

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

E-mail: 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 HIDROTHERMAL

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 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
Edivane Patrícia Ganzer**

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

Gabriel D'Avila Fernandes

Universidade Federal de Santa Maria, Departamento de Geociências
Santa Maria – RS.

José Luiz Silvério da Silva

Universidade Federal de Santa Maria, Departamento de Geociências
Santa Maria – RS.

Willian Fernando de Borba

Universidade Federal de Santa Maria, Departamento de Engenharia e Tecnologia
Ambiental
Frederico Westphalen – RS.

Lueni Gonçalves Terra

Universidade Federal de Santa Maria, Departamento de Geociências
Santa Maria – RS.

Carlos Alberto Löbler

Universidade Federal de Santa Maria, Departamento de Geociências
Santa Maria – RS.

Edivane Patrícia Ganzer

Universidade Federal de Santa Maria, Departamento de Geociências
Santa Maria – RS.

RESUMO: Com o aumento da exploração dos recursos hídricos subterrâneos e a percepção da necessidade de uma eficiente gestão dessas reservas, surgem variados estudos que objetivam colaborar com as políticas de gerenciamento. Entre esses, metodologias que determinam a vulnerabilidade natural do aquífero à contaminação. Assim, utilizando uma dessas metodologias, o sistema GOD, objetivou-se determinar a vulnerabilidade natural do aquífero à contaminação, no município de Taquaruçu do Sul, localizado no noroeste do Estado do Rio Grande do Sul. Os índices de vulnerabilidade variaram de insignificante a médio. Isso está fortemente correlacionado com a formação geológica local, caracterizada pela presença de rochas basálticas formadoras do Sistema Aquífero Serra Geral, em zona de confinamento. Porém, na área de estudo destaca-se as atividades de criação de suínos que podem vir a contaminar as águas subterrâneas, através dos despejos no solo, em culturas agrícolas e pastagens, principalmente.

PALAVRAS-CHAVE: Recursos hídricos subterrâneos; suinocultura, zona de confinamento.

1. INTRODUÇÃO

O crescimento desenfreado dos centros urbanos, e a conseqüente falta de infraestrutura, como a implantação redes coletoras de esgoto sanitário, acarretam

prejuízos aos recursos hídricos superficiais e subterrâneos. Nesse sentido torna-se ímpar o desenvolvimento de estudos ambientais que objetivam a gestão eficaz das reservas hídricas, em especial, os aquíferos, importantes reservatórios de água no subsolo, e que são responsáveis pelo armazenamento da maior parte da água doce disponível para o consumo humano (IRITANI; EZAKI, 2012).

Para Azevedo e Albuquerque Filho (1998), os aquíferos são rochas que armazenam água e permitem sua circulação. Maciel Filho (2008) diz que os aquíferos são alimentados pela água da chuva que infiltra no solo (recarga), podendo apresentar uma condição livre (quando o limite da água serve como limite superior da zona de saturação, se a mesma for permeável), ou uma condição confinada (se o nível superior da água estiver sob pressão maior que a atmosférica, por estratos subjacentes impermeáveis).

Dentre os estudos que contemplam o gerenciamento das reservas subterrâneas de água, destaca-se como uma das principais, a determinação da vulnerabilidade natural à contaminação do aquífero. Feitosa & Manoel Filho (2008) a definem, como sendo a susceptibilidade intrínseca em que o meio aquífero pode ser afetado adversamente por uma carga contaminante antrópica produzida na superfície do terreno.

Segundo Guiguer e Kohnke (2002), a vulnerabilidade está baseada no fato de que as características físicas dos aquíferos oferecem um grau de proteção às águas subterrâneas contra diversos tipos de contaminação. Nesse mesmo sentido, Ribeiro et al. (2011) afirmam que a vulnerabilidade natural das águas subterrâneas, correspondem diretamente a capacidade das características hidrodinâmicas e litológicas do aquífero, de forma que essas venham a impedir determinados impactos naturais ou antrópicos sobre o aquífero.

Em relação as áreas mais vulneráveis à contaminação, a OEA/PEA/GEF (2009) identificam as zonas de afloramento e de recarga como as mais vulneráveis, diferentemente da zona de forte confinamento que apresenta vulnerabilidade nula. Já as zonas de confinamento próximo, podem apresentar baixa vulnerabilidade ou nula, se a camada de basalto for inferior a 100 metros e não apresentar fraturas abertas no aquífero fissural.

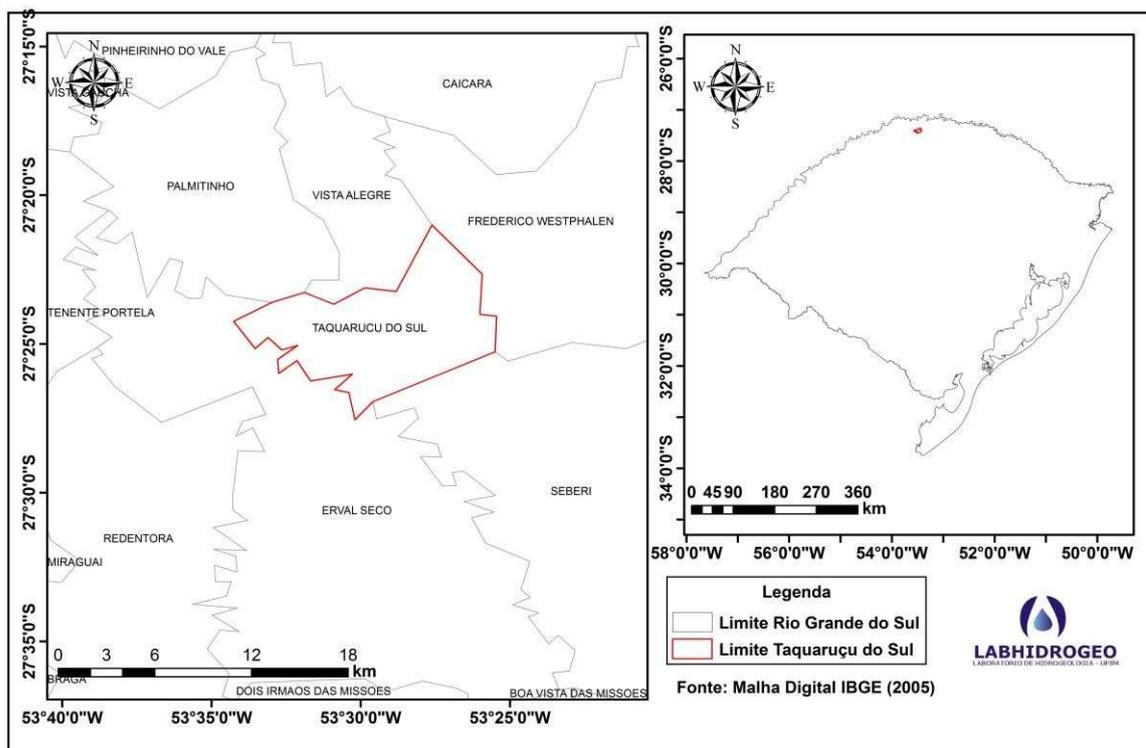
Para a identificação da vulnerabilidade natural à contaminação das águas subterrâneas o sistema utilizado foi o GOD (G - *groundwater occurrence*, O - *overall litology of aquifer* e D - *deph of water*) descrito por Foster et. al (2006), através de informações obtidas no *sítio* da Companhia de Pesquisas de Recursos Minerais (CPRM), no Sistema de Informações de Águas Subterrâneas (SIAGAS). Com base nisso, o presente estudo tem por objetivo determinar a vulnerabilidade natural à contaminação do aquífero Serra Geral I no município de Taquaruçu do Sul, Rio Grande do Sul-RS, localizado em uma região produtora de suínos na zona rural.

2. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA ESTUDADA

2.1. Localização da área de estudo

O município de Taquaruçu do Sul está localizado na região noroeste do estado do RS, próximo à divisa com o estado de Santa Catarina. Apresenta, de acordo com o censo demográfico de 2010 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), uma população de 3.084 habitantes. Desses, 1.164 habitam a zona urbana e 1.802 habitam a zona rural, o município ainda conta com uma área de 76,849 km², pertencente a Bacia Hidrográfica do Rio da Várzea – U 100 (SEMA, 2005). Segundo a Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler (FEPAM, 2015), tal bacia situa-se no norte do Estado do RS, abrangendo 55 municípios, com uma área de drenagem de 9.324 km² e com uma população de 328.057 habitantes, onde predominam como atividades econômicas a agricultura, com lavouras de soja, trigo e milho, bem como avicultura e suinocultura. A Figura 1 ilustra a localização do município de Taquaruçu do Sul – RS.

Figura 1 - Localização do município de Taquaruçu do Sul – RS



2.2. Caracterização geológica e Hidrogeológica

Na área de estudo, está presente a Formação Serra Geral, Fácies Paranapanema. Segundo a CPRM (2007) essa formação constitui-se por derrames

basálticos granulares finos, melanocráticos, contendo horizontes vesiculares, espessos preenchidos com quartzo (ametistas), zeolitas, carbonatos, seladonita, cobre nativo e barita. São rochas de caráter básico, uma vez que apresentam teor em SiO₂ entre 45 e 52% e sem quartzo na matriz (LEINZ; AMARAL, 1975).

No que se refere a Hidrogeologia, no município está presente o Sistema Serra Geral I. Segundo Machado e Freitas (2005) tal sistema constitui-se principalmente de litologias basálticas, amigdalóides e fraturadas, capeadas por espesso solo argiloso avermelhado. Além do mais, apresentam alta a média possibilidade para águas subterrâneas em rochas com porosidades com fraturas.

2.3. Obtenção dos dados

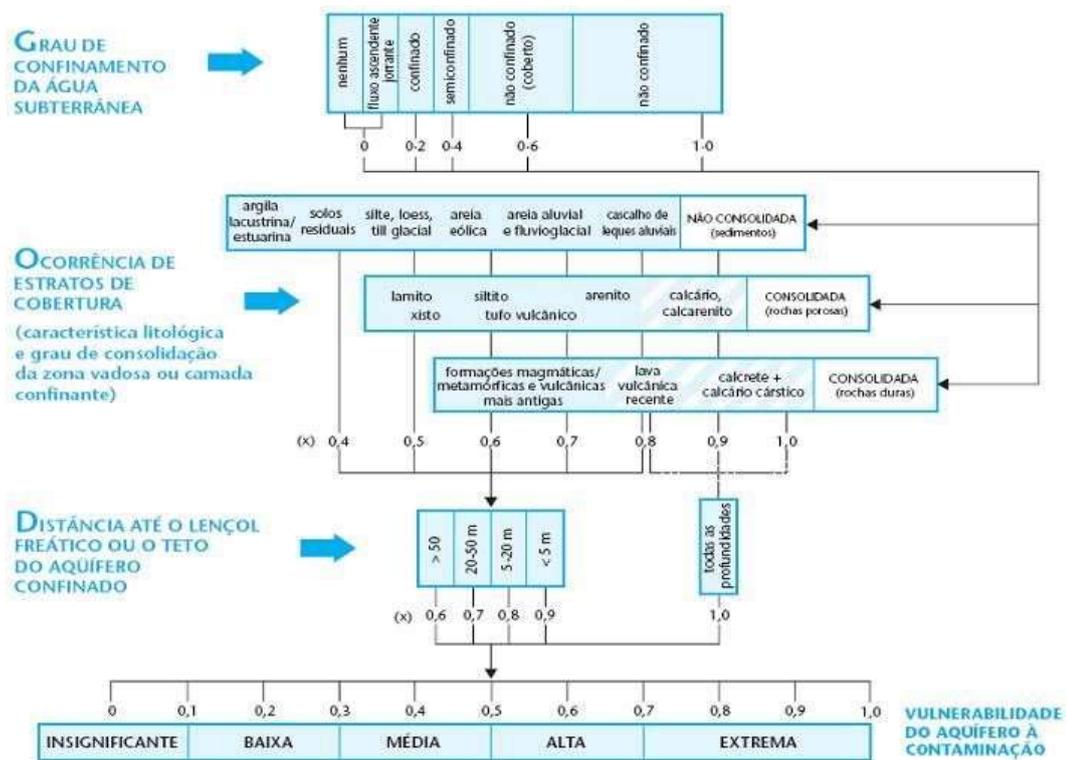
Para a obtenção de dados, foram utilizadas informações obtidas no sítio do SIAGAS, mantido pela CPRM. Com base nisso, foram retiradas informações referentes a doze poços tubulares, onde, com auxílio do *Microsoft Excel* foi criado um banco de dados com suas respectivas coordenadas *Universal Transversa de Mercator* UTM, cota altimétrica e nível estático dos poços.

1.3. Determinação da vulnerabilidade natural a contaminação e superfície potenciométrica

O método GOD, descrito em Foster et al. (2006), leva em consideração os parâmetros G (Grau de confinamento hidráulico da água subterrânea/aquífero), O (Ocorrência de estratos de cobertura) e D (Profundidade/distância até o lençol freático ou o teto do aquífero confinado). Sendo assim, para a determinação do índice de vulnerabilidade, seguiram-se as etapas ilustradas na Figura 2.

O índice de vulnerabilidade é obtido a partir do produto das variáveis GOD, sendo assim, obtém-se a vulnerabilidade natural do aquífero a contaminação, que pode ser classificada como: insignificante (valores entre 0 e 0,1); baixa (0,1 e 0,3); média (0,3 e 0,5); alta (0,5 e 0,7) e; extrema (0,7 e 1). O resultado final foi especializado em um cartograma. A superfície potenciométrica foi obtida a partir da subtração da cota altimétrica e o nível estático. A partir disso, foi utilizado a opção *Grid Vector Map* do software *Surfer 8* (GONDEN SOFTWARE, 2002), ilustrando a superfície potenciométrica em forma de cartograma. Como interpolador, foi utilizado o IDW (*Inverse Distances Weight*) (LANDIM, 2000), sendo que o que apresentou os melhores resultados dentre os interpoladores.

Figura 2 - Etapas necessárias para aplicação do sistema GOD (Foster et al., 2006).



3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Segundo dados da Prefeitura Municipal de Taquaruçu do Sul (2015), o setor agropecuário representa 71 % das atividades desenvolvidas no município, sendo que a suinocultura representa 63,02 % desse percentual. No ano de 2006, o município contava com 391 unidades criadoras de suínos, com aproximadamente 23.909 cabeças (IBGE, 2006), porém, estima-se que esse valor seja ainda maior atualmente, a partir da expansão da atividade no cenário regional. Foster et al. (2006), consideram que esse tipo de atividade possui potencial perigo de contaminação difusa das águas subterrâneas. Com isso, destaca-se a importância da determinação da vulnerabilidade natural do meio.

A suinocultura, como qualquer outra atividade, gera resíduos. A produção diária de efluente por suíno é muito variada, pois depende de vários fatores relacionados ao manejo. Segundo Oliveira (1993) e Diesel et al. (2002), estima-se que cada suíno produza em média 7 litros de dejetos líquidos por dia.

Os dejetos de suínos podem ser utilizados na fertilização das lavouras, acarretando ganhos econômicos, sem comprometer a qualidade do solo e do meio ambiente (Miranda et al., 1999). Porém, seu uso de maneira inadequada pode acarretar em sérios problemas ambientais. Nesse sentido, Konzen (2003) afirma que independentemente da maneira como considerados, os dejetos apresentam alto poder poluente, especialmente para os recursos hídricos, em termos de Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), a qual apresenta altas concentrações.

Com isso, os dejetos podem vir a contaminar não somente o solo, mas

também os recursos hídricos superficiais e subterrâneos. Simioni et al. (2002), afirmam que a contaminação dos recursos hídricos superficiais por dejetos, se dá pelo escoamento superficial do mesmo e deposição nos mananciais. Nesse mesmo sentido, Bertoni (2011), afirma que a utilização dos dejetos em áreas vizinhas as propriedades, está relacionado principalmente ao custo de transporte. Sendo assim, na maioria das vezes, poderá acarretar na saturação do solo, causando danos aos recursos hídricos superficiais e subterrâneos.

Em estudos envolvendo a qualidade das águas superficiais em áreas ocupadas por atividades de suinocultura, Segnanfredo et al. (2003) encontraram, em quinze pontos amostrados em mananciais superficiais, a presença de coliformes totais em 93 % das amostras e coliformes termotolerantes em 87 % das amostras. Ainda assim, identificaram que o maior índice de contaminação ocorreu em um período chuvoso, o que se explica pela transferência de microrganismos e ou resíduos fecais pela erosão e lixiviação, processos esses comuns em épocas de excesso de águas. Von Sperling (2005) salienta que de forma simplificada, os coliformes totais podem ser entendidos como coliformes “ambientais”, dada a sua possível incidência em águas e solos não contaminados, representado por outros organismos de vida livre, e não intestinal.

Com base nisso, a Resolução do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) nº 237/1997 (CONAMA, 1997), cita que as atividades criadoras de animais, estão sujeitas ao processo de licenciamento ambiental. Sendo assim, devem seguir uma série de normas e exigências que buscam minimizar os impactos gerados ao meio ambiente, dentre eles, alterações nos parâmetros de qualidade das águas (superficiais e subterrâneas).

A Figura 3 apresenta o cartograma de vulnerabilidade à contaminação natural do aquífero e a tendência de fluxos. As classes variaram de insignificante a média, sendo que de doze poços analisados, onze apresentaram classe insignificante, e apenas uma apresentou classe média de vulnerabilidade natural do aquífero à contaminação.

No aquífero em estudo, na Formação Serra Geral, foram analisados 11 poços com predomínio de rochas basálticas em uma condição confinada, o que caracterizou uma vulnerabilidade classificada como insignificante. Contudo, apenas um poço apresentou condição livre, constatado pela presença de uma captação com classe de média vulnerabilidade, ilustrado na Tabela 1.

Reginato e Ahlert (2013), em estudo realizado na região noroeste do estado do RS, constataram que áreas onde predominam a vulnerabilidade média, correspondem a regiões das unidades geológicas Gramado e Caxias, relevos com declividades mais baixas, solos de diversos tipos e poços com baixo nível estático. Silvério da Silva et al. (2013), afirmam que no município de Erechim-RS, no aquífero Serra Geral, o índice de vulnerabilidade insignificante e baixa do aquífero a contaminação, correspondem a 0,04 % e 21,08 % da área do município, respectivamente. Os autores Santos et al. (2007), encontraram trinta e nove poços, na classe insignificante, principalmente em pontos próximos a cidade de Quaraí-RS. Essa classe corresponde a aquíferos confinados, geralmente composto por basalto

do SASG.

Ainda na Figura 3, observa-se as linhas de tendência da direção do fluxo, importantes porque mostram o sentido da pluma em caso de contaminação. Verifica-se que a direção do fluxo subterrâneo não apresenta predomínio na orientação, podendo estar relacionado às variadas condições topográficas na área de estudo. É possível ainda, observar que pode ocorrer o direcionamento de contaminação das áreas de maior vulnerabilidade para as de menor.

Figura 3 - Cartograma de vulnerabilidade do aquífero a contaminação.

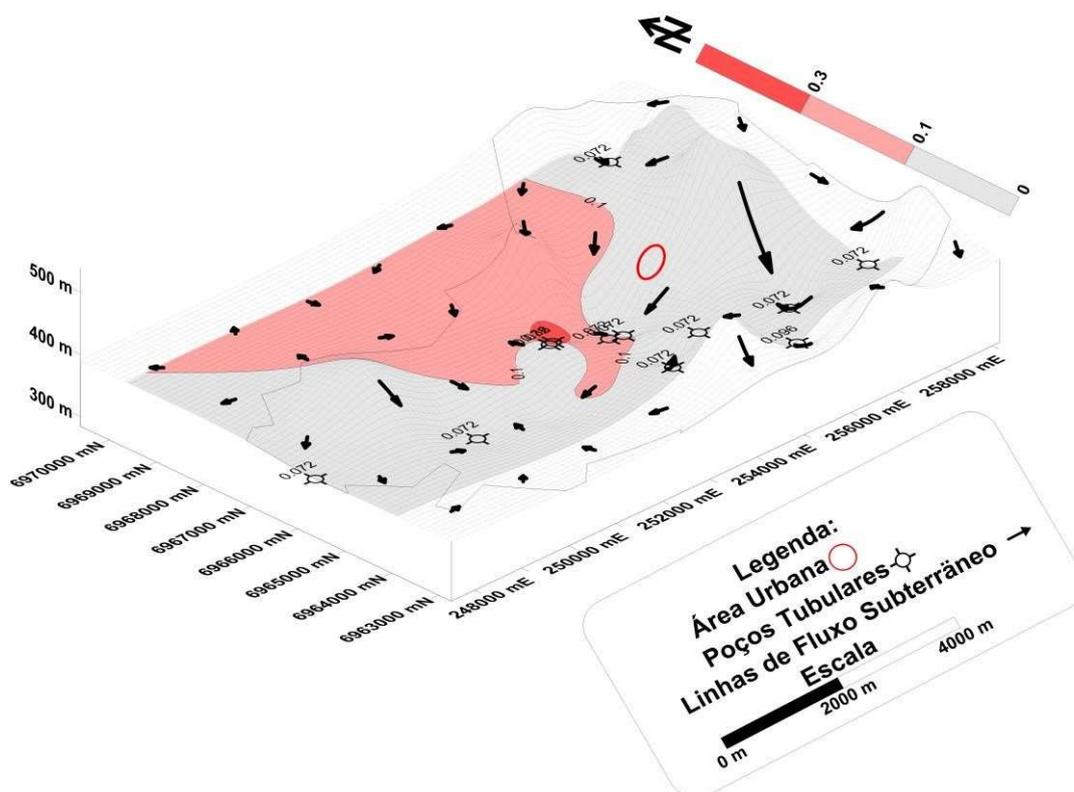


Tabela 1 - Aplicação do Sistema GOD.

Código + (43000)	Coordenadas		G	O	D	GOD	Classe
	UTM E	UTM N					
17346	255994	6963872	0,2	0,6	0,8	0,096	Insig.
21538	252979	6966120	0,2	0,6	0,6	0,072	Insig.
21539	257778	6969634	0,2	0,6	0,6	0,072	Insig.
22540	247503	6965615	0,2	0,6	0,6	0,072	Insig.
21826	255100	6965066	0,2	0,6	0,6	0,072	Insig.
21818	258290	6964659	0,2	0,6	0,6	0,072	Insig.
21824	250737	6965403	0,2	0,6	0,6	0,072	Insig.
21537	254529	6965049	0,2	0,6	0,6	0,072	Insig.
22890	257200	6965253	0,2	0,6	0,6	0,072	Insig.

21822	253829	6966894	1	0,6	0,6	0,36	Média
21819	254913	6966485	0,2	0,6	0,6	0,072	Insig.
21814	255069	6966946	0,2	0,6	0,6	0,072	Insig.

Fonte: SIAGAS/CPRM.

4. CONCLUSÕES

Durante o estudo sobre o Aquífero Serra Geral no município de Taquaruçu do Sul - RS, com a aplicação do sistema GOD, em dados obtidos de doze poços extraídos do SIAGAS, ocorreu o predomínio da classe insignificante. Assim, pode-se dizer que o solo pode suportar atividades antrópicas de baixos perigos de contaminação.

A aplicação do sistema GOD para a identificação da vulnerabilidade dos aquíferos à contaminação vem tornando-se uma importante ferramenta para auxiliar órgãos competentes em uma gestão adequada dos recursos hídricos. Ressalta-se a importância do desenvolvimento de outras metodologias para a comparação e validação bem como estudar complementares da qualidade físico-química e bacteriológica bem como da carga contaminante.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a CAPES pelo auxílio financeiro através das bolsas de pós-graduação, dos alunos do mestrado PPGE e PPGEAmb/UFSM.

REFERÊNCIAS

- AZEVEDO, A. A.; ALBUQUERQUE FILHO, J. L. **Águas subterrâneas**. Geologia de Engenharia. São Paulo: ABGE, 1998.
- BERTONCINI, E. I. Dejetos da suinocultura – desafios para o uso agrícola. **Pesquisa & Tecnologia**, vol. 8, n. 2, Jul-Dez 2011.
- CONAMA. CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE. **RESOLUÇÃO Nº 237, DE 19 DE dezembro DE 1997**. Brasília: MMA, 1997.
- CPRM, COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS. **Mapa Geológico do Rio Grande do Sul, escala 1:750.000**. CPRM, Brasília, 2007.
- DIESEL, R.; MIRANDA, C. R.; PERDOMO, C. C. **Coletânea de tecnologias sobre dejetos suínos**. Concórdia: EMPRAPA - CNPSA, 1993.

DOS SANTOS, E. F.; SILVÉRIO DA SILVA, J. L.; DE CHAVES, A.; CAMPONOGARA, I. Vulnerabilidade à Contaminação Das Águas Subterrâneas do Sistema Aquífero Serra Geral/Guarani No Município De Quaraí/RS. In: XV Encontro Nacional de Perfuradores de Poços e I Simpósio de Hidrogeologia do Sul-Sudeste, 2007, Natal/RS. **Anais...** Rio de Janeiro: ABAS, 2007.

FEPAM. FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PROTEÇÃO AMBIENTAL HENRIQUE LUIZ ROESSLER. Disponível em: <http://www.fepam.rs.gov.br/qualidade/bacia_uru_varzea.asp>. Acesso em: 12 Mar. 2014

FEITOSA, F. A. C.; MANOEL FILHO, J.; FEITOSA, E. C. DEMETRIO, J. G. A. **Hidrogeologia conceitos e aplicações**. 3 ed. Rio de Janeiro: CPRM/LABHIDRO, 2008. 812p.

FOSTER, S.; HIRATA, R.; GOMES, D.; D'ELIA, M.; PARIS, M. **Proteção da Qualidade da Água Subterrânea: um guia para empresas de abastecimento de água, órgãos municipais e agencias ambientais**. Groundwater Management Advisory GW.MATE WB, Washington, 2006. 114 p.

GOLDEN SOFTWARE. **Surfer User's Guide Contouring and 3D Surface Mapping for Scientists and Engineers**. Colorado-USA, 2002.

GUIGUER, N.; KOHNKE, M.W. Métodos Para Determinação Da Vulnerabilidade De Aquíferos. In: XII Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas. Águas subterrâneas, 2002, São Paulo/SP. **Anais...** São Paulo: ABAS, 2002.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo demográfico 2010**. Disponível em: <<http://censo2010.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 12 Mar. 2014

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Malha Municipal Digital do Brasil: 2005 (escala 1:500.000)**. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2005. Disponível em: <ftp://geoftp.ibge.gov.br/mapas/malhas_digitais/municipio_2005/E1000/Proj_Geografica/Arc_View_shp/Regiao/Sul/>. Acesso em: 14 Nov. 2014.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo agropecuário de 2006**. Rio de Janeiro: IBGE, 2006.

IRITANI, M. A.; EZAKI, S. **As águas subterrâneas do Estado de São Paulo**. São Paulo: Secretaria de Estado do Meio Ambiente, 2012. 104p.

KONZEN, E. A. Fertilização de lavoura e pastagens com dejetos de suínos e cama de aves. In: V Seminário Técnico da Cultura de Milho, 2003, Videira/SC. **Anais...**

Governo do estado: Videira, 2003.

LANDIM, P. M. B. **Introdução aos métodos de estimação espacial para confecção de mapas**. Rio Claro: DGA, IGCE, UNESP, 2000.

LEINZ, V.; DO AMARAL, S. E. **Geologia Geral**. Companhia Editora Nacional. São Paulo. 1975. 360 p.

MACHADO, J. L. F.; FREITAS, M. A. **Projeto mapa hidrogeológico do Estado do Rio Grande do Sul: escala 1:750.000, relatório final**. Porto Alegre, CPRM, 2005.

MACIEL FILHO, C. L. **Introdução a geologia de engenharia**. 3 ed. Santa Maria: Editora da UFSM, 2008.310p.

MIRANDA, C. R. de; ZARDO, A. O.; GOSMANN, H. A. **Instrução técnica para o suinocultor - uso de dejetos de suínos na agricultura**. Concórdia: EMPRAPA - CNPSA, 1999.

OEA - ORGANIZAÇÃO DOS ESTADOS AMERICANOS; GEF - GLOBAL ENVIRONMENT FACILITY. **Projeto de proteção ambiental e desenvolvimento sustentável do Sistema Aquífero Guarani**. Programa Estratégico de Ação – PEA. [S.l.], 2009. 102 p.

OLIVEIRA, P. V. A. de. **Manual de manejo e utilização dos dejetos suínos**. Concórdia: EMPRAPA - CNPSA, 1993.

PREFEITURA MUNICIPAL DE TAQUARUÇU DO SUL. Disponível em: <<http://taquarucudosulrs.com.br/site/pgsobre/economia.php>> Acesso em: 24 mar. de 2014.

REGINATO, P. A. R.; AHLERT, S. Vulnerabilidade do Sistema Aquífero Serra Geral Na Região Nordeste do Estado do Rio Grande do Sul. **Revista Águas Subterrâneas**, v. 27, n. 2, p. 32-46, 2013.

RIBEIRO, D. M.; ROCHA, W. F.; GARCIA, A. J. V. Vulnerabilidade Natural À Contaminação dos Aquíferos da Subbacia do Rio Siriri, Sergipe. **Águas Subterrâneas**, v.25, n.1, p.91-102, 2011.

SEGANFREDO, M. A.; SOARES, I. J.; KLEIN, C. S. **Qualidade da água de rios numa região de pecuária intensiva de SC**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2003.

SEMA. SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL. **Mapa das Bacias Hidrográficas e Municípios do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre, SEMA, 2004.

SIAGAS. SISTEMA DE INFORMAÇÕES DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS. Disponível em: <<http://siagasweb.cprm.gov.br/layout/>>. Acesso em: 12 mar. 2015.

SILVÉRIO DA SILVA, J. L.; DESCOVI FILHO, L. L. V.; LORENSI, R. P.; CRUZ, J. C.; ELTZ, F. L. Vulnerabilidade do Aquífero Serra Geral à contaminação no Município de Erechim - Rio Grande do Sul - Brasil. **Revista Ciência e Natura**, v. 35, n.1, 2013, p. 10 - 23.

SIMIONI, J.; COMIN, J. J.; SEGANFREDO, M. A.; IRGANG, R. Riscos de contaminação do solo, águas subsuperficiais e fitoxidez às culturas por cobre e zinco aplicados via dejetos de suínos. In: XXII Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, 2002, Florianópolis/SC. **Anais...** Rio de Janeiro: ABAS, 2002.

VON SPERLING, M. **Introdução a qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. Belo Horizonte: UFMG, 2005. 452p.

ABSTRACT: With the increased exploitation of groundwater resources and the perception of the need for a efficient management of these reservations, various studies arise aiming to collaborate with the management policies. Among these methodologies that determine the vulnerability of the aquifer to contamination. So, using one of these methodologies the GOD system aimed to determine the natural vulnerability of the aquifer to contamination in the city of Taquaruçu do Sul, located in the northwest of Rio Grande do Sul State. The vulnerability indices varied from insignificant to medium. It is strongly correlated with the local geological formation characterized by the presence of forming basaltic rocks of the Serra Geral Aquifer System in containment area. However, in the study area stands out the pig breeding activities that may contaminate groundwater through of dumping the waste in soil, crops and pastures, mostly.

KEYWORDS: Groundwater resources; Swine breeding; Confinement zone.

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



9 788593 243394