

**Geoprocessamento aplicado ao planejamento e gestão ambiental na Área de Proteção Ambiental de Cafuringa, Distrito Federal**  
**Parte 2: processamento de dados espaciais**

Paulo de Tarso Ferro de Oliveira Fortes<sup>1,2</sup>  
Gustavo Isac Monteiro de Oliveira<sup>1</sup>  
Edison Crepani<sup>3</sup>  
José Simeão de Medeiros<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Universidade de Brasília - Instituto de Geociências - UnB/IG  
Campus Universitário Darcy Ribeiro - Asa Norte - 70.910-900 - Brasília - DF, Brasil  
pfortes@unb.br  
gustavoisac@yahoo.com.br

<sup>2</sup> Universidade Federal do Espírito Santo - Centro de Ciências Agrárias - UFES/CCA  
Alto Universitário s/n - Centro - 29.500-000 - Alegre - ES. Brasil

<sup>3</sup> Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - Divisão de Sensoriamento Remoto - INPE/DSR  
Av. dos Astronautas, 1.758 - Jardim Granja - 12.227-010 - São José dos Campos - SP, Brasil  
crepani@ltid.inpe.br  
simeão@dsr.inpe.br

**Abstract.** An increasing pressure because of agricultural and urban occupation affects the Cafuringa Environmental Protection Area, especially over the Contagem-Rodeador tableland. Spatial analysis was applied to generate digital terrain model and derived slope map; to define permanent preservation areas such as tableland border and drainage, by buffers, and as hill tops, by extraction of contours; and to produce an aquifer recharge favorability map, by using geological, soil, geomorphologic, slope and land use and vegetation cover maps, which were weighted by the Analytical Hierarchical Process with arbitrary values for each class. The Contagem-Rodeador tableland is the most aquifer recharge favorable area and the analysis of the maps shows the tendency of reduction of favorable and very favorable regions, because of the increase of agricultural and urban areas, especially at its southeastern portion.

**Palavras-chave:** geoprocessing, spatial analysis, Cafuringa Environmental Protection Area, Federal District, Central Brazil, geoprocessamento, análise espacial, Área de Proteção Ambiental de Cafuringa, Distrito Federal, Centro-Oeste, Brasil.

## 1. Contextualização

De acordo com a classificação de Köppen, o clima na Área de Proteção Ambiental (APA) de Cafuringa, como em todo o Distrito Federal (DF), situa-se entre os tipos tropical de savana e temperado chuvoso de inverno seco, caracterizado pela existência bem marcada de duas estações: uma chuvosa e quente, entre outubro a abril, e outra fria e seca, de maio a setembro.

As variações locais de precipitação não são relevantes e a classificação climática é baseada essencialmente em variações de temperatura, relacionadas a diferenças de altitude, permitindo a definição de diversos tipos climáticos na APA de Cafuringa (**Figura 1**):

- Tropical com duas estações bem marcadas (Aw): clima de savana, com temperatura do mês mais frio superior a 18°C, em locais com altitudes abaixo de 1.000 m;
- Tropical de altitude (Cwa): mês mais frio com temperatura inferior a 18°C, média superior a 22°C no mês mais quente, em áreas com altitudes entre 1.000 e 1.200 m;
- Tropical de altitude (Cwb): mês mais frio com temperatura inferior a 18°C, média inferior a 22°C no mês mais quente, em locais com altitudes superiores a 1.200 m.

A região da APA de Cafuringa corresponde, de acordo com dados pluviométricos obtidos de 1979 a 1995 (Baptista, 1998), a uma das duas áreas com maior pluviosidade do DF, apresentando isoietas com valores de 1.500 a 1.700 mm (**Figura 1**).

Segundo a compartimentação geomorfológica do DF, feita sem considerações de aspectos genéticos como pedologia, geologia e clima, e baseada apenas em aspectos morfológicos, com características descritivas do relevo feita a partir de Modelo Digital de Elevação (MDE) elaborado a partir da altimetria e declividade (Martins & Baptista, 1998), na APA de Cafuringa ocorrem (**Figura 1**):

- Planaltos: superfícies de topos aplainados mais elevados dentro da região da APA de Cafuringa, com destaque para a Chapada de Contagem-Rodeador (CCR);
- Rebordos: áreas de transição entre os residuais de aplainamento, delineiam grande parte dos limites entre os outros compartimentos, individualizando as porções de Planaltos e Planos Intermediários, acima; e de escarpas e planícies, abaixo;
- Escarpas: rupturas abruptas do relevo;
- Planos intermediários: porções planas extensivamente distribuídas na região, são superfícies residuais de aplainamento dissecadas pelos principais rios da região, intermediárias aos planaltos e planícies e limitadas por rebordos e escarpas;
- Planícies: áreas mais baixas topograficamente, associadas às calhas de drenagem dos cursos d'água mais importantes da região e que representam a superfície limitada pelos canais dos principais rios da região e os planos intermediários.

Na APA de Cafuringa, as centenas de cursos d'água existentes, em sua maioria com as nascentes no topo da CCR, percorrem pequenos trechos em área plana, para em seguida despencarem escarpa abaixo, por entre os paredões rochosos, onde se localizam as mais belas cachoeiras do DF; e logo abaixo das escarpas, os cursos d'água ainda estreitos percorrem regiões intermediárias entre as escarpas e as áreas mais planas, para se juntarem e formarem outros cursos d'água maiores e mais largos já no Vale do Rio Maranhão (VRM), tais como os rios do Sal e da Palma e os ribeirões Contagem e Ribeirão (**Figura 1**).

A APA de Cafuringa contém diferenças de altitude muito expressivas que vão desde o ponto culminante do DF na CCR, com aproximadamente 1.342 m, ao ponto mais baixo do DF, com cerca 755 m, próximo ao Ribeirão Contagem no VRM. A CCR está situada acima dos 1.200 m de altitude e suas encostas entre 1.000 m e 1.200 m; enquanto no VRM existe grande área entre 900 m e 1.000 m de altitude que contém trechos menores com 1.000 m a 1.200 m, como, por exemplo, a Serra da Canastra, situada na porção leste da APA de Cafuringa, formando uma chapada mais baixa do que a CCR; e a região mais baixa está situada entre 750 m e 900 m de altitude no entorno dos principais cursos d'água (**Figura 1**).

Na APA de Cafuringa ocorrem rochas dos grupos Canastra e Paranoá, que apresentam idade Meso/Neoproterozóico, entre 1.350 e 950 Ma, e as fácies litológicas (DNPM, 1988) e as unidades estratigráficas (Freitas-Silva & Campos, 1998) foram integrados aos tipos litológicos (IG, 2003), privilegiando-se a individualização de tipos de rochas e associações litológicas e mantendo-se, sempre que possível, a denominação dos fácies e unidades anteriormente definidos.

O Grupo Canastra é representado por xistos, filitos e quartzo-filitos variados que ocorrem principalmente na porção leste da APA de Cafuringa, enquanto o Grupo Paranoá predomina e corresponde à seqüência psamo-pelito-carbonatada representada por (**Figura 1**):

- Metarritmito arenoso: ocorre no topo da CCR, é caracterizado por intercalações de bancos decimétricos a métricos de quartzitos, metassiltitos e metargilitos e tem espessura de até 90 m;
- Quartzito: ocorre nas bordas da CCR e nos vales do rio da Palma e do ribeirão Ribeirão, é composto por quartzitos brancos, finos, silicificados, com intercalações centimétricas silto-arenosas na base, raras intercalações de metarritmito e tem espessura máxima de 25 m;
- Metarritmito argiloso: ocorre nas bordas da CCR e nas planícies e vales nas porções leste e oeste do VRM, é composto por intercalações de materiais silticos e argilosos além de delgados estratos de quartzitos finos e tem espessura variando de 100 a 150 m; e
- Meta-calcáreo: ocorre em meio ao metarritmito argiloso como lentes métricas a decamétricas de mármore finos cinza-escuros.

O mapa de solos do DF (EMBRAPA, 1978), foi adaptado de acordo com a nova nomenclatura (EMBRAPA, 1999), e na APA de Cafuringa predominam latossolos, cambissolos e luvisolos (**Figura 1**) e suas principais características são as seguintes:

- Latossolos vermelho-escuros: não hidromórficos, horizonte A moderado e horizonte B latossólico, textura argilosa ou média, ricos em sesquióxidos, teores de 8-18% de  $Fe_2O_3$  muito porosos e permeáveis e com drenagem de forte a muito boa; aluminosos e muito ácidos, localizam-se nas partes mais altas da CCR;
- Latossolos vermelho-amarelos: distinção entre os latossolos vermelho-escuros e amarelos relacionada à cor do horizonte B, que nestes últimos apresenta cor mais amarelada e com teores inferiores a 8% de  $Fe_2O_3$ , interpretados como produto de lixiviação do tipo vermelho-escuro, localizam-se no topo e também nas bordas da CCR;
- Cambissolos: pouco desenvolvidos, caracterizados por horizonte B câmbico, em que alguns minerais primários pouco estáveis ainda estão presentes, com textura mais grosseira e transições entre os horizontes A, B e C claras e abruptas, localizam-se nas encostas de maior declive e grande parte das planícies e vales da bacia do rio Maranhão;
- Luvisolos: não hidromórficos, constituídos por material mineral, com argila de alta atividade, alta saturação por bases e horizonte B textural ou B nítico, bem a imperfeitamente drenados e, normalmente, pouco profundos, encontrados predominantemente nas Planícies.

No DF podem ser distinguidos dois grandes grupos de aquíferos: o Domínio Aquífero Poroso e o Domínio Aquífero Fraturado, respectivamente, representados por solos, manto de alteração das rochas (saprolito) e materiais acumulados nas calhas dos rios (aluviões); e por meios rochosos nos quais a água ocupa espaços vazios em planos de fratura, microfraturas, diáclases, juntas, zonas de cisalhamento e falhas (Campos & Freitas-Silva, 1998).

No domínio poroso, ocorrem na APA de Cafuringa os sistemas P1, P3 e P4 (**Figura 1**), com vazões inferiores a 800 l/h, sendo que os sistemas P1 e P3 são caracterizados por espessuras superiores a 5 m e condutividade hidráulica, respectivamente, alta e baixa, e o sistema P4 apresenta espessuras inferiores a 1 m e condutividade hidráulica baixa.

No domínio fraturado, ocorrem os subsistemas  $Q_3/R_3$ ,  $R_4$  e PPC (sistema Paranoá), e F e Q/F/M (sistema Canastra) (**Figura 1**), com médias de vazões (l/h), respectivamente, de 12.000, 6.140, 9.100, 7.500 e 33.000.

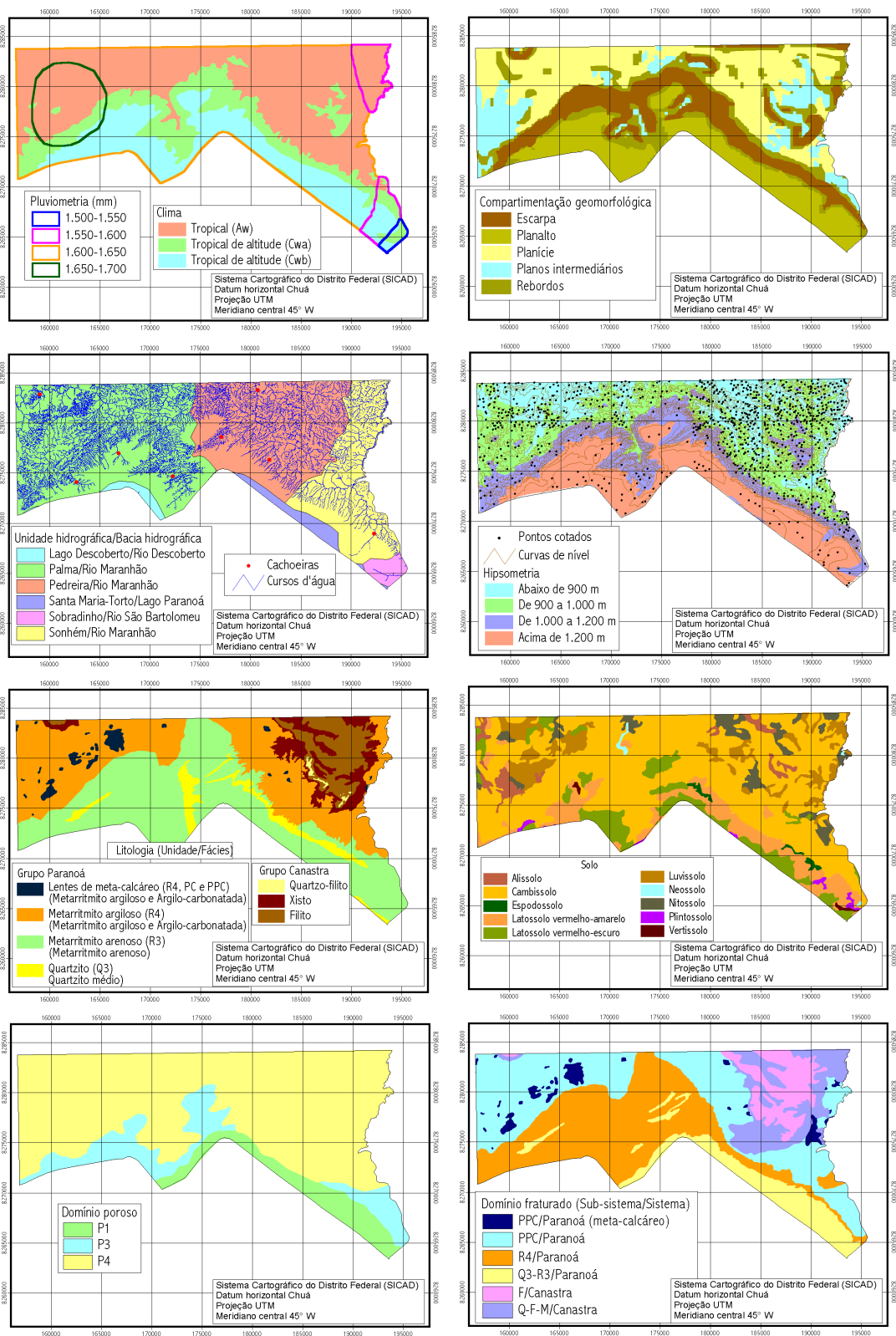


Figura 1 - Mapas de contextualização da Área de Proteção Ambiental de Cafuringa, Distrito Federal (adaptado de Baptista, 1998; Martins & Baptista, 1998; CODEPLAN, 1996; DNPM, 1988; Freitas-Silva & Campos, 1998; IG, 2003; EMBRAPA, 1978; Campos & Freitas-Silva, 1998)

O Zoneamento Ambiental (ZA) da Área de Proteção Ambiental (APA) de Cafuringa (Decreto Distrital nº 24.255/2003) estabeleceu treze zonas de manejo (**Figura 2**): Zona de Uso Rural Controlado (ZURC: equilíbrio entre proteção de recursos hídricos e utilização antrópica, zona de recarga de aquífero e uso agropecuário); Zona de Uso Especial (ZUE: adequação do uso antrópico à conservação de remanescentes vegetais naturais, escarpas declivosas de alto risco ambiental, corredor ecológico entre as porções leste e oeste da APA); Zona de Proteção Especial (ZPE: corredor ecológico entre a APA e o Parque Nacional de Brasília); Zona de Conservação da Vida Silvestre (ZCVS: conservação de recursos ecológicos, genéticos e da integridade dos ecossistemas); Zona de Proteção de Mananciais (ZPM: conservação, recuperação e manejo de bacias hidrográficas a montante de pontos de captação pública de água); Zona de Proteção do Patrimônio Natural (ZPPN: Monumento Natural do DF, preservação de caverna calcárea); Zona de Desenvolvimento Agropecuário I (ZDAG I: consolidação de novos padrões tecnológicos de produção agropecuária); Zona de Desenvolvimento Agropecuário II (ZDAG II: consolidação de novos padrões tecnológicos de produção agropecuária, enfatizando a atividade pecuária); Zona de Desenvolvimento Agrícola (ZDA: estabelecimento de padrões tecnológicos de produção agrícola, em função da aptidão agrícola dos solos); Zona de Uso Urbano Controlado I (ZUUC I: equilíbrio entre a proteção de recursos hídricos, por ser parte integrante de zona de recarga de aquífero, e o assentamento urbano, representado pela presença de parcelamentos); Zona de Uso Urbano Controlado II (ZUUC II: disciplinar o vetor de expansão urbana por meio do uso controlado, predominantemente habitacional de baixa densidade, e adoção de critérios específicos de ocupação); Zona de Preservação da Vida Silvestre (ZPVS: preservação de recursos naturais e da integridade dos seus ecossistemas); e Zona de Uso Especial de Mineração (ZUEM: exploração de calcáreo).

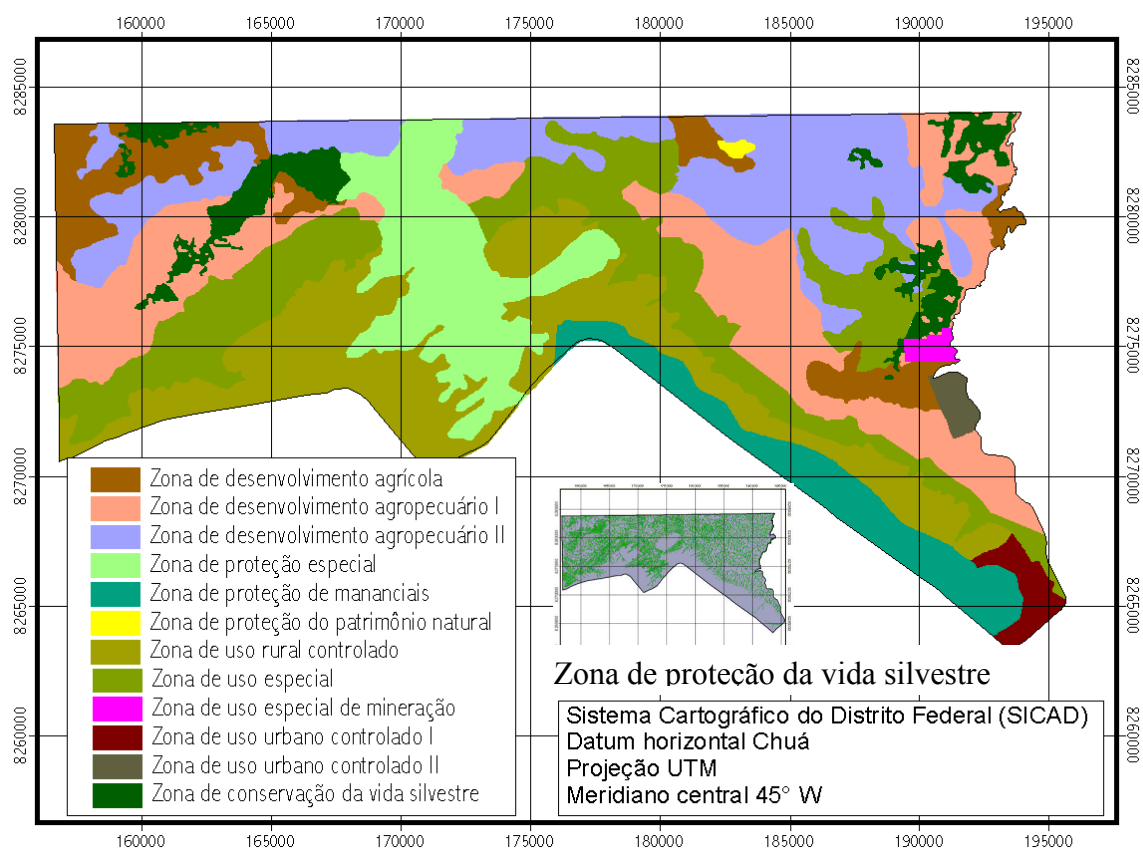


Figura 2 - Zoneamento Ambiental da Área de Proteção Ambiental de Cafuringa, Distrito Federal (GDF, 2003)

## 2. Processamento de dados espaciais

Foram gerados modelo digital de terreno (MDT) e mapas de declividade, de compartimentação geomorfológica modificado, de favorabilidade à recarga de aquíferos e de áreas de preservação permanente (APP) e de restrição ambiental (ARA), por meio dos programas de computador SPRING, versão 4.2, e ArcView, versão 3.2.

A partir do MDT (**Figura 3**), elaborado por Rede Triangular Irregular (*Triangular Irregular Net - TIN*), foi obtido o mapa de declividade (**Figura 3**) com intervalos de 5°, sendo que aquelas acima de 45° foram agrupadas em uma única classe.

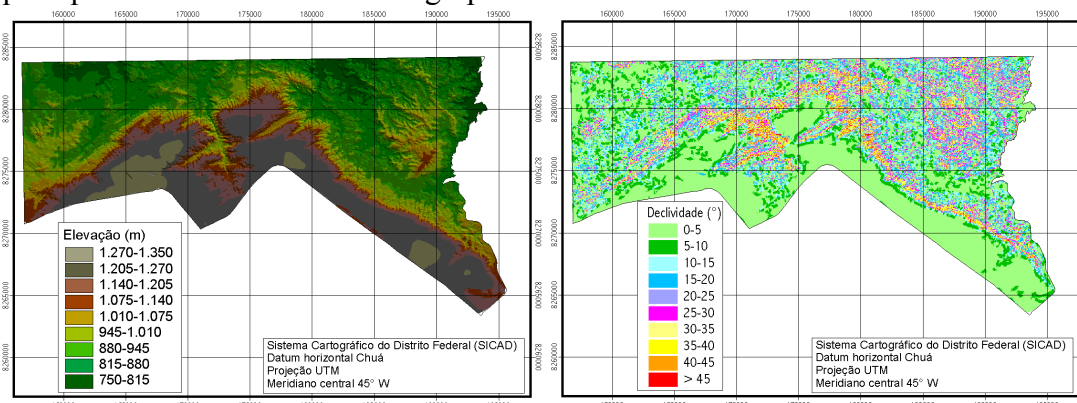


Figura 3 - Modelo digital de terreno e mapa de declividade da Área de Proteção Ambiental de Cafuringa, Distrito Federal

Ao mapa de compartimentação geomorfológica, foi acrescida a classe de topos de morro, cuja extração foi feita por triangulação de Delaunay; conversão para grade regular por interpolador quíntico com linhas de quebra; seleção dos pontos máximos e mínimos de morros; e, por fim, cálculo do valor de cota correspondente a dois terços do máximo e geração de isolinhas automáticos com seus valores de elevação.

A definição dos mapas temáticos (fatores) para a identificação das áreas favoráveis à recarga de aquíferos considerou: geomorfologia (diferenças entre processos erosional e deposicional), litologia (porosidade e permeabilidade), solo (textura, profundidade e drenagem), declividade (propensão ao escoamento superficial) e uso do solo e cobertura vegetal (potencial de infiltração), para os anos de 1973, 1984, 1987, 1990, 1993, 1997, 2000 e 2002, obtidos por processamento digital de imagens de satélite.

Foi utilizada a técnica AHP (*Analytical Hierarchical Process*) para a estimação dos pesos de contribuição relativa de cada um dos fatores, que resultou em razão de consistência igual a 0,072; enquanto a ponderação das classes dos fatores foi feita de forma subjetiva com base na atribuição de valores arbitrários para cada classe, no intervalo de 1 a 10 e em ordem crescente de importância relativa (**Tabela 1**).

Os mapas temáticos, convertidos para o formato matricial com mesmo tamanho de célula, foram integrados por operações de interseção topológica e algébrica de adição, após a multiplicação dos pesos das classes de cada mapa pelo seu respectivo peso.

O mapa de favorabilidade à recarga de aquíferos, para o ano de 2002 (**Figura 4**), assim como para os demais anos, foi reclassificado por intervalos em cinco classes: muito baixa (2-4), baixa (4-5,5), média (5,5-6,5), alta (6,5-8) e muito alta (8-10).

O mapa de APP e ARA (**Figura 4**) corresponde às APP de cursos d'água e de borda de chapada com zonas tampão, respectivamente, de 30 m e 100 m, de topo de morro e de declividade (> 45°); e às ARA de proteção de mananciais (ZPM) e de aquíferos (APAq), esta última considerando as classes muito alta e alta de favorabilidade à recarga de aquíferos relativas ao ano de 1973, quando o fator antrópico era menos intenso.

Tabela 1 - Pontuação de fatores e classes adotados na geração de mapas de favorabilidade à recarga de aquíferos na Área de Proteção Ambiental de Cafuringa, Distrito Federal

Fator (peso)	Classe (peso)	Fator (peso)	Classe (peso)	
Geomorfologia (0,044)	Escarpa (1) / Rebordo (3)	Solo (0,130)	Plintossolo (2)	
	Plano intermediário (5)		Cambissolo (3)	
	Topo de morro (6)		Alissolo/luvissolo (4)	
	Planície (8)		Espodossolo (5)	
	Planalto (10)		Neossolo/vertissolo (7)	
Declividade (0,162)	> 45° (1) / 30-45° (3)		Nitossolo (8)	
	10-30° (6) / 5-10° (8)		Latossolo vermelho-amarelo (9)	
	0-5° (10)		Latossolo vermelho-escuro (10)	
Litologia (0,220)	Filito (5)		Uso do solo e cobertura vegetal (0,444)	Área urbana (1)
	Xisto/quartzo-filito (9)			Área de mineração (1)
	Metarritmito argiloso (4)	Área rural (3)		
	Meta-calcáreo (7)	Campo/Pastagem (5)		
	Metarritmito arenoso (8)	Cerrado (8)		
	Quartzito (10)		Mata (10)	

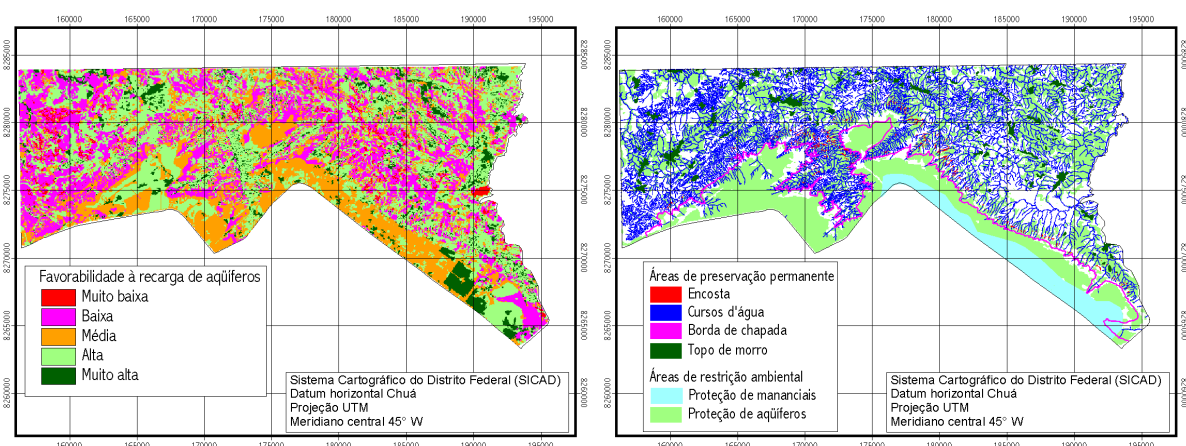


Figura 4 - Mapas de favorabilidade à recarga de aquíferos, para o ano de 2002, e de áreas de preservação permanente e de restrição ambiental da Área de Proteção Ambiental de Cafuringa, Distrito Federal

A análise dos mapas de favorabilidade à recarga de aquíferos revela a tendência geral de diminuição das áreas com favorabilidades alta e muito alta e de aumento das áreas com favorabilidades baixa e média de 1973 a 2002 (Figura 5).

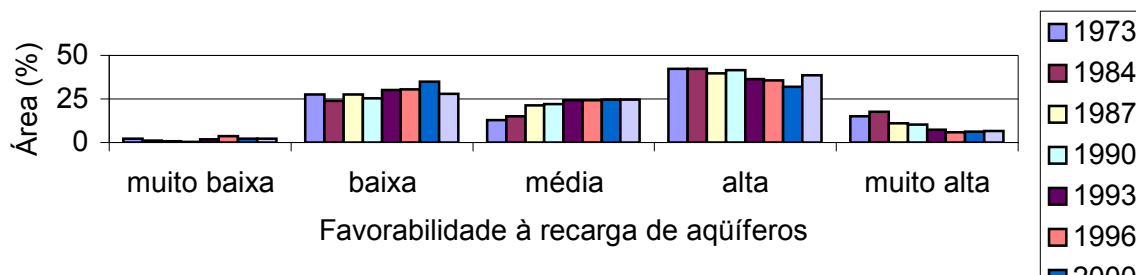


Figura 5 - Variação da favorabilidade à recarga de aquíferos na Área de Proteção Ambiental de Cafuringa, Distrito Federal

### 3. Discussão e conclusões

As regiões de favorabilidade à recarga de aquíferos muito alta e alta encontram-se, geralmente, em áreas onde ocorrem planalto; declividade entre 0° e 5°; latossolo; mata e cerrado; e metarritmito arenoso, meta-calcáreo, xisto e quartzo-filito; que, no conjunto, contribuem para a maior possibilidade de infiltração da água da chuva.

A CCR é a área mais favorável à recarga de aquíferos, mas, principalmente na sua porção sudeste, vem sofrendo forte pressão de urbanização, por meio de condomínios horizontais e núcleos rurais descaracterizados, devendo-se ressaltar que a urbanização era proibida quando da criação da APA de Cafuringa.

Nas APP existe a proibição definitiva para a realização de quaisquer atividades antrópicas potencialmente poluidoras em suas limitações, enquanto nas ARA há apenas a limitação de tais atividades, em ambos os casos visando à proteção, especialmente, dos recursos hídricos.

A delimitação da APP de topo de morro abre a discussão quanto à necessidade de sua revegetação, como medida viável para o aumento de áreas de média a alta favorabilidade à recarga de aquíferos.

A incorporação da APAq como nova classe do ZA da APA de Cafuringa pode contribuir para a reversão da tendência de urbanização na CCR, caso tenha como importante restrição a limitação de impermeabilização a 5 % da área ocupada por chácaras e/ou fazendas, como já ocorre para a ZPM.

No caso de núcleos rurais, já descaracterizados pela ausência de produção significativa, também deve ser estimulada a revegetação, por meio de averbação de reserva legal, como forma de reduzir o impacto negativo causado pela atividade agropecuária.

### Referências

- Baptista, G.M.M. **Caracterização climatológica do Distrito Federal**. In: Inventário hidrogeológico e dos recursos hídricos superficiais do Distrito Federal. Brasília: Governo do Distrito Federal. 1998. Formato digital.
- Campos, J.E.G.; Freitas-Silva, F.H. **Hidrogeologia do Distrito Federal**. In: Inventário hidrogeológico e dos recursos hídricos superficiais do Distrito Federal. Brasília: Governo do Distrito Federal. 1998. Formato digital.
- CODEPLAN. **Mapas temáticos do Distrito Federal**. Brasília: Governo do Distrito Federal, 1996. Formato digital.
- DNPM. **Mapa geológico do Distrito Federal**. Brasília: Departamento Nacional da Produção Mineral. 1988. Formato digital.
- EMBRAPA. **Mapa de reconhecimento dos solos do Distrito Federal**. Rio de Janeiro: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. 1978. Formato digital.
- EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Serviço de Produção de Informação. 1999.
- Freitas-Silva, F.H; Campos, J.E.G. **Geologia do Distrito Federal**. In: Inventário hidrogeológico e dos recursos hídricos superficiais do Distrito Federal. Brasília: Governo do Distrito Federal. 1998. Formato digital.
- GDF. **Mapa do zoneamento ambiental da Área de Proteção Ambiental de Cafuringa**. Brasília: Governo do Distrito Federal, 2003. Formato digital.
- IG. **Mapa geológico da Área de Proteção Ambiental de Cafuringa**. Brasília: Instituto de Geociências/Universidade de Brasília. 2003. Formato digital.
- Martins, E.S.; Baptista, G.M.M. **Compartimentação geomorfológica e sistemas morfodinâmicos do Distrito Federal**. In: Inventário hidrogeológico e dos recursos hídricos superficiais do Distrito Federal. Brasília: Governo do Distrito Federal. 1998. Formato digital.