

análises espaciais complexas. O produto derivado dessas análises deve servir de suporte à tomada de decisão.

Enquanto algumas definições limitam os SIGs em termos puramente tecnológicos, outras contemplam várias entidades, a saber: equipamentos (hardware), aplicativos (software), banco de dados e infra-estrutura. Entretanto, pontos comuns das inúmeras definições, quando analisados em conjunto, possibilitam esboçar uma definição mais ampla. Assim, para desenvolver SIGs é imprescindível a utilização do meio digital, deve existir uma base de dados integrada e estes dados precisam estar georreferenciados e as funções de análise (destes dados) devem estar disponíveis, podendo variar desde álgebra cumulativa (soma, multiplicação, subtração, etc) à não cumulativa (operações lógicas). Dessa maneira é possível perceber as inter-relações dos SIGs com diversas técnicas e tecnologias (Maguirre *et al.* 1992).

De modo geral, um SIG deve ser capaz de simular a realidade do espaço geográfico e, assim, integrar informações espaciais provenientes de dados cartográficos, censos, cadastros urbano e rural, imagens de satélite, redes e modelos numéricos de terreno. Em outra etapa, um SIG deve oferecer mecanismos para análise geográfica através de facilidades para consultar, recuperar, manipular, visualizar e *plotar* o conteúdo de uma base de dados georreferenciada (Bonham-Carter 1994).

Dessa maneira, os SIGs possibilitam a automação de documentos cartográficos, na medida em que as informações disponíveis estão inter-relacionadas com base na sua localização geográfica e os dados espaciais, representados em mapas, servirem como fonte de informações.

Devido à complexidade das variações geográficas do mundo real, os dados manipulados em um SIG precisam passar por generalizações e abstrações, ou seja, precisam ser descritos geometricamente. Este processo está relacionado à natureza espacial dos dados que podem ser representados de forma **gráfica** (pontos, linhas, polígonos), **numérica** (caracteres numéricos) ou **alfanumérica** (combinação de letras e números). Os dados gráficos, espaciais ou geográficos descrevem as características geográficas da superfície (forma e posição) e seus relacionamentos espaciais (topologia) e os dados não gráficos, alfanuméricos ou descritivos, descrevem os atributos destas características (Câmara *et al.* 1997).

Segundo vários autores, entre eles Silva (2003), os dados devem ser recuperados com base na sua estrutura topológica, que, além de descrever a localização e a geometria das entidades de um mapa, define relações de **disjunção** (relações matemáticas entre os elementos que não possuem limites comuns), **adjacência** (possuem cadeias que separam os elementos), **contingência** (relações entre elementos contidos em outros elementos), **igualdade** (singularidade entre elementos que possuem as mesmas relações geométricas).

Existem dois tipos de representação de dados espaciais que podem ser analisados e manipulados em um SIG: vetoriais e matriciais (raster). O dado **vetorial** é a representação gráfica do mundo real através de sistemas de coordenadas, podendo ser estruturado e classificado de acordo com sua natureza (pontual, linear ou poligonal); e o dado **raster ou matricial** refere-se à representação gráfica do mundo real através de *pixels* (*picture element*) ou células, com forma poligonal regular, geralmente quadrada, que são definidos pelas suas posições em relação as colunas e linhas de uma malha (Burrough 1998).

Segundo Silva (2003), as informações existentes sobre determinada área em formato digital são consideradas, individualmente, **mapas observacionais** e o conjunto de mapas observacionais manipulados geram os chamados **mapas analíticos**. Estes últimos podem ser cruzados e integrados através de modelos lógicos (simultaneidade *booleana*, possibilidade *Fuzzy* e probabilidade *bayesiana*) ou através de operações algébricas cumulativas, como adição, multiplicação e subtração, cujos produtos são denominados **mapas integrados** e **mapas fundidos**, respectivamente.

As funções de um SIG podem ser divididas, basicamente, em: consulta, reclassificação, análise de proximidade e contigüidade, operações de superposição, análises de rede e operações algébricas não cumulativas e cumulativas (Câmara *et al.* 2004).

A função **consulta** consiste em argüir o banco de dados, para que o sistema informe, com a maior acurácia possível as coordenadas geográficas de qualquer dado espacial, além do atributo a ele relacionado.

A função **reclassificação** permite que diferentes usuários, utilizando um mesmo banco de dados, produzam informações espacializadas de acordo com os respectivos interesses. Possibilita a integração (criação de novas categorias) de numerosos planos de informação (PIs) para atingir objetivos específicos.

A análise de **proximidade** (ou operação de *buffer*) consiste em gerar subdivisões geográficas bidimensionais na forma de faixas (simples ou múltiplas), cujos limites externos possuem uma distância fixa x e os internos, são formados pelos limites da expressão geográfica em exame.

A análise de **contigüidade** refere-se aos procedimentos matemáticos que envolve os atributos de um determinado *pixel* e os dos *pixels* imediatamente seus vizinhos. Isso possibilita produzir superfícies contínuas a partir de dados pontuais. Para implementar tais procedimentos, é necessário escolher métodos adequados de interpolação, os quais correspondem a processos em que se determina o valor de uma função matemática num ponto interno de um intervalo, a partir dos valores da função nas fronteiras de determinado intervalo. Os principais métodos de

interpolação são: inverso do quadrado da distância, *Krigagem*, curvatura mínima (*spline*), métodos multiquadráticos e triangulação de Delaunay.

As principais **operações de superposição** são: imposição ou máscara, colagem, comparação, associação e sincronização. A **imposição** é definida como a seleção de uma determinada área para ser analisada e observada em todos os PIs de um determinado projeto. A **colagem** representa a imposição de regiões geográficas de um determinado mapa a outro, onde as regiões e a qualidade são preservadas e os atributos mudam de codificação. A **comparação** entre mapas permite identificar áreas de uma região geográfica, com idênticos atributos. A **associação** resulta em áreas geo-referenciadas controladas por determinados agrupamentos. Finalmente, a **sincronização** gera uma nova e independente categoria a partir de cada interseção de temas.

As **análises de rede** são definidas como o estudo dos problemas espaciais relacionados a linhas reais no que concerne à estrutura de conectividade e aos deslocamentos possíveis entre os pontos contidos nos segmentos lineares.

As **análises algébricas não cumulativas** são também chamadas de análises lógicas e compreendem: a simultaneidade *booleana* (baseia-se em estabelecer limites determinados a partir de informações consideradas falsas, atributo zero, e verdadeiras, atributo um), a possibilidade *fuzzy* (assume valores de pertinência - um - e à medida que os membros se afastam do valor central, são definidos numa amplitude de valores de pertinência com tendência a zero) e a probabilidade *bayesiana* (fundamentada no Teorema de Bayes), relaciona-se aos conceitos de probabilidade prévia (ocorrência de uma feição especial numa área em questão) e posterior (atualização da probabilidade prévia ao ser multiplicada por um fator que represente a presença ou a ausência de informação adicional).

As **análises algébricas cumulativas** correspondem a operações tipo adição, subtração e divisão entre matrizes que representam o arranjo dos dados espaciais contidos em mapas geo-referenciados.

Vale ressaltar que a implementação dessas funções exige certos procedimentos metodológicos capazes de garantir o controle da qualidade dos resultados.

Alguns autores recomendam que a execução de um projeto por meio de SIGs precisa ser previamente planejado, cujo início deve ser a construção de um fluxograma, onde serão especificados os problemas, definidos os produtos e, finalmente, implementadas as funções dos SIGs, resultando numa gama de alternativas de soluções que serão encaminhadas à gerência de decisões.

De acordo com Câmara *et al.* (1997), o processo de implantação de um SIG pode ser dividido em três fases: modelagem do mundo real, criação do banco de dados geográfico e operação.

A fase de modelagem do mundo real engloba a modelagem de processos e dados e consiste em selecionar fenômenos e entidades de interesse, abstraindo-os e generalizando-os. A criação de um banco de dados geográficos exige várias etapas: coleta dos dados relativos aos fenômenos de interesse identificados na modelagem, correção dos dados coletados e georreferenciamento dos dados. A fase de operação refere-se tanto ao uso do SIG quanto ao desenvolvimento de aplicações específicas por parte dos usuários a partir dos dados armazenados, reconstruindo visões diferenciadas da realidade.

Assim, um fenômeno geográfico pode ser analisado de forma distinta, dependendo do objetivo da aplicação e das suas características e propriedades que variam no espaço e no tempo. Essas variações causam um impacto direto na coleta, modelagem e armazenamento dos dados.

Devido à sua potencialidade, os SIGs são amplamente utilizados em diversos setores da atividade humana. Contudo, observa-se o desenvolvimento de SIGs direcionados para determinados campos aplicativos, tais como: sistemas de informação hidrológica, hidrogeológica, climática, pedológica, etc.

Günther (1998, *in* Chirstofoletti 1999) desenvolveu um dos primeiros trabalhos sintetizando a temática sobre os sistemas de informação para o contexto ambiental. Em sua obra, Günther procurou definir os fluxos de informação ambiental em quatro fases: coleta dos dados, armazenagem dos dados, análise dos dados e manejo dos bancos de dados. Esses fluxos de informação correspondem a um processo complexo de agregação, durante o qual os dados são transformados em documentos concisos que podem ser usados como suporte à decisão em níveis superiores.

Portanto, os sistemas de informações geográficas direcionados a análises ou manejos de recursos ambientais, ganham maior importância na medida em que propiciam uma fonte de informações básicas para gestores que não possuem embasamento técnico, mas que normalmente são chamados a tomar decisões e explicitar rumos à respeito de proteção e manejo sustentado dos ecossistemas naturais, além de outras ações.

Em relação ao uso de SIGs voltados a estudos hidrogeológicos, são comumente utilizados modelos de dados que envolvem não apenas informações sobre a geometria e a topologia do fluxo subterrâneo, mas, também, fatores como composição química, caracterização das populações da região analisada e fontes poluentes.

Souza (2001), na sua dissertação de mestrado intitulada *Fundamentos para a Gestão de Recursos Hídricos Subterrâneos do Distrito Federal*, utilizou ferramentas de SIG para estimar o

regime de exploração e a susceptibilidade à recarga dos aquíferos fraturados do território do Distrito Federal.

Outro trabalho relevante é a dissertação de mestrado de Joko (2002), *Hidrogeologia da Região de São Sebastião – DF: Implicações para a Gestão do Sistema de Abastecimento de Água*. Nesse estudo, o autor procurou integrar em um SIG, as características qualitativas e quantitativas dos aquíferos, a fim de identificar os processos e fatores atuantes na circulação e armazenamento de água da região.

No tocante às estratégias e diretrizes para o uso adequado das águas do Distrito Federal e seu entorno, cabe destacar o SIG intitulado *Plano de Gerenciamento Integrado dos Recursos Hídricos do Distrito Federal e Entorno*, desenvolvido para o Governo do Distrito Federal, que visa ao acompanhamento da qualidade ambiental do Distrito Federal.

O Plano de Monitoramento Ambiental do Distrito Federal busca definir estratégias e diretrizes para o uso adequado das águas do DF, a partir da integração de dados do meio físico, com destaque para a geologia, os solos, o clima, o uso e a cobertura vegetal, além da forma do uso urbano, classificado em centros urbanos consolidados e em consolidação.

O SIG Goiás e os trabalhos de Almeida (2003), Silva (2003) e Costa (2004) também são exemplos de aplicação de SIG na área da hidrogeologia. Almeida (2003) desenvolveu trabalho em âmbito regional na Bacia do Rio Claro (SW de Goiás) e mostrou que esse tipo de procedimento pode subsidiar a tomada de decisão em âmbito do planejamento e a definição de diretrizes para o gerenciamento de grandes áreas. Silva (2003) mostra que a integração de informações ambientais e socioeconômicas confiáveis e confirmadas em campo pode facilitar a re-organização do espaço geográfico ocupado de forma irregular e desordenada, corrigindo uma série de equívocos desenvolvidos durante o processo de ocupação. Costa (2004) mostra que a reunião de planos de informação diversos, com apoio de trabalhos de campo para adequação de escalas e correção de bases existentes pode contribuir de forma efetiva para o ordenamento urbano de área em estágio inicial de ocupação, tendo como moldura a proteção dos recursos hídricos subterrâneos locais e sua exploração sustentável.

CAPÍTULO IV

CONSTRUÇÃO DO BANCO DE DADOS GEORREFERENCIADO

4.1 O Banco de Dados

Para a gestão eficiente dos recursos hídricos é fundamental estruturar um sistema de registros que contemple as informações necessárias à modelagem e à integração dos dados.

Os sistemas de bancos de dados armazenam e recuperam informações de acordo com as necessidades da aplicação, ou seja, cada entidade física representada possui maior ou menor grau de detalhe, dependendo dos objetivos a que se destina.

Desse modo, o sucesso da implantação de um sistema de informações depende da qualidade da transposição de entidades do mundo real bem como suas interações, para um sistema computadorizado.

As informações utilizadas na estruturação do banco de dados deste estudo são provenientes de várias fontes secundárias, sob diferentes formatos e estruturas. Assim, para que todos os planos de informação pudessem ser utilizados adequadamente, os dados obtidos foram convertidos ao formato *shapefile* (.shp) e reprojetados para o sistema de projeção UTM, zona 23, e *datum* Sad 69. Todas as operações foram realizadas no *software ArcGis*, versão 9.1. disponível no Laboratório de Sensoriamento Remoto do Instituto de Geociências da UnB.

Em decorrência de erros freqüentes, séries incompletas, informações conflitantes ou enganosas, variedade de fontes, etc., optou-se por trabalhar com dados sistematizados disponíveis em redes existentes no país.

Os órgãos que disponibilizaram as informações necessárias à construção da base dados desta pesquisa foram: a Agência Nacional de Águas (ANA), o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), a Companhia de Desenvolvimento do Planalto Central (CODEPLAN), a Secretaria do Meio Ambiente, Ciência e Tecnologia (SEMARH), a Agência Reguladora de Água e Saneamento do Distrito Federal (ADASA) e a Universidade de Brasília (UnB). A obtenção dos dados deu-se por meio de consultas à Rede Mundial de Computadores (WEB) e contatos pessoais.

4.2 A Escala de Trabalho

A escala de trabalho é um dos aspectos fundamentais de uma pesquisa e um dos principais atributos usados para descrever dados geográficos (Araújo-Filho 2005). Possui uma variedade de significados e pode ser usada por diversas disciplinas em diferentes contextos.

Entretanto, há uma preocupação comum relacionada ao tamanho dos objetos estudados e ao nível de detalhe a ser utilizado.

Por escala pode-se entender tanto a proporção existente entre grandezas no mundo real (superfície terrestre) e sua representação analógica ou digital em um mapa (escala cartográfica), quanto à unidade de tamanho ou a extensão do espaço correspondente à área de estudo (abrangência da análise - escala de análise ou escala geográfica). Dessa forma, a natureza dos fenômenos é determinante na escolha da escala, de modo a definir seu grau de generalização.

A generalização cartográfica consiste na seleção e na simplificação dos objetos representados, conforme uma hierarquia de importância. Por outro lado, deve-se considerar as características das feições a serem mapeadas. Algumas delas podem ser dependentes ou não da escala. O padrão do fenômeno pode ou não variar com a mudança de escala. O mapa geológico do Distrito Federal, por exemplo, originalmente concebido na escala de 1:100.000, possui áreas muito homogêneas e, sendo assim, mesmo com a ampliação da escala, ou seja, aumento do nível de detalhe, os tipos litológicos mapeados não sofrem alterações.

Cabe, ainda, ressaltar que a escala de trabalho pode ser definida não somente conforme o interesse do pesquisador, mas de acordo com os dados existentes, uma vez que restrições de ordem técnica, temporal, financeira, dentre outras, limitam a possibilidade de participação do pesquisador no processo de obtenção de dados primários.

No presente trabalho, optou-se por trabalhar com dados pré-existentes cujas escalas foram consideradas adequadas aos objetivos propostos. Todos os mapas utilizados possuem escala com nível de detalhe igual ou maior que 1:100.000. Esta escala é útil para trabalhos que visam ao planejamento setorial e regional, tendo em vista a possibilidade de visualização da área em estudo como um todo. Entretanto, a referida escala não é adequada para gestão ou soluções de problemas específicos em áreas menores.

Noutra perspectiva, destaca-se a diferença entre a escala de elaboração e a escala de visualização. No meio digital, a escala de visualização não depende da escala na qual o mapa foi produzido. Com a facilidade de reprodução e de transmissão dos arquivos digitais, alguns programas, particularmente os Sistemas de Informações Geográficas (SIGs), possibilitam uma alternativa para visualizar dados em escalas distintas e com densidade de informações variadas.

4.3 Os Planos de Informações

Para definir as categorias de informações necessárias ao estabelecimento de critérios para o processo de gestão das águas subterrâneas, levou-se em consideração o acervo de dados disponíveis e a viabilidade da realização de trabalhos de campo com vistas à complementação das informações.

Como já discutido no item 3.2, para que sejam estabelecidos critérios de gestão dos recursos hídricos subterrâneos capazes de garantir o uso sustentável do referido recurso, é preciso avaliar as reservas dos aquíferos da região.

Desse modo, os planos de informações utilizados neste estudo foram: cartas planialtimétricas (hypsografia, hidrografia, sistemas viários); séries pluviométricas históricas, uso da terra e cobertura vegetal, geologia, hidrogeologia e solos.

No presente trabalho são consideradas duas categorias de informações: os planos de informações temáticos, chamados de **mapas observacionais** e os produtos resultantes da integração dos dados, denominados **mapas analíticos**. Esse segundo conjunto, também pode ser cruzado e integrado resultando em **mapas integrados** ou **mapas fundidos**, a depender das operações realizadas.

A seguir, serão discutidos, detalhadamente, cada plano de informação e seus atributos.

4.3.1 Base Planialtimétrica

Os mapas planialtimétricos constituem a base de dados para os levantamentos exploratórios, pois apresentam, dentre outras informações, a posição das características do relevo (curvas de nível e pontos cotados), a hidrografia e o sistema viário.

Para estudos hidrogeológicos, a configuração do relevo é de grande importância no que se refere a influência de cada aspecto fisiográfico nas condições de infiltração e armazenamento da água subterrânea. Sabe-se que, a inclinação do terreno é determinante da sua taxa de infiltração, ou seja, quanto maior a declividade, menor a infiltração de água e vice-versa.

Um dos subprodutos dos mapas planialtimétricos utilizados nos estudos hidrogeológicos é o mapa de declividade derivado do Modelo Digital de Elevação - MDE. O MDE pode ser definido como um modelo matemático que reproduz uma superfície real a partir de algoritmos e de um conjunto de pontos (x, y), em um referencial qualquer, com atributos denotados de z, que descrevem a variação contínua da superfície (Burrough, 1998).

A base de dados necessária à confecção do MDE (topografia - curvas de nível, pontos cotados e hidrografia) foi extraída, inicialmente, das cartas planialtimétricas produzidas pela CODEPLAN, por restituição aerofotogramétrica, em 1994.

Essas cartas, em formato digital (*.DGN – MicroStation DGN files*), na escala de 1:25.000, compõem o Sistema Cartográfico do Distrito Federal – SICAD, referenciado na projeção UTM e no *datum* horizontal Astro Chuá. A área de estudo é recoberta por 43 folhas SICAD.

O maior problema observado nestes documentos refere-se ao processo de digitalização. São comuns erros, como curvas de níveis sobrepostas, trechos sem curvas, curvas de nível

fragmentadas, drenagens com linhas tracejadas e sem direção de fluxo d'água e grandes generalizações que levam a perda de informações.

Considerando a quantidade de erros observados nas cartas do SICAD e o tempo que seria necessário para corrigi-los, optou-se por abandonar as referidas cartas e adotar o MDE do projeto *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM), disponibilizado pela NASA (JPL-NASA, <http://www2.jpl.nasa.gov/srtm/>). O MDE do SRTM tem uma acurácia horizontal de 50 metros e vertical de 12 metros, com um pixel de 90 metros. As configurações do SRTM possibilitam a sua utilização em escalas menores que 1:50.000 (Roig 2005).

Posteriormente, foram obtidas as curvas de nível e os pontos cotados na escala 1:10.000 já corrigidos e editados pelo professor Nabil Eid do departamento de Recursos Hídricos da Faculdade de Engenharia da UnB.

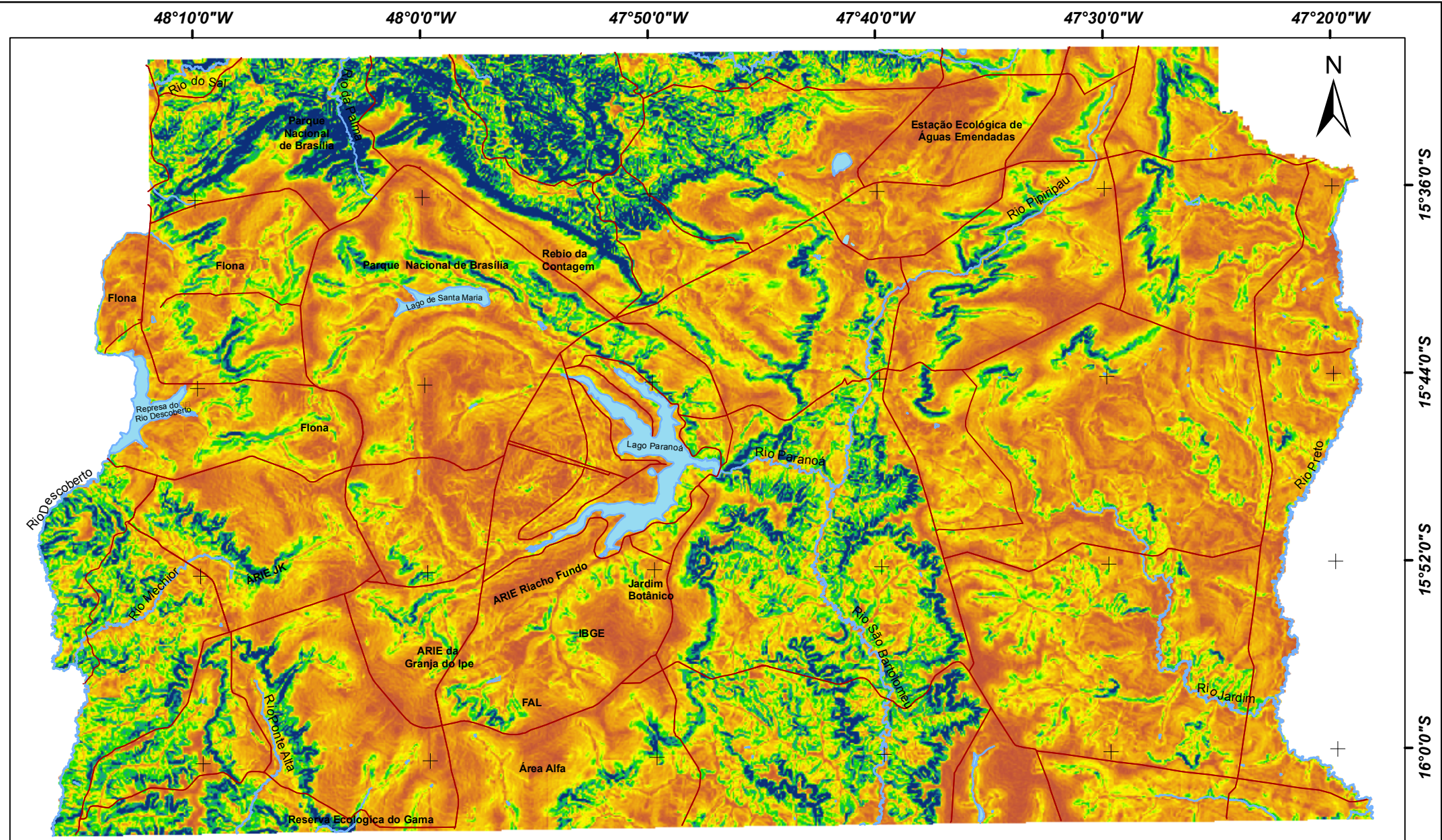
Neste caso, tentou-se trabalhar com uma escala de maior detalhe (1:10.000) pela acurácia das informações, mas não foi possível gerar o MDE pois os equipamentos disponíveis, utilizados para processar os dados deste estudo, não foram capazes de gerá-lo.




Todavia, o mapa de declividade (Figura 4.1) foi produzido a partir do MDE do SRTM, pelo método *Slope* do aplicativo *Spatial Analyst* no *software ArcGis*. Posteriormente, quatro intervalos (0-8%; 8-15%; 15-30%; >30%) de declividade foram definidos e reclassificados, subjetivamente, com base no funcionamento do fluxo superficial. Quanto maior a declividade maior o fluxo e, portanto, menor a taxa de infiltração. Como ainda não foi definido na literatura uma relação entre a declividade, como fator redutor da capacidade de retenção de água dos solos, e a taxa de infiltração, estabeleceu-se, para este trabalho, as seguintes relações:

- ◇ declividade 0 a 8% - taxa de infiltração 95% da capacidade de retenção dos solos;
- ◇ declividade 8 a 15% - taxa de infiltração 70% da capacidade de retenção dos solos;
- ◇ declividade 15 a 30% - taxa de infiltração 45% da capacidade de retenção dos solos;
- ◇ declividade > 30% - taxa de infiltração 5% da capacidade de retenção dos solos.

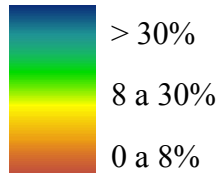
O limite político do Distrito Federal utilizado como referência da área para todos os planos de informações deste trabalho foi extraído da base SICAD 1:10.000, em formato *.dgn*, exportado para o formato *.shp* e corrigido com as ferramentas de edição do *software ArcGis*.

Utilizou-se a ferramenta *modify feature* para ligar as linhas descontínuas e o *Merge* para uni-las. Posteriormente foi gerada a topologia da entidade poligonal para verificar possíveis erros na estruturação dos dados.




- Legenda
-  Corpos de Água
 -  Drenagem
 -  Rodovias

Percentuais de declividade



Escala 1:400.000



Projeção Geográfica
Datum Planimétrico SAD 69
Elaborado por Tatiana Diniz Gonçalves

Figura 4.1 - Mapa de Declividade do Distrito Federal.

4.3.2 Dados Climatológicos

As informações climatológicas incluem precipitação, temperatura, radiação solar, evapotranspiração, evaporação direta, velocidade e direção de vento. Dentre estes, os dados de precipitação (altura pluviométrica, distribuição espacial e temporal) são os mais importantes para a gestão de recursos hídricos subterrâneos e podem ser utilizados para inferir as tendências pluviométricas de determinada região e calcular o balanço hídrico.

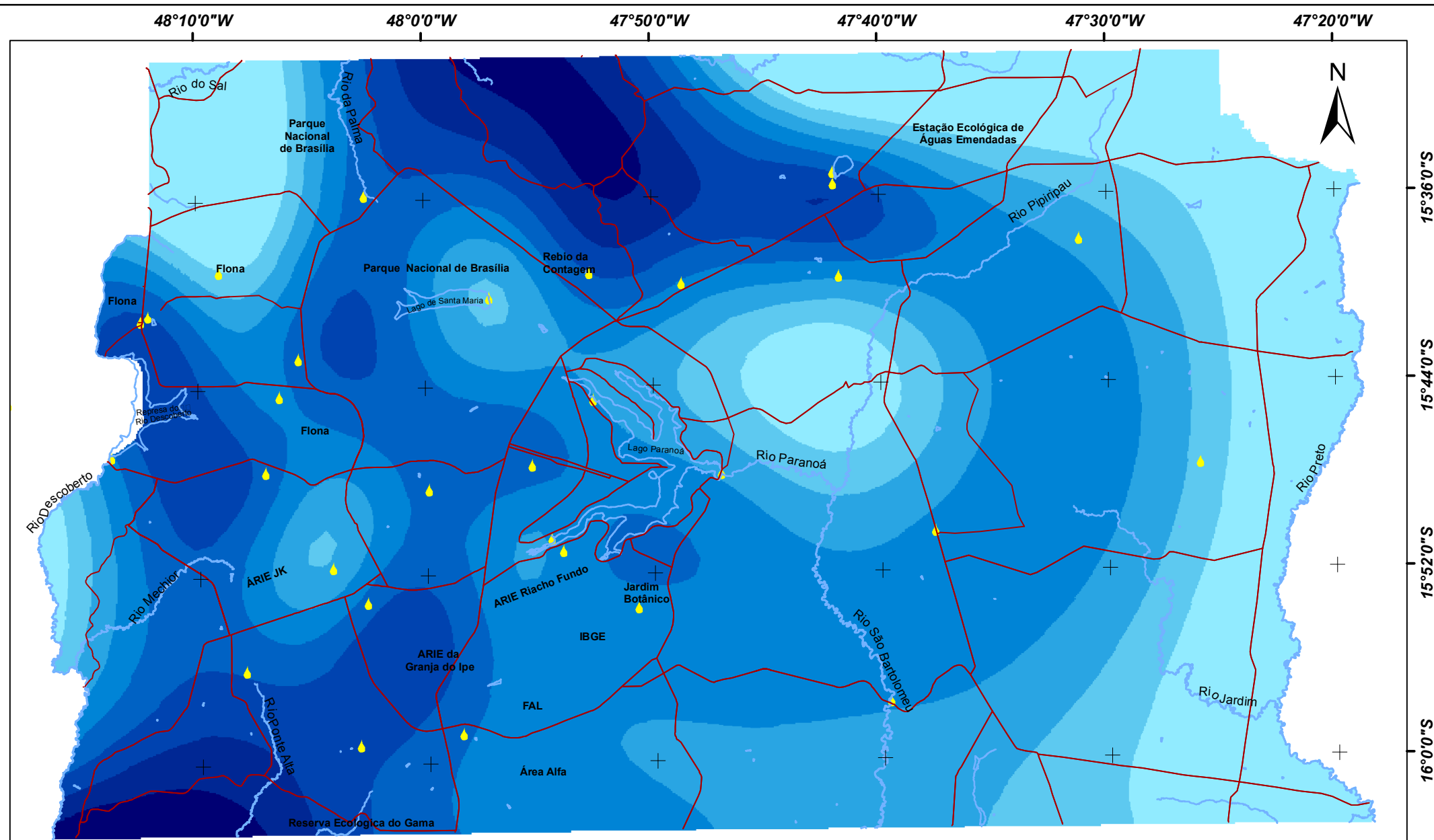
A espacialização da pluviosidade dá-se por meio da interpolação dos dados pontuais de pluviômetros. As isolinhas que correspondem às linhas de mesmo valor de altura pluviométrica são representadas em mapas de isoietas. As informações necessárias à confecção do mapa de isoietas da área de estudo foram adquiridas da base de dados do sistema HIDRO da ANA.

O HIDRO é um aplicativo de banco de dados do tipo cliente/servidor projetado para permitir o gerenciamento centralizado e organizado de uma base de dados hidrometeorológica. Este sistema é capaz de acessar tanto um banco de dados local quanto remoto. A conexão remota dar-se-á por meio da rede interna da instituição (intranet) ou pela Internet (no caso de usuários externos autorizados).

O HIDRO também permite que os dados sejam copiados para serem utilizados no módulo *stand alone* usando o programa *Access* como banco de dados. Este foi o processo executado neste trabalho.

Embora a base de dados utilizada pelo HIDRO tenha 199 estações catalogadas no Distrito Federal, apenas 44 puderam ser usadas como fonte de informações pluviométricas. Muitas estações estão desativadas ou não possuem séries históricas de dados pluviométricos. Para suprir a carência de dados e melhorar o processo de interpolação na borda da área em estudo, foram usadas 14 estações circunvizinhas localizadas no estado de Goiás. O período analisado foi de 1960 à 2006, entretanto, a maioria dos dados encontra-se entre os anos de 1971 e 2006.

A partir das coordenadas das estações e dos totais de chuvas diárias, foi possível calcular, no HIDRO (funções de estatística e edição), as médias dos totais de chuvas mensais e anuais. Organizou-se uma tabela com as médias mensais no *software* EXCEL (armazenada no formato *.dbfIV*) e criou-se, no *software ArcGis*, um arquivo (*.shp*) de pontos a partir da mencionada tabela. Alguns métodos de interpolação foram testados com o objetivo de gerar uma boa representação da superfície pluviométrica da área, a saber: inverso do quadrado da distância, *Krigagem* e curvatura mínima (*spline*). Aquele que mostrou melhor resultado foi o método da curvatura mínima (*spline*).



Legenda

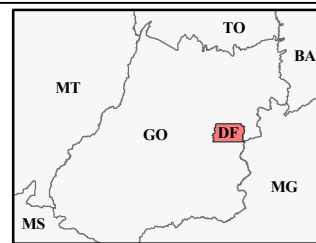
Chuva média plurianual (mm)

709 - 1.150
1.150 - 1.250

1.250 - 1.350
1.350 - 1.450
1.450 - 1.550

1.550 - 1.650
1.650 - 1.750
1.750 - 1.890

Estações pluviométricas
Drenagem
Rodovias



Escala 1:400.000
0 3 6 12 18 Km
Projeção Geográfica
Datum Planimétrico SAD 69
Elaborado por Tatiana Diniz Gonçalves

Figura 4.2 - Mapa de Isoietas de Distrito Federal (período 1960 - 2006).

Entretanto, observou-se que, devido a ausência de dados em algumas regiões, mais precisamente nas bacias dos rios Preto e Maranhão, o processo de interpolação gerou médias pluviométricas inferiores aquelas adquiridas no HIDRO. Enquanto nos dados originais a média pluviométrica mínima é de, aproximadamente, 1.100 milímetros, com a interpolação, a média mínima passou a ser de 709 milímetros. No caso específico deste estudo, decidiu-se trabalhar com esses resultados tendo em vista os objetivos propostos. A figura 4.2 mostra a distribuição espacial das alturas médias pluviométricas do Distrito Federal.

4.3.3 Dados Geológicos

O conhecimento da geologia de uma região é o ponto de partida para a compreensão da distribuição espacial dos aquíferos, entendidos aqui como formações geológicas capazes de armazenar e transmitir água e desempenhar as funções básicas dos reservatórios subterrâneos: função filtro, função reguladora e função armazenadora.

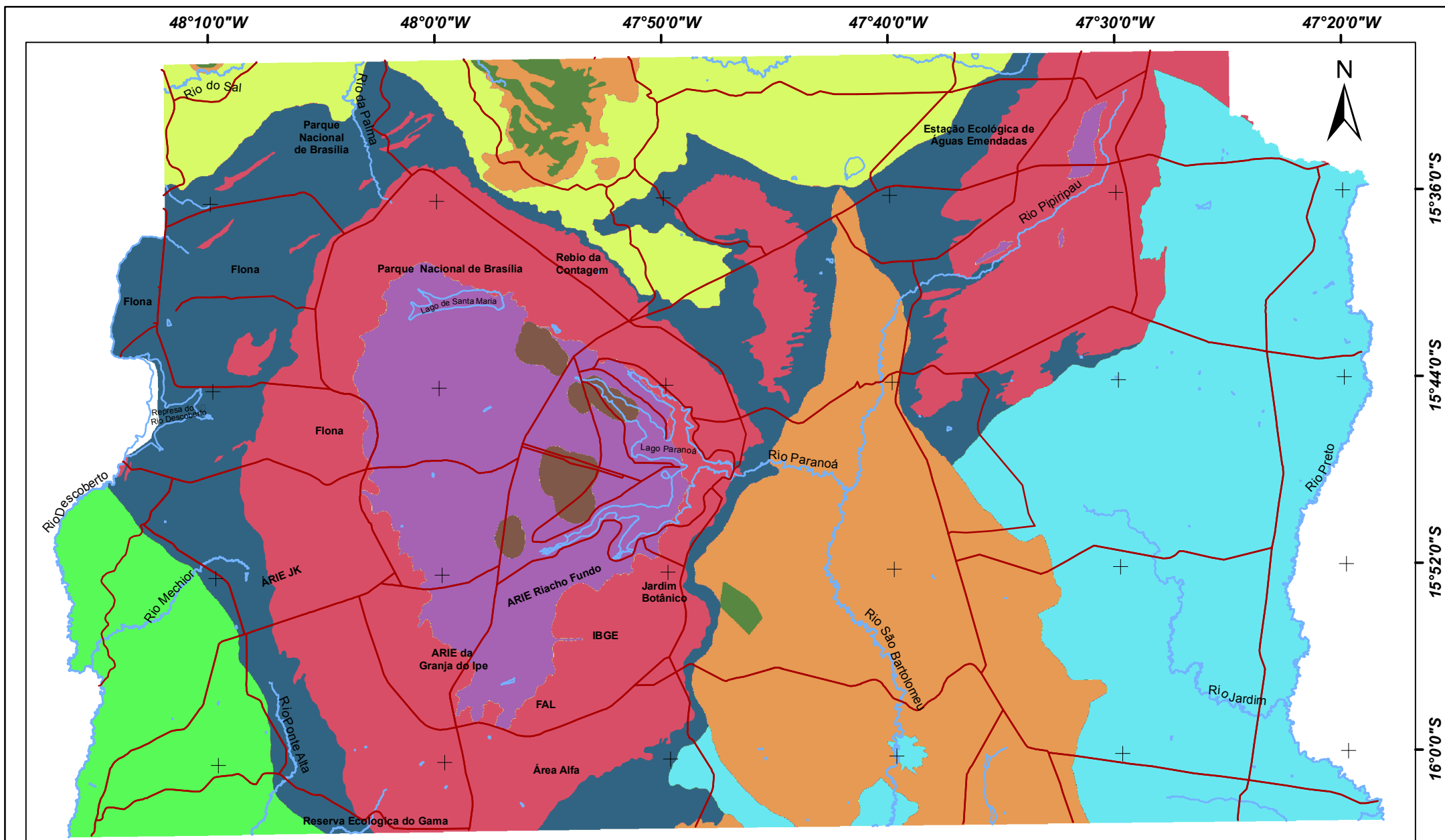
Os mapas geológicos, além de identificarem a litoestratigrafia e estruturas geológicas de determinada área, fornecem informações sobre as características dos aquíferos, sua distribuição, extensão lateral, áreas de recarga e exutório, camadas confinantes e bases impermeáveis.

Em estudos hidrogeológicos comumente se classificam as unidades geológicas de acordo com a importância das rochas nas formações aquíferas, em função das suas propriedades intrínsecas (porosidade e permeabilidade), condições de ocorrência (extensão, espessura e estrutura) e explorabilidade (fácil, regular ou difícil).

Dentre as propostas de compartimentação geológica existentes para o Distrito Federal (Faria 1995 e 1997, Campos & Freitas Silva 1998 e ADASA/PGIRH 2006), optou-se por trabalhar com a mais recente, que apresentou, na escala de 1:50.000, algumas correções e atualizações.

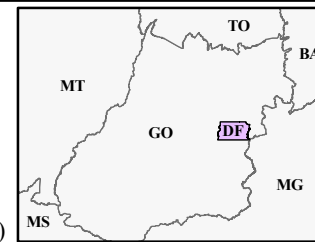
O mapa geológico das bacias hidrográficas do Distrito Federal foi adquirido na página da ADASA (<http://www.adasa.df.gov.br/>) no formato *shapefile* (.shp) e modificado com novos dados de campo. Alguns litotipos no centro norte e no nordeste do mapa foram expandidos.

Ao mapa modificado, foram incorporados parâmetros hidrogeológicos do domínio fraturado. Utilizou-se a vazão média (\bar{Q}) de cada unidade, as características hidrodinâmicas, densidade e interconectividade de fraturas, além de feições geológicas como parâmetros para a discriminação das fácies hidrogeológicas e composição do mapa hidrogeológico do domínio fraturado do Distrito Federal (Figura 4.3).



Legenda

- | | | | |
|---|--|--|--|
| Drenagem | Sistema Araxá
(vazão média 3.500 L/h) | Subsistema R3/Q3
(vazão média 12.500 L/h) | Sistema Canastra |
| Rodovias | Sistema Paranoá | Subsistema R4
(vazão média 6.500 L/h) | Subsistema F
(vazão média 7.500 L/h) |
| Domínio Fraturado | Subsistema S/A
(vazão média 12.500 L/h) | Subsistema PPC
(vazão média 9.000 L/h) | Subsistema F/Q/M
(vazão média 33.000 L/h) |
| Sistema Bambuí
(vazão média 6.500 L/h) | Subsistema A
(vazão média 4.500 L/h) | | |



Escala 1:400.000
 Km

Projeção Geográfica
 Datum Planimétrico SAD 69
 Elaborado por Tatiana Diniz Gonçalves

Figura 4.3 - Mapa Hidrogeológico do Domínio Fraturado do Distrito Federal (adaptado de Campos & Freitas-Silva 1998 e ADASA/PGIRH 2006).

A vazão média (\bar{Q}) das unidades hidrogeológicas do Distrito Federal foi estabelecida com base nos resultados de um banco de dados de cerca de 950 poços tubulares profundos. Os dados de vazão média (\bar{Q}) são importantes, sobretudo para avaliar a distribuição espacial das características hidrodinâmicas das águas subterrâneas do domínio fraturado. Estes resultados estão disponíveis em formato analógico no Mapa Hidrogeológico do Distrito Federal (Freitas-Silva 1998).

4.3.4 Dados Pedológicos

Os mapas de solos disponibilizam a localização das classes de solo ou de sua associação em função da escala de mapeamento. Esta informação é relevante nos estudos hidrogeológicos porque, ocasionalmente, os limites entre manchas de solos coincidem com contatos geológicos e cada classe de solo tem uma organização nas direções lateral e vertical, fundamentais à caracterização de aquíferos porosos e no controle dos processos de infiltração e recarga.

A capacidade de retenção, infiltração, transmissão e armazenamento de água, assim como a profundidade e a presença de camada de impedimento à drenagem, são critérios de suma importância para determinar as condições hidrodinâmicas dos solos.

A caracterização de aquíferos do sistema poroso é normalmente determinada de acordo com os valores de condutividade hidráulica e transmissividade. Estes valores poderão ser obtidos, em campo, através de dois métodos de ensaios de infiltração *in situ*.

A variação dos valores de condutividade hidráulica e transmissividade é função do tipo de solo e, principalmente, do teor de argila desses solos e estruturação dessas coberturas. Quanto mais argilosos, menores serão os valores esperados. As feições texturais dos solos também apresentam importância específica, visto que solos argilosos ou muito argilosos podem apresentar valores de condutividade hidráulica significativamente maiores no caso de apresentar forte estrutura granular.

O mapa de solos utilizado neste trabalho foi construído a partir dos levantamentos exploratórios de solos produzidos pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA, em 1978. Este mapa, denominado Mapa de Reconhecimento de Solos do Distrito Federal em escala 1:100.000 foi revisado e disponibilizado pela CODEPLAN/SEMATEC, em 1997, no formato digital (.shp).

A denominação dos tipos de solo foi convertida às novas especificações propostas pelo Sistema Brasileiro de Classificação de Solos - SBCS da Embrapa (Santos *et al.* 2006) e os solos das áreas urbanas, desconsiderados no mapa original, foram editados e incorporados ao mapa final com base nos estudos de campo e no fechamento de contatos das áreas externas conforme mostra a figura 4.4.

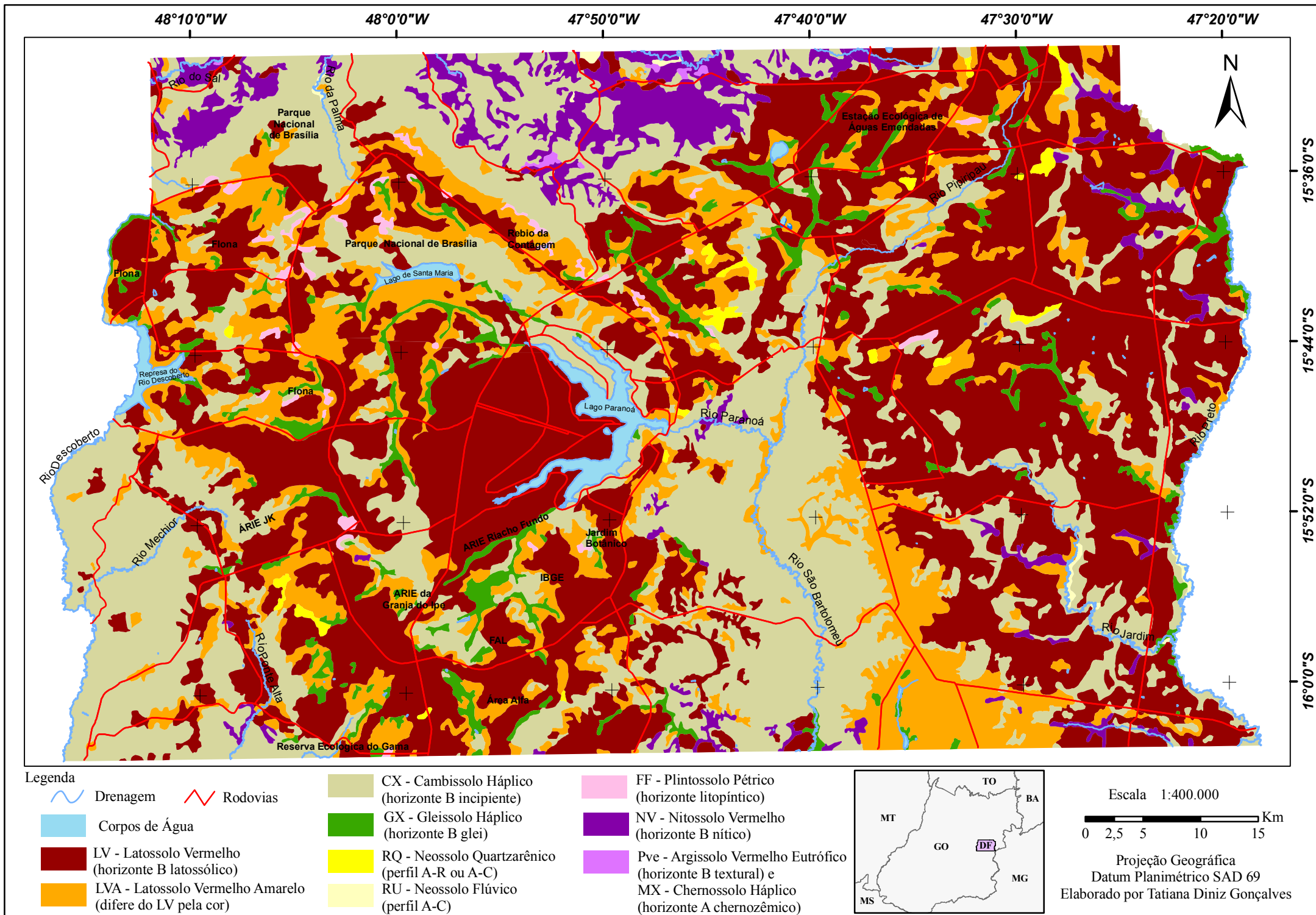


Figura 4.4 - Mapa de Solos do Distrito Federal (modificado de EMBRAPA 1978). Entre parênteses perfis ou horizontes diagnóstico.

4.3.5 Dados de Uso e Cobertura da Terra

Os mapas de uso e cobertura da terra são imprescindíveis para o planejamento da ocupação do espaço, seja ele numa escala regional ou de maior detalhe. A elaboração desse tipo de mapa constitui-se em uma das principais etapas de projetos que visem não apenas caracterizar e acompanhar a evolução do meio ambiente, mas também compreender as mudanças que estão ocorrendo neste meio.

A espacialização dos tipos de uso e cobertura da terra é necessária aos estudos hidrogeológicos para avaliar as áreas potenciais de maior ou menor recarga. Dependendo do tipo de uso ou de cobertura, haverá variações da resposta à infiltração de água no solo.

Para cada tipo de cobertura avaliam-se os processos atuantes na dinâmica hídrica em decorrência do uso e da cobertura como fatores de interferência na infiltração natural. O efeito da vegetação consiste em minimizar processos erosivos decorrentes dos impactos das gotas de chuva no solo e aumentar a porosidade dos solos através da bioturbação pelo enraizamento.

Os mapas de uso e cobertura vegetal podem ser construídos a partir da interpretação de imagens de satélite ou fotografias aéreas. Com o auxílio de *softwares* especializados como o ENVI, por exemplo, tem-se a opção de classificar as imagens conforme o tipo de cobertura, o qual é passível de ser associada ao tipo de uso.

Até recentemente, as pesquisas sobre o uso da terra eram realizadas sem a utilização de um sistema classificatório de padrões de categorias com os quais as diferentes utilizações do solo pudessem ser aferidas. Da necessidade de padronizar a classificação dessas categorias, surgem trabalhos desenvolvidos por órgãos como a União Geográfica Internacional - UGI, o Serviço Geológico dos Estados Unidos (*United States Geological Survey* - USGS), o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, a Companhia de Desenvolvimento do Planalto Central - CODEPLAN e a Secretaria de Meio Ambiente, Ciência e Tecnologia - SEMATEC. Os pesquisadores comprovaram a necessidade de sistematização dos elementos de identificação e diferenciação dos diversos tipos de uso.

Entretanto, desenvolver um sistema de classificação que seja referência para a organização e a hierarquização das informações de uso e cobertura da terra é uma tarefa complexa, vez que, fatores como as diferenças regionais e locais e até a própria tecnologia empregada podem interferir nos critérios de avaliação. No intuito de minimizar as mencionadas diferenças e subsidiar estudos sobre o uso e a cobertura da terra no Distrito Federal, Araújo-Filho (2005) propõe um sistema de classificação com base na interpretação de imagens de satélite.

De acordo com o referido autor, o mais importante num sistema de classificação é fornecer ao usuário em potencial, dados com maior riqueza de detalhes para que ele próprio consiga manipular as informações e organizá-las conforme os objetivos do seu mapeamento.

No presente trabalho, o mapa de uso e cobertura da terra foi confeccionado a partir de uma imagem obtida pelo sensor HRV (*High Resolution Visible*) de alta resolução, instalado a bordo do satélite SPOT 5 (*Systeme Probatoire d' Observation de la Terre*). As cenas utilizadas foram 709/381, 710/381 e 710/382, adquiridas em 29 de abril de 2003, no módulo *Standart 1A*. Cada cena possui 3 bandas espectrais (verde – 0,50 a 0,59 μm , vermelho – 0,61 a 0,69 μm e infravermelho próximo – 0,78 a 0,89 μm) com resolução radiométrica de 8 bits e espacial de 10 metros.

Apesar de serem imagens com quatro anos de defasagem, levou-se em consideração a sua qualidade, a possibilidade de atualização das informações por meio das observações de campo e o fato de ter havido grandes restrições, nos últimos cinco anos, dos processos de ocupação no Distrito Federal. Estas restrições à ocupação urbana foram impostas, principalmente, pelo poder público e movimentos populares contra a política expansiva do governo local.

As imagens citadas, foram pré-processadas pela SPOT IMAGE, as quais incluíram a correção radiométrica e geométrica (por efemérides - *datum* SAD 69, projeção UTM, zona 23S).

As referidas imagens foram mosaicadas e posteriormente classificadas no *software* ENVI versão 4.2, disponibilizado pelo Laboratório de Sensoriamento Remoto e Análises Espaciais do Instituto de Geociências da UnB.

A classificação de imagens multiespectrais é o processo de associação dos *pixels* de um conjunto de bandas de uma imagem a um número limitado de classes individuais que representem os objetos do mundo real, com base na sua resposta espectral (Moreira 2001). A imagem classificada final é, em última análise, um mapa temático digital.

A referida imagem passou por processos de classificação supervisionada e pós-classificação. O princípio de classificação supervisionada é baseado no uso de algoritmos capazes de extrair as informações estatísticas de média variância de cada região para se determinar os pixels que representam valores de reflexão característicos para uma determinada classe. Além disso, o classificador deve orientar sua busca de classes a partir de amostras de treinamento (realidade terrestre) previamente selecionadas e representativas das classes de interesse da cena. Às classes definidas são associadas cores que representam as regiões de interesse.

Para escolher as amostras de treinamento elegeram-se as regiões de interesse (*region of interest* - ROIs) para cada classe, baseadas em informações de campo, a saber: água, campo/cerrado, mata/reflorestamento, áreas urbanas de alta, média e baixa densidade, agropecuária e áreas impermeáveis. Em seguida, procedeu-se à escolha do melhor algoritmo para classificação da imagem. Foram testados os seguintes métodos estatísticos: paralelepípedo, distância mínima, distância *mahalanobis* e *máxima verossimilhança*. O método da distância

mahalanobis mostrou melhor resultado, uma vez que a resposta foi considerada superior àquelas obtidas por outros métodos. A imagem utilizada para tal procedimento está representada na Figura 4.5.

Na tentativa de se obter um produto satisfatório, após a classificação automática da imagem, procedeu-se à edição das classes. Este processo de edição foi trabalhoso e demandou a interpretação das informações adquiridas em laboratório e no campo.

Uma segunda etapa de campo foi realizada para conferir e complementar a interpretação preliminar da imagem. Algumas modificações, adaptações e atualizações foram necessárias para que as unidades de uso da terra fossem melhor representadas.

O registro e a análise das observações envolveram a escolha das áreas de interesse e o agrupamento de classes conforme os objetivos propostos neste estudo.

O sistema de classificação adotado levou em consideração o grau de impermeabilização das superfícies locais e, conseqüentemente, o controle dos processos de infiltração. A Tabela 4.1 mostra o resultado do agrupamento das classes de interesse e a Figura 4.6 apresenta o mapa de uso e cobertura da terra reclassificado.

É importante salientar que o presente mapa de uso e cobertura vegetal foi confeccionado para atender aos objetivos deste trabalho e, portanto, não apresenta grande número de classes como os mapas de usos tradicionais.

Tabela 4.1 - Sistema de Classificação do Uso e Cobertura da Terra do DF.

Regiões de Interesse (ROIs)	Descrição
Classe 1	Corpos de água.
Classe 2	Cobertura vegetal natural (formações florestais, savânicas, campestres) e Reflorestamento.
Classe 3	Área urbana com alta densidade de ocupação.
Classe 4	Área urbana com média densidade de ocupação.
Classe 5	Área urbana com baixa densidade de ocupação.
Classe 6	Cobertura vegetal plantada – área agropastoril e área irrigada por pivô central.
Classe 7	Áreas impermeáveis (sistema viário pavimentado ou não, áreas de empréstimo, pedreiras, galpões, pista de pouso, solo exposto, áreas degradadas e alvos não identificados com alta reflectância).

48°10'0"W

48°0'0"W

47°50'0"W

47°40'0"W

47°30'0"W

47°20'0"W

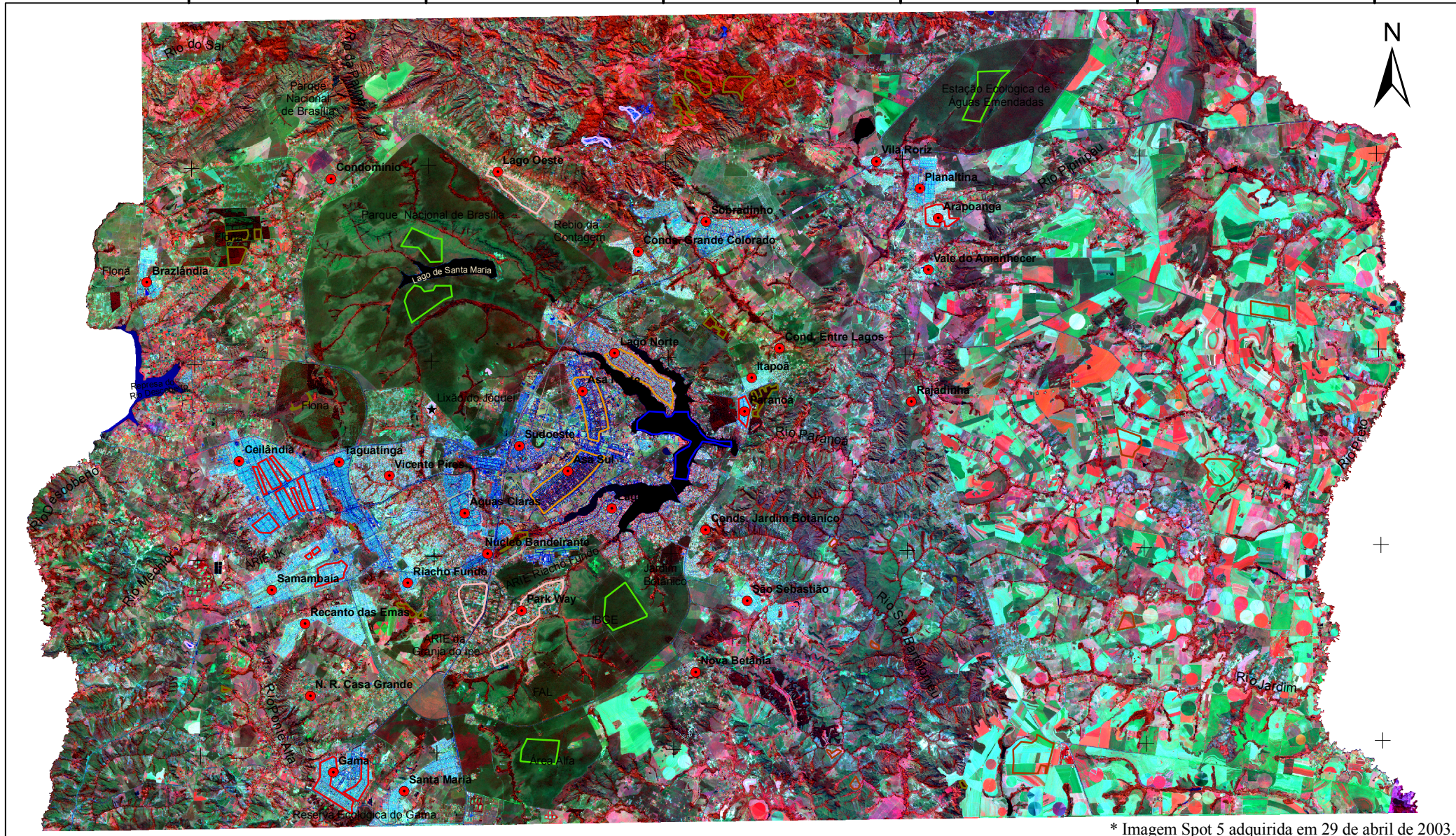


15°36'0"S

15°44'0"S

15°52'0"S

16°0'0"S



* Imagem Spot 5 adquirida em 29 de abril de 2003.

Legenda

- Principais Áreas Urbanas
- ★ Lixão do Jóquei
- Regiões de interesse
- Corpos de Água
- Campo/Cerrado
- Mata/Reflorestamento
- Urbano 1 - baixa densidade
- Urbano 2 - média densidade
- Urbano 3 - alta densidade
- Agropecuária
- Áreas Impermeáveis

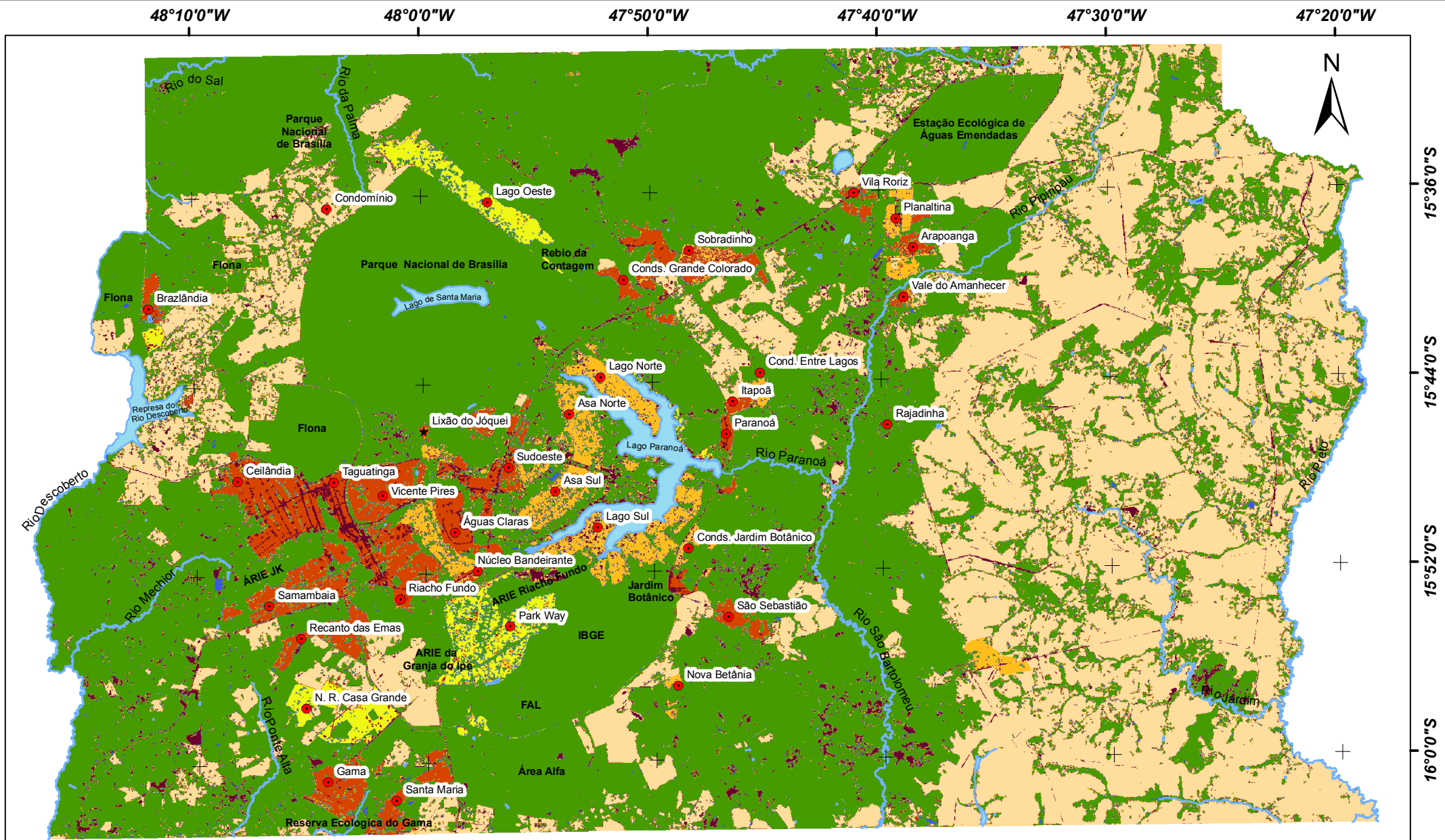


Escala 1:400.000

0 2,5 5 10 15 Km

Projeção Geográfica
Datum Planimétrico SAD 69
Elaborado por Tatiana Diniz Gonçalves

Figura 4.5 – Imagem Spot 5, composição colorida R - infravermelho próximo (0,78 a 0,89 µm), G - vermelho (0,61 a 0,59 µm) e B - verde (0,50 a 0,59 µm).

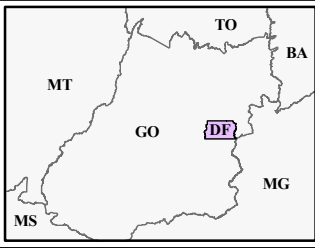


Legenda

- Drenagem
- Principais Núcleos Urbanos
- Lixão do Jóquei

Classes de uso e cobertura da terra

Classe 1 - Corpos de Água	Classe 2 - Áreas Verdes (campo, capoeira, reflorestamento)	Classe 5 - Urbano 3 - alta densidade (mais de 70% de áreas impermeáveis)
Classe 3 - Urbano 1 - baixa densidade (menos de 40% de áreas impermeáveis)	Classe 4 - Urbano 2 - média densidade (entre 40 e 70% de áreas impermeáveis)	Classe 6 - Agropecuária (terra arada, plantios e pastos)
		Classe 7 - Área Impermeáveis (pistas, galpões e áreas degradadas)



Escala 1:400.000

Projeção Geográfica
Datum Planimétrico SAD 69
Elaborado por Tatiana Diniz Gonçalves

Figura 4.6 - Mapa de Uso e Cobertura da Terra do Distrito Federal (classificado a partir da imagem Spot 5 - 2003 e atualizado por meio de trabalho de campo).

4.4 Aplicação do método do Curva-Número (CN)

Um dos objetivos deste estudo é obter os valores numéricos da capacidade de retenção máxima de água dos solos (S) para as condições de superfície da região do Distrito Federal no que diz respeito à potencialidade de infiltrar água. Um dos métodos para se obter o valor S é a partir do Curva-Número (CN).

Duas metodologias foram empregadas para determinar o CN da área em estudo: aquela desenvolvida por Lombardi-Neto (1989) e Sartori (2005), adaptada com dados locais, e por meio da ferramenta *ArcCN - Runoff* (Zhang & Huang 2004).

Como os valores do CN são fundamentados nos tipos de solos em regiões de climas temperados e as características dos solos em regiões tropicais apresentam comportamentos diferentes dos critérios definidos pelo SCS (Serviço de Conservação do Solo dos EUA), foi necessário adaptar os grupos de solos à realidade do Distrito Federal.

Esta adaptação foi embasada na proposta de Lombardi-Neto (1989) para a classificação hidrológica de solos brasileiros. Outra adaptação feita foi com relação ao uso e cobertura da terra. Critérios específicos foram determinados para atender aos objetivos deste estudo. A nova proposta encontra-se detalhada mais adiante na Tabela 5.4.

4.4.1 Classificação Hidrológica dos solos do DF

A tabela 4.2 apresenta a adaptação da classificação dos grupos hidrológicos de solos, desenvolvida por Lombardi-Neto *et al.* (1989) *in* Sartori (2005).

Baseando-se nas características físicas dos solos do Distrito Federal e nos valores de condutividade hidráulica desses solos, a Tabela 4.3 apresenta uma proposta para o enquadramento das classes gerais de solos registrados no Mapa de Reconhecimento de Solos do Distrito Federal em escala 1:100.000 (Embrapa 1978), com relação ao grupo hidrológico referente ao Curva-Número respectivo.

A Figura 4.7 mostra o mapa de solos classificados de acordo com os grupos hidrológicos para a região do Distrito Federal.

Vale lembrar que Lombardi-Neto considerou as mesmas condições antecedentes de umidade de solo proposta pelo SCS, a saber: Condição II (Tabela 3.1).

4.4.2 Composição do Curva-Número pelo Método de Lombardi-Neto

Para se obter o CN foi necessário, além de definir os grupos de solos da região, classificar a cobertura da terra de acordo com os interesses deste estudo e adaptar as condições de superfície para a realidade brasileira.

Tabela 4.2 - Classificação hidrológica do solo para as condições brasileiras.

Grupo Hidrológico do Solo	Principais Características
A	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Solos muito profundos (prof. > 200 cm) ou profundos (100 a 200 cm). Solos com alta taxa de infiltração e com alto grau de resistência e tolerância à erosão; ▪ Solos porosos com baixo gradiente textural (> 1,20). Solos de textura média; ▪ Solos de textura argilosa ou muito argilosa desde que a estrutura proporcione alta microporosidade em todo o perfil; ▪ Solos bem drenados ou excessivamente drenados; ▪ Solos com argila de atividade baixa (Tb), minerais de argila 1:1; ▪ A textura dos horizontes superficial e subsuperficial pode ser: média/média, argilosa/argilosa e muito argilosa/muito argilosa; ▪ Condutividade Hidráulica comumente entre 10^{-5} e 10^{-6} m/s desde a superfície até 200 cm.
B	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Solos profundos (100 a 200 cm). Solos com moderada taxa de infiltração, mas com moderada resistência e tolerância à erosão; ▪ Solos porosos com gradiente textural variando entre 1,20 e 1,50; ▪ Solos de textura arenosa ao longo do perfil ou de textura média, mas com horizonte superficial arenoso; ▪ Solos de textura argilosa ou muito argilosa desde que a estrutura proporcione boa macroporosidade em todo o perfil; ▪ A textura dos horizontes superficial e subsuperficial pode ser: arenosa/arenosa, arenosa/média, média argilosa, argilosa/argilosa e argilosa/muito argilosa; ▪ Condutividade Hidráulica da ordem de 10^{-5} a 10^{-6} m/s com tendência de diminuição em maiores profundidades.
C	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Solos profundos (100 a 200 cm) ou pouco profundos (50 a 100); ▪ Solos com baixa taxa de infiltração e baixa resistência e tolerância à erosão; ▪ Solos com gradiente textural maior que 1,50 e comumente apresentam mudança textural abrupta; ▪ Solos associados a argila de atividade baixa (Tb); ▪ A textura dos horizontes superficial e subsuperficial variável; ▪ Condutividade Hidráulica variável, com tendência de diminuição rápida a partir de pequenas profundidades do perfil.
D	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Solos com taxa de infiltração muito baixa com pouquíssima resistência e tolerância à erosão. Solos rasos (prof. < 50cm); ▪ Solos pouco profundos associados a mudança textural abrupta aliada à presença de saprolitos a partir de 50 cm do perfil; ▪ Solos orgânicos; ▪ Condutividade Hidráulica 10^{-6} m/s em superfície caindo rapidamente para a ordem de grandeza de 10^{-7} a 10^{-8} m/s em profundidade de 100 cm.

Fonte: Adaptado de Lombardi Neto (1989) *in* Sartori (2005).

Tabela 4.3 - Enquadramento das classes de solo do Distrito Federal nos grupos hidrológicos propostos por Lombardi-Neto (1989).

Grupo Hidrológico do Solo	Classes de Solo do Distrito Federal
A	Latossolos Vermelho (LV) e Vermelho Amarelo (LVA) e Neossolo Quartzático (RQ)
B	Nitossolo Vermelho (NV), Argissolo Vermelho Eutrófico (PVe) e Chernossolo (MX)
C	Plintossolo Pétrico (FF), Neossolo Flúvico (RU)
D	Gleissolo Háptico (GX), Cambissolo Háptico (CX)

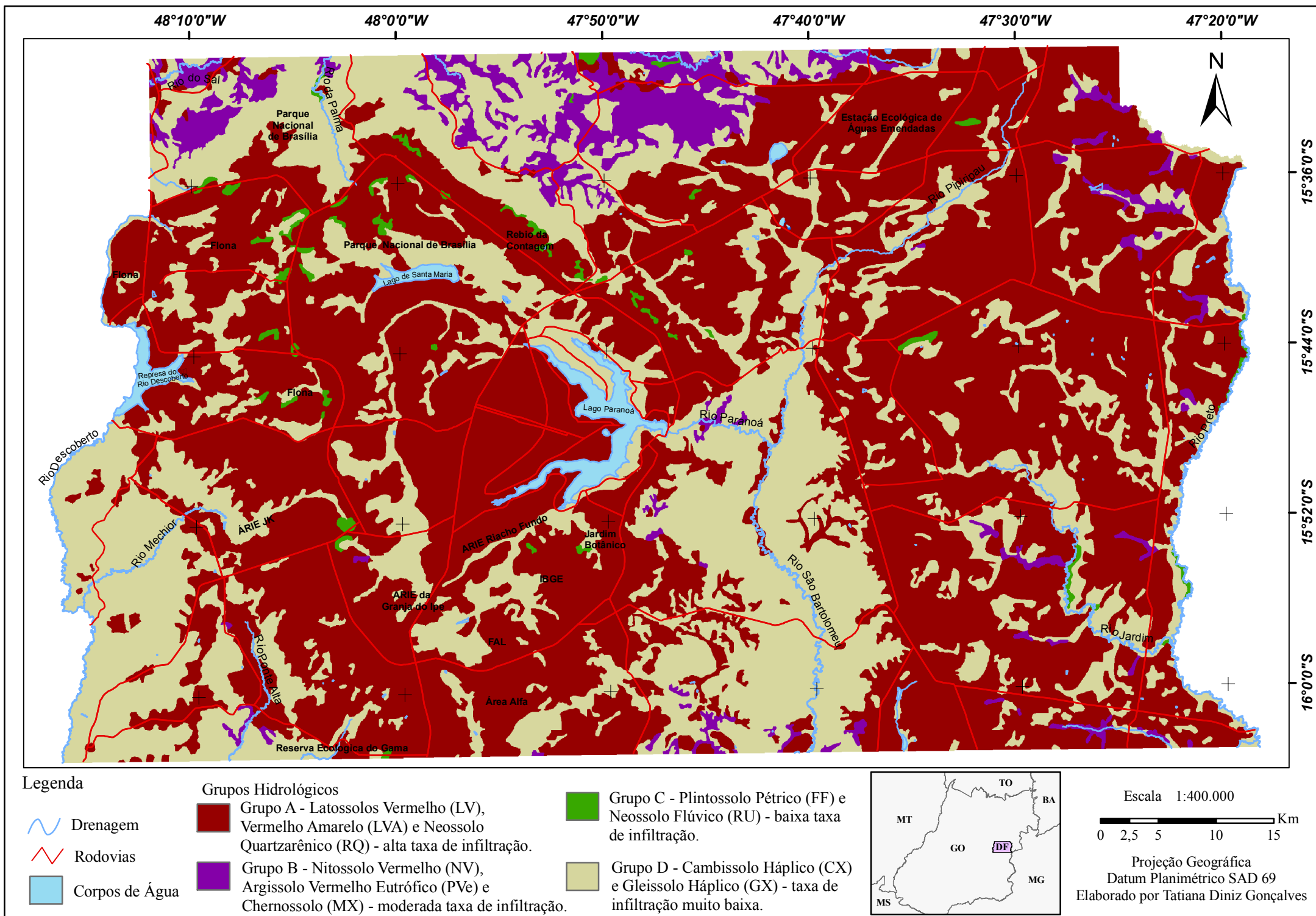


Figura 4.7 - Mapa de Grupos Hidrológicos de Solos do Distrito Federal (adaptado do CN).

Como já mencionado, o mapa de uso e cobertura vegetal foi construído a partir da interpretação da imagem multiespectral do SPOT 5.

Obteve-se, desse modo, um mapa temático no formato matricial (*grids* do *ArcGis*). Entretanto, as classes de uso da terra utilizadas para gerar o *CN*, são originalmente baseadas no modelo de utilização ou cobertura de solo americano. Assim, foi necessário adaptar as condições de superfície para a realidade do uso e da cobertura vegetal brasileira.

Os valores do *CN* foram determinados por analogia, através da média das condições hidrológicas de cada uso das Tabelas 3.3 a 3.6 que apresentavam características semelhantes às condições de cobertura observadas no DF.

A Tabela 4.4 apresenta uma proposta de adequação das classes de uso do Distrito Federal apresentadas na Figura 4.6, aos tipos de uso definidos nas Tabelas 3.3 a 3.6.

Tabela 4.4 - Proposta de adequação das classes de uso e cobertura da terra do Distrito Federal aos tipos de uso e cobertura definidos pelo *CN*.

Utilização ou Cobertura da Terra	Condições de Superfície
Classe 1	Corpos de água.
Classe 2	Campo, capoeira, reflorestamento – combinação de gramas e pomares ou árvores, fazendas e chácaras.
Classe 3	Áreas urbanas com menos de 40% de áreas impermeáveis.
Classe 4	Áreas urbanas entre 40 e 70% de áreas impermeáveis.
Classe 5	Áreas urbanas com mais de 70% de áreas impermeáveis.
Classe 6	Terra arada, plantios em linha, pequenos grãos ou cereais, sementeação densa de leguminosas ou dos pastos em rodízio, pastagem, pastos ou campos de pastagem.
Classe 7	Áreas impermeáveis.

Associando as classes de uso aos grupos hidrológicos de solo, tem-se na Tabela 4.5, a composição do *CN* pelo método aplicado por Lombardi-Neto (1989) e Sartori (2005).

Tabela 4.5 - Composição do *CN* pelo método de Lombardi-Neto (1989) e Sartori (2005).

Classes de Uso	<i>CN</i> para os grupos hidrológicos dos solos			
	A	B	C	D
Classe 1	0	0	0	0
Classe 2	40	61	74	80
Classe 3	46	65	77	82
Classe 4	68	79	86	89
Classe 5	89	92	94	95
Classe 6	63	74	81	85
Classe 7	98	98	98	98

4.4.3 Composição do Curva-Número a partir da ferramenta *ArcCN-Runoff*

Para a obtenção dos valores do *CN*, utilizando a ferramenta *ArcCN-runoff*, foi necessário fornecer os grupos hidrológicos de solos e correlacionar os tipos de uso às subclasses

correspondentes. Este aplicativo possui, em seu banco de dados, os números da curva de escoamento superficial para o complexo hidrológico solo-cobertura, em condição II de umidade de solo.

Este banco de dados, embora tenha sido construído a partir da análise de várias bacias hidrográficas dos EUA, pode ser realimentado com dados locais para responder, mais precisamente, às características de determinada bacia. De acordo com os interesses de cada pesquisa, o usuário pode preparar uma base de dados no programa *Excel* e exportar no formato *.dbf* para alimentar o banco de dados do aplicativo.

No presente trabalho optou-se pela utilização dos parâmetros padrão para os tipos de solo e cobertura da terra disponíveis na ferramenta, de modo a permitir a comparação entre os dois métodos de determinação do *CN*, empregados (Lombardi-Neto 1989 e *ArcCN-Runoff*).

A ferramenta permite, ainda, que se acrescente um valor médio de precipitação anual, ou o valor de um único evento representativo da média anual da precipitação em determinada bacia.

O mapa gerado automaticamente a partir do cruzamento dos dois planos de informação (solo-uso), no formato vetorial (*.shp*), mostra a variação espacial do *CN*. Posteriormente, a ferramenta calcula o escoamento superficial aplicando a mesma formulação (equações 3.6 e 3.7) definida pelo SCS.

A Figura 4.8 apresenta o mapa de curva número gerado automaticamente pela ferramenta *ArcCN-runoff*.

4.5 Determinação da Capacidade de Retenção Máxima de Água dos Solos (S)

Como já discutido no capítulo III, para a determinação da capacidade de retenção máxima de água dos solos (*S*) é necessário aplicar, aos valores do *CN*, a fórmula 3.6, a saber:

$$S (mm) = \frac{25400}{CN} - 254$$

A Tabela 4.6 apresenta os valores encontrados e mostra que o valor *S* é diretamente proporcional à capacidade de retenção máxima de água nos solos.

Tabela 4.6 - Capacidade de Retenção Máxima de Água dos Solos (S).

Classes de Uso	Capacidade de Retenção Máxima de Água dos Solos (<i>mm</i>)			
	A	B	C	D
Classe 1	0	0	0	0
Classe 2	381	162,393	89,2432	63,5
Classe 3	298,174	136,769	75,8701	55,7561
Classe 4	119,529	67,519	41,3488	31,3933
Classe 5	31,3933	22,087	16,2128	13,3684
Classe 6	149,175	89,2432	59,5802	44,8235
Classe 7	5,18367	5,18367	5,18367	5,18367