



## MAPEAMENTO 2D E 3D DA CONDUTIVIDADE HIDRÁULICA DE BACIA HIDROGRÁFICA PARA ESTUDOS GEOAMBIENTAIS

Décio Lopes Cardoso (PQ)<sup>1</sup>,  
Simone Minuzzo (TC)<sup>2</sup>,  
Camila Daiane Cancelier (IC)<sup>3</sup>

**Resumo:** O mapeamento de bacias hidrográficas utilizando pacotes computacionais vem sendo cada vez mais aplicado devido às inúmeras vantagens oferecidas, tais como economia de tempo de levantamento de campo, facilidade de manipulação e, sobretudo, visualização espacial dos dados. O presente trabalho apresenta uma visualização em três dimensões da condutividade hidráulica de uma região da cidade de Cascavel, localizada no Jardim Floresta, proveniente da investigação in situ geológico-geotécnica para estudos geoambientais futuros.

*Palavras Chave:* mapeamento, condutividade, visualização tridimensional.

**Abstract:** The mapping of watersheds using computational packages is being increasingly applied due to the numerous advantages such as saving time field survey, ease of handling and, especially, spatial visualization of data. This work presents a three-dimensional visualization of hydraulic conductivity in a region of the Cascavel city, located in Forest Garden, object research in situ geological and geotechnical geoenvironmental future studies.

*Keywords:* mapping, conductivity, three-dimensional viewing .

### INTRODUÇÃO

A elevada condutividade hidráulica do solo é um fator complicador em estudos geoambientais, pois, nas obras de engenharia, provoca instabilidade dos maciços terrosos. A estabilidade dos maciços é fundamental, principalmente para obras que utilizam o próprio maciço como elemento construtivo, como barragens, aterros sanitários e estradas.

O solo é composto por um arranjo de partículas, entre essas partículas existem vazios, que podem estar preenchidos por ar ou água. A água presente nesses vazios pode estar em equilíbrio hidrostático, ou percolar livremente entre as partículas, dependendo da permeabilidade do solo (capacidade da água fluir entre as partículas). No fluxo da água no solo existe uma força que se aplica a todos os grãos, chamada de força de percolação, originada pelas perdas de carga por atrito. Esta força de percolação gera instabilidade na estrutura do solo, acarretando problemas para a construção civil, como instabilidade de barragens, cortes e aterros.

O mapeamento geotécnico nasceu da necessidade de representações das características e condições do solo, importantes na concepção e execução de obras de engenharia e no disciplinamento do uso do solo (ZUQUETTE, 1993). É um instrumento

<sup>1</sup> Prof. Doutor, pesquisador do Colegiado de Engenharia Civil da UNIOESTE, Campus de Cascavel. Cascavel – PR. deciolc@gmail.com.

<sup>2</sup> Engenheira Civil, Ampere-PR. Siminuzzo\_ecivil@hotmail.com.

<sup>3</sup> Acadêmica do Curso de Engenharia Civil – UNIOESTE. camilacancelier@yahoo.com.br.



de trabalho indispensável no âmbito da gestão e do planejamento estratégico de qualquer empreendimento, uma vez que é uma representação generalizada dos diversos componentes geotécnicos envolvidos. Na etapa de diagnóstico de qualquer empreendimento ele é essencial (LIPORACI, 1994).

O planejamento adequado de projetos de geoestruturas e geoambientais deve ter como paradigma o desenvolvimento das comunidades sem agredir o meio ambiente, salvaguardado sob o termo sustentabilidade (PEJON e ZUQUETTE, 1995). O mapeamento geotécnico, ao definir unidades com características geodinâmicas semelhantes surge, então, como uma ferramenta indispensável para auxiliar os planejadores e gestores públicos e privados nas intervenções necessárias para acompanhar o rápido crescimento urbano (RODRIGUES e AUGUSTO FILHO, 2009). Quando o mapeamento é executado utilizando-se das atuais tecnologias de geoprocessamento, aliadas aos fundamentos conceituais da Geotecnia, apresenta-se como poderosa ferramenta de planejamento das geoestruturas e dos estudos geoambientais, não somente pela capacidade de armazenamento, manipulação e análise de uma grande quantidade de informações, mas também pela possibilidade de incorporação de novas ferramentas às formas tradicionais de obtenção e cruzamento de dados, sendo de grande utilidade e eficiência nos estudos geoambientais em geral e nos projetos de geoestruturas em particular (VIEIRA e KURKDJIAN, 1993).

Os órgãos públicos e privados ao lidarem com gestão de empreendimentos de engenharia carecem de informações sobre as características geológicas-geotécnicas na forma de mapas em um sistema computacional, para que o planejamento e a execução desses empreendimentos sejam técnica e ambientalmente otimizados.

A geração do mapeamento geotécnico traz melhorias no desenvolvimento de projetos de Engenharia na região em análise, e uma economia para os empreendedores, que sempre relutam em fazer análises de solos e prospecções de campo devido ao custo, pois serão necessárias apenas sondagens confirmatórias para constatar os dados do mapeamento geotécnico, minimizando assim os gastos e dando maior segurança aos projetistas.

## **METODOLOGIA**

### **Ensaio de condutividade hidráulica**

Neste trabalho foram executados ensaios de permeabilidade no campo conforme metodologia ABGE (1996) e taxa de percolação conforme metodologia NBR 13969 (ABNT, 1997), em pontos de intersecção de um gride previamente definido, e ensaios de condutividade hidráulica em laboratório, em permeômetros de carga variável (HEAD, 1998).

Na fase de representação 2D e 3D dos mapas temáticos, as etapas foram conduzidas conforme elencadas abaixo:

-Coleta e Manipulação dos Dados de Entrada: foi consultado o trabalho de graduação “Metodologia Para a Elaboração da Carta de Documentação Geotécnica de Cascavel - PR” (ZANG, 1999).



-Edição e Tratamento dos Dados: a cada parâmetro/propriedade dos pontos amostrados foi associado um valor numérico, para realizar a interpolação destes dados.

-Geração De Arquivo de Coordenadas: gera-se então, para cada parâmetro, um arquivo contendo as coordenadas (x,y,z), onde as duas primeiras colunas (x,y) representam as coordenadas do ponto de sondagem e a terceira coluna (z) representa o valor numérico atribuído a cada parâmetro. Cada linha do arquivo de coordenadas representa um dos pontos de sondagem.

-Geração de Arquivo CAD – Pontos 3D: com os arquivos de coordenadas gera-se no Software Auto Cad um arquivo de pontos 3D. Este arquivo foi gerado ponto a ponto através de suas coordenadas (x,y,z).

-Uso do software Surfer: os arquivos de coordenadas são então importados para o software Surfer, para então aplicar as técnicas de geoprocessamento. Este software possui técnicas de interpolação que transformam dados (x,y,z) de uma superfície em mapas com qualidade de apresentação e impressão. O software cria isolinhas, vetores, imagens, pontos cotados e mapas 3D (superfície), sendo largamente utilizado para modelagem numérica do terreno, análises de superfícies e geração de mapas.

-Interpolação dos dados: Os dados entram no software como um arquivo contendo as coordenadas (x,y,z), sendo então interpolados e transformados em um arquivo com extensão “grd”. Para cada arquivo referente a cada parâmetro (tema) é gerado um arquivo “grd”. A partir deste arquivo foram então geradas as isolinhas, por meio do método interpolador kriging.

-Geração de isolinhas: com os valores interpolados foram geradas as isolinhas, representando as faixas de valores semelhantes para cada informação.

-Geração dos mapas temáticos: cada parâmetro em análise (tema) gerou um mapa temático, o qual contém informações específicas de determinadas regiões geográficas definidas por faixas coloridas, cujas graduações indicam os níveis hierárquicos relativos àquele parâmetro, seja no plano bidimensional seja no espaço tridimensional.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nas Tabelas 1a e 1b estão apresentados os dados coletados em campo, referentes às coordenadas obtidas por georreferenciamento (GPS) e ensaios de condutividade hidráulica in situ.

Os dados das tabelas acima geraram as figuras seguintes. Na Figura 1 estão as representações 2D e 3D do relevo da região em estudo, ou seja, as coordenadas longitude, latitude e altitude. Na Figura 2 estão as representações 2D e 3D da distribuição espacial da condutividade hidráulica na região em estudo, ou seja, o valor da altitude no relevo foi substituído pelo valor da condutividade hidráulica medida na respectiva coordenada.



Tabela 1a: Coordenadas geográficas e coeficiente de condutividade hidráulica do solo na coordenada para as sondagens S1 a S23

Sonda	Longitude	Latitude	Altitude	k (m/s)
1	257117	7242440	720	0,00408555
2	257246	7242522	714	0,00052964
3	256008	7242873	689	0,00087368
4	256574	7243206	663	0,00041912
5	255861	7243520	667	0,00073996
6	255856	7243345	687	0,00047676
7	255841	7243200	698	0,00059250
8	255827	7243051	691	0,00166867
9	256298	7242459	722	0,00006865
10	256517	7242485	704	0,00109752
11	256705	7242474	679	0,00058613
12	256894	7242681	665	0,00098048
13	256286	7242863	664	0,00036340
14	256589	7243089	667	0,00201889
15	256840	7242728	704	0,00044926
16	257052	7242768	704	0,00197024
17	256312	7242636	686	0,00314480
18	256267	7243140	689	0,00138580
19	256312	7242636	714	0,00314480
20	256541	7243101	690	0,00103900
21	256120	7243034	690	0,00056160
22	256388	7242569	704	0,00074490
23	255899	7242516	715	0,00048290



Tabela 1b: Coordenadas geográficas e coeficiente de condutividade hidráulica do solo na coordenada para as sondagens S24 a S49

Sonda	Longitude	Latitude	Altitude	k (m/s)
24	256932	7242800	680	0,00190290
25	256992	7242968	664	0,00200050
26	256679	7242523	690	0,00107470
27	256722	7242741	692	0,00264800
28	256534	7243177	694	0,00090290
29	256279	7243297	679	0,00111860
30	256698	7242878	687	0,00143690
31	256669	7243083	700	0,00096610
32	256638	7242536	701	0,00133980
33	256179	7242999	694	0,00106690
34	255965	7242766	703	0,00056080
35	256241	7242503	709	0,00082790
36	256763	7242559	689	0,00098530
37	256735	7242589	693	0,00113100
38	256622	7242716	698	0,00276980
39	256753	7243071	694	0,00116750
40	256451	7243028	700	0,00116060
41	256281	7242646	712	0,00286810
42	256273	7242944	698	0,00100830
43	256052	7243172	676	0,00091420
44	256622	7242914	702	0,00147220
45	256878	7242913	688	0,00142500
46	256302	7242749	708	0,00123910
47	256168	7242573	716	0,00023040
48	256168	7243028	700	0,00172290
49	256482	7242879	699	0,00179480

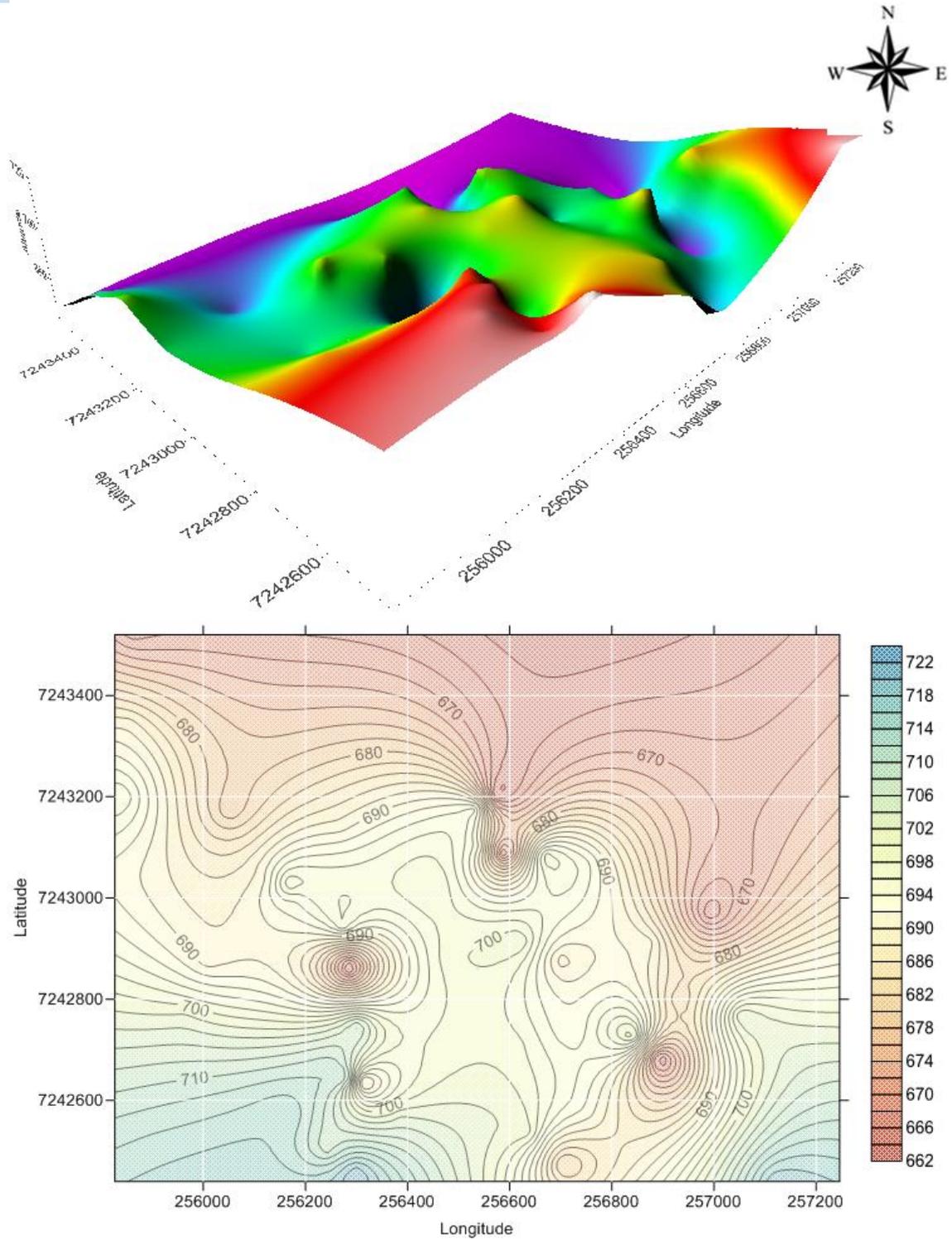


Figura 1: – Representação bi e tridimensional do relevo da região em estudo

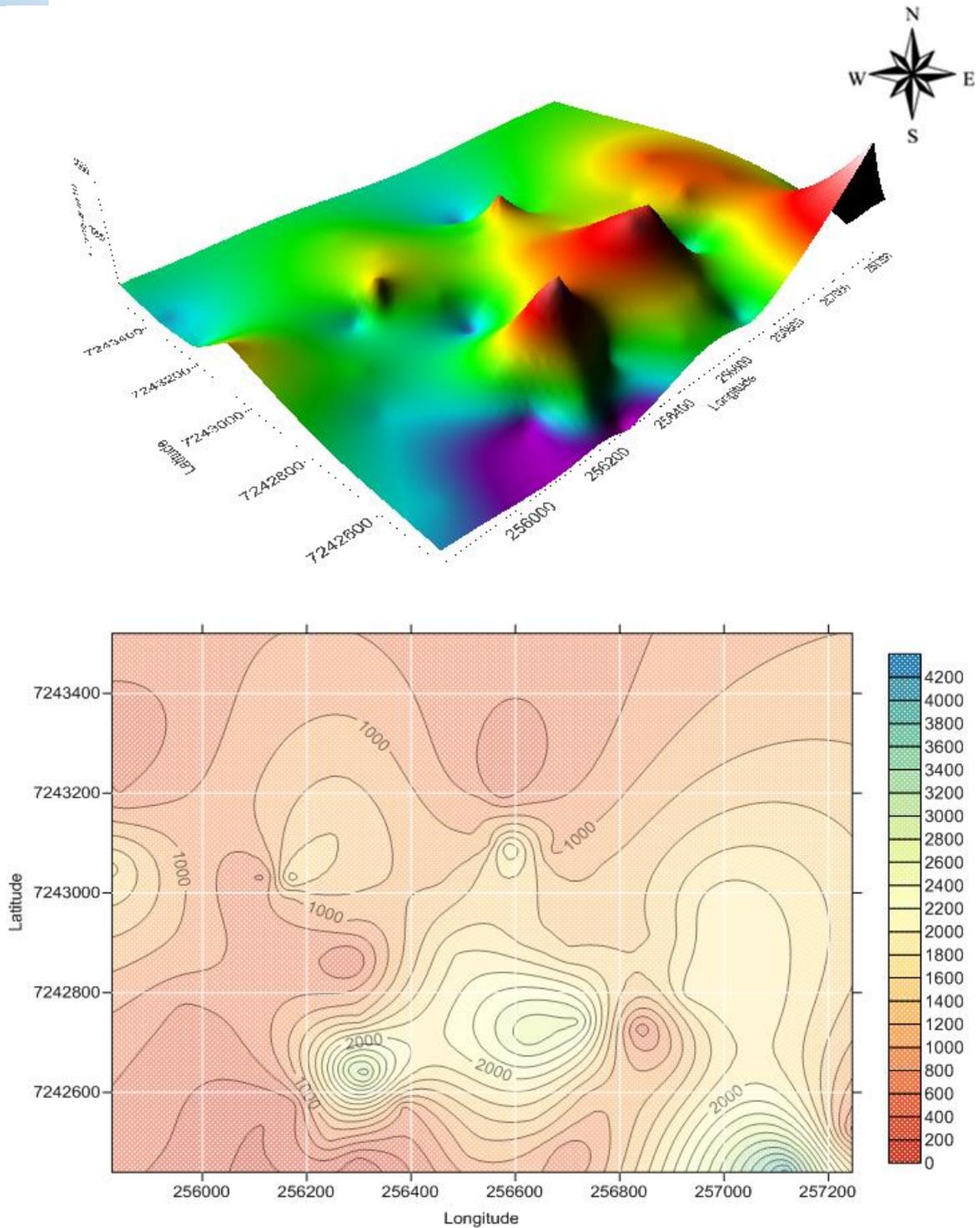


Figura 2: – Representação bi e tridimensional da condutividade hidráulica da região em estudo

O respectivo trabalho possibilitou uma visualização da capacidade de utilização do software Grapher como uma ferramenta de estudos na área geotécnica, com o intuito de realizar análise de dados gerados pelo cruzamento de informações de um determinado terreno oriundas do geoprocessamento e dados obtidos através de ensaios geotécnicos. A obtenção de dados que relacionam as duas áreas proporciona uma melhor visualização do comportamento do solo de um determinado local, sendo esta de



grande importância para realização de estudos geoambientais e projetos de geoestruturas em particular.

Os resultados obtidos com a acoplagem de Geoprocessamento e Geotecnia permitem as definições de metodologias aplicáveis no campo da Engenharia Civil, proporcionando os conhecimentos de novas metodologias emergentes quanto ao uso e ocupação dos solos, bem como aplicação direta de informações relativas às áreas urbana e rural da região em estudo.

A geração de dados por meio da ferramenta utilizada mostrou-se satisfatória, visto que o mapeamento gerado pode agregar mais segurança para o desenvolvimento de projetos de engenharia, havendo somente a necessidade de realização de sondagens confirmatórias, significando assim uma considerável economia para os empreendedores.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A utilização de ferramentas computacionais na representação de dados de relevo e de propriedades de engenharia de interesse aos estudos geoambientais mostra-se bastante promissora no âmbito acadêmico da União. O grupo envolvido neste trabalho vem atuando efetivamente no Laboratório de Geotecnia no sentido de implantar e consolidar linhas de pesquisas que venham contribuir para o desenvolvimento da coleta, manipulação, tratamento computacional e disponibilização ao público de dados das bacias hidrográficas da região.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13969**: Projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos. Rio de Janeiro, ABNT, 1997.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA. **Ensaio de permeabilidade em solos**. Boletim N. 4. São Paulo, ABGE, 1996. 3 p.

LIPORACI, S. R.(1994): **Procedimentos e metodologias de mapeamento geotécnico: aplicados na cidade e parte do município de Poços de Caldas (MG) - escala 1:25.000 - visando o planejamento do uso e ocupação do meio físico**. São Carlos-SP. Dissertação (Mestre em Geotecnia) - Escola de Engenharia de São Carlos - EESC, Universidade de São Paulo - USP.

HEAD, K.H. **Manual of soil laboratory testing**. London: Pentech Press, 1998. 1238 p.  
PEJON, O.J.; ZUQUETTE, L.V. Mapeamento geotécnico regional na escala 1:100.000 – considerações metodológicas. **Rev.IG**. São Paulo, Volume Especial 1995.

RODRIGUES, V.L.; AUGUSTO FILHO, O. Mapeamento geotécnico como base para o planejamento urbano e ambiental: município de Jaú (SP). **Revista Brasileira de Geociências**, 39(1): 01-15, março de 2009.

VIEIRA, I.M.; KURKDJIAN, M.L.N.O.(1993); Integração de dados de expansão urbana e dados geotécnicos como subsídio ao estabelecimento de critérios de ocupação



em áreas urbanas. In: **SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 7**. Curitiba, PR, 10- Anais. Curitiba. v.1, p. 163-171.

ZANG, M. R. (1999): **Metodologia para a elaboração da carta de documentação geotécnica da cidade de Cascavel – PR**. Trabalho de Graduação Integrado do curso de Engenharia civil da UNIOESTE. (Cascavel – PR).

ZUQUETTE, L.V. **Importância do mapeamento geotécnico no uso e ocupação do meio físico: fundamentos e guia para elaboração**. São Paulo: Universidade de São Paulo – Escola de Engenharia de São Carlos, 1993. v. 2. Dissertação (Mestrado), Universidade de São Paulo.