros e 600 metros para incineradores) pois podem trazer desconforto à população, tanto na fase de implantação quanto a de operação (Ferretti e Pomarico (2012); ABNT, 2010; Cunha & Consoni, 1995; IPT, 1995; Brollo, 2001; IG, 1999; Proske et al.; 2005; Ersoy & Bulut, 2008).
Áreas de interesse ambiental, turístico e de paisagem edificada (Santa Cruz da Conceição, 2007)	Áreas de interesse ambiental: restrições de uso com o objetivo de preservar a paisagem e o meio ambiente, permitindo a ocupação qualificada e a oferta de espaços públicos adequados ao lazer da população
	Áreas de interesse turístico: obrigatoriedade de preservação de 30% dos espaços permeáveis, permitindo apenas uma taxa de ocupação de 50% do solo
	Área de paisagem edificada: espaço destinado a possíveis edificações verticais, região que recebe estímulos para que se intensifiquem atividades de comércio, serviços, lazer e usos institucionais
Áreas destinadas ao uso industrial	Locais que devem ser evitados para instalação de aterros sanitários por possuírem grande valor imobiliário (Santa Cruz da Conceição, 2007)
	Incineradores podem ser implantados nos parques industriais do município, desde que as normas específicas para emissão de poluentes sejam atendidas (Brasil, 2002)
Direção dos ventos	Avaliação da direção dos ventos devido à dispersão de poluentes por parte dos incineradores (Path, 2005; Brasil, 2002)
Permeabilidade	Vulnerabilidade à contaminação de águas subterrâneas, parâmetro considerado crítico por diversos trabalhos em relação à implantação de aterros sanitários (Cunha & Consoni, 1995; Giusti, 2009; Gouveia & Prado, 2010; Zuquette et al., 1997; ABNT, 2010; IPT, 1995)
Resistência à erosão	Ocorrência de processos erosivos pode resultar no afloramento do lençol freático e, conseqüentemente, em sua contaminação (IG, 1999; Brollo, 2001; Lino, 2007)
Movimentos gravitacionais de massa	Os movimentos gravitacionais podem ocasionar instabilidade estrutural e afetar a segurança do aterro sanitário e do incinerador (Brollo, 2001; IG, 1999; Lino, 2007; Ersoy & Bulut, 2008; ABNT, 2010; Zuquette et al., 1997; Cunha & Consoni, 1995; Ferretti & Pomarico, 2012)

Quadro 2 – Variáveis e critérios limitantes para implantação de CTRS.

Os planos de informação citados foram transformados para arquivos em formato *Raster* com células de 5 x 5 metros pela ferramenta *Feature to Raster*. Em sequência, foi feita a valoração das células unitárias com a ferramenta *Reclassify*. Assim, cada célula *Raster* das classes dos diferentes planos de informação receberam um valor de acordo com o nível de potencialidade de aptidão diante à implantação do empreendimento (Quadros 3A e 3B).

Posteriormente, foi realizada uma álgebra de mapas pela soma (para aterros), e uma média ponderada entre os planos com classes valoradas em 5 e 10, seguida da soma dos demais planos, para os incineradores na ferramenta *Raster calculator* do *ArcMap*. A partir da indicação de áreas potenciais para a implantação de aterros e incineradores obtida na etapa anterior, foi realizada uma análise visual em imagem de satélite (*Google Earth*) referente ao ano de 2015, com a finalidade de avaliar o uso e ocupação dos solos preponderantes nas áreas de maior potencialidade de aptidão para implantação das referidos unidades. Ademais, para a escolha das áreas preferenciais para implantação de aterros, optou-se por áreas com distanciamento de mais de 500 metros de núcleos populacionais, como indicado pela norma NBR 15849 (ABNT, 2010).

Aterro Sanitário x Compartimentação Fisiográfica				
Classes	Aspecto: contaminação de águas subterrâneas (Potencialidade de Aptidão)	Aspecto: risco de erosão (Potencialidade de Aptidão)	Aspecto: movimentos gravitacionais (Potencialidade de Aptidão)	Resultado Geral (Valor numérico para Análise Multicritério)
Unidade I	Baixa 3	Baixa 3	Alta 8	3
Unidade III	Baixa 3	Baixa 3	Alta 8	3
Unidade VI	Média 6	Alta 8	Baixa à Média 4	4
Unidade VII	Baixa 3	Baixa 3	Alta 8	3
Unidade VIII	Baixa a Média 4	Média a Alta 7	Alta 8	4
Unidade IX	Alta 8	Média 6	Alta 8	6
Unidade X	Alta 8	Média 6	Alta 8	6
Aterro Sanitário x Mapa de Declividade				
Classes	Aspecto: Aterro em Vala (Potencialidade de Aptidão)	Aspecto: Aterro em Camadas (Potencialidade de Aptidão)	(Valor numérico para Análise Multicritério)	
0 – 5°	Neutro	Inapta	Neutro = 0	
5° - 17°	Inapto	Neutro	Neutro = 0	
Maior que 17°	Inapto	Inapto	NoData	
Aterro Sanitário x Áreas de Preservação Permanente / NBR 15849 ABNT – Distância Mínima de 200m de Coleções Hídricas				
Classes	Potencialidade de Aptidão	(Valor numérico para Análise Multicritério)		
Presença de APP	Inapta	NoData		
Ausência de APP	Neutro	Neutro = 0		
Distância Mínima de 200m	Inapta	NoData		
Aterro Sanitário x Fragmentos de Vegetação				
Classes	Potencialidade de Aptidão	Fator de Redução (Análise Multicritério)		
Presença de Fragmentos	Inapta	NoData		
Ausência de Fragmentos	Neutro	Neutro = 0		
Aterro Sanitário x Área de Gerenciamento de Risco Aviário				
Classes	Potencialidade de Aptidão	Fator de redução		
Núcleo da Agra – Áreas Prioritárias (militares)	Baixa	-2		
Núcleo da Agra – Áreas Comuns	Baixa	-1		
Área externa ao Núcleo da AGRA	Neutro	Neutro = 0		
Aterro Sanitário x Área Urbana/Área de Expansão Urbana/Rural				
Classes	Potencialidade de Aptidão	(Valor numérico para Análise Multicritério)		
Área Urbana	Inapta	NoData		
Área Rural	Neutro	Neutro = 0		
Área de Expansão Urbana	Inapta	NoData		
Aterro Sanitário x Plano Diretor				
Classes	Potencialidade de Aptidão	(Valor numérico para Análise Multicritério)		
Áreas de Interesse Ambiental	Área inapta	NoData		
Áreas de Interesse Turístico	Área inapta	NoData		
Áreas de Paisagem Edificada	Área inapta	NoData		
Áreas de Interesse Industrial	Área Inapta	NoData		
Demais áreas	Neutro	Neutro = 0		
Incinerador x Áreas de Preservação Permanente				
Classes	Potencialidade de Aptidão	(Valor numérico para Análise Multicritério)		
Presença de APP	Inapta	NoData		
Ausência de APP	Neutro	Neutro=0		
Incinerador x Fragmentos de Vegetação				
Classes	Potencialidade de Aptidão	Fator de Redução		
Presença de Fragmentos	Inapta	NoData		
Ausência de Fragmentos	Neutro	Neutro = 0		
Incinerador x Área de Expansão Urbana/Atual/Entorno de 600 metros				
Classes	Potencialidade de Aptidão	Fator de Redução		
Área Urbana Atual	Inapta	NoData		
Área de Expansão Urbana	Inapta	NoData		
Entorno de 600 metros de largura	Média	Média = 5		
Demais Áreas	Alta	Alta = 10		
Incinerador x Plano Diretor				
Classes	Potencialidade de Aptidão	(Valor numérico para Análise Multicritério)		
Áreas de Interesse Ambiental	Inapta	NoData		
Áreas de Interesse Turístico	Inapta	NoData		
Áreas de Paisagem Edificada	Inapta	NoData		
Áreas destinadas a Indústrias	Alta	10		
Demais Áreas	Média	5		
Incinerador X Direção Principal dos Ventos e Uso e Ocupação do Solo				
Critério a ser avaliado após análise multicritério preliminar				

Quadro 3A e 3B – Valoração numérica para análise multicritério da potencialidade de aptidão das

classes das diferentes unidades possivelmente existentes na CTRS.

Assim, foram indicadas as áreas preferenciais para implantação de aterros, com níveis de aptidão médios, ocupadas por cana de açúcar. As áreas próximas foram avaliadas para as demais unidades da CTRS para facilitar as questões logísticas do empreendimento. Esta avaliação foi realizada pela análise do mapa de potencialidade de aptidão para incineradores, do uso e ocupação dos solos e das direções principais dos ventos.

Finalmente, foi elaborado o diagrama de rosetas com as frequências e direções dos ventos com o auxílio do software *RockWorks14*, para avaliar a possível dispersão de poluentes por incineradores visando minimizar o eventual carreamento de poluentes atmosféricos frontais aos núcleos populacionais da região, levando-se em conta o histórico eólico do período 2008 – 2016 e a posição dos núcleos populacionais próximos, inseridos no raio de 25 km a partir do centro de Santa Cruz da Conceição.

#### **4. RESULTADOS E DISCUSSÕES**

A Figura 7 exhibe a sugestão para os locais preferenciais para implantação de aterros em vala e camada e dos locais para a implantação da Central de Tratamento de Resíduos Sólidos, incluindo o incinerador para Santa Cruz da Conceição. O mapa mostra detalhes de uso e ocupação na imagem de satélite referente ao ano de 2017. São sugeridas duas áreas para implantação de aterros em camadas (a nordeste) e uma área para aterros em valas, além de exibir os locais preferenciais para a implantação das demais possíveis unidades da CTRS. As áreas sugeridas para a implantação da CTRS estavam ocupadas em 2015 por plantações de cana-de-açúcar e silvicultura.

Os resultados obtidos demonstram que a metodologia adotada favoreceu e auxiliou a escolha das melhores áreas para a implantação da CTRS. Em relação aos aterros sanitários, a metodologia adotada permitiu a escolha de áreas com as seguintes características: baixa permeabilidade, alta estabilidade geotécnica, média resistência a erosão, declividades adequadas aos tipos de aterros em vala e em camada, áreas com ausência de fragmentos de vegetação e distantes mais de 200 metros de corpos hídricos.

Além disso, tais áreas são dotadas de infraestrutura viária e estão distantes mais de 500 metros de aglomerados populacionais, sendo ocupadas atualmente por plantações de cana-de-açúcar. Ademais, respeitam a legislação municipal representada pelo plano diretor municipal. Os locais sugeridos apresentam interferência com núcleos de áreas de gerenciamento de risco aviário (AGRAs) não prioritárias relacionada ao aeródromo Civil de Pirassununga. Desta maneira, é recomendado no caso de implantação das unidades de aterros sanitários, que sejam seguidas as normas técnicas de operação e a legislação expressa pela Política Nacional de Resíduos Sólidos.



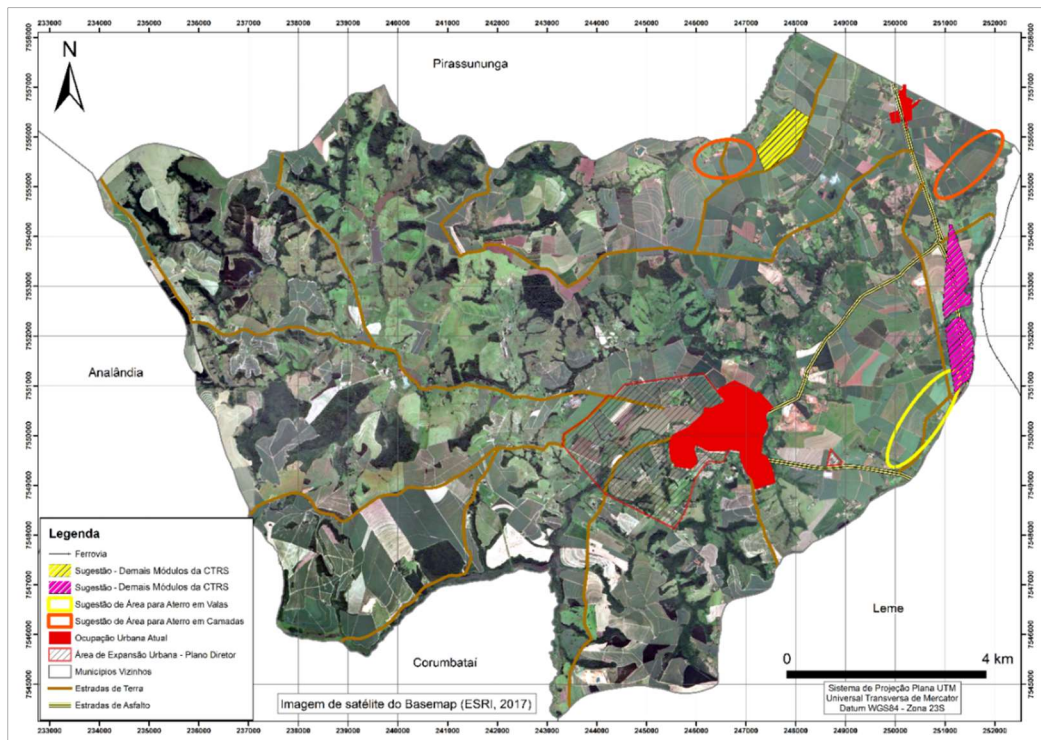


Figura 7 - Locais preferenciais para implantação de aterros e unidades da CTRS.

A metodologia usada para a identificação de locais à implantação de incineradores e das demais possíveis unidades da CTRS se mostrou também satisfatória. O mapa de potencialidade possibilitou uma avaliação coerente para a escolha das áreas com as características mais adequadas.

Os locais sugeridos para a implantação da CTRS estão localizados em zonas destinadas à indústrias e na área rural do município, além de não apresentarem fragmentos de vegetação natural e áreas de preservação permanente. Situam-se em locais com acesso a rodovias e distam-se em mais de 600 metros de núcleos populacionais.

Em etapa posterior, com o auxílio do diagrama da direção e frequência dos ventos foi possível avaliar a probabilidade de ocasionar carreamento de poluição atmosférica em direções frontais aos aglomerados humanos regionais (raio de 25 km do centro de Santa Cruz da Conceição). As áreas sugeridas em rosa evitam em mais de 64% os ventos frontais em direções aos núcleos populacionais humanos regionais. Apenas 12% dos ventos costumam se direcionar para Leme, e 24% se direcionam para Santa Cruz da Conceição, atingindo a cidade em porções distintas, dependendo da direção preferencial do vento momentâneo. Caso ocorra a instalação da CTRS no local, é recomendado que o incinerador fique a 60 metros distante da rodovia.

A área indicada se localiza a uma distância maior que 3,5 km de distância da área urbana de Santa Cruz da Conceição, 4,5 km de Leme e 8 km de Pirassununga. Já as áreas sugeridas em amarelo evitam em mais de 67% dos ventos frontais em direção aos núcleos populacionais próximos (Pirassununga a 4,5 km, Leme a 10,5 km e Santa Cruz da Conceição a 5 km). Destaca-se que as

áreas com menor permeabilidade são mais favoráveis à implantação da CTRS uma vez que podem favorecer a proteção de recursos hídricos contra contaminação por efluentes oriundos do empreendimento.

A metodologia adotada para aterros e incineradores optou por tornar inaptas as áreas com fragmentos de vegetação naturais, uma vez que as áreas de reserva legais não permitem a implantação de empreendimentos. Desta forma a metodologia visa proteger os recursos biológicos naturais, uma vez que o referido município se encontra em déficit legal quanto à esta questão.

## 5. CONCLUSÕES

Este estudo demonstrou que a combinação de informações advindas da compartimentação fisiográfica e do sensoriamento remoto - balizadas por critérios científicos, técnicos e legais, e à luz das características de uma CTRS - permite, em ambiente computacional, a identificação exitosa e expedita de áreas potencialmente aptas à instalação deste tipo de empreendimento. Ademais, o método adotado subsidia a gestão ambiental, pois diminui a intensidade de conflitos e favorece o ordenamento territorial sustentável.

O conhecimento desenvolvido neste trabalho pode ser aplicado a qualquer território, em projetos envolvendo consórcios municipais ou um único município, em complemento às iniciativas que visam resolver a dramática questão do acentuado acúmulo e dispersão de resíduos sólidos urbanos na natureza. Portanto, a implantação de uma CTRS e as respectivas unidades de aterros sanitários, a partir de um consórcio intermunicipal, contribuiria de forma marcante para sanar o déficit ambiental relacionado à gestão dos resíduos sólidos do próprio município e da região.

Em Santa Cruz da Conceição foram identificadas seis áreas adequadas para a implantação de aterros e CTRS: duas delas têm características apropriadas para implantação de aterros em camadas, outra para aterro em valas e três para a implantação da CTRS, incluindo incineradores. Tais áreas, com potencial para concentrar e tratar grandes volumes de resíduos sólidos, estão distribuídas na parte leste do município que tem, ainda, a vantagem de ser contemplada por excelente malha viária.

Recomenda-se que, no caso de concretização da presente proposta, estudos de maior detalhamento sejam realizados para as áreas preferenciais indicadas no presente estudo, o que incluiria levantamento topográfico e ensaios geotécnicos, visando a obtenção de maior precisão com referência aos parâmetros geotécnicos presentes na área.

## REFERÊNCIAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 15849. Resíduos sólidos

urbanos – Aterros sanitários de pequeno porte – Diretrizes para localização, projeto, implantação, operação e encerramento. Rio de Janeiro: ABNT, 2010.

Abrelpe – Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2015. 2016. 92p. Disponível em: <http://www.abrelpe.org.br/Panorama/panorama2015.pdf>. Acessado em: mar. 2016.

Araújo, R.T. Zoneamento Ecológico-Econômico do município de Santa Cruz da Conceição – SP: uma proposta conceitual de planejamento para a sustentabilidade local. Tese (Doutorado em Ciências), Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2008. 95 p.

Brasil. Ministério do Meio Ambiente, Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA). Resolução CONAMA nº 316, de 29 de outubro de 2002. Dispõe sobre procedimentos e critérios para o funcionamento de sistemas de tratamento térmico de resíduos. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res02/res31602.html>. Acessado em: 12 dez. 2015.

Brasil. Lei nº 12.305 de 2 de agosto de 2010. Política Nacional de Resíduos Sólidos. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF, 3 de agosto de 2010. Seção 1, p. 3.

Brasil. Portaria nº 249/GC5 de 6 de Maio de 2011. Aprova a edição do PCA 3-2, que dispões sobre o Plano Básico de Gerenciamento do Risco Aviário – PBGRA nos aeródromos brasileiros. Comando da Aeronáutica. Ministério da Defesa. 2011.

Brasil. Lei Nº 12.651, de 25 de Maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF, 25 de Maio de 2012.

Brito, H.D. Mapeamento geoambiental como subsídio à seleção de áreas para implantação de Centrais de Tratamento de Resíduos Sólidos Urbanos: aplicação ao município de Santa Cruz da Conceição-SP. Dissertação (Mestrado em Geociências e Meio Ambiente), Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Rio Claro, 2016. 156 p.

Brollo, M.J. Metodologia automatizada para seleção de áreas para disposição de resíduos sólidos. Aplicação na Região metropolitana de Campinas (SP). Tese (Doutorado), Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo (USP), São Paulo, 2001. 212 p.

CEPAGRI – Centro de Pesquisas Meteorológicas e Climáticas Aplicadas à

Agricultura. Clima dos Municípios Paulistas. 2015. Disponível em: [http://www.cpa.unicamp.br/outras-informacoes/clima\\_muni\\_519.html](http://www.cpa.unicamp.br/outras-informacoes/clima_muni_519.html). Acessado em: 23 nov. 2014.

Cunha, M.A. & Consoni, A.J. Os estudos do meio físico na disposição de resíduos. In: Bitar, O.Y. (Coord.). Curso de geologia aplicada ao meio ambiente. São Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia (ABGE) e Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT), 1995. cap. 4-6, p.217-227.

Ersoy, H. & Bulut, F. Spatial and multi-criteria decision analyses-based methodology for landfill site selection in growing urban regions. *Waste Management and Research*, n.27, v.5, p. 489–500. 2009.

Ferretti, V. & Pomarico, S. Integrated sustainability assessments: a spatial multicriteria evaluation for siting a waste incinerator plant in the Province of Torino (Italy). *Environment, Development and Sustainability*, n. 14, v. 5, p. 843–867. 2012.

Fiori, A. P. Metodologias de Cartografia Geoambiental. In: Simpósio Brasileiro de Cartografia Geotécnica e Geoambiental, 5, São Carlos. Anais... São Carlos: ABGE, 2004. CD-ROM.

Giusti, L. A review of waste management practices and their impact on human health. *Waste Management*, n. 29, v.8, p. 2227-2239. 2009.

Gomes, P.C.B. (Org.). Plano da bacia hidrográfica do Rio Mogi Guaçu. São Carlos: Suprema, 2003. 300 p.

Gouveia, N. & Prado, R.R. Riscos à saúde em áreas próximas a aterros de resíduos sólidos urbanos. *Revista de Saúde Pública*, n. 44, v.5, p. 859-866. 2010.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Folha Corumbataí. São Paulo: IBGE, 1971a. SF-23-Y-A-II-1. Escala 1:50.000.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.. Folha Leme. São Paulo: IBGE, 1971b. SF-23-Y-A-I-2. Escala 1:50.000.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Malha municipal 2010. Disponível em: [ftp://geoftp.ibge.gov.br/malhas\\_digitais/municipio\\_2010/](ftp://geoftp.ibge.gov.br/malhas_digitais/municipio_2010/). Acessado em: 08 out. 2015.

IG - Instituto Geológico do Estado de São Paulo. Folha Leme. São Paulo: IG, 1980. SF-23-Y-A-II-1. Escala 1:50.000.

IG - Instituto Geológico do Estado de São Paulo. Folha Corumbataí. São Paulo: IG, 1984. SF-23-Y-A-I-2. Escala 1:50.000.

IG - Instituto Geológico do Estado de São Paulo. Metodologia para Seleção de Áreas para Tratamento e Disposição Final de Resíduos Sólidos. In: BROLLO, M.J.; SILVA, P.C.F. (coord.) Relatório Técnico. São Paulo: IG / SMA, 1999.

IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo. Lixo Municipal: manual de gerenciamento integrado. São Paulo: IPT/CEMPRE. 1995. 278p.

Iritani, M.A. & Ezaki, S. As águas subterrâneas do Estado de São Paulo. São Paulo: SMA, 2012. 104 p.

Karmann, I. Ciclo da água – Água subterrânea e sua ação geológica. In: Teixeira, W.; Toledo, M.C.M.; Fairchild, T.R.; Taioli, F. (Orgs.). Decifrando a Terra. 1 ed. São Paulo: Oficina de Textos, 568p.

Köppen, W. Klimate der Erde. Gotha: Verlag Justus Perthes. 1948.

Levine, S.C. Projetos e Critérios para Localização de Aterros Sanitários. In: Transportation, Water and Urban Development Department, World Bank Urban No. UE-12, 3, 1996.

Lino, I.C. Seleção de áreas para implantação de aterros sanitários: análise comparativa de métodos. Dissertação (Mestrado em Geociências e Meio Ambiente) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Rio Claro, 2007. 99 p.

OAS - Organization of American States. Guarani Aquifer System: Environmental Protection and Sustainable Development of the Guarani Aquifer System. Water Project Series, n. 7, 2005.

Oliveira, T.A. Compartimentação fisiográfica aplicada à avaliação de terrenos: subsídio ao planejamento territorial do município de Cananéia-SP. Dissertação (Mestrado em Geociências e Meio Ambiente), Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Rio Claro. 2004.

PATH - Program for Appropriate Technology in Health. Treatment Alternatives for Medical Waste Disposal. 2005. Disponível em: [http://www.path.org/files/TS\\_trt\\_alt\\_med\\_wst\\_disp.pdf](http://www.path.org/files/TS_trt_alt_med_wst_disp.pdf). Acessado em: 18 set. 2015.

Perez, Z.M.L. (coord.). Panorama dos Resíduos Sólidos do Estado de São Paulo. Versão preliminar. São Paulo: CETESB, 2013.

Proske, H.; Vicko, J.; Rosenbaum, M.S.; Dorn, M.; Culshaw, M.; Marker, B. Special purpose mapping for waste disposal sites. Report of IAEG Commission I:

Engineering geological maps, Bulletin of Engineering Geology and the Environment, 64, 1–54. 2005.

Reis, F.A.G.V. & Cerri, L.E.S. (coords.). Metodologia para avaliação de áreas sujeitas à ocorrência de ondas de cheia e corridas de massa/detritos: Estudo piloto no duto OSBRA no Estado de São Paulo. Relatório final de pesquisa. 2014.

Ross, J.L.S. & Moroz, I.C. Mapa geomorfológico do Estado de São Paulo. USP/IPT/FAPESP. Escala 1:500.000. 1997.

Santa Cruz da Conceição. Lei complementar no 14, de 27 de novembro de 2007. Dispõe sobre o Plano Diretor estratégico do município de Santa Cruz da Conceição – SP e dá outras providências. Disponível em: [http://www.santacruzdaconceicao.sp.gov.br/novo\\_site/plano\\_diretor/planodiretor/2013/20130702161619.pdf](http://www.santacruzdaconceicao.sp.gov.br/novo_site/plano_diretor/planodiretor/2013/20130702161619.pdf). Acessado em: 20 out. 2015.

Wilson, D.C. (coord.). Global Waste Management Outlook. Viena: International Solid Waste Association General Secretariat. 2015.

Zaine, J.E. Método de Fotogeologia aplicado a estudos geológico-geotécnicos: ensaio em Poços de Caldas, MG. Tese (Livre docência em Geociências e Meio Ambiente), Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Rio Claro. 2011.

Zuquette, L.V.; Pejon, O.J., Sinelli, O.; Gandolfi, N. Methodology of specific engineering geological mapping for selection of sites for waste disposal. In: International Congress of the International Association of Engineering Geologists, 7, Lisboa. Anais... Lisboa: CRC Press, 1994, p. 2481-2489.

Zuquette, L.V.; Pejon, O.J.; Gandolfi, N.; Rodrigues, J.E. Mapeamento geotécnico: parte 1 - atributos e procedimentos básicos para a elaboração de mapas e cartas. Geociências (São Paulo), São Paulo, v. 16, n. 2, p. 491-524, 1997.

**ABSTRACT:** This study presents and discusses the development of a geo-environmental mapping focused on the proper selection of areas for the implementation of Solid Waste Treatment Center (SWTPs), with the application focus on the municipality of Santa Cruz da Conceição, a town in São Paulo State, which presents significant environmental nonconformity in relation to management solid waste and disposal of waste. The integration of information obtained from the literature performed, the generation of database (physical, biological and socio-economic elements) and multi-criteria analysis in GIS led to the preparation of this mapping. This work had as fundamental element a previously established physiographic compartmentalization of the area, and considered mainly the aspects of permeability, erosion resistance and stability to gravitational movements.

Database was integrated with information on fragments of vegetation, slope, and poultry risk management areas in regional aerodromes, information on municipal laws, and legal and technical standards. Among the results obtained, there is, centrally, the definition of areas for setting up SWTPs, including incinerators and landfills (in ditches and in layers). This study provides elements for discussion and decision-making related to the implementation process of waste treatment plants and projects associated with them, being applicable to other municipalities.

**KEYWORDS:** Engineering Geology, Sustainable Land Management, Multicriteria Analysis, Locational Alternatives Study.

## Sobre o organizador

**EDUARDO DE LARA CARDOZO** é mestrando no Programa de Pós Graduação em Ensino de Ciência e Tecnologia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), campus Ponta Grossa-PR. Especialista em Espaço, Sociedade e Meio Ambiente pela Faculdade Internacional de Curitiba (FACINTER) em parceria com o Instituto Brasileiro de Pós-Graduação e Extensão (IBPEX); Especialista em Educação Profissional Integrada a Educação Básica na Modalidade Educação de Jovens e Adultos pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), campus Ponta Grossa-PR; Especialista em Educação a Distância, pela FACEL, Curitiba-PR e Especialista em EJA no Sistema Prisional, pela Faculdade EFICAZ – Maringá – PR. Tem experiência como tutor do ensino superior pelo Sistema Universidade Aberta do Brasil (UAB) em parceria com a Universidade Estadual de Ponta Grossa (UEPG). Professor da rede Estadual de Ensino do Estado do Paraná, na disciplina de Geografia. E-mail: [edularacardozo@ig.com.br](mailto:edularacardozo@ig.com.br)



## Sobre os autores

**ALYSON BUENO FRANCISCO** Geógrafo formado pela Universidade Estadual Paulista (UNESP) em 2008, mestre (2011) e doutor em Geografia (2017) titulado pela mesma instituição. Atua em pesquisas sobre conservação do solo, de forma concentrada em processos erosivos lineares, monitoramento de boçorocas, controle de erosão com métodos de baixo custo e cartografia de escala topográfica. Publicou trabalhos em eventos no Chile, Colômbia e Portugal e nove artigos em periódicos nacionais.

**AMANDA FRANCIELI DE ALMEIDA** Graduação em Engenharia Ambiental pela Universidade do Estado de Minas Gerais; Mestrado em Geotecnia pela Universidade de São Paulo - USP.

**ANA CARINA ZANOLLO BIAZOTTI COLLARES** Professora da Universidade do Estado de Minas Gerais - Unidade Passos; Membro do corpo docente do Programa de Pós-Graduação em Mestrado Profissional em Desenvolvimento Regional e Meio Ambiente da Universidade do Estado de Minas Gerais; Graduação em Engenharia Civil pela Faculdade de Engenharia Civil de Araraquara; Mestrado em Geotecnia pela Universidade de São Paulo, USP; Doutorado em Geotecnia pela Universidade de São Paulo, USP; Grupo de Pesquisa: Zoneamento Ambiental; e-mail de contato: [carinacollares@hotmail.com](mailto:carinacollares@hotmail.com); ana.collares@uemg.br.

**BRUNA RICCI BICUDO** Discente em Engenharia Ambiental na Universidade Tecnológica Federal do Paraná Campus Londrina; Discente do Dupla Diplomação entre a Universidade Tecnológica Federal do Paraná e o Instituto Tecnológico de Bragança (Portugal). Grupo de Pesquisa: Saneamento Ambiental; Email de Contato: brunariccib@gmail.com

**CARLOS ALBERTO LÖBLER** Graduação em Geografia-Bacharelado, UFSM; Mestrado em Engenharia Ambiental – PPGEAmb/UFSM; Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola – UFSM; Grupo de Pesquisa: Hidrogeologia. E-mail: carloslobler@gmail.com

**CARLOS MAGNO SOSSAI ANDRADE** Graduação em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Espírito Santo; Mestrando em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Espírito Santo; E-mail para contato: [cmagno.sa@gmail.com](mailto:cmagno.sa@gmail.com)

**CARLYLE TORRES BEZERRA DE MENEZES** Possui graduação em Engenharia de Minas pela Universidade Federal de Pernambuco (1985), pós-graduação no Instituto Nacional Politécnico da Lorraine (1996/1997), doutorado em Engenharia Mineral pela Universidade de São Paulo (2004), com ênfase em gestão ambiental dos recursos minerais e pós-doutorado no Programa Pós-graduação em Sociologia Política da UFSC, no Núcleo Transdisciplinar de Meio Ambiente e Desenvolvimento. Professor e pesquisador vinculado ao Programa de Pós-graduação (Mestrado e Doutorado) em Ciências Ambientais (PPGCA), e ao curso de graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária da Universidade do Extremo Sul Catarinense (UNESC). Tem atuado nas áreas de engenharia e geociências, com ênfase em

recuperação de ambientes alterados, gestão pública ambiental em unidades de conservação e gestão ambiental dos recursos naturais.

**CESAR ULISSES VIEIRA VERISSIMO** Professor da Universidade Federal do Ceará; Membro do corpo docente do Programa de Pós-Graduação em Geologia da Universidade Federal do Ceará –UFC; Graduação em Geologia pela Universidade Federal do Pará – UFPA; Mestrado em Geologia Regional pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita – UNESP; Doutorado em Geologia Regional pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita - UNESP

**CLAUDIA VANESSA DOS SANTOS CORRÊA** É graduada em Ecologia pela Universidade Estadual Paulista (2010). No ano de 2013 tornou-se mestre em Geociências e Meio Ambiente pela Universidade Estadual Paulista. Em 2012 concluiu o curso de aperfeiçoamento aplicado ao setor de petróleo, gás, biocombustíveis e energia, realizando 280 horas de cursos estratégicos voltados às questões ambientais. Em 2014 ingressou no doutorado pelo programa de pós-graduação em Geociências da Universidade Estadual Paulista. Está realizando estágio (Doutorado Sanduíche) na Faculdade de Matemática e Ciências Naturais, Departamento de Mineralogia e Geodinâmica da Universität Tübingen, em Tübingen (Alemanha). Atua nos seguintes temas: Geomorfologia Fluvial, Morfometria, Geomorfologia, Cartografia, Cartografia Geomorfologica, Cartografia Geotécnica, SIG, Sensoriamento Remoto, Fotogeologia, Compartimentação Fisiográfica, Zoneamento Geoambiental, Risco Geológico, Modelagem Fisiográfica, Obras Lineares, Dutos, Avaliação de Impactos Ambientais, Planejamento Ambiental.

**CLAUDINEI TABORDA DA SILVEIRA** Professor da Universidade Federal do Paraná; Membro do corpo docente do Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal do Paraná; Graduação em Geografia pela Universidade Federal do Paraná; Mestrado em Geologia pela Universidade Federal do Paraná; Doutorado em Geografia pela Universidade Federal do Paraná; Grupo de pesquisa (CNPq): Mapeamento geomorfológico, estudo de processos geomorfológicos e geoambientais, modelagem do terreno e de dados geoespaciais, geotecnologias e qualidade da informação cartográfica. E-mail para contato: claudineits@ufpr.br

**DANIEL GALVÃO VERONEZ PARIZOTO** Professor da Universidade Federal de Santa Catarina; Graduação em Geografia pela Universidade do Sagrado Coração; Mestrado em Geografia, Meio Ambiente e Desenvolvimento pela Universidade Estadual de Londrina; Doutorado em Riscos Geológicos pela Universidade Federal de Santa Catarina; Grupo de pesquisa: GEDN – Grupo de Estudos em Desastres Naturais; E-mail para contato: daniel\_parizoto@hotmail.com.

**DIEGO MOREIRA DA SILVA** Doutorando da USP São Carlos; Graduação Engenharia Ambiental Centro Universitário de Volta Redonda - UNIFOA; Mestrado em Engenharia Civil – Geotecnia pela COPPE/ UFRJ; E-mail para contato: [eng.laum@gmail.com](mailto:eng.laum@gmail.com)

**EDILAINÉ REGINA PEREIRA** Professor da Universidade Tecnológica Federal do Paraná Campus Londrina; Graduação em Engenharia Agrícola pela UNICAMP; Mestrado em Agronomia pela Universidade Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz - Esalq/Usq; Doutorado em Agronomia pela Universidade Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz - Esalq/Usq; Pós-Doutorado na Faculdade de Engenharia Agrícola no Departamento de Água e Solo pela UNICAMP; Grupo de pesquisa: Saneamento Ambiental; E-mail para contato: edilainepereira@utfpr.edu.br

**EDIVANE PATRÍCIA GANZER** Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária, UFSM campus Frederico Westphalen – RS. E-mail: edivanepganzer@gmail.com

**EDUARDO GOULART COLLARES** Professor da Universidade do Estado de Minas Gerais - Unidade Passos; Membro do corpo docente do Programa de Pós-Graduação em Mestrado Profissional em Desenvolvimento Regional e Meio Ambiente da Universidade do Estado de Minas Gerais; - Graduação em Engenharia Geológica pela Universidade Federal de Ouro Preto, UFOP; Mestrado em Geotecnia pela Universidade de São Paulo, USP; Doutorado em Geotecnia pela Universidade de São Paulo, USP; Grupo de Pesquisa: Zoneamento Ambiental; e-mail de contato: collaresambiental@hotmail.com

**FÁBIO AUGUSTO GOMES VIEIRA REIS** Geólogo formado pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho - Unesp (1998) e Engenheiro Civil formado pela Escola de Engenharia de Piracicaba (2011). Mestre (2001) e doutor (2005) em Geociências e Meio Ambiente também pela Unesp. Atualmente, é Professor Assistente Doutor da Unesp, atuando na área de Geotecnia e Meio Ambiente, ministrando aulas nos Cursos de Geologia e Engenharia Ambiental e Pós-Graduação em Geociências e Meio Ambiente. Tem experiência profissional na área de Geociências, com ênfase em licenciamento ambiental, avaliação de impactos ambientais, elaboração de projetos ambientais (EIA/RIMA, RAP, PRAD, RCA, PCA, entre outros), pesquisa e extração mineral e contaminação do solo e água.

**FÁBIO FERREIRA DOURADO** Aluno de mestrado em Geologia Ambiental pela Universidade Federal do Paraná; Graduação Interdisciplinar em Ciências da Terra e em Geologia pela Universidade Federal do Oeste do Pará. E-mail para contato: fabioo.f.dourado@gmail.com

**FERNANDO CERRI COSTA** Bacharel em Ciência e Tecnologia e Engenheiro Ambiental e Urbano pela Universidade Federal do ABC (UFABC); Mestrando em Ciência e Tecnologia Ambiental e é membro do Laboratório de Gestão de Riscos da UFABC. Participou da equipe técnica que produziu as Cartas Geotécnicas de Aptidão à Urbanização dos Municípios de Ribeirão Pires, Rio Grande da Serra, Santo André e São Bernardo do Campo.

**FRANCISCO KLEISON SANTIAGO MOTA** Geólogo Sênior na empresa Nacional Geotecnia e Saneamento Ltda; Graduação em Geologia pela Universidade Federal do Ceará - UFC

**FRANCISCO ROBERTO SILVA DE ABREU** Professor do Centro Universitário de Volta Redonda – UNIFOA; Membro do corpo docente do Programa de Pós-Graduação em Gestão Ambiental e Sistemas Integrados de Gestão; Graduação em Engenharia Civil Centro Universitário de Volta Redonda – UNIFOA; Mestrado em Engenharia Civil – Geotecnia pela Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro – PUC Rio. Grupo de pesquisa: Qualidade e Ambiente. E-mail para contato: [francisco.abreu@foa.org.br](mailto:francisco.abreu@foa.org.br)

**GABRIEL D'AVILA FERNANDES:** Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária, UFSM campus Frederico Westphalen – RS; Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental – PPGEAmb, da Universidade Federal de Santa Maria – UFSM; Grupo de Pesquisa: Hidrogeologia. E-mail: [enggabrielfernandes@gmail.com](mailto:enggabrielfernandes@gmail.com)

**GABRIELA BESSA** Graduação em Geologia pela Universidade Federal de Santa Catarina; Grupo de pesquisa: Grupo Estudos em Desastres Naturais. E-mail para contato: [gabrielabessa92@gmail.com](mailto:gabrielabessa92@gmail.com).

**GIANCARLO LASTORIA** Professor Titular da Faculdade de Engenharias, Arquitetura e Geografia-FAENG e do Programa de Pós-graduação em Tecnologias Ambientais da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul; Graduação em Geologia pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (1973); Doutorado em Geociências e Meio Ambiente pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (2002); E-mail para contato: [g.lastoria@ufms.br](mailto:g.lastoria@ufms.br)

**GUILHERME HENRIQUE CAVAZZANA** Professor da Universidade Católica Dom Bosco; Graduação em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (2008); Mestrado em Saneamento Ambiental e Recursos Hídricos pela Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (2011); Doutorado em andamento em Tecnologias Ambientais pela Universidade Federal de Mato Grosso do Sul; E-mail para contato: [cavazzana.ea@gmail.com](mailto:cavazzana.ea@gmail.com)

**GUSTAVO RIBAS CURCIO** Professor convidado da Universidade Federal do Paraná. Pesquisador da Embrapa Florestas. Membro do corpo docente do Programa de Pós-Graduação da Engenharia Florestal da Universidade Federal do Paraná - Área Conservação da Natureza. Graduação em Engenharia Agrônômica pela Universidade Federal do Paraná, Mestrado em Ciência do Solo pela Universidade Federal do Paraná, e Doutorado em Engenharia Florestal pela Universidade Federal do Paraná. E-mail para contato: [gustavo.curcio@embrapa.br](mailto:gustavo.curcio@embrapa.br)

**GUSTAVO SIMÃO** Mestre em Geociências com ênfase em Geoquímica pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Graduado em Geologia pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Membro do Grupo de Pesquisas Aplicadas em Meio ambiente e Analista Ambiental do Instituto de Pesquisas Ambientais e Tecnológicas (IPAT) do Parque Científico e Tecnológico (IPARQUE)/Universidade do Extremo Sul Catarinense (UNESC). Possui experiência

na área de Geociências com ênfase em Petrologia e Geoquímica de Carvão, Rochas Geradoras de Petróleo, Cinzas e Rejeitos de Carvão, Geologia Ambiental, Gerenciamento de Áreas Contaminadas/ Degradadas e Hidrogeologia de Recursos Hídricos Superficiais e Subterrâneas. E-mail: simao.geologia@gmail.com

**HERMES DIAS BRITO** Engenheiro Ambiental formado na Universidade Estadual Paulista na cidade de Rio Claro-SP no ano de 2009. Concluiu no mesmo ano o Programa de Formação de Recursos Humanos em Ciências Ambientais Aplicadas ao Petróleo onde desenvolveu trabalho relacionado ao planejamento ambiental na implantação de novas obras dutoviárias. Concluiu Curso de Aperfeiçoamento em Geologia do Petróleo (288 Horas) em Fevereiro de 2014. No ano de 2017 concluiu curso de Mestrado no Programa de Pós Graduação em Geociências e Meio Ambiente da Universidade Estadual Paulista (1500 horas). Desde o início de 2013 atua profissionalmente com geração/processamento digital de imagens e geração de relatórios voltados a pesquisas aplicadas à exploração de petróleo. Atualmente é responsável pelo Laboratório de Microscopia Eletrônica de Varredura do Centro de Geociências Aplicadas ao Petróleo - IGCE/UNESPetro.

**JADER LIMA PEREIRA** Graduado em Ciências Biológicas pela Universidade do Extremo Sul Catarinense (UNESC), Mestre em Biologia Vegetal pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) e Doutorando em Ciências Ambientais pela Universidade do Extremo Sul Catarinense (UNESC). Atualmente é professor dos cursos de Engenharia Ambiental e Sanitária e Ciências Biológicas da Universidade do Extremo Sul Catarinense (UNESC) e Pesquisador do Instituto de Pesquisas Ambientais e Tecnológicas (IPAT) da UNESC. É vice-líder do Grupo de Pesquisas em Biodiversidade, Conservação e Ecologia Funcional de Ecossistemas Florestais e Costeiros; e membro pesquisador do Grupo de Pesquisa em Ecologia e Manejo de Ecossistemas Degradados; e Grupo de Pesquisas Aplicadas em Meio Ambiente. E-mail: jader@unesc.net

**JEAN MARCELL PONTES OLIVEIRA** Graduação em Geologia pela Universidade Federal do Ceará - UFC

**JÉSSICA AVELAR SILVA** Graduação em Engenharia Ambiental pela Universidade do Estado de Minas Gerais.

**JOSÉ LUIZ SILVÉRIO DA SILVA** Professor Titular da Universidade Federal de Santa Maria - UFSM; Membro do corpo docente do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental - PPGEAmb (Mestrado) e Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil - PPGEC (Mestrado, Doutorado e Pós-Doutorado); Graduação em Geologia Pela Universidade do Vale do Sinos - UNISINOS; Mestrado em Geociências pela Universidade Federal Fluminense; Doutorado em Geociências pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS; Pós-Doutorado pela Universidade de São Paulo e Instituto Superior Técnico (Portugal); Grupo de Pesquisa: Gestão de Recursos Hídricos, Hidrogeologia, Hidrodinâmica Ambiental,

Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, Paleontologia e Grupo de Pesquisa em Geotecnologias Ambientais e Minerais. E-mail: silverioufsm@gmail.com

**JUAN ANTONIO ALTAMIRANO FLORES** Professor da Universidade Federal de Santa Catarina; Universidade Federal de Santa Catarina; Graduação em Geologia pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul; Graduação em Engenharia de Minas pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul; Mestrado em Geociências pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul; Doutorado em Materiaux Mineraux pela Université de Poitiers Poitiers; Doutorado em Geociências pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul; Pós-Doutorado pela Universidade Federal de Santa Catarina. E-mail para contato: juan.flores@ufsc.br

**JULIANA CASADEI** Graduação em Agronomia pela Universidade Católica Dom Bosco (2005); Especialização em Planejamento e Gestão Ambiental com ênfase em Avaliação Ambiental Estratégica pela Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul (2009); Mestrado em andamento em Tecnologias Ambientais pela Universidade Federal de Mato Grosso do Sul; E-mail para contato: ju.casadei@gmail.com

**JULIO CÉSAR BIZARRETA ORTEGA** Professor da UNILA (Universidade Federal de Integração Latino Americana); Graduação em Engenharia Civil pela Universidad Nacional de Ingeniería - Peru (2002); Mestrado em Engenharia Civil (Geotecnia) pela Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (2009); Doutorando em Engenharia Civil (Geotecnia) pela Pontifícia Universidade Católica de Rio de Janeiro; Grupo de pesquisa: Geotecnia Ambiental

**LIGIA BELIEIRO MALVEZZI** Graduação em Engenharia Ambiental pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná Campus Londrina; Grupo de Pesquisa: Saneamento Ambiental; Email de Contato: ligia\_malvezzi@hotmail.com

**LUCILIA DO CARMO GIORDANO** Possui graduação em Ecologia pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (1996) e Engenharia Ambiental na Escola de Engenharia de Piracicaba (EEP) (2015), Mestrado em Conservação e Manejo de Recursos pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (2000) e Doutorado em Geociências e Meio Ambiente pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (2004). Atuou como Professora Universitária na UNESP, UNICSUL, FEOB e FMPFM. Tem experiência profissional nas áreas de planejamento ambiental, manejo de bacias hidrográficas, licenciamento ambiental, avaliação de impactos ambientais, geomorfologia, sensoriamento remoto e SIG.

**LUENI GONÇALVES TERRA** Graduação em Geografia-Bacharelado, UFSM; Mestrado em Engenharia Civil – PPGEC/UFSM; Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola – UFSM; Grupo de Pesquisa: Hidrogeologia e Ciclos biogeoquímicos e produtividade do solo. E-mail: lueniterra@gmail.com

**MARCELA PENHA PEREIRA GUIMARÃES** - Pesquisadora do Instituto de Pesquisa Tecnológica do Estado de São Paulo; - Graduação em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ; - Mestrado em Engenharia Civil –

Geotecnia pela COPPE/ UFRJ; - Grupo de pesquisa: Integrante no grupo Processos e Riscos Geológicos no diretório de grupos de pesquisa do CNPq. E-mail para contato: [marcelappg@ipt.br](mailto:marcelappg@ipt.br)

**MARIA GIOVANA PARIZZI** Professor da Universidade Federal de Minas Gerais; Membro do corpo docente do Programa de Pós-Graduação em Geologia da Universidade Federal de Minas Gerais; Graduação em Geologia pela Universidade Federal de Minas Gerais; Mestrado em Geologia pela Universidade Federal de Minas Gerais; Doutorado em Geologia Ambiental e Conservação de Recursos naturais pela Universidade Federal de Ouro Preto; E-mail para contato: [mgparizzi18@gmail.com](mailto:mgparizzi18@gmail.com)

**MAURÍCIO POZZOBON** Professor Substituto na Universidade Regional de Blumenau. Graduação em Ciências Biológicas pela Universidade Regional de Blumenau, Mestrado e Doutorado em Engenharia Florestal (Conservação da Natureza) pela Universidade Federal do Paraná. E-mail para contato: [pozzobonmauricio@gmail.com](mailto:pozzobonmauricio@gmail.com)

**MILENA MARÍLIA NOGUEIRA DE ANDRADE** Professor da Universidade Federal Rural da Amazônia; Membro do corpo docente do Programa de Pós-Graduação em Gestão de Riscos e Desastres na Amazônia da Universidade Federal do Pará; Graduação em Geologia pela Universidade Federal do Pará; Mestrado em Geologia com ênfase em Sensoriamento Remoto pela Universidade Federal do Pará; Doutorado em Desenvolvimento Socioambiental pela Universidade Federal do Pará - Núcleo de Altos Estudos Amazônicos; Grupo de pesquisa: Grupo de Estudo e Pesquisa sobre Desastres na Amazônia. E-mail para contato: [milenamarilia.andrade@gmail.com](mailto:milenamarilia.andrade@gmail.com)

**MURILO DA SILVA ESPÍNDOLA** Professor da Universidade Federal de Santa Catarina; Graduação em Engenharia Civil pela Universidade do Sul de Santa Catarina; Mestrado em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Santa Catarina; Doutorado em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Santa Catarina; Grupo de pesquisa: Geotecnia UFSC. E-mail para contato: [murilo.espindola@ufsc.br](mailto:murilo.espindola@ufsc.br)

**NADJA ZIM ALEXANDRE** Graduada em Licenciatura Em Química pela Universidade Federal de Santa Catarina (1984) e mestre em Geografia pela Universidade Federal de Santa Catarina (2000). É professora da UNESC - Universidade do Extremo Sul Catarinense, nos cursos de engenharia ambiental, engenharia de produção e ciências biológicas. Pesquisadora no Setor de Projetos Ambientais do IPAT - Instituto de Pesquisas Ambientais e Tecnológicas da UNESC. Possui experiência na área de Química Ambiental e Controle de Poluição atuando principalmente nos seguintes temas: carvão, águas superficiais, drenagem ácida, poluição da água e diagnóstico ambiental. E-mail: [nza@gmail.com](mailto:nza@gmail.com)

**NAEDJA VASCONCELOS PONTES** Professora no Instituto Federal da Bahia – IFBA; Graduação em Geologia pela Universidade Federal do Ceará – UFC; Mestrado em Geociências e Análise de Bacias pela Universidade Federal de Sergipe – UFS;

Doutoranda em Geologia na Universidade Federal do Ceará – UFC; Grupo de pesquisa Automação, Eficiência Energética e Produção

**NILO RODRIGUES JÚNIOR** Graduando em Geologia da Universidade Federal de Santa Catarina. E-mail para contato: nilorodriguesjunior@gmail.com

**PATRÍCIO JOSÉ MOREIRA PIRES** Professor da Universidade Federal do Espírito Santo; Membro do corpo docente do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Espírito Santo; Graduação em Engenharia Civil pela Universidade Federal da Paraíba; Mestrado em Engenharia Civil pela Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro; Doutorado em Engenharia Civil pela Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

**RAFAEL AUGUSTO DOS REIS HIGASHI** Professor da Universidade Federal de Santa Catarina; Universidade Federal de Santa Catarina; Graduação em Engenharia Civil pela Universidade da Amazônia; Mestrado em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Santa Catarina; Doutorado em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Santa Catarina; Grupo de pesquisa: Geotecnia UFSC ([dgp.cnpq.br/dgp/espelhogrupo/5324489698548681](http://dgp.cnpq.br/dgp/espelhogrupo/5324489698548681)) E-mail para contato: [rrhigashi@gmail.com](mailto:rrhigashi@gmail.com)

**RAPHAEL MOREIRA ALVES** Técnico em Informática pela Escola Técnica Pandiá Calógeras; Graduação Engenharia Ambiental Centro Universitário de Volta Redonda - UNIFOA; E-mail para contato: [raphaelmoralves@gmail.com](mailto:raphaelmoralves@gmail.com)

**RAQUEL ALFIERI GALERA** Doutoranda em Geografia Física pela Universidade de São Paulo (2017), mestrado em Planejamento e Gestão do Território pela Universidade Federal do ABC (2016) e bacharel em Gestão Ambiental pela Universidade de São Paulo (2010). Atualmente vinculada a Universidade Federal do ABC no desenvolvimentos de métodos para elaboração de cartas geotécnicas de aptidão à urbanização. Tem experiência na área de planejamento urbano e regional, com ênfase em técnicas de análise e avaliação urbana e regional com o uso de sistema de informação geográfica (SIG) aplicados ao desenvolvimento de instrumentos de planejamento e gestão territorial, com ênfase em políticas para redução de riscos de desastres naturais.

**REGIANE MARA SBROGLIA** Graduação em Geografia pela Universidade Federal de Santa Catarina; Mestrado em Geografia pela Universidade Federal de Santa Catarina; E-mail para contato: regi\_sb@hotmail.com

**RICARDO DE SOUZA MORETTI** Possui graduação em Engenharia Civil pela Universidade de São Paulo (1978), mestrado em Engenharia de Solos pela Universidade de São Paulo (1987) e doutorado em Engenharia de Construção Civil e Urbana pela Universidade de São Paulo (1993). Atualmente é professor titular da Universidade Federal do ABC. Tem experiência na área de Planejamento Urbano e Regional, com ênfase nos temas associados a habitação de interesse social, saneamento, mobilidade, projetos urbanos e prevenção de riscos.



**RODRIGO DEL OMO SATO** Graduação em Geologia pela Universidade Federal do Paraná; Mestrado em hidrogeologia pela Universidade de São Paulo; Trabalha na empresa MinasHidroGeo; E-mail para contato: satogeo@minasgeo.com.br.

**RÔMULO CASTELLO HENRIQUE RIBEIRO** Professor da Universidade Federal do Espírito Santo; Membro do corpo docente do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Espírito Santo; Graduação em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Espírito Santo; Mestrado em Engenharia Civil pela Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro; Doutorado em Engenharia Civil pela Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

**SANDRA GARCIA GABAS** Professora Adjunta da Faculdade de Engenharias, Arquitetura e Geografia-FAENG e do Programa de Pós-graduação em Tecnologias Ambientais da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul; Graduação em Geologia pelo Instituto de Geociências - USP (1990); Mestrado em Engenharia de Minas pela Escola Politécnica - USP (1999); Doutorado em Engenharia Civil pela Escola Politécnica - USP (2005); E-mail para contato: sandra.gabas@ufms.br

**SÉRGIO LUCIANO GALATTO** É professor titular nos cursos de Engenharia Ambiental e Sanitária e de Geografia Licenciatura da Universidade do Extremo Sul Catarinense (UNESC), e pesquisador do Instituto de Pesquisas Ambientais e Tecnológicas (IPAT) pertencente ao Parque Científico e Tecnológico (I-Parque) da UNESC. Possui graduação em Engenharia Ambiental e mestrado pelo Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais pela UNESC. É membro dos Grupos de Pesquisas Aplicadas em Meio Ambiente e Biodiversidade, Conservação e Ecologia Funcional de Ecossistemas Florestais e Costeiros. E-mail: sga@unesc.net

**SONIA MARIA SILVA VASCONCELOS** Professora da Universidade Federal do Ceará; Membro do corpo docente do Programa de Pós-Graduação em Geologia da Universidade Federal do Ceará - UFC; Graduação em Geologia pela Universidade Federal do Ceará -UFC; Mestrado em Engenharia Civil (Recursos Hídricos) pela Universidade Federal do Ceará - UFC; Doutorado em Geociências pela Universidade de São Paulo

**TÁCIO MAURO PEREIRA DE CAMPOS** Professor da Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro; Membro do corpo docente do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro; Graduação em Engenharia Civil pela Universidade de Brasília (1971); Mestrado em Engenharia Civil e em Mecânica dos Solos respectivamente pela PUC-Rio, em 1974, e pelo Imperial College, Londres, em 1980; Doutorado em Mecânica dos Solos pelo Imperial College, em 1984; Grupo de pesquisa: Geotecnia Ambiental; Bolsista Produtividade em Pesquisa do CNPq - Nível 1a

**TAMIRIS AZOIA DE SOUZA** Membro da equipe de implantação de outorga de água na Gerência de Recursos Hídricos do Instituto de Meio Ambiente de Mato Grosso do Sul; Graduação em Agronomia pela Universidade Estadual Paulista (2013); Mestrado em andamento em Tecnologias Ambientais pela Universidade Federal de Mato Grosso do Sul; E-mail para contato: tamiris.azoia@gmail.com

**THIAGO DE NORÕES ALBUQUERQUE** Graduado pelo Instituto Federal do Ceará em Tecnologia em Saneamento Ambiental; Especialista pela Universidade Estadual do Ceará em Planejamento e Gestão Ambiental; Mestrando em Tecnologia em Gestão Ambiental pelo Instituto Federal do Ceará; Professor Formador da Universidade Aberta do Brasil (UAB). Email: [Thiago.noroes12@hotmail.com](mailto:Thiago.noroes12@hotmail.com)

**TÍCIA CAVALCANTE** Graduada pelo Instituto Federal do Ceará em Tecnologia em Gestão Ambiental; Mestranda em Tecnologia em Gestão Ambiental pelo Instituto Federal do Ceará

**VILSON PAGANINI BELLETTINI** Possui Graduação em Engenharia Civil e Engenharia de Agrimensura e formação técnica como Técnico de mineração. Coordenador do CEGEO (Centro de Engenharia e Geoprocessamento) do Instituto de Pesquisas Ambientais e Tecnológicas (IPAT) do Parque Científico e Tecnológico (IParque) da Universidade do Extremo Sul Catarinense (UNESC). Possui experiência na atuação como engenheiro em empresas de mineração e no desenvolvimento de projetos de recuperação de áreas degradadas pela mineração. E-mail: [vpb@unesc.net](mailto:vpb@unesc.net)

**VITOR SANTINI MÜLLER** Graduação em Geologia pela Universidade Federal de Santa Catarina; Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Desastres Naturais da Universidade Federal de Santa Catarina. E-mail para contato: [vitor@mullergeo.com](mailto:vitor@mullergeo.com)

**WALTER DOS REIS JUNIOR** Professor do Instituto técnico CECON; Graduação em Geologia pela Universidade Federal de Minas Gerais; Mestrado em Geologia Econômica e Aplicada pela Universidade Federal de Minas Gerais; E-mail para contato: [walterdrjunior@yahoo.com.br](mailto:walterdrjunior@yahoo.com.br)

**WILLIAN FERNANDO DE BORBA** Professor Substituto da Universidade Federal de Santa Maria – UFSM, campus Frederico Westphalen – RS; Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária, UFSM campus Frederico Westphalen – RS; Mestrado em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal de Santa Maria; Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil – PPGEC/UFSM; Grupo de Pesquisa: Hidrogeologia, Solos e Produção Vegetal e Resíduos Sólidos e Educação Ambiental. E-mail: [borbawf@gmail.com](mailto:borbawf@gmail.com)

**WLADYA MARIA MENDES DE OLIVEIRA** Graduanda pelo Instituto Federal do Ceará em Engenharia Ambiental

Agência Brasileira do ISBN  
ISBN 978-85-93243-39-4



9 788593 243394