

## Aplicação de técnicas de regressão no mapeamento digital de solos da bacia do ribeirão do Gama, Distrito Federal

Marina Rolim Bilich<sup>1</sup>  
Henrique Llacer Roig<sup>1</sup>  
Marilusa Pinto Coelho Lacerda<sup>1</sup>  
Renan Luiz Rolim<sup>1</sup>  
Carolina Boechat<sup>1</sup>  
Taís Duarte Borges<sup>1</sup>  
Patrícia da Cunha de Araújo<sup>1</sup>  
Rosana Quirino de Sousa<sup>1</sup>  
Patrícia Maurício Campos<sup>2</sup>  
Rogério Alves Barbosa da Silva<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Universidade de Brasília - UnB  
Caixa Postal 4508 - 70.910970, Brasília, DF, Brasil  
(marinabilich, roig, marilusa) @unb.br  
renanluiz600@hotmail.com, cboechatb@hotmail.com, taisduarte@ymail.com,  
a.patricia.lee@gmail.com, rosanakirino@gmail.com

<sup>2</sup> Ministério da Pesca e Aquicultura – MPA  
Esplanada dos Ministérios, Bl. 4 – Brasília – DF, Brasil  
patymauricio@gmail.com

<sup>3</sup> Trilha Mundos Projetos Sócios Ambientais  
Caixa Postal 96 - 13416-000 - Piracicaba - SP, Brasil  
rtagat@gmail.com

**Abstract.** Traditionally, soil mapping begins with the preparation of a preliminary map, where the units are inferred from soil from photo interpretation and / or by image interpretation satellite that are associated with knowledge and experience pedologist's own. However, the traditional production process of conventional soil maps difficult to update quickly and accurately and Low cost of soil surveys. However, the use of techniques quantitative prediction for spatial mapping of soils and their attributes has been growing in recent years due to advances in processing power of computers, coupled with the availability of new mathematical and statistical methods. This study aimed to using linear regression technique in digital soil mapping in basin of the Gama, Distrito Federal. It was found that the technique regression can be an alternative for soil mapping in Distrito Federal.

**Palavras-chave:** solos, regressão, mapeamentos, soil, regression, mapping

### 1. Introdução

Tradicionalmente, o mapeamento de solos se inicia com a elaboração de um mapa preliminar, onde as unidades de solo são inferidas a partir de fotointerpretação e/ou por meio de interpretação de imagens de satélite e sobreposição de dados ambientais, que são associados com base no conhecimento e experiência própria do pedólogo. Após sucessivas atividades de campo, com definição e descrição de perfis amostrais, informações são agregadas a este mapa sendo estabelecidas pelo pedólogo as relações entre os solos e as diferentes paisagens e estabelecendo assim a distribuição espacial e os limites entre as unidades no mapa final (Rezende et al., 2007).

No entanto, o processo de produção tradicional dos mapas de solos convencionais dificulta a atualização rápida e acurada e de baixo custo dos levantamentos de solos. Além disso, existem muitas limitações associadas a este processo, como por exemplo, mudanças

sutis nas condições ambientais podem não ser facilmente observadas devido à limitação da percepção visual humana, principalmente quando há a tentativa de processar muitas variáveis simultaneamente. Além disso, a interpretação visual de fotografias aéreas é um procedimento dependente da experiência do fotointérprete, demanda muito tempo, é um processo subjetivo e propenso a erros. Como resultado, informações podem ser interpretadas erroneamente durante o procedimento de delineamento dos limites das unidades de solos. E por fim, a repetição deste processo, para cada atualização de um levantamento de solos, torna a atualização muito ineficiente e cara (Zhu et al., 2001).

Contudo, o uso de técnicas quantitativas para predição espacial em mapeamento de solos e de seus atributos vem crescendo nestes últimos anos, devido ao avanço na capacidade de processamento dos computadores, aliado à disponibilidade de novos métodos matemáticos e estatísticos (McBratney et al., 2000).

Recentemente, tem crescido o interesse acerca do emprego de regressões nominais logísticas como método preditivo. Essas regressões estabelecem relações matemáticas entre variáveis dependentes discretas e variáveis independentes contínuas ou discretas. Campling et al. (2002), por exemplo, empregaram as regressões logísticas na predição da probabilidade espacial da ocorrência de classes de drenagem de solos usando atributos derivados do modelo numérico de terreno e índices de vegetação por meio de imagens Landsat-5 em região tropical úmida da Nigéria, com acurácia entre o mapa de solos original e o mapa estimado variando de 95 a 65 %.

Particularmente no Distrito Federal vêm sendo desenvolvidos estudos envolvendo a gênese e a morfologia dos solos, entretanto, ainda de uma forma pontual e fragmentada. Atualmente, a melhor fonte de informações sobre solos no DF é o levantamento de reconhecimento pedológico realizado pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária em 1978 (Embrapa, 1978) na escala 1:100.000. Contudo, essa escala de levantamento pedológico não evidencia determinadas feições, necessitando, então, de mapeamento de solos mais detalhado do Distrito Federal, auxiliando assim a demanda crescente de diversos estudos, em especial no planejamento da ocupação sustentável das terras.

Portanto, este trabalho objetivou utilizar técnica de regressão linear no mapeamento digital de solos na bacia do ribeirão do Gama, Distrito Federal.

## **2. Metodologia de trabalho**

### **2.1 Caracterização da Área**

O clima predominante na região de estudo, segundo a classificação de Köppen, enquadra-se entre “tropical de savana” e “temperado chuvoso de inverno seco”, com concentração da precipitação pluviométrica no verão. É caracterizado pela existência de duas estações: uma chuvosa e quente, uma que se inicia no mês de outubro e termina em abril e outra, fria e seca, que se estende de maio a setembro (Martins, 1998).

O Grupo Paranoá de idade Meso/Neoproterozóico (1.300 a 1.100 milhões de anos) ocupa cerca de 65% da área total do DF, sendo possível caracterizar sete unidades litoestratigráficas correlacionáveis, da base para o topo, com as seqüências deposicionais Q2, S, A, R3, Q3, R4 e PC (Campos, 2004 e Martins, 1998):

- Unidade Q2: caracterizada por quartzitos médios com leitos conglomeráticos em direção ao topo do pacote sedimentar;
- Unidade S: composta basicamente por metassiltitos maciços e metarritmitos arenosos próximos ao topo da seqüência;
- Unidade A: fácies Ardósia é constituída de ardósias roxas e vermelhas, com bandas brancas;

- Unidade R3: metarritmitos caracterizados por intercalações irregulares de quartzitos finos, brancos e laminados com camadas de metassiltitos, metalamitos e metassiltitos argilosos;

- Unidade Q3: composta por quartzitos finos a médios, brancos ou rosados, silicificados e intensamente fraturados;

- Unidade R4: metarritmitos argilosos ocorrem sobrepondo a unidade Q3. Esses são constituídos por intercalações regulares de quartzitos e metapelitos, com espessuras bastante regulares da ordem de 1 a 3 cm;

Segundo Embrapa (1978) (figura 5) e confirmado por Martins (1998), o Distrito Federal apresenta três classes de solos mais importantes, o Latossolo Vermelho, o Latossolo Vermelho-Amarelo e o Cambissolo, tendo estas classes de solo uma representatividade territorial de 85,5 %.

A geomorfologia da região do Distrito Federal vem sendo objeto de estudo e há um relevante acervo de estudos tais como Novaes Pinto (1986, 1987, e 1994), Novaes Pinto & Carneiro (1984) e Martins & Baptista (1998).

Situado no Planalto Central, o Distrito Federal corresponde a remanescentes dos aplainamentos resultantes dos ciclos de erosão sul-americano e Velhas, desenvolvidos entre o Terciário Inferior e entre o Terciário Médio e Superior respectivamente (Braun, 1971).

De acordo com Novais Pinto (1994), a compartimentação geomorfológica do território do DF inclui as Regiões de Chapadas, Regiões de Dissecação Intermediária, Regiões Dissecadas de Vales, Regiões de Rebordo e Regiões de Escarpas.

Feuer (1956) distinguiu no DF três superfícies geomórficas, inicialmente identificadas denominadas primeira, segunda e terceira superfícies.

A primeira superfície corresponde ao antigo peneplano elaborado pelo ciclo de erosão Sul-Americano. (Braun, 1971), que atualmente constituem as chapadas atuais, com declives inferiores a 3%. Os topos dessas chapadas são possuem espessa cobertura de sedimentos terciários e elevam-se entre 1.000 e 1.100 m de altitude, e as bordas são salientes e recobertas em quase toda a extensão por espessa camada de canga laterítica. (Motta et al., 2002).

A segunda superfície se estende na forma de plano inclinado a partir das bordas da primeira em direção aos cursos d'água principais. Corresponde a um pediplano pleistocênico (Braun, 1971) de conformação suave, originado pela dissecação da superfície I pelo ciclo de erosão Velhas. (King, 1956).

A terceira superfície (superfície III), caracterizada por uma topografia mais acidentada que as anteriores, com predominância de relevos ondulado e forte ondulado, corresponde. Dentre os fatores responsáveis pela evolução morfodinâmica do Distrito Federal, destacam-se o clima, o tipo de vegetação, a evolução dos perfis de alteração, a estruturação neotectônica além de processos de incisão de vales nas amplas chapadas elevadas.

## 2.2 Regressão linear

Primeiramente foram levantados na bibliografia, a localização e a descrição dos perfis de solos já descritos na área de estudo. Cada perfil, com sua localização e sua descrição até o segundo nível categórico, em formato *shapefile* ponto, foi então inserido no Sistema de Informação Geográfica ArcGis 9.2. Vale salientar que para cada classe de solo, foi atribuído um valor, em foi considerado a distribuição dos solos em função da altitude, ou seja, a classe de solo – Neossolo recebeu o valor 1 e a classe de solo Organossolo recebeu o valor 7.

Após a inserção dos pontos, foi elaborado o modelo digital do terreno, por meio da extensão *3D Analyst – Topo to raster*, utilizando as bases de pontos cotados, curvas de nível, hidrografia e limite da bacia, com pixel de dimensão de 30 metros.

Realizado essa etapa, foram gerados então os parâmetros secundários do modelo digital do terreno, a saber: aspecto, acumulação de fluxo, declividade, altitude, perfil de curvatura e curvatura plana.

Foram inseridos também os planos de informação acerca da geomorfologia e geologia. Esses planos de informação foram convertidos para o formato *raster*.

Todos os planos de informação foram reclassificados. Os parâmetros derivados do modelo digital do terreno foram reclassificados em 7 categorias.

Então, por meio da função *Extract values to point*, da extensão *Spatial Analyst*, foi extraído para cada perfil de solo, os valores dos parâmetros derivados do modelo digital do terreno e da geomorfologia e geologia.

Por meio da extensão *X Tools*, *Table Operations*, exportado a tabela de atributos dos perfis de solos contendo os dados de referentes ao modelo digital do terreno e geologia e geomorfologia.

Essa tabela foi então inserida no pacote estatístico SPSS 16.0, e por meio da opção *Analyses – Regression – Linear*.

A variável dependente escolhida foram as classes de solos e as variáveis independentes foram os parâmetros secundários reclassificados e a geomorfologia e geologia.

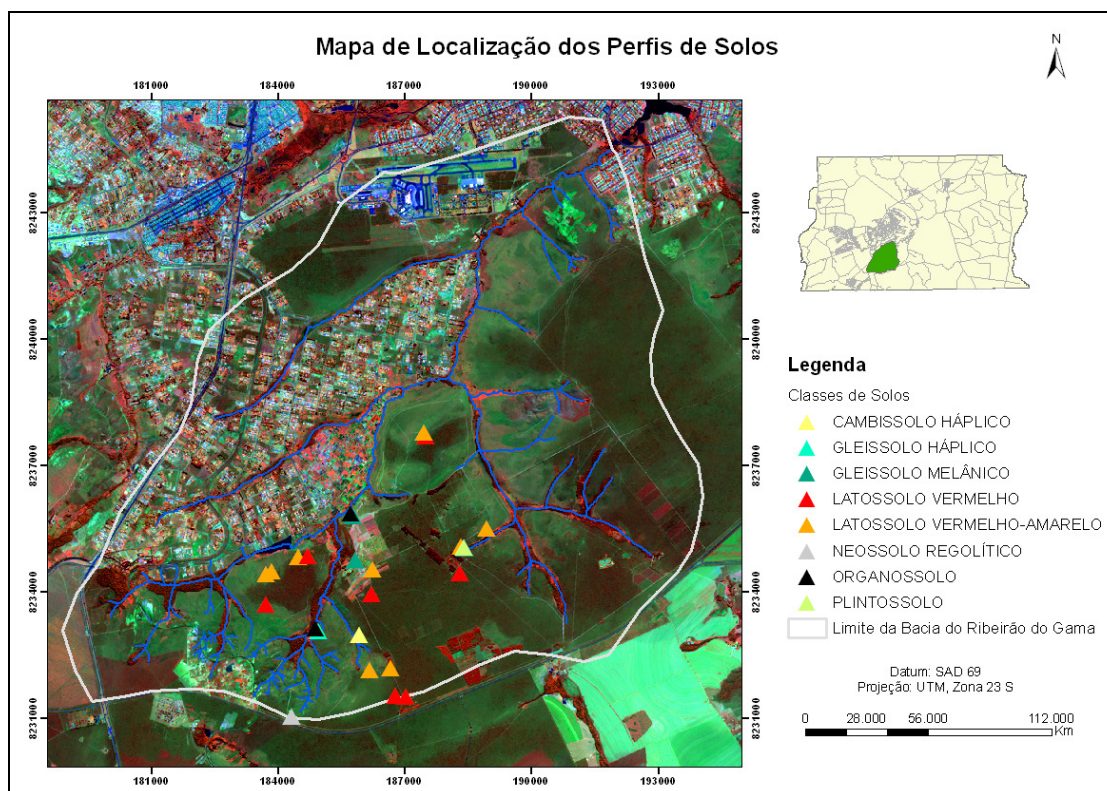
A regressão linear foi rodada excluindo o intercepto. Como resultado foi gerado uma equação de ocorrência de solos.

Para verificar a relevância de cada parâmetro foi observado o valor do teste t e sua significância e o valor do  $R^2$ .

Feito isso, por meio da função *Raster Calculator* foi estabelecida a equação para a distribuição de solos na bacia do ribeirão do Gama.

### 3. Resultados e Discussão

Na figura 1 pode-se observar a localização dos perfis de solos utilizados no estudo.



**Figura 1:** Mapa de localização da área de estudo.

Por meio do programa SPSS 16.0 foi gerado a regressão linear utilizando os parâmetros derivados do modelo digital do terreno, a geomorfologia e a geologia.

Os valores de ajuste da regressão podem ser visualizados na tabela 1.

**Tabela 1:** Valores do R<sup>2</sup>

Modelo	R	R Quadrado	R Quadrado Ajustado
1	0,979	0,958	0,940

Na tabela 2 podem-se observar os valores da análise de variância.

**Tabela 2:** Análise de Variância

Modelo	Soma dos Quadrados	GL	Quadrado Médio	F	Sig.
Regressão	450,138	7	64,305	55,038	0,000 <sup>a</sup>
Resíduo	19,862	17	1,168		
Total	470,000 <sup>b</sup>	24			

Na tabela 3, pode-se observar os valores dos coeficientes e sua significância. Apenas a declividade e a geomorfologia foram estatisticamente significantes.

**Tabela 3:** Valores dos coeficientes B.

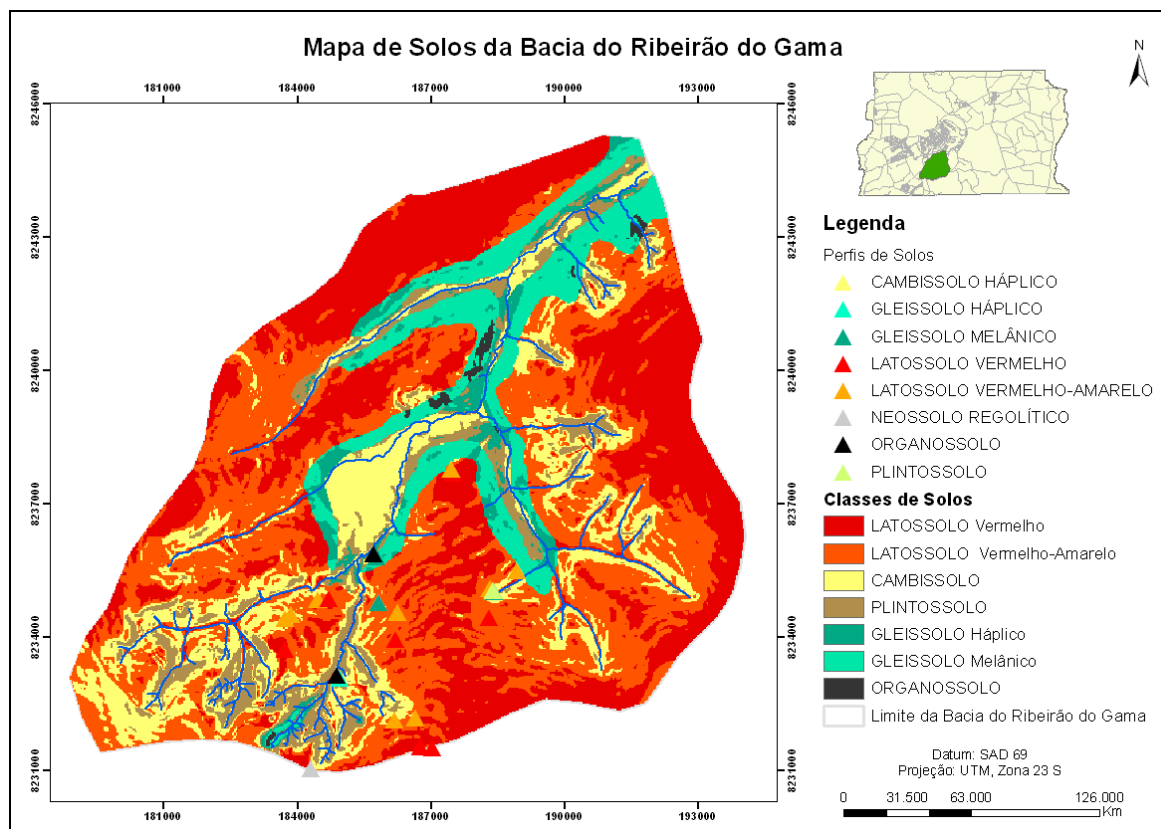
Modelo	B	Erro	Coefficientes padronizados Beta	t	Sig.
Altitude	-0,175	0,169	-0,149	-1,037	0,314
Declividade	0,818	0,220	0,492	3,720	0,002
Aspecto	0,146	0,115	0,145	1,267	0,222
Curvatura	0,091	0,167	0,078	0,548	0,591
Geologia	0,546	0,541	0,083	1,009	0,327
Geomorfologia	0,880	0,269	0,304	3,271	0,005
Acumulação de Fluxo	0,302	0,534	0,125	0,566	0,579

A distribuição de solos na bacia do Gama está descrita da eq. 1.

Eq. 1

$$\text{Classes Solos} = 0,880 * (\text{Geomorfologia}) + 0,818 * (\text{Declividade})$$

O mapa de solos, resultado da equação 1, pode ser visualizado na figura 2.



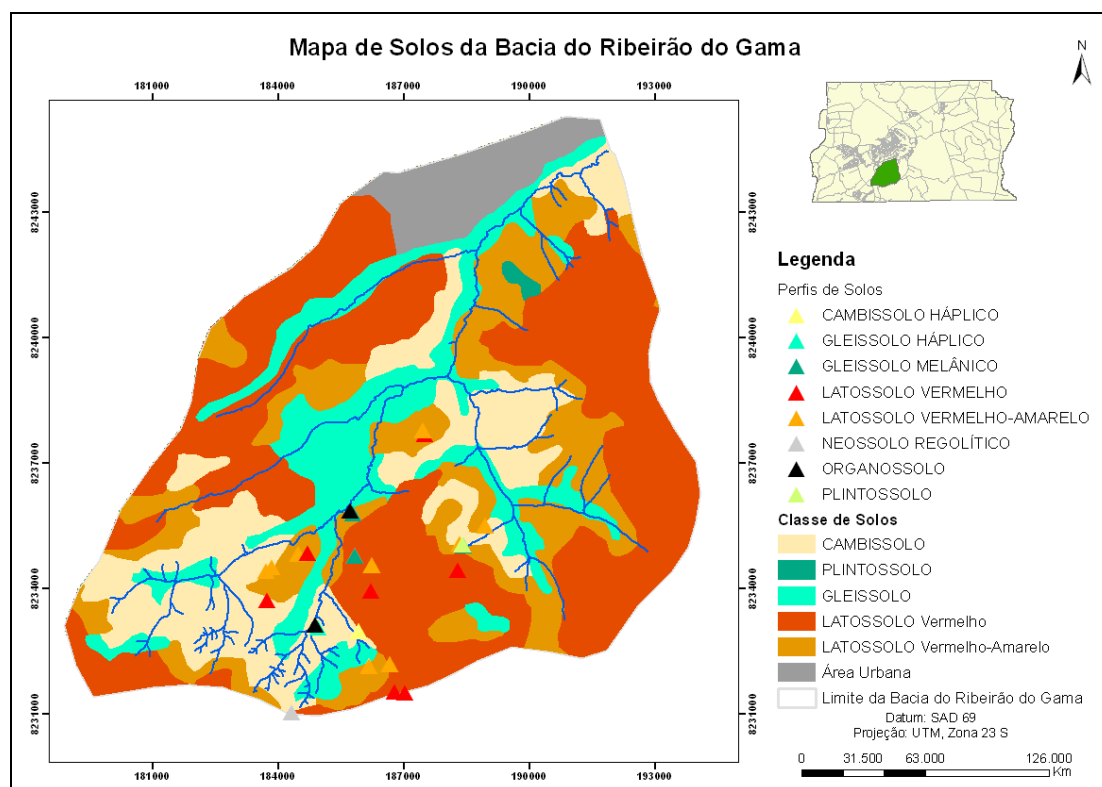
**Figura 2:** Mapa de solos gerado por meio da eq. 1.

Na figura 3 está apresentado o mapa de solos (Embrapa, 1978).

Atualmente, a melhor fonte de informações sobre solos no DF é o levantamento de reconhecimento pedológico realizado pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa em 1978 (Embrapa, 1978) na escala 1:100.000.

Contudo, essa escala de levantamento pedológico não evidencia determinadas feições, necessitando, então, de mapeamento de solos mais detalhado do Distrito Federal, auxiliando assim a demanda crescente de diversos estudos, em especial no planejamento da ocupação sustentável das terras.

Ao se comparar visualmente o mapa de solos gerado com o já existente (Embrapa, 1978), verificou-se, visualmente, concordância de algumas áreas da bacia do ribeirão do Gama. Entretanto, o método utilizado não possibilitou a individualização da classe Neossolo. Contudo, futuramente será realizada a validação a campo a fim de verificar a concordância dos mapas, a que será elaborado por meio de pontos de controle e possibilitar assim a geração do índice Kappa.



**Figura 3:** Mapa de solos da bacia do ribeirão do Gama. Fonte: Embrapa, 1978.

A utilização dessa metodologia também possibilitou o mapeamento preliminar de uma área em que não havia mapa de solos, pois na época da realização do levantamento de reconhecimento pedológico elaborado pela Embrapa, 1978, a área já se encontrava urbanizada.

#### 4. Conclusões

Apesar desse estudo apresentar somente informações preliminares, foi possível verificar que a metodologia utilizada pode permitir mapear solos em áreas não amostradas e também possibilitar o detalhamento dos limites das classes de solos.

#### 5. Bibliografia

RESENDE, M.; CURTI, N.; REZENDE, S.B. & CORRÊA, G.F. **Pedologia: Base para distinção de ambientes**. 5.ed. Lavras, Universidade Federal de Lavras, 2007. 322p.

ZHU, A.X ; HUDSON, B; BURT, J.; LUBICH, K.; SIMONSON, D. Soil Mapping Using GIS, Expert Knowledge, and Fuzzy Logic. **Soil Science Society of American Journal**. v.65, p. 885-894, 2001.

McBRATNEY, A. B.; ODEH, I. O. A.; BISHOP, T. F. A.; DUNBAR, M. S.; SHATAR, T. M. An overview of pedometric techniques for use in soil survey. **Geoderma**, Amsterdam, v. 97, n. 3-4, p. 293-327, 2000.

CAMPLING, P.; GOBIN, A.; FEYER, J. Logistic Modeling to Spatially Predict the Probability of Soil Drainage Classes. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 66, p. 1390-1401, 2002.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Levantamento de reconhecimento dos solos do Distrito Federal, **Boletim Técnico**, no. 53, SNLCS, Rio de Janeiro, 455 p, 1978.

MARTINS, E. S.; BAPTISTA, G. M. M. Compartimentação Geomorfológica e Sistemas Morfodinâmicos do Distrito Federal. In: CAMPOS, J.E.G; FREITAS-SILVA F.H (Coord.). **Inventário Hidrogeológico e dos Recursos Hídricos Superficiais do Distrito Federal**. Brasília, /SEMATEC: IEMA: MMA-SRH, 1998. CD-ROM.

CAMPOS, J.E.G. Hidrogeologia do Distrito Federal: Bases para a Gestão dos Recursos Hídricos Subterrâneos. **Revista Brasileira de Geociências**. v.34, n.1 p.41-48, março. 2004.

NOVAES PINTO M. Unidades geomorfológicas do Distrito Federal. **Geografia**, **11**(21):97-109. 1986b.

NOVAES PINTO M. Superfícies de aplainamento do Distrito Federal. **Rev. Bras. Geogr.**, 49(2):9-26. 1987.

NOVAES PINTO M. Caracterização geomorfológica do Distrito Federal. In: M. Novaes Pinto (org.) **Cerrado: caracterização, ocupação e perspectivas**. Brasília. Editora UnB. 2a ed. p. 285-320. 1994a.

NOVAES PINTO, M. Paisagens do cerrado no Distrito Federal. In: M. Novaes Pinto (org.) **Cerrado: caracterização, ocupação e perspectivas**. Brasília. Editora UnB. 2a ed. p. 511-542. 1994b.

BRAUN, O.P.G. Contribuição a Geomorfologia do Brasil Central. **Revista Brasileira de Geografia**, Rio de Janeiro, v. 32, n. 3., p. 3-39, out./dez 1971.

FEUER, R. **An exploratory investigation of the soils and agricultural potential of the soils of the future Federal District in the central plateau of Brazil**. 1956. 432 p. Thesis (Ph.D) - Cornell University, Ithaca.

KING, L. C. A geomorfologia do Brasil Oriental. **Revista Brasileira de Geografia**, Rio de Janeiro, v. 18, n. 2, p. 147-265, 1956.