

Contribuição à Cartografia Geotécnica de Grandes Áreas com o uso de Sistemas de Informações Geográficas: Uma Aplicação à Região do Médio Uruguai (RS)

Prof. Ms. Mario Sergio Wolski ¹
 Prof^a. Dr^a. Dora Maria Orth ²
 Prof^a. Dr^a. Regina Davison Dias ³

¹ URI - Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões
 Av. Universidade das Missões, 393. Cx. Postal 203
 98802-470 Santo Ângelo RS
 ✉ mwolski@urisan.tche.com.br

² UFSC - Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil.
 Cx. Postal 476
 88010-970 Florianópolis SC
 ✉ ecv1dmo@ecv.ufsc.br

³ UFSC - Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil
 Cx. Postal 476
 88010-970 Florianópolis SC
 ✉ ecv1rdd@ecv.ufsc.br

Conteúdo	
	1. Introdução
	2 Base Teórica
	2.1 Sistema de Informações Geográficas - SIG
	2.2 Mapeamento Geotécnico
	3. Metodologia
	3.1 Preparação inicial
	3.2 Estruturação da base de dados gráficos
	3.3 Composição do mapa no SIG e montagem do banco alfanumérico
	4. Resultados
	5. Conclusões
	6. Referências Bibliográficas

Resumo: A cartografia geotécnica de grandes áreas, baseada na metodologia de mapeamento geotécnico desenvolvida para o sul do Brasil, tem buscado incorporar em sua estrutura metodológica as atuais tecnologias de cartografia digital e, em especial, dos Sistemas de Informação Geográfica (SIG). No entanto, a ausência de estudos anteriores específicos tem dificultado os avanços desse campo da engenharia. Dessa forma, o presente trabalho objetiva estabelecer os fundamentos metodológicos para a composição do mapa de estimativa de unidades geotécnicas, com o uso de SIG. O trabalho foi desenvolvido para a região do Médio Uruguai (RS), na escala 1:250.000, e consistiu basicamente na estruturação da base de dados gráficos, através da conversão dos mapas analógicos de pedologia, geologia e topografia da região para meio digital, com posterior cruzamento no SIG. Os resultados obtidos permitem concluir que o SIG pode constituir-se em uma ferramenta que supera os métodos tradicionalmente utilizados para representação e análise espacial no mapeamento geotécnico.

Palavras-chave: Cartografia Geotécnica, Mapeamento Geotécnico e Sistema de Informação Geográfica (SIG).

Abstract: Geotechnical cartography of large areas based on the geotechnical mapping methodology developed for the south of Brazil, has set out to incorporate into its methodological structure current digital cartography technologies, mainly of the Geographical Information Systems (GIS). However, the lack of a specific studies has hampered advances in the field of engineering. For this reason, the aim of the present study is to lay down the methodological foundation for composition of the map of estimates of geotechnical units in GIS. The study was carried out for the Middle Uruguay region (RS), on the scale 1:250,000, and consists basically of the structuring the graphic data base, by means of the conversion of analogical maps of the pedology, geology and topography of the region for digital purposes, so as crossing subsequently in GIS. The results obtained make it possible to conclude that the GIS may constitute a tool superior to traditionally used methods for representation and spatial analysis in geotechnical mapping.

Keywords: Geotechnical Cartography, Geotechnical Mapping and Geographic Information Systems (GIS).

1. INTRODUÇÃO

Os estudos geotécnicos em escala regional constituem-se num importante elemento de suporte ao planejamento físico territorial, prestando-se, em geral, a uma primeira aproximação da utilização potencial da área mapeada. Ao identificar as zonas de ocorrência dos solos com perfis de origem e características físicas e morfológicas semelhantes, ou seja, unidades geotécnicas similares, pode-se estabelecer um zoneamento preliminar da região de interesse.

Geralmente, os estudos geotécnicos desenvolvem-se no plano topográfico, em escalas pontuais, definindo o comportamento de perfis

solicitados para obras de engenharia. No mapeamento de grandes áreas, surgem problemas de representação cartográfica, resultantes das distorções em função da forma irregular da superfície terrestre, que implicam no conhecimento de conceitos cartográficos importantes. No entanto, os profissionais da área geotécnica nem sempre estão totalmente familiarizados com tais conceitos.

Adicionalmente à necessidade de compreensão dos principais fundamentos cartográficos, a linha de pesquisa em mapeamento geotécnico enfrenta o desafio da incorporação das atuais tecnologias de análise espacial à estrutura de trabalho. A utilização dos Sistemas de Informação Geográfica (SIG) para o mapeamento geotécnico pode ser de grande importância, especialmente quando se trabalha com o mapeamento de grandes áreas, em que o volume de informações dificulta as análises por processos não-computacionais. As informações provenientes dos levantamentos podem ser armazenadas em bancos de dados no SIG e manipuladas com o objetivo de gerar informações derivadas que possam contribuir ao planejamento do meio físico e à tomada de decisões.

A geração de análises, a partir do gerenciamento da base de dados geotécnicos, é seguramente a maior contribuição que os SIGs podem trazer ao mapeamento geotécnico. No entanto, a eficiência das análises no SIG está condicionada à qualidade das informações introduzidas no sistema. Na maior parte das situações, os dados existentes estão disponíveis apenas na forma analógica (mapas de traço), sendo necessário convertê-las para meio digital, prepará-las para a entrada no SIG, mantendo a precisão, introduzi-las no sistema, para, então, proceder às análises desejadas.

Na verdade, nenhum sistema pode trabalhar adequadamente e produzir resultados confiáveis, por melhor que sejam os recursos de *hardware* e *software*, se não for alimentado por informações consistentes. Em função do volume de dados que são trabalhados, da precisão cartográfica requerida e da necessidade de recursos humanos aptos, essa etapa é considerada como a mais cara e demorada de um projeto de SIG.

Assim, a questão básica apresentada pelo trabalho está na estruturação da base de dados gráficos geotécnicos, visando sua entrada em SIG para composição do mapa de estimativa de unidades geotécnicas.

Para realizar essa proposta, optou-se por coadunar interesses comuns em relação à área de abrangência do trabalho, quais sejam: (1) a existência de um estudo de mapeamento geotécnico para o Rio Grande do Sul na escala 1:1.000.000, realizado na porção norte (até a latitude - 30°) do estado por DAVISON DIAS e ARNOLD (1995), e (2) a necessidade de conhecimento do meio físico para subsidiar ao "Plano de Desenvolvimento Integrado da Região do Médio Uruguai apoiado numa proposta de Desenvolvimento Sustentado" (URI - PDIRMU, 1996), com a participação de 81 municípios do Estado do RS e cujo objetivo é subsidiar organismos públicos e privados para buscar a recuperação do crescimento e desenvolvimento regional de uma maneira integrada.

Cabe ressaltar que a carência de informações é, sem sombra de dúvidas, um fator impeditivo para o desenvolvimento de muitos projetos, que acabam por permanecer no papel, visto que o custo de obtenção dessas informações básicas é muito alto. O fato de trabalhar-se com uma proposta de pesquisa aplicada, suprimindo uma lacuna no conhecimento do meio físico da região, também merece ser realçado.

2 Base Teórica

2.1 Sistema de Informações Geográficas - SIG

Para traçar uma linha de pensamento adequada a respeito de Sistemas de Informação Geográfica, é importante entender, antes de mais nada, o significado de um sistema de informação em seu sentido mais amplo. De acordo com CALKINS e TOMLINSON, citados por STAR e ESTES (1990), o termo sistema de informação refere-se a uma cadeia de operações que consistem na observação e coleta de dados, armazenagem e análise desses dados e a utilização da informação derivada em processos de tomada de decisão. Dentro desse contexto, o Sistema de Informação Geográfica - SIG (*Geographic Information System -GIS*) aparece como um sistema de informação designado para trabalhar com dados referenciados por coordenadas espaciais ou geográficas, de forma manual ou automatizada. Atualmente, no entanto, é difícil desvincular o conceito de SIG de um sistema de informação que trabalha com dados espaciais de forma automatizada. O conceito de JACKSON apud WEBER (1995) sinaliza justamente nessa direção: "*Um SIG pode ser considerado um sistema computacional projetado para a entrada, armazenagem, manipulação, análise, representação e recuperação eficientes de todas as formas de dados geograficamente indexados e descritivos a eles relacionados*".

2.2 Mapeamento Geotécnico

Os termos mapeamento geotécnico e cartografia geotécnica são referidos na literatura muitas vezes como similares. É possível diferenciá-los, no entanto, na medida em que se compreende mapeamento geotécnico como o processo que abrange todos os procedimentos necessários para a obtenção da carta geotécnica e cartografia geotécnica como a representação gráfica dos produtos do mapeamento.

Na definição proposta por ZUQUETTE (1981), mapa ou carta geotécnica é a representação gráfica na qual são avaliados todos os componentes de um ambiente geológico de particular interesse para o planejamento, projeto e construção civil. Para a *International Association of Engineering Geology* (I.A.E.G., 1976), mapa geotécnico é um "tipo de mapa geológico que fornece uma representação generalizada de todos os componentes do ambiente geológico de significado no planejamento do uso e ocupação dos terrenos, e em projetos, construção e manutenção, aplicada a obras civis e engenharia de minas." Na prática, corresponde a um resumo de outros documentos, como a carta geológica, pedológica, hidrogeológica, geomorfológica, entre outras, dependendo do método de mapeamento adotado, acrescido, normalmente, de um relatório que a descreva, mostrando os critérios usados e as propostas de soluções, explica SANTOS (1990).

A perspectiva de utilização da carta geotécnica tão somente para o campo da engenharia civil alterou-se a partir da década de 70, em decorrência do incremento na percepção da importância de considerar-se os limites ambientais no planejamento do uso e ocupação do meio físico. Sob esse contexto, o mapeamento geotécnico também incorporou a dimensão ambiental em seus objetivos de atuação, como destacam BASTOS e SOUZA (1996): "*o mapeamento geotécnico é uma ferramenta para o conhecimento das características ambientais do meio, pois reúne, em uma mesma unidade geotécnica, solos com origem, pedogênese e características físicas e morfológicas semelhantes e, dessa forma, comportamento geotécnico similares frente à diferentes solicitações*". À essa definição pode-se agregar o ponto de vista de SANTOS (1990): "*mapa geotécnico é um documento complexo que integra um certo número de dados do solo e subsolo de uma região, sintetizando-os e interpretando-os, prevendo possíveis respostas à intervenção humana, pois o meio físico, além de suas potencialidades, também apresenta suas limitações de uso*".

Atualmente muitos estudos geotécnicos têm se direcionado para a linha da geotecnia ambiental, tais como os trabalhos realizados por BRANDT e CALIJURI (1996); LIPORACI et al. (1996); DAVISON DIAS e TREVISAN SANTOS (1996); BARROSO et al. (1996); DINIZ e FREITAS (1996).

A elaboração de cartas geotécnicas é mais freqüente para o ambiente urbano, subsidiando a definição do direcionamento da expansão urbana. Já a execução de mapeamento geotécnico em escala regional (1:100.000 a 1:250.000) orienta estudos de maiores detalhes, auxiliando no macro planejamento do uso e ocupação regional. Ao possibilitar uma visão integrada das características geológicas, geomorfológicas, geodinâmicas, hidrogeológicas e do uso atual e aptidão de uso da terra, o mapeamento geotécnico, salientam ROMÃO e SOUZA (1996), auxilia no planejamento da ocupação do meio físico, amenizando os impactos ambientais provenientes da ação antrópica. O mapeamento possibilita, ainda, a orientação de anteprojetos de grandes obras de engenharia (projetos de urbanização, barragens, estradas, linhas de transmissão de energia), assim como a avaliação dos impactos causados por essas obras (BASTOS e ALVES, 1996); localização de depósito de rejeitos; definição de áreas a serem preservadas para proteção de recursos hídricos (BASTOS e SOUZA, 1996), entre outras possibilidades de utilização.

CALIJURI e RIOS (1996) também realçam a importância do mapeamento geotécnico para o planejamento do meio físico: "a elaboração de mapeamento geotécnico é considerada como um dos melhores mecanismos para avaliação do meio físico, permitindo o planejamento de áreas urbanas e rurais [...]."

De forma similar, MATULA (1974) in LIPORACI (1994) reforça esse direcionamento:

"o ambiente geológico é um sistema de multicomponentes, dinâmico e muito complicado, que reagirá à intervenção do homem e da engenharia. Sendo assim, o mapeamento é o método fundamental para estudar o ambiente geológico; o mapa é o produto final de uma investigação urbana e/ou regional que melhor facilita a representação da distribuição, variabilidade espacial das relações, bem como das relações mútuas entre as unidades de rochas diferentes, tipos de água e processos geodinâmicos atuantes."

3. Metodologia

A metodologia utilizada no presente trabalho foi desenvolvida com o intuito de gerar o mapa de estimativa de unidades geotécnicas para a Região do Médio Uruguai, na escala 1:250.000, com o uso de Sistema de Informação Geográfica (SIG). Nesse contexto, os procedimentos adotados correspondem à primeira etapa da metodologia de mapeamento geotécnico proposta para o sul do Brasil. Os itens a seguir apresentam a representação sumária das atividades desenvolvidas no trabalho.

3.1 Preparação inicial

Preliminarmente à estruturação da base de dados gráficos em meio digital, procedeu-se à coleta e organização dos dados existentes e necessárias para o desenvolvimento do trabalho.

3.2 Estruturação da base de dados gráficos

Uma vez que o processo de digitalização foi desenvolvido em ambiente CAD com o objetivo de utilização dos dados gráficos posteriormente em SIG, alguns procedimentos importantes foram adotados para a digitalização do mapa base e mapas temáticos. O software utilizado para digitalização foi o MicroStation 95 versão 5.5, da Bentley Systems Inc.

O processo de digitalização no MicroStation foi planejado tomando-se como referencial geográfico a grade de coordenadas do sistema plano UTM. A estruturação da base topográfica partiu da articulação das folhas do levantamento sistemático adotado pelo Sistema Cartográfico Nacional (SCN), tendo em vista a extensão da área de estudo, que abrangia, parcialmente, sete cartas topográficas na escala 1:250.000, em dois fusos distintos, ou seja, parte da área localiza-se na zona UTM 21 e parte na zona UTM 22.

Os arquivos contendo os mapas pedológico (simplificado), geológico, topográfico e político, gerados no formato DGN, foram exportados no formato DXF (Drawing Exchange File). A importação para o software IDRISI deu-se através da rotina DXFIDRIS. A seguir, procedeu-se à reformatação, convertendo-os de ASCII para binário.

O passo seguinte consistiu na união dos dois fusos em cada mapa - para posterior composição das imagens -, alterando-se novamente o sistema de referência UTM para coordenadas geográficas (latitude e longitude) pelo módulo PROJECT do IDRISI. Para possibilitar a alteração, foram criados arquivos de referência no módulo de entrada de dados através do menu EDIT (editor de texto ASCII) para cada fuso, com os parâmetros cartográficos para sua representação.

Com os arquivos referenciados ao sistema de coordenadas geográficas, passou-se à edição de feições no software TOSCA. Primeiramente, os arquivos referentes ao fuso 21 e 22 foram unidos pelo módulo APEND, passando a constituir um arquivo único. A linha de borda entre os fusos foi eliminada e os polígonos limitrofes foram unidos.

A segunda etapa de edição consistiu na atribuição de um código ou identificador para as feições representadas por polígonos (unidades pedológicas, unidades geológicas e unidades administrativas). Cada arco componente de um mesmo polígono recebeu a identificação de sua localização em relação ao polígono considerado (esquerda/direita). A seguir, através do módulo CYCLE fez-se a construção de polígonos a partir dos arcos organizados. Na etapa de rasterização, cada célula do polígono irá assumir o valor determinado pelo identificador escolhido.

Concluída a construção dos polígonos no TOSCA, os arquivos foram novamente levados para o IDRISI para a conversão vetorial/matricial. Para viabilizar a conversão, criou-se uma imagem de inicialização (imagem em branco) através do menu INITIAL no módulo de entrada de dados do IDRISI. Foram definidos os parâmetros espaciais, entre os quais o sistema de referência, e calculado o número de colunas e linhas da imagem a ser gerada, em função da resolução pretendida para o mapa final. A conversão vetorial/matricial propriamente dita foi obtida com o módulo POLYRAS (conversão de arquivos poligonais), do menu REFORMAT. Com esse procedimento, cada célula do polígono passou a assumir o valor do identificador definido na etapa de edição. Por fim, as classes de imagens de pedologia e geologia foram combinadas, com o auxílio do módulo CROSSTAB, gerando a imagem de estimativa de unidades geotécnicas. Para melhor definição dos limites das unidades geotécnicas, o mapa topográfico foi sobreposto à imagem resultante da combinação, mas apenas como plano de cobertura (arquivo vetorial).

A edição do mapa final (composição da legenda de cores) foi baseada na referência da ordenação de classes de solos estabelecida

3.3 Composição do mapa no SIG e montagem do banco alfanumérico

Através do Sistema de Gerenciamento de Banco de Dados (SGBD), no módulo "DATABASE WORKSHOP" do IDRISI, foi estruturado um banco de dados alfanumérico, contendo 81 registros (linhas) e 16 campos (colunas). Os registros correspondem aos municípios da região do Médio Uruguai e nos campos foram armazenados os atributos relacionados aos municípios. O arquivo foi criado no formato Access.

O primeiro campo refere-se aos identificadores de feições, cujos valores são códigos criados especificamente para o trabalho e permitem a ligação dos arquivos imagem com o banco de dados. O segundo campo foi destinado ao nome do município, o terceiro campo para área e o quarto campo destinado à população. Os campos seguintes foram adicionados para descrever a área que cada unidade geotécnica representa em cada município.

4. Resultados

O mapa de estimativas de unidades geotécnicas resultante está representado na figura 1. Na descrição das unidades geotécnicas a ordem das ocorrências está baseada na ordenação das classes de solos.

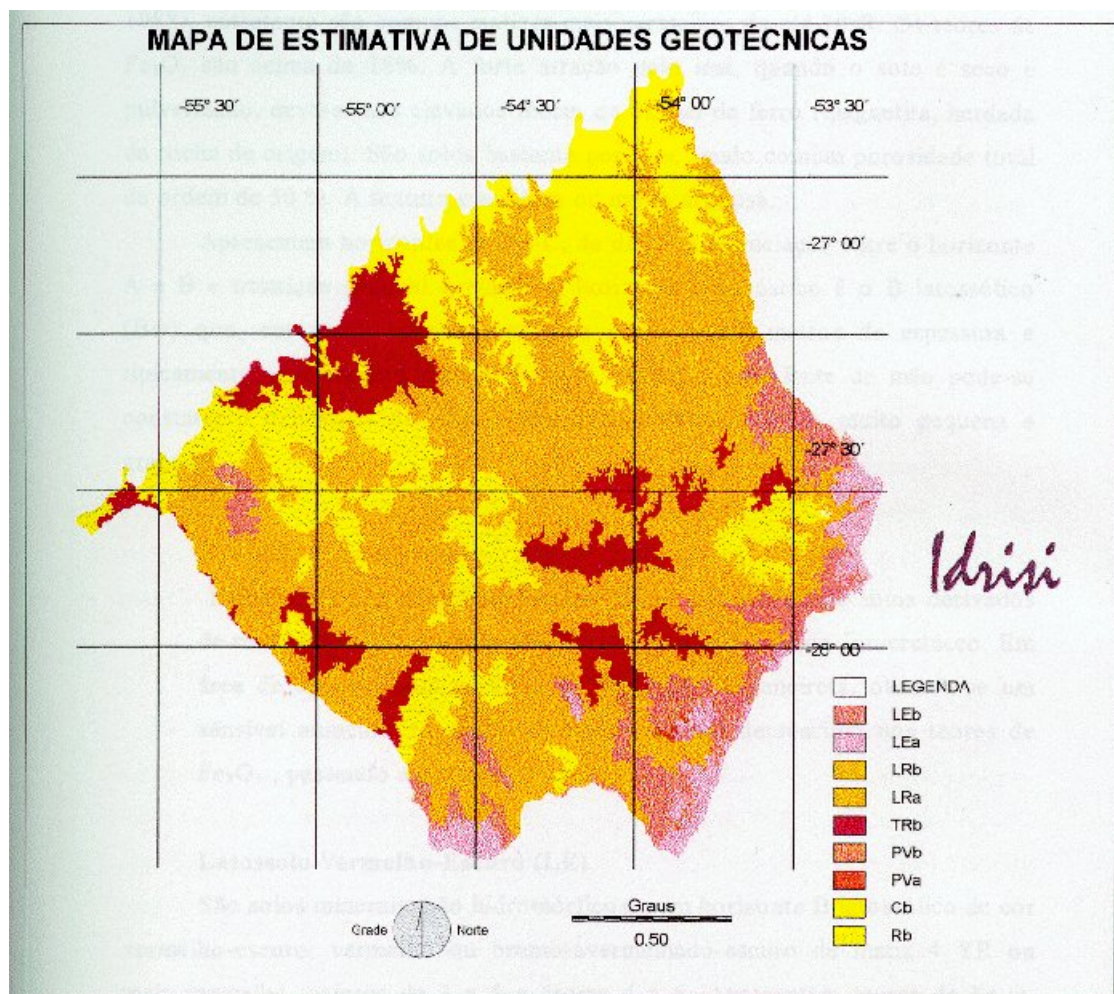


Fig. 1: Região do Médio Uruguai - mapa de estimativa de unidades geotécnicas

Através do Sistema de Gerenciamento de Banco de Dados (SGBD) do IDRISI, foram desenvolvidas análises integradas com o SIG para identificar a distribuição espacial das unidades geotécnicas nos CRDs e nos municípios. As consultas podem ser feitas por localização ao banco de dados, ou através da geração de mapas derivados.

As análises realizadas com o auxílio do SIG permitiram constatar que a unidade LRb (Latossolo Roxo substrato basalto) aparece em 57% da área total, seguida pelas unidades Rb (Solo Litólico substrato basalto), com 12% de ocorrência e Cb (Cambissolo substrato basalto), também com 12% da área, respectivamente. As demais unidades ocorrem com pouca expressividade na Região.

5. Conclusões

O mapa de estimativa de unidades geotécnicas gerado como produto final contribui ao planejamento regional como uma primeira aproximação das potencialidades de uso e ocupação da região. A inexistência de levantamentos pedológicos e geológicos em escalas maiores para a região como um todo impediu a realização de estudos mais particularizados.

Uma vez que o trabalho objetivava também a geração do mapa base para a região, dedicou-se um tempo considerável na edição gráfica dos arquivos. Para evitar essa dificuldade, procurou-se o recurso de trabalhar com dois grupos de arquivos, ou seja, arquivos editados graficamente no CAD e arquivos não editados graficamente, mas com estrutura topológica definida para o SIG, para evitar o refinamento cartográfico excessivo, não requerido pelo SIG.

A estruturação da base de dados gráficos apresentou-se como uma etapa bastante demorada, decorrente, principalmente, da não disponibilidade dos dados em meio digital e da falta de "know how" em cartografia digital e SIG. Essas limitações, no entanto, são superáveis e passam, invariavelmente, pela continuidade do desenvolvimento de trabalhos aplicados.

Como aspecto final, salienta-se a necessidade de ter-se clareza dos objetivos que se deseja alcançar com o produto digital a ser gerado antes de iniciar-se a conversão para meio digital.

O software utilizado para digitalização (MicroStation) mostrou-se bastante adequado à representação cartográfica, apresentando excelentes recursos de edição gráfica. A maior velocidade de regeneração também facilitou os trabalhos de edição.

O software Tosca apresentou-se pouco funcional para a operação de definição dos identificadores e concatenação dos polígonos.

Em função dos objetivos propostos para o trabalho, apenas o recurso de cruzamento de mapas foi explorado no software IDRISI. Mesmo assim, foi possível verificar que se trata de um software de fácil manuseio, requerendo baixo investimento em plataforma de hardware. A adequabilidade ao uso educacional foi também um aspecto constatado com a utilização do software.

Além desses aspectos, é importante destacar que, por trabalhar com estrutura de dados matricial, o IDRISI adapta-se muito bem aos estudos de recursos naturais que envolvam grandes áreas, em que a precisão requerida na quantificação de áreas não é o aspecto mais importante, mas, sim, as análises temáticas.

Com a experiência adquirida com o trabalho, é possível destacar a contribuição do SIG para aprimorar os trabalhos tradicionais do mapeamento geotécnico. Com o uso do SIG, as possibilidades de análise e desenvolvimento de novos estudos ampliam-se grandemente.

6. Referências Bibliográficas

Barroso, J. A. et al.: Diagnóstico ambiental preliminar a partir de mapeamento geológico-geotécnico - estudo de caso: Região Oceânica de Niterói-RJ. In: 2 SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CARTOGRAFIA GEOTÉCNICA E I ENCONTRO REGIONAL DE GEOTECNIA E MEIO AMBIENTE (1996 : São Carlos-SP). Anais... São Carlos-SP: ABGE, 1996. p. 29-40.

Bastos, G.; Alves, A. M. de L.: Mapeamento geotécnico da planície costeira sul do Rio Grande do Sul. In: 2 SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CARTOGRAFIA GEOTÉCNICA E I ENCONTRO REGIONAL DE GEOTECNIA E MEIO AMBIENTE (1996 : São Carlos-SP). Anais... São Carlos-SP: ABGE, 1996. p.19-27.

Bastos, G.; Souza, N. M. de.: Zoneamento geotécnico geral da região de Feira de Santana-BA. In: 2 SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CARTOGRAFIA GEOTÉCNICA E I ENCONTRO REGIONAL DE GEOTECNIA E MEIO AMBIENTE (1996 : São Carlos-SP). Anais... São Carlos-SP: ABGE, 1996. p. 87-92.

Brandt, C.; Calijuri, M. L.: Mapeamento de risco geotécnico da mina de água claras - MBR (MG, Brasil) com uso de SIGs. In: GIS BRASIL 96 - CONGRESSO E FEIRA PARA USUÁRIOS DE GEOPROCESSAMENTO (1996 : Curitiba-PR). Anais ... Curitiba-PR: SAGRES, 1996. p. 824-828.

Calijuri, M. L.; Rios, L.: Elaboração de mapeamento geotécnico utilizando-se Sistemas de Informações Geográficas. In: GIS BRASIL 94 - CONGRESSO E FEIRA PARA USUÁRIOS DE GEOPROCESSAMENTO (1994 : Curitiba-PR). Anais ... Curitiba-PR: SAGRES, 1994. p. 9-13 (painéis).

Davison Dias, R.; Arnold, G. P.: Descrição das unidades geotécnicas do norte do Rio Grande do Sul (acima do paralelo 30º de latitude Sul). Porto Alegre-RS: UFRGS, 1995.

_____; **Trevisan Santos, G.:** A geotecnia e o meio ambiente no uso e ocupação dos solos. In: CONGRESSO TÉCNICO-CIENTÍFICO DE ENGENHARIA CIVIL (1996 : Florianópolis-SC). Anais ... Florianópolis-SC: UFSC, v. 5, 1996. p. 941-951.

Diniz, N. C. e Freitas, C. G. L. de.: Mapa dos condicionantes físico-ambientais da bacia do rio Paraíba do Sul. In: 2º SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CARTOGRAFIA GEOTÉCNICA E I ENCONTRO REGIONAL DE GEOTECNIA E MEIO AMBIENTE (1996 : São Carlos-SP). Anais... São Carlos-SP: ABGE, 1996. p. 201-209.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE: Manual Técnico de Pedologia. Celso Gutemberg Souza (Coord.). Rio de Janeiro: IBGE, 1995.

International Association of Engineering Geology.: Engineering Geology Maps: a guide to the preparation. Paris: UNESCO, 1976. 76 p.

Liporaci, S. R.: 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, 1994. Dissertação (Mestre em Geotecnia) - Escola de Engenharia de São Carlos - EESC, Universidade de São Paulo - USP.

_____; **et al.:** Gerenciamento de dados de mapeamento geotécnico por Sistemas de Informação Geográficas, visando planejamento ambiental. In: GIS BRASIL 96 - CONGRESSO E FEIRA PARA USUÁRIOS DE GEOPROCESSAMENTO (1996 : Curitiba-PR). Anais ... Curitiba-PR: SAGRES, 1996. p. 803-812.

Romão, P. de A.; Moreira De Souza, N.: Mapeamento geotécnico da região de Águas Claras-DF: utilizando de geoprocessamento. In: 2 SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CARTOGRAFIA GEOTÉCNICA E I ENCONTRO REGIONAL DE GEOTECNIA E MEIO AMBIENTE (1996 : São Carlos-SP). Anais... São Carlos-SP: ABGE, 1996. p. 155-163.

Santos, M. do C. S. R. dos.: Manual de Fundamentos Cartográficos e Diretrizes Gerais para Elaboração de Mapas Geológicos, Geomorfológicos e Geotécnicos. São Paulo-SP: Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 1990. (Publicação IPT; v.1773)

Geographic Information Systems: An Introduction. New Jersey: Prentice Hall, Inc., 1990. 297 p.

Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões - URI: Plano de Desenvolvimento Integrado da Região do Médio Uruguai Apoiado numa Proposta de Desenvolvimento Sustentado. (Relatório de atividades 1). Santo Ângelo: URI-UNIJUÍ, 1996.

Weber, E. J.: Uso de sistemas de informação geográfica como subsídio ao planejamento em áreas agrícolas: um caso no planalto

doRio Grande do Sul Porto Alegre-RS, 1995. *Dissertação (Mestre em Sensoriamento Remoto) Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS.*

Zuquette, L. V.: *Mapeamento geotécnico preliminar na região de São Carlos. São Carlos-SP, 1981. Dissertação (Mestre em Geotecnia) - Escola de Engenharia de São Carlos - EESC, Universidade de São Paulo - USP.*

