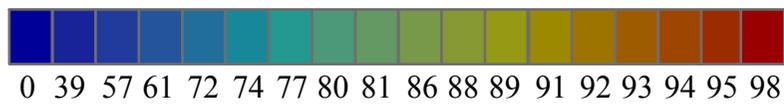


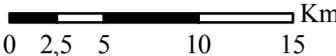
Legenda

-  Drenagem
-  Corpos de Água

Valor do Número da Curva



Escala 1:400.000



Projeção Geográfica
Datum Planimétrico SAD 69
Elaborado por Tatiana Diniz Gonçalves

Figura 4.8 - Mapa de Curva-Número (ArcCN-runoff). Quanto maior o valor, menor o escoamento superficial.

CAPÍTULO V

INTEGRAÇÃO, ANÁLISE DOS PRODUTOS E DISCUSSÃO

5.1 Introdução

Informações confiáveis, tanto para avaliação quanto para acompanhamento e controle, são fundamentais ao gerenciamento adequado da disponibilidade de recursos hídricos em determinada região.

Neste sentido, buscou-se no presente trabalho, sob a ótica do pesquisador, a adoção de procedimentos de análise que apresentem melhores resultados e possam ser aplicados pelos gestores. Vale ressaltar que, embora não se tenha gerado dados primários neste estudo, a base de informações utilizada foi detalhadamente avaliada e, sempre que julgados inconsistentes ou incompletos, os dados passaram por processos de correção ou atualização, inclusive com apoio em trabalhos de campo.

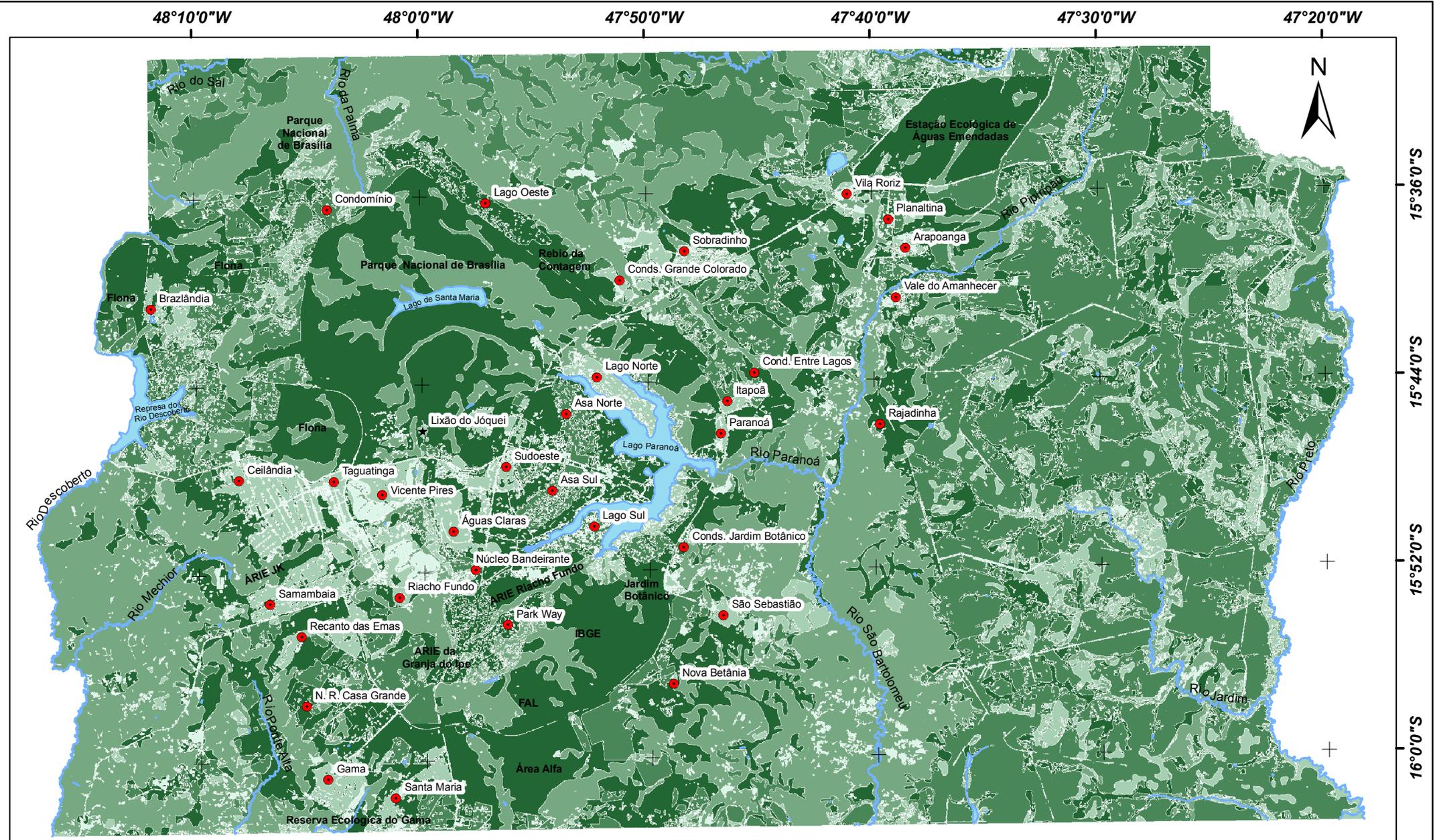
Os planos de informação obtidos neste estudo foram integrados de modo a produzir novas informações fundamentais ao entendimento dos processos hidrodinâmicos e das influências do uso e da cobertura territorial na região do Distrito Federal. A cada mapa analítico gerado, procedeu-se a reclassificação dos atributos, de modo a permitir análises de acordo com as necessidades e objetivos do trabalho.

Conforme mencionado no item 3.2, os parâmetros necessários à gestão e à outorga dos recursos hídricos subterrâneos devem ser determinados em função do **potencial** dos sistemas aquíferos, da **disponibilidade** regional desses sistemas e da **demand**a dos seus usuários. Entretanto, devido às dificuldades de obtenção destes dados, os critérios capazes de apoiar o gerenciamento e a outorga das águas subterrâneas no Distrito Federal foram escolhidos a partir de informações disponíveis e metodologias específicas. Dessa forma, os dados foram integrados por critérios qualitativos.

5.2 Integração dos dados

5.2.1 Solo e uso e cobertura da terra

O Mapa de Uso e Cobertura Vegetal e o Mapa de Grupos Hidrológicos de Solos foram combinados objetivando produzir o mapa de *CN*, que, por sua vez, resultou no Mapa de Capacidade de Retenção Máxima de Água dos Solos - *S* (Figura 5.1), por meio da equação 3.7 (item 3.3). Optou-se por prosseguir os trabalhos com o método de *CN* utilizado por Lombardi-Neto (1989) e Sartori (2005), visto que os resultados obtidos são similares aos esperados para a região, tendo como base as informações dos levantamentos de campo.

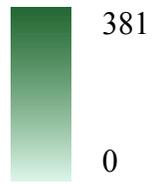


Legenda

-  Corpos de Água
-  Drenagem

-  Lixão do Jóquei
-  Principais Núcleos Urbanos

Valores de S
(mm/ano)



Escala 1:400.000

 Projeção Geográfica
 Datum Planimétrico SAD 69
 Elaborado por Tatiana Diniz Gonçalves

Figura 5.1 - Mapa de Capacidade de Retenção Máxima de Água dos Solos (S).

A combinação pareada dos atributos foi analisada individualmente e a tabela resultante, reclassificada com os valores de **S**. Estes valores representam a capacidade de saturação dos solos em milímetros por ano.

A Tabela 5.1 mostra os atributos relevantes de cada tema e como eles foram combinados. Observa-se que os valores de **S** variam de uma condição péssima de saturação ($S = 5$), revelando uma superfície praticamente impermeável, a uma condição ótima ($S = 318$), resultante de uma superfície preservada ou sem usos significativos.

Tabela 5.1 - Integração do uso e cobertura vegetal com os grupos hidrológicos de solos. Destacado, em azul, o valor mais elevado e, em vermelho, as condições de menor saturação potencial.

Classes de Uso e Cobertura Vegetal	Grupos Hidrológicos de Solos			
	A	B	C	D
	Capacidade de Retenção Máxima de Água dos Solos (<i>mm/ano</i>)			
Classe 1	0	0	0	0
Classe 2	381	162	89	63
Classe 3	298	137	76	56
Classe 4	119	67	41	31
Classe 5	31	22	16	13
Classe 6	149	89	59	45
Classe 7	5	5	5	5

No mapa de capacidade de retenção máxima de água dos solos (Figura 5.1), pode ser observada a interferência do uso e da cobertura vegetal na taxa de infiltração natural de água nos solos. Sabe-se que os solos do tipo **A** apresentam as melhores condições de infiltração. Entretanto, o Distrito Federal possui um histórico de ocupação em que a retirada da cobertura vegetal, a intensidade e a forma desordenada de uso da terra, principalmente na periferia dos centros urbanos, proporcionam a impermeabilização das superfícies, restringindo as áreas com maior potencial de infiltração.

A informação óbvia de que quanto maior a taxa de impermeabilização menor a infiltração, pode ser quantificada no presente estudo.

Os valores de **S** são discrepantes, sobretudo nas áreas urbanas. Em cidades como Santa Maria, Gama, Recanto das Emas, Samambaia, Taguatinga e Ceilândia, mesmo estando inseridas no grupo **A** de solos, apresentam taxas de infiltração baixas, correspondentes a cerca de 10% da altura pluvial.

No Plano Piloto, embora haja considerável densidade de ocupação, os valores de **S** são altos em função do percentual de áreas verdes, fato este que confirma as observações de campo.

A influência que os solos exercem nesse processo pode ser avaliada a partir da analogia entre os resultados para as regiões dos bairros Lago Sul e Lago Norte. Apesar de essas áreas apresentarem baixos índices gerais de impermeabilização, há um considerável contraste materializado pela predominância de solos da classe **A** e **D** nas áreas do Lago Sul e do Lago Norte, respectivamente. Esse fato resulta em maiores valores de saturação potencial no Lago Sul em relação ao Lago Norte.

Observa-se, também, que locais onde predominam solos do grupo **D**, como os cambissolos, mesmo estando sob as maiores faixas de cobertura vegetal natural do Distrito Federal, apresentam baixos valores de *S*, conforme mostra a Tabela 5.1.

Relativamente às áreas ocupadas por práticas agropecuárias, associadas aos solos do grupo **A**, em sua maioria na porção leste do DF, percebe-se uma resposta semelhante às áreas de vegetação nativa compostas por campos sujos e limpos. Cerca de 80% dessas áreas encontra-se com aproximadamente 40% de capacidade de saturação do solo.

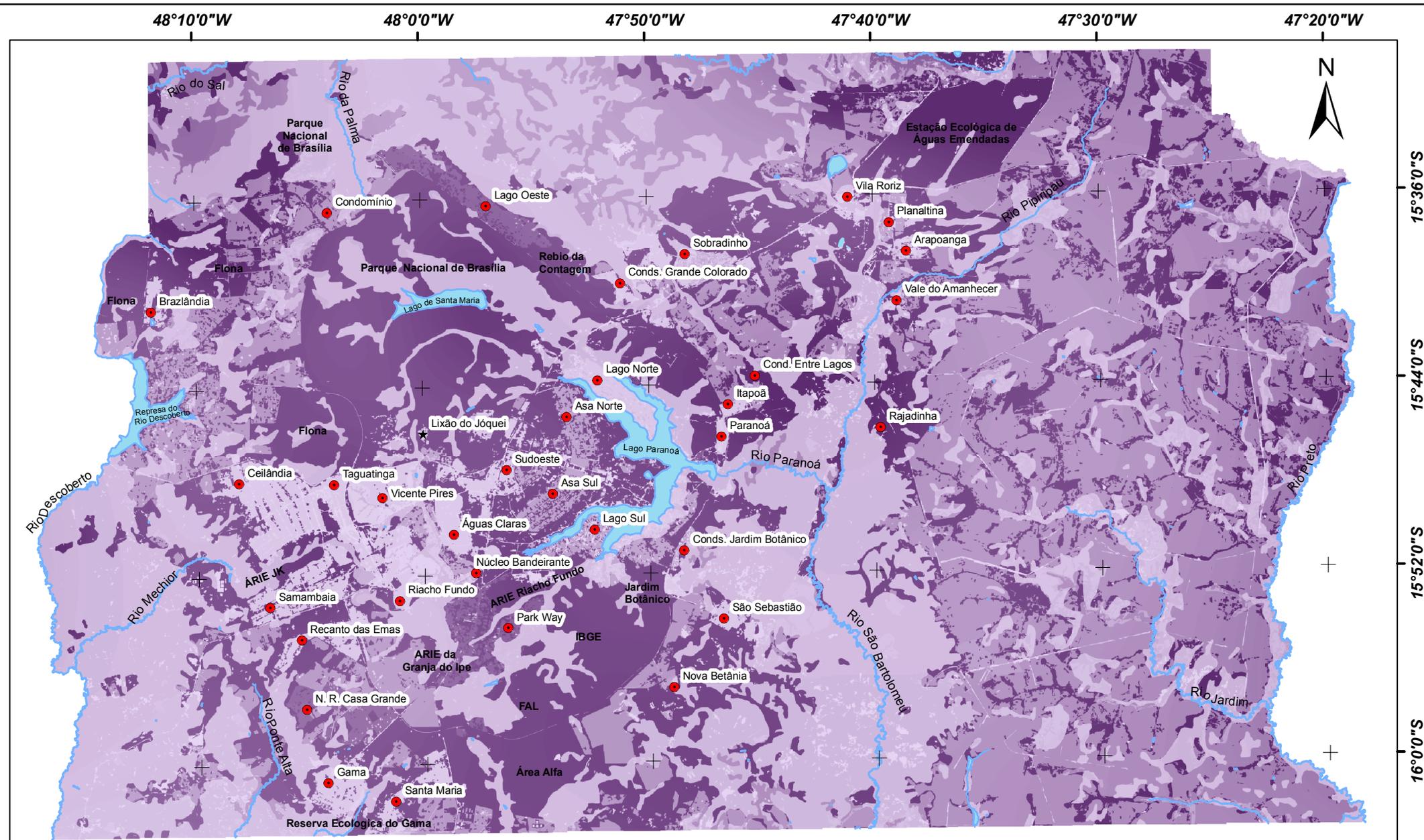
Da análise integrada, depreende-se que os principais controles que determinam a disponibilidade hídrica subterrânea potencial são as classes hidrológicas dos solos e o tipo de uso e cobertura da bacia.

5.2.2 Capacidade de retenção máxima de água dos solos (S) e distribuição pluvial

O mapa de capacidade de retenção máxima de água dos solos, integrado ao mapa de isoietas, resultou no índice de disponibilidade hídrica potencial da área (Figura 5.2). Esse resultado representa uma estimativa do percentual das chuvas que potencialmente pode infiltrar em cada ponto em um longo período de tempo, de forma que se possa considerar as médias das alturas pluviométricas como fator controlador dos processos de disponibilização de águas para os aquíferos.

A partir dessa análise, considera-se apenas a altura pluvial média em intervalos de tempo não inferiores a cinco anos, pois não se pode avaliar as variações sazonais em curtos intervalos de tempo, como, por exemplo, eventos de chuvas anômalas em meses que na média ocorrem reduzidos totais pluviométricos.

Entretanto, cabe repetir que a carência de dados em alguns locais (bacias dos rios Preto e Maranhão) fez com que o método de interpolação utilizado subestimasse as médias mínimas de altura pluvial nos locais mencionados. Mesmo assim, optou-se, inicialmente, por utilizar o mapa de isoietas gerado, pelo fato dessas médias recobrirem apenas pequenas áreas no extremo norte e leste do DF e, posteriormente, como o objetivo final é gerar índices de disponibilidade hídrica, na ausência de dados, recomenda-se que tais índices sejam subestimados.

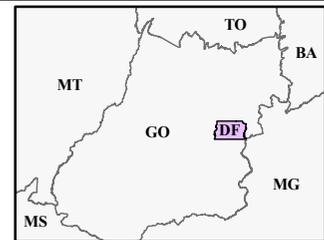
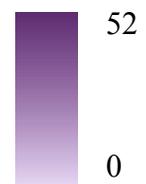


Legenda

- Corpos de Água
- Drenagem

- Lixão do Jóquei
- Principais Núcleos Urbanos

Índice de disponibilidade hídrica potencial (%)



Escala 1:400.000

0 2,5 5 10 15 Km

Projeção Geográfica
Datum Planimétrico SAD 69
Elaborado por Tatiana Diniz Gonçalves

Figura 5.2 - Mapa de Disponibilidade Hídrica Potencial do Distrito Federal.

Na operação de cruzamento desses PIs, as classes de S foram divididas pelo mapa de isoietas não classificado (valor real contínuo). Dessa forma, obteve-se um índice que varia de 0 a 50%. Isso significa que, em condições ideais de chuva e capacidade de saturação dos solos, conclui-se que, no máximo, 50% da precipitação naquele determinado ponto pode ser a disponibilidade hídrica potencial. Por outro lado, em casos extremos, certos locais representam condições de recarga nula.

Considerando as médias mensais geradas pela interpolação dos dados das estações pluviométricas utilizadas no presente trabalho, a distribuição da chuva no Distrito Federal varia de 706 a 1.890 milímetros. Além da forte sazonalidade, o período chuvoso concentra 95% da precipitação total e a região apresenta características peculiares, como a freqüente ocorrência de chuvas isoladas. Alguns estudos realizados no DF (Baptista 1997 e 1998) mostram que estas características estão relacionadas a controles orográficos, acarretando variações na disponibilidade hídrica de pequenas áreas da região.

Os maiores índices pluviométricos encontram-se no extremo norte e sudoeste do DF e os menores, na porção leste. Entretanto, constata-se que nos locais onde predominam baixos valores de saturação de água no solo, o percentual de disponibilidade hídrica também é menor, independentemente da distribuição das chuvas. Neste caso, vale mencionar a influência de áreas muito impermeabilizadas, como na cidade de Santa Maria. Apesar de essa cidade estar inserida entre isoietas que variam de 1500 a 1700 mm, processos erosivos lineares se intensificam no seu entorno em consequência do incremento do fluxo superficial (*runoff*), provocada pela impossibilidade de absorção de água pelos solos.

Situação oposta à mencionada anteriormente é observada no nordeste do DF, particularmente na unidade de conservação de Águas Emendadas. Embora não seja o local onde as isoietas registram os maiores valores, altos índices de disponibilidade hídrica são encontrados. Este fato se justifica pela capacidade de saturação dos solos, ou seja, trata-se de uma região de solos espessos e vegetação preservada.

Baixos valores também são encontrados onde predominam solos rasos, mesmo com cobertura vegetal nativa ou pouco alterada e pequenas taxas de impermeabilização. No vale do rio São Bartolomeu, por exemplo, o índice de disponibilidade hídrica varia de 3 a 5%. Esses valores são coerentes com os resultados de Souza (2001) que aplicou metodologias distintas.

5.2.3 Disponibilidade hídrica dos solos e declividade

O mapa de potencial de recarga do Distrito Federal foi gerado a partir da integração do mapa de disponibilidade hídrica (DH) e da taxa de infiltração em função da declividade (T_{decl} - item 4.3.1), por meio da seguinte operação matemática:

$$PR = \frac{(DH \times T_{decl})}{100} \quad (5.1)$$

onde, PR = potencial de recarga; DH = disponibilidade hídrica; T_{decl} = taxa de infiltração em função da declividade.

Os valores variam de 0 a 50%, aproximadamente.

A declividade funciona como um controlador da disponibilidade hídrica, na medida em que o potencial de recarga diminui com o aumento do grau de dissecação do relevo. Sendo assim, torna-se possível afirmar que as melhores zonas de recarga encontram-se em áreas com baixo grau de inclinação das superfícies. Entretanto, na medida em que as superfícies são impermeabilizadas, regiões potencialmente favoráveis à recarga deixam de exercer adequadamente esta função.

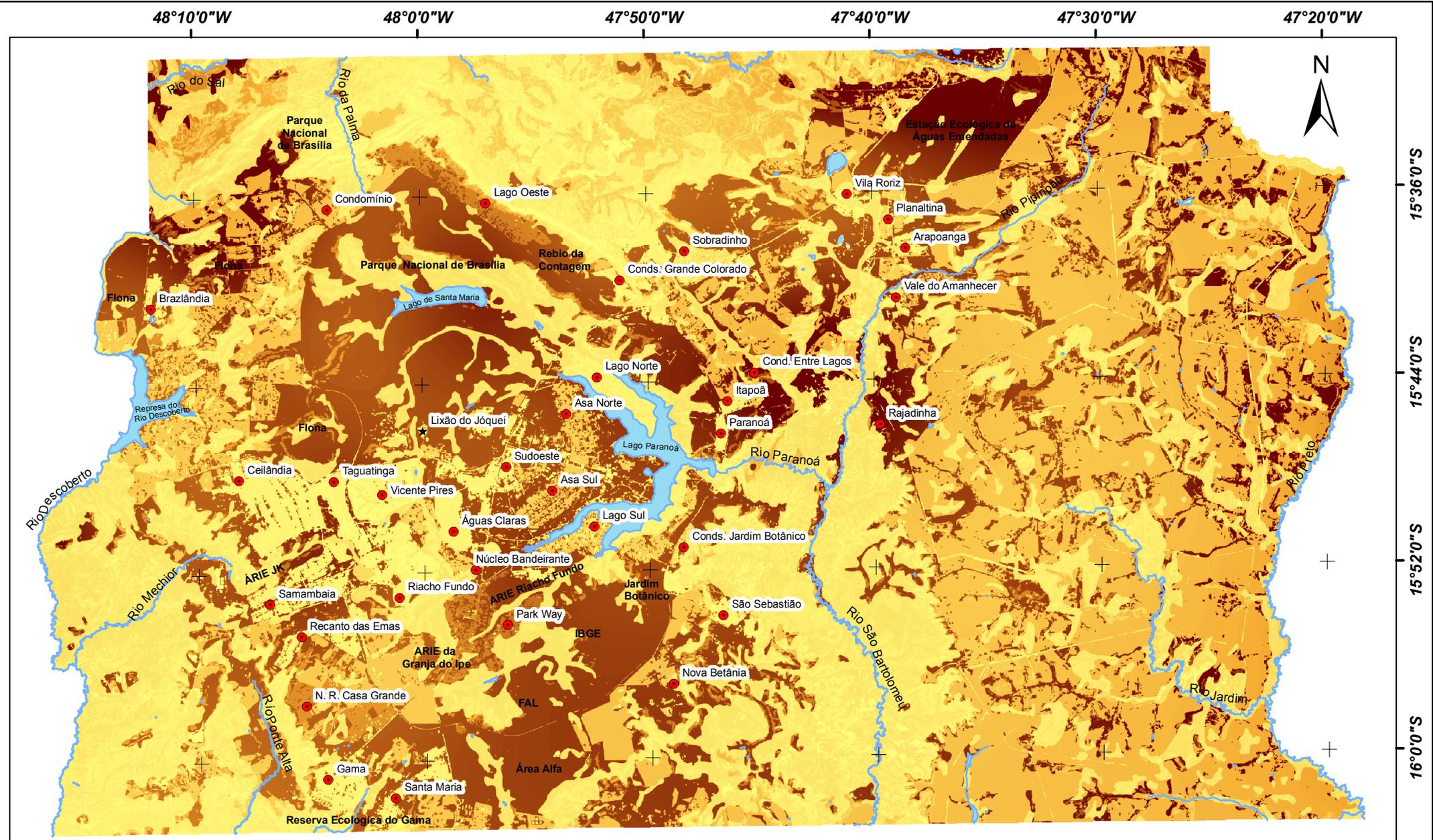
No mapa de potencial de recarga do Distrito Federal (Figura 5.3), percebe-se maiores taxas de infiltração nas regiões onde predominam declividades que variam de 0 a 8%.

A estas áreas, também estão relacionados os solos profundos do grupo A. Nota-se, contudo, restrições à recarga decorrentes do tipo de uso, como é o caso de áreas de condomínios horizontais de alta densidade de ocupação (por exemplo, Condomínio San Diego, Condomínio Jardim Botânico e outros), sobretudo em regiões planas e elevadas em bordas de chapadas. As áreas mais altas também favorecem a recarga, uma vez que apresentam maior gradiente e, em geral, maior carga hidráulica, facilitando as condições de infiltração e a transferência de águas de precipitação para áreas mais profundas dos aquíferos.

Nos perímetros urbanos com taxas de impermeabilização maiores que 70%, o potencial de recarga varia de 1 a 4%. Estes percentuais podem ser observados na Vila Roriz, condomínio de baixa renda, e nas cidades de Sobradinho, São Sebastião, Paranoá, Santa Maria, Gama e outras.

É ainda relevante considerar a expressiva influência dos solos rasos, de textura grossa, como os cambissolos, comumente associados a regiões de vales dissecados, que, mesmo sob condições de vegetação preservada, resultam em áreas de baixo potencial de recarga. Esse exemplo mostra que considerar a declividade é fundamental nas análises da disponibilidade hídrica subterrânea de determinada bacia hidrogeológica.

O potencial de recarga da área em estudo, associado à vazão média (\bar{Q}) de cada unidade hidrogeológica, resultou, especialmente, no potencial de disponibilidade hídrica subterrânea, o qual pode ser expresso pelo grau de favorabilidade à exploração de água subterrânea no Distrito Federal.

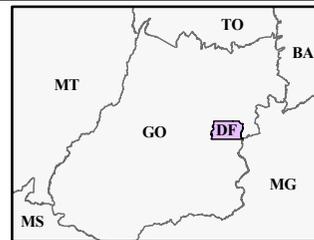
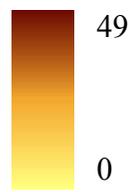


Legenda

- Corpos de Água
- ~ Drenagem

- ★ Lixão do Jóquei
- Principais Núcleos Urbanos

Potencial de Recarga (%)



Escala 1:400.000

0 2,5 5 10 15 Km

Projeção Geográfica
Datum Planimétrico SAD 69
Elaborado por Tatiana Diniz Gonçalves

Figura 5.3 - Potencial de Recarga do Distrito Federal.

5.2.4 Potencial de recarga e vazão média (\bar{Q}) do meio fraturado

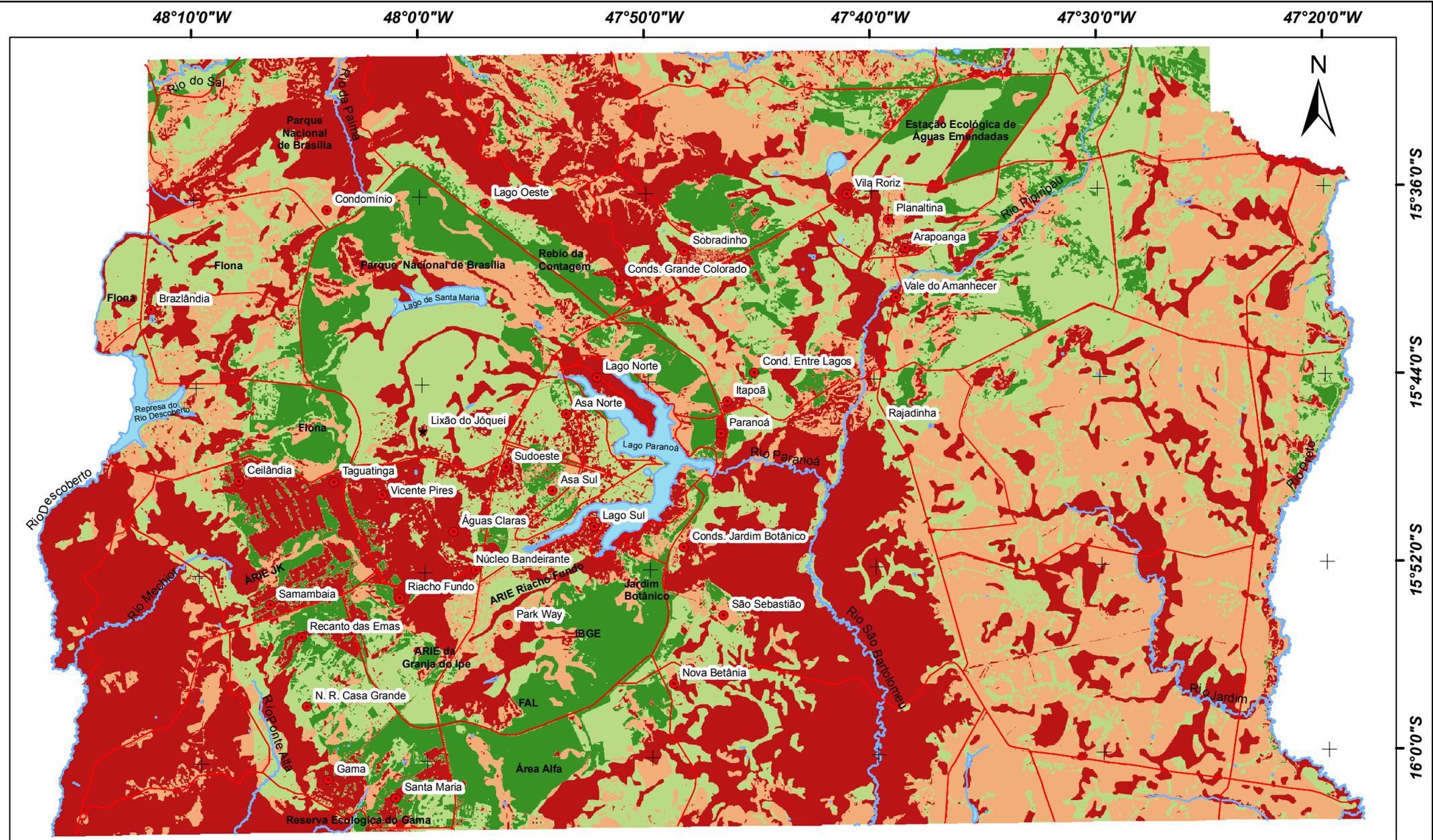
Os valores resultantes da integração do potencial de recarga com a vazão média do meio fraturado, embora tenham relações hierárquicas, ou seja, quanto menor o valor, menor o grau de favorabilidade, não representam uma escala numérica absoluta. São dados nominais sem qualquer relação real com os resultados, inclusive não apresentam escalas ou unidades baseadas em elementos naturais.

Sendo assim, o mapa de favorabilidade foi reclassificado por critério subjetivo, considerando as características do meio físico, o tipo de uso e cobertura vegetal, além das experiências e dos conhecimentos específicos da pesquisadora da área em questão. A Tabela 5.2 apresenta as classes de favorabilidade à exploração e suas principais características.

Tabela 5.2 - As classes de favorabilidade à exploração de água subterrânea e suas principais características.

Favorabilidade à Exploração	Principais Características	Área (km²)	Percentual
Muito Favorável	Solos espessos (K variando entre 10^{-5} e 10^{-6} m/s); declividade baixa (0 - 8%); vegetação preservada, sem áreas urbanas e vazão média elevada (> 12.000L/h).	623,5	11%
Favorável	Solos espessos (K variando entre 10^{-5} e 10^{-6} m/s); declividade baixa (0 - 8%); vegetação preservada, áreas urbanas com menos 40% de áreas impermeabilizadas e vazão variando entre 4.500 e 12.000 L/h.	1.435,4	25%
Pouco Favorável	Solos espessos ou rasos (K variando entre 10^{-5} e 10^{-6} m/s); declividade variável (3 - 15%); áreas urbanas variando entre 40 e 70% de áreas impermeáveis ou vegetação preservada e vazão variando entre 3.500 e 9.000 L/h.	1.361,2	25%
Não Favorável	Solos espessos ou rasos (K variando entre 10^{-5} e 10^{-7} m/s); declividade variável (0 - 70%); áreas urbanas com mais de 70% de áreas impermeabilizadas ou vegetação nativa em terrenos com alta declividade e vazão média entre 3.500 e 6.500 L/h.	2.318,5	40%

Na figura 5.4 é possível observar que as regiões mais favoráveis encontram-se em chapadas elevadas com vegetação preservada e sobre os sistemas aquíferos Q_3/R_3 . Este fato já era esperado, tendo em vista o baixo grau de impermeabilização e as características hidrodinâmicas do referido subsistema aquífero.



Legenda

- Corpos de Água
- ~ Drenagem ~ Rodovias
- ★ Lixão do Jóquei
- Principais Núcleos Urbanos

Favorabilidade à Exploração

- Muito Favorável
- Favorável
- Pouco Favorável
- Não Favorável



Escala 1:400.000

0 2,5 5 10 15 Km

Projeção Geográfica
Datum Planimétrico SAD 69
Elaborado por Tatiana Diniz Gonçalves

Figura 5.4 - Mapa de Favorabilidade à Exploração de Água Subterrânea do Distrito Federal.

As áreas densamente urbanizadas ou localizadas em regiões de vales dissecados apresentaram os menores índices, mesmo associadas a aquíferos de alta vazão. Exemplos dessas ocorrências são observados no extremo norte do DF, onde predominam os aquíferos mais produtivos da região. Entretanto, devido à intensa movimentação do relevo, são pouco favoráveis à exploração. Em outros casos, as áreas densamente impermeabilizadas limitam os processos de recarga. Apesar de estarem sobre solos espessos, em regiões de baixa declividade, as cidades de Taguatinga, Ceilândia e Recanto das Emas possuem baixo grau de favorabilidade em função do alto percentual de áreas impermeabilizadas.

Na porção leste do DF, onde predominam baixos índices de impermeabilização e declividade, o grau de favorabilidade é moderado devido, principalmente, às características intrínsecas dos sistemas aquíferos da região.

Assim, pode-se afirmar que a favorabilidade à exploração dos aquíferos no DF decorre da integração dos seguintes fatores: tipo de solo, tipo de aquífero fraturado local, declividade da superfície, tipo de uso e cobertura vegetal e variação da altura pluviométrica média.

5.2.5 Mapa de apoio à outorga de água subterrânea no Distrito Federal

O mapa de apoio à outorga foi construído a partir dos cruzamentos realizados anteriormente, que culminaram na confecção do mapa de favorabilidade à exploração, e das observações de campo.

Desse modo, foi possível propor cinco classes de outorga, considerando como critérios técnicos, o grau de favorabilidade à exploração e o percentual da vazão de ensaio de bombeamento. A referida vazão deve ser estabelecida com base no bombeamento de 24 horas, para a vazão estabilizada ao final do teste. A escolha deste critério considerou a importância do entendimento da evolução dos níveis estático e dinâmico para a sustentabilidade do aquífero. Assim, deve-se avaliar a profundidade do nível dinâmico e, quando este for muito profundo, reduzir a vazão de outorga.

Na presente proposta, as classes de outorga são representadas por números romanos, de I a V, e discriminadas por cores no mapa ou no SIG final. Os critérios adotados para a definição dos percentuais da vazão passível de outorga tiveram como base as potencialidades hídricas de cada aquífero e o grau de impermeabilização da superfície.

A Tabela 5.3 mostra as classes de outorga e os critérios de vazão a serem adotados.

Regiões consideradas muito favoráveis possuem as melhores condições de circulação e armazenamento de água subterrânea. Portanto, a outorga de 90% da vazão nominal dos poços tubulares profundos situados nesses aquíferos não deverá comprometer o funcionamento dos sistemas, desde que mantidas as mesmas características de uso e cobertura vegetal. Exemplos

desse tipo de situação podem ser observados nas regiões mais altas e planas do Lago Sul e do Setor de Mansões do Lago Norte e nas unidades de conservação do DF, como, por exemplo, a Estação Ecológica de Águas Emendadas e a Reserva Ecológica do IBGE.

Tabela 5.3 - Classes de outorga e critérios da vazão nominal a serem considerados.

Classes de Outorga	Favorabilidade	Vazão Outorgável
Classe I	Muito Favorável	90% da vazão de ensaio
Classe II	Favorável	80% da vazão de ensaio
Classe III	Pouco Favorável	60% da vazão de ensaio
Classe IV	Não Favorável	50% da vazão de ensaio
Classe V	Indefinida	Não dimensionada

Regiões enquadradas na classe de explotabilidade favorável, embora os aquíferos não apresentem produtividade muito alta como na situação anterior, a taxa de impermeabilização é baixa, podendo ser outorgado até 80% da vazão nominal. Este é o caso das seguintes regiões: Chapada de Brasília, Plano Piloto, parte da poligonal do Setor Habitacional Vicente Pires e sub-bacia hidrográfica do Ribeirão Pipiripau.

Nos locais pouco favoráveis, o tipo de solo, as características intrínsecas dos aquíferos e a taxa de impermeabilização limitam o percentual da vazão a ser outorgada. Áreas onde os aquíferos são restritivos situam-se em toda porção leste do DF. Os solos se constituem em fator limitante no Setor de Mansões do Lago Norte e nas regiões de domínio dos cambissolos, no Lago Sul e no Setor de Mansões Park Way. A densidade urbana é mais intensamente observada na região de Sobradinho e nos condomínios residenciais do Grande Colorado.

Em situação mais extrema, encontram-se os locais com alta taxa de impermeabilização dos solos, onde apenas 50% da vazão de teste poderá ser outorgada. Nessas circunstâncias, podem ser consideradas, dentre outras, as cidades de Ceilândia, Taguatinga, Guará, Gama, Santa Maria, Sobradinho II. Em condições de exploração desfavorável também estão as áreas localizadas em regiões onde prevalecem os cambissolos, como, por exemplo, o vale do rio São Bartolomeu, parte da região da APA de Cafuringa e o extremo sudoeste do DF.

As Unidades de Conservação e outras áreas de usos restritos da região foram enquadradas numa classe especial (classe V) onde a favorabilidade é indefinida, visto que, os poços a serem outorgados devem ser destinados apenas a pesquisas ou abastecimentos de baixa demanda.

As vazões outorgáveis foram assim definidas com o intuito de se preservar, ao máximo possível, a dinâmica e a sustentabilidade dos sistemas aquíferos da região. Essa premissa deve

ser considerada sempre que os processos de outorga estejam em fases iniciais de implantação. Se o monitoramento futuro mostrar que não ocorre prejuízo aos aquíferos e que os sistemas de abastecimento são sustentáveis, pode-se elevar as vazões outorgadas.

Impermeabilização, exploração e contaminação podem ser consideradas o trinômio norteador da outorga de recursos hídricos subterrâneos, vez que, tais parâmetros são representativos das características de circulação, renovação e proteção das águas subterrâneas, os quais definem a sustentabilidade dos aquíferos.

A impermeabilização, mesmo sendo superficial, afeta os processos de recarga, tendo em vista que a renovação dos aquíferos tem início no processo de infiltração na superfície. A exploração ou sobreexploração pode exaurir os sistemas aquíferos, tornando-os insustentáveis. Em razão da dificuldade de monitorar os níveis estáticos para quantificar a exploração, as áreas sob pressão foram identificadas, neste estudo, qualitativamente, a partir das observações de campo das zonas urbanas exclusivamente abastecidas por poços.

As fontes de contaminação, em sua maioria, são provenientes do saneamento *in situ*, mas, também, podem se oriundas de cemitérios mal locados e indevidamente operados, agrotóxicos em regiões agrícolas ou produtos químicos provenientes de setores industriais, etc.

Com base nas observações de campo, três subclasses de outorga foram definidas a partir das restrições impostas não só pelo tipo de uso antrópico, mas, também, pela pressão de exploração e pelo risco de contaminação.

No presente estudo, as subclasses de outorga são representadas pelas letras **a**, **b** e **c**, e identificadas por hachuras no mapa analógico ou no SIG. Essas subclasses definem os critérios a serem adotados para concessão de outorga do ponto de vista das restrições locais, associadas à pressão de exploração e ao risco efetivo de contaminação. A subclasse **a** refere-se a concessão de outorga direta, a subclasse **b** indica que a outorga está condicionada a visita de campo e a subclasse **c** representa as regiões que não poderão ser alvo de outorga de água subterrânea.

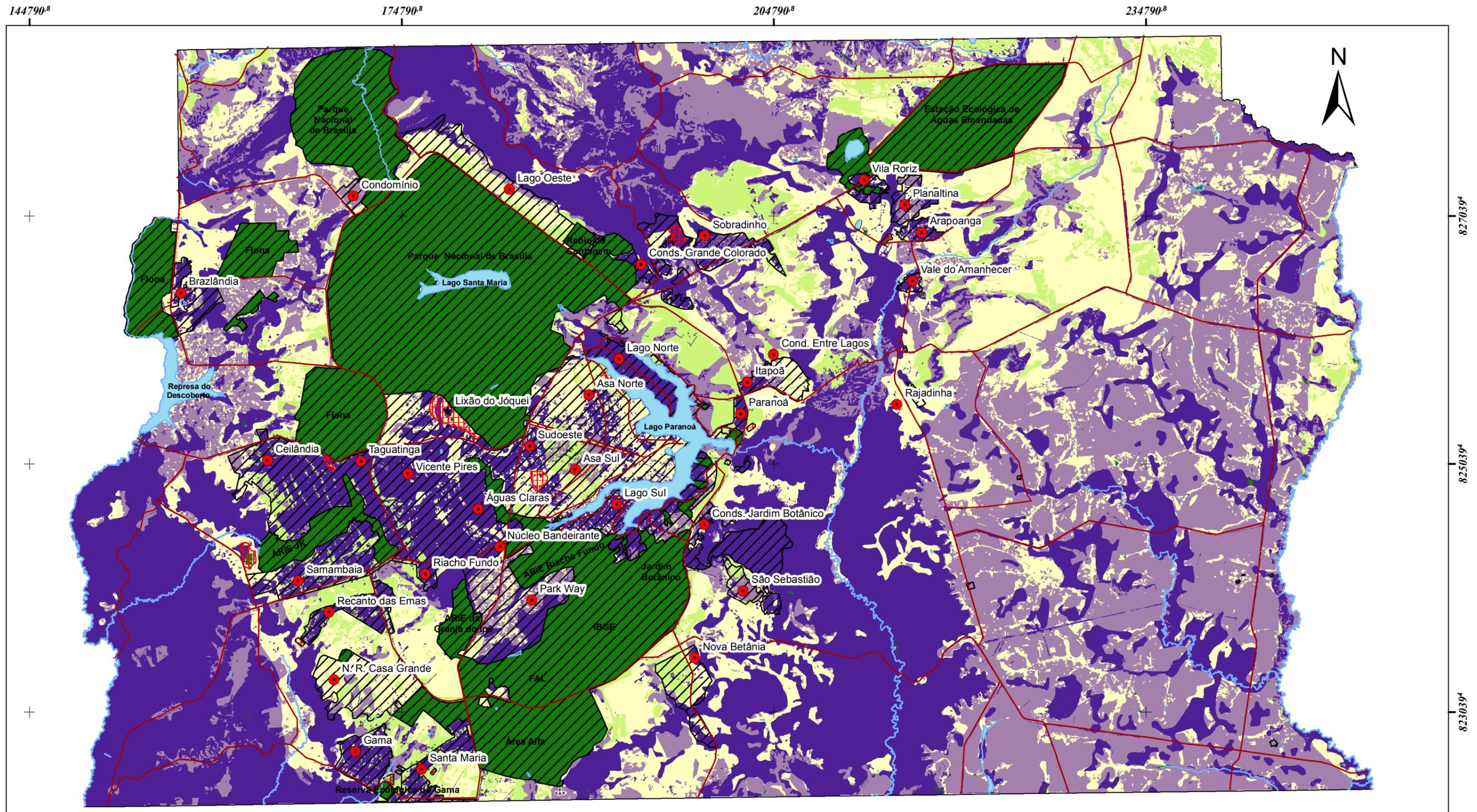
As áreas da subclasse **a** são isentas de restrição porque não sofrem pressão de exploração, nem risco de contaminação. Observa-se no mapa que a maior parte do Distrito Federal encontra-se nesta situação.

As áreas da subclasse **b** estão condicionadas a visita de campo, pois necessitam ser analisadas quanto às distâncias entre os poços e quanto aos focos de contaminação. A distância entre os poços indicará a densidade de poços por metro quadrado, para que se avalie a pressão sobre os aquíferos. Os principais focos de contaminação a serem observados são as fossas, muitas vezes construídas no raio de influência de poços, e as áreas adjacentes a cemitérios e regiões agrícolas. São exemplo destas áreas, todas as faixas de dinamização urbana, em geral, áreas originalmente rurais que sofrem processo de fracionamento, como, por exemplo, os

núcleos rurais Lago Oeste e Casa Grande e inúmeros condomínios em estágio incipiente de ocupação. As áreas urbanas consolidadas e as unidades de conservação, embora amparadas por lei específica, também estão enquadradas nesta subclasse

Regiões que não poderão ser outorgadas, representadas pela subclasse de outorga **c**, possuem restrições tanto em relação à pressão de exploração quanto ao risco de contaminação. São locais extremamente impermeabilizados, exclusivamente abastecidos por poços, sem sistema de esgotamento sanitário coletivo e/ou sob intenso risco de contaminação. São exemplos típicos a cidade de Sobradinho II, os condomínios do Jardim Botânico e da região do Grande Colorado, bem como todas as áreas adjacentes às estações de tratamento de efluentes que contenham lagoas de estabilização. Nessa subclasse de alta restrição estão também as áreas adjacentes ao Lixão do Jockey, incluindo tanto as áreas de acumulação atual de resíduos quanto aquelas com lixo enterrado.

A Figura 5.5 apresenta o mapa de apoio à outorga de água subterrânea no Distrito Federal. Vale mencionar que a tabela do referido mapa contém as informações de todos os mapas integrados. Desse modo, quando uma área for identificada na versão digital do mapa (ou seja, no Sistema de Informação Geográfica), a tabela de atributos informará a geologia, o tipo de solo, o percentual de declividade, a altura de chuva em milímetros, o tipo de uso, a vazão média do aquífero, o grau de favorabilidade à exploração e as classes e subclasses de outorga.



Legenda

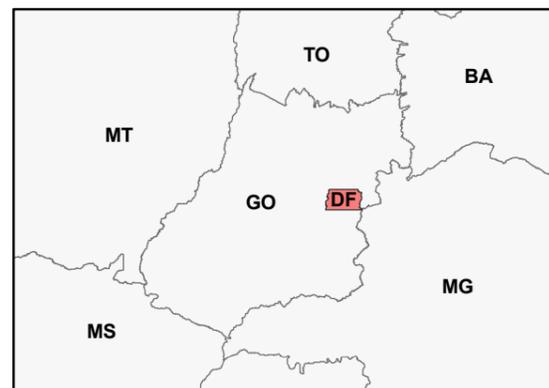
-  Drenagem
-  Corpos de Água
-  Principais Núcleos Urbanos
-  Lixão do Jóquei

Classes de Outorga

-  Classe I - 90% da vazão nominal
-  Classe II - 80% da vazão nominal
-  Classe III - 60% da vazão nominal
-  Classe IV - 50% da vazão nominal
-  Classe V - Não dimensionada

Subclasses de Outorga

-  a - outorga direta
-  b - outorga condicionada à visita de campo
-  c - não outorgável



Escala 1:300.000

 Km

0 3,5 7 14 21

Projeção UTM
Datum Planimétrico SAD 69
Elaborado por Tatiana Diniz Gonçalves

Figura 5.5 - Mapa de Apoio à Outorga de Água Subterrânea do Distrito Federal.

CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

A gestão de recursos hídricos subterrâneos no Distrito Federal deve ser pautada no modelo de gerenciamento sistêmico para que a exploração desses recursos não comprometa a sustentabilidade dos aquíferos da região.

Com base nos resultados desta pesquisa, observa-se que a identificação da situação das águas subterrâneas do DF requer conhecimento técnico adequado, pois o aumento indiscriminado do consumo, da impermeabilização das áreas de recarga e do risco de contaminação pode levar ao colapso dos sistemas aquíferos e modificar os regimes de fluxo, comprometendo a qualidade e a quantidade das águas subterrâneas.

A partir da análise da legislação vigente, especialmente a Resolução CNRH nº 16, de 2001, no que diz respeito à regulação dos processos de outorga, fica claro que os recursos hídricos subterrâneos a nível nacional, ainda permanecem marginalizados.

No Distrito Federal, embora o Decreto nº 22.358, de 2001, contemple condições para outorga, nota-se que, na prática, tais critérios ainda não foram implementados. Sendo assim, faz-se necessário alertar as autoridades quanto à importância dos instrumentos de outorga e cobrança para que se avance na gestão dos recursos hídricos rumo à sustentabilidade do uso das águas subterrâneas.

Com relação aos sistemas de suporte à decisão, as metodologias de geoprocessamento empregadas neste estudo responderam satisfatoriamente às necessidades da pesquisa e mostra que este tipo de ferramenta pode ser utilizada de forma adequada nas práticas de gestão do uso das águas subterrâneas. O levantamento cadastral, as análises integradas e a estatística espacial foram métodos empregados de forma a permitir maior entendimento e controle dos processos hidrodinâmicos das águas subterrâneas do Distrito Federal.

Assim, recomenda-se que o banco de dados do Sistema de Informação Geográfica, manipulado neste trabalho, seja realimentado periodicamente, sobretudo no que diz respeito ao uso e à cobertura vegetal da região. Este plano de informação é de suma importância para o gerenciamento e outorga dos recursos hídricos subterrâneos, tendo em vista o caráter restritivo à recarga das áreas densamente impermeabilizadas.

Neste sentido, o presente estudo representa uma importante contribuição para nortear os processos de gestão dos recursos hídricos no Distrito Federal, uma vez que, quantifica as condições potenciais de recarga sob as atuais condições de usos e cobertura das terras. Os resultados podem ser adaptados e aplicados a outras regiões com condições hidrogeológicas similares.

O método Curva-Número (*CN*) adaptado de Lombardi-Neto (1989) e Sartori (2005) resultaram em condições de saturação de água no solos compatíveis com aquelas esperadas para o Distrito Federal. O emprego do referido método é recomendado quando se torna inviável o cálculo do balanço hídrico.

O mapa de Curva-Número, gerado automaticamente pela ferramenta *ArcCN-runoff*, mostrou a eficiência deste aplicativo, pois os valores resultantes foram muito similares àqueles obtidos pelo cruzamento manual dos planos de informação (solos reclassificados e uso e cobertura vegetal). Verifica-se que os números do *CN*, apresentaram valores maiores, isto é, taxas menores de infiltração, nas classes de uso 3 e 4, urbano de baixa e média densidade, respectivamente. Estes resultados podem ser utilizados quando as áreas são pouco conhecidas e, neste caso, adotar posturas mais conservadoras é conveniente. Assim, recomenda-se o uso desta ferramenta como uma alternativa à confecção de mapas de curva-número, escoamento superficial ou de capacidade de saturação dos solos.

Observa-se, contudo, que a outorga é um instrumento de difícil implantação e administração. Inicialmente, pela complexidade que advém da própria natureza dos recursos hídricos, com seus usos e atributos múltiplos e, posteriormente, pelo contexto em que se insere seu gerenciamento. Este último aspecto envolve interesses conflitantes e os mais distintos atores, desde os órgãos públicos gestores e entidades da sociedade civil até os usuários finais da água. A esse quadro, soma-se a falta de informações confiáveis, tanto para a avaliação e o acompanhamento da disponibilidade hídrica quanto para o controle e o gerenciamento da demanda.

Por outro lado, a busca pela gestão eficiente dos recursos hídricos passa, necessariamente, pela estruturação de um sistema de registros de informações referentes ao uso e a disponibilidade de água. Nesse contexto, emergem a importância e a utilidade dos Sistemas de Informações Geográficas, aqui entendidos como ferramentas passíveis de auxiliar indivíduos ou grupos organizados no processo de análise e escolha de alternativas que visem alcançar a exploração sustentável das águas.

A outorga de direito de uso, enquanto instrumento de gestão, garante ao usuário sua cota de recursos hídricos e, quando associada aos instrumentos de fiscalização e de cobrança, estimula o desenvolvimento de uma postura de responsabilidade individual e coletiva na utilização desses recursos. Os critérios de cobrança são reconhecidamente um dos principais aspectos de gestão da demanda e consumo de recursos hídricos.

A regulação dos usos da água, respaldada em critérios e ações definidos nas instâncias local, estadual e federal, favorecerá a distribuição mais justa deste recurso natural, indispensável ao desenvolvimento econômico. No Distrito Federal, apesar da limitação dos mananciais

subterrâneos, os aquíferos contribuem com cerca de 15% do volume total das demandas, considerando-se o abastecimento da cidade de São Sebastião e da maioria dos condomínios horizontais (exclusivamente por água subterrânea), além do complemento do abastecimento doméstico, industrial e institucional (escolas, clubes esportivos, e outros) em áreas isoladas.

Quanto aos bancos de dados e sua manipulação, conclui-se que:

- ◇ o cruzamento entre o mapa de uso e cobertura vegetal e os solos (adaptados às classes do método Curva-Número) resulta na cartografia da capacidade de retenção máxima de água nas coberturas;
- ◇ o mapa de capacidade de retenção máxima de água nos solos, após ser cruzado com o mapa de isoietas, gera o mapa de disponibilidade hídrica subterrânea potencial da área;
- ◇ da sobreposição do mapa de disponibilidade hídrica potencial ao mapa de declividade, resulta o mapa de recarga potencial dos aquíferos, que, em última análise, é a representação cartográfica das reservas outorgáveis.

O mapa de favorabilidade à exploração das águas subterrâneas do DF resultou da quantificação relativa das condições de exploração regionalizadas, a partir das vazões médias dos sistemas aquíferos. A metodologia empregada em sua confecção pela primeira vez considerou a integração do mapa de isoietas (além dos mapas de uso e cobertura vegetal, declividade, geologia e solos) para a determinação do potencial de exploração dos aquíferos do Distrito Federal.

Esse mapa de favorabilidade deve ser considerado como a base para a definição das vazões de outorga para a região do Distrito Federal e, em função da similaridade do meio físico, pode ser utilizado nas áreas adjacentes do Entorno.

O presente estudo propõe que a outorga para exploração de água subterrânea seja classificada por um conjunto de códigos (números e letras) que qualifiquem a região por meio dos seguintes critérios:

- ◇ Classes associadas às vazões e aos usos gerais devem ser denominadas por algarismos romanos maiúsculos, de I a IV, respectivamente relativas a 90%, 80%, 60% e 50% da vazão de ensaio de bombeamento prolongado de 24 horas. O algarismo V representa uma classe de outorga especial destinada aos poços tubulares e aos poços para pesquisas científicas em áreas de unidade de conservação ambiental de grande restrição (ex. parques nacionais, reservas biológicas e estações ecológicas) ou a outras áreas de uso restrito (ex. áreas militares).
- ◇ Subclasses associadas a restrições qualitativas (alto risco efetivo de contaminação) ou quantitativas (áreas sob pressão de exploração ou submetidas a sobreexploração). Nesses casos deverão ser atribuídas as letras **a**, **b** ou **c**, relacionadas ao progressivo aumento das

restrições. Poços situados em áreas da subclasse **a** podem ser outorgados diretamente sem sequer a necessidade de visita a campo ou uso de critérios mais exigentes. Áreas cartografadas com índice **b** poderão ser outorgadas após visita de campo por parte do gestor responsável, que deverá avaliar a densidade de poços e os focos de contaminação. Áreas inseridas na subclasse **c** devem ter o pedido de outorga indeferida diretamente, pois já representam áreas com recursos hídricos subterrâneos comprometidos sob o aspecto da exaustão das disponibilidades ou da contaminação potencial.

Por fim, recomenda-se que, em estudos futuros, os resultados desta pesquisa sejam otimizados com as seguintes ações: a) elaboração do mapa de declividade do DF na escala 1:10.000, devido à importância deste tema para quantificação do potencial de recarga dos aquíferos. Para tanto deve ser utilizada a base SICAD 1:10.000 com curvas de nível de equidistância de cinco metros; b) produção de um mapa de solos na escala 1:50.000 incluindo as áreas urbanas, pelo fato de suas características serem essenciais ao entendimento do funcionamento hídrico dos aquíferos; e c) desenvolvimento de balanços hídricos em pequenas bacias, preferencialmente em unidades de conservação ambiental, para validação dos modelos hidrogeológicos desenvolvidos para o DF.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ab'Saber, A. N. 1964. As altas superfícies de aplainamento do Brasil sudeste. Rev. Fac. Campineiras, 1(4):60-67.
- ADASA. 2006. Agência Reguladora de Águas e Saneamento do Distrito Federal - ADASA. Plano de Gerenciamento Integrado de recursos Hídricos do Distrito Federal – PGIRH. www.pgirh.df.gov.br, acesso em 25 de agosto de 2006.
- Almeida L. 2003. Caracterização Hidrogeológica da Bacia do Alto Rio Claro, no Estado de Goiás: Subsídio para o Gerenciamento dos Recursos Hídricos. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências, Universidade de Brasília, Brasília - DF. 101 p.
- Almeida, L. de; Resende, L.; Rodrigues, A. P.; Campos, J. E. G. 2006. Hidrogeologia do Estado de Goiás. Secretaria de Indústria e Comércio. Superintendência de Geologia e Mineração. Goiânia – GO. 232p.
- ANA. 2006. Agência Nacional de Águas - ANA. www.ana.gov.br, acesso em 16 agosto de 2006.
- Araújo-Filho, M.da C. 2005. Desenvolvimento de um sistema de classificação hierárquico para mapas de uso e cobertura da terra por meio de imagens de satélite Landsat ETM+. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências, Universidade de Brasília, Brasília - DF. 117p.
- Baptista, G.M.M. 1997. Diagnóstico Ambiental da Perda Laminar de Solos, no Distrito Federal, por meio do Geoprocessamento. Dissertação de Mestrado, Publicação MTARH.DM-001A/97, Departamento de Engenharia Civil, Universidade de Brasília, Brasília – DF. 112p.
- Baptista, G.M.M. 1998. Caracterização Climatológica do Distrito Federal. In: Inventário Hidrogeológico e dos Recursos Hídricos Superficiais do Distrito Federal. Brasília. IEMA/SEMATEC/UnB. Parte VI. p.187-208.
- Barros, J.G.C. 1987. Geologia e Hidrogeologia do Distrito Federal. In: Inventário Hidrogeológico do Distrito Federal. (GDF/CAESB). Brasília DF. P. 79-330.
- Barros, J.G.C. 1994. Características geológicas e hidrogeológicas do Distrito Federal. In: Cerrado, caracterização, ocupação e perspectivas - O caso do Distrito Federal. UnB/SEMATEC, 657p.
- Bonham-Carter, H. 1994. Geographic information systems for geoscientists: modeling with GIS. Pergamon Press Oxford, IX, 398p.
- Brasil, 1960. Ministério da Agricultura. Centro Nacional de Ensino e Pesquisas Agronômicas e reconhecimento de solos. Levantamento e reconhecimento de solos do Estado de São Paulo. Rio de Janeiro, Serviço Nacional de Pesquisas Agronômicas, 643p. (SNPA, Boletim, 12).
- Brasil. 1988. Constituição da República Federativa do Brasil. Edição atualizada em março de 2002 com o Texto Constitucional de 5 de outubro de 1988, consolidado pela Subsecretaria de Edições Técnicas do Senado Federal, com Alterações adotadas pelas Emendas Constitucionais nos 1/92 a 35/2001 e pelas Emendas Constitucionais de Revisão nos 1 a 6/94.
- Brasil. 1997. Lei nº 9.433, de 8 de Janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos e cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do Art. 21 da Constituição Federal.

- Brasil. 1998. Decreto nº 2.612 de 03 de junho de 1998 - Regulamenta o Conselho Nacional de Recursos Hídricos e dá outras providências.
- Brasil. 2000a. Resolução CNRH nº 7, de 21 de junho de 2000 - Conselho Nacional de Recursos Hídricos. Institui a Câmara Técnica Permanente de Integração de Procedimentos, Ações de Outorga e Ações Reguladoras, de acordo com os critérios estabelecidos no Regimento Interno do CNRH.
- Brasil. 2000b. Lei nº 9.984, de 17 de julho de 2000 - Dispõe sobre a criação da Agência Nacional de Águas - ANA, entidade federal de implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e de coordenação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, e dá outras providências.
- Brasil. 2001. Resolução CNRH nº 16, de 08 de maio de 2001- Conselho Nacional de Recursos Hídricos
- Brasil. 2005. Resolução Conama nº 357, de 17 de março de 2005 - Conselho Nacional de Meio Ambiente. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências.
- Burrough, P. A; McDonnell R. A. 1998. Principles of geographic information systems. Oxford, Oxford University Press. 285p.
- Cadamuro, A. L. M. & Campos, J. E. G. (2005). Recarga Artificial de Aquíferos Fraturados no Distrito Federal: uma Ferramenta para a Gestão dos Recursos Hídricos. Revista Brasileira de Geociências, 35(1): 89-98.
- Cadamuro, A. L. M. (2002). Proposta, Avaliação e Aplicabilidade de Técnicas de Recarga Artificial em Aquíferos Fraturados para Condomínios Residenciais do Distrito Federal. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências, Universidade de Brasília, 126p.
- CAESB. 2001. Plano de Proteção Ambiental da Bacia do Ribeirão Pípiripau. Brasília/DF.
- Câmara, G.; Casanova, M.A.; Medeiros, C. B.; Hemerly, A.; Magalhães, G. 1997. Anatomia de Sistemas de Informação Geográfica. Curitiba – SC. Ed. Sagres.
- Câmara, G.; Davis, C.; Monteiro, A. M. 2004. Introdução à Ciência da Geoinformação. São José dos Campos, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. 154p.
- Campos, J.E.G. & Freitas-Silva, F.H. 1998. Hidrogeologia do Distrito Federal. In: Inventário Hidrogeológico e dos Recursos Hídricos Superficiais do Distrito Federal. Brasília. IEMA/SEMATEC/UnB. Parte IV. 85p. (inédito).
- Campos, J.E.G. & Freitas-Silva, F.H. 1999. Arcabouço hidrogeológico do Distrito Federal. In: XII Simp. Geol. Centro-Oeste. Boletim de Resumos. Brasília. 113p.
- Campos, J.E.G. & Tröger, U. 2000. Groundwater Occurrence in Hard Rocks in the Federal District of Brasília: A Sustainable Supply? In: Sililo, Groundwater: Past Achievements and Future Challenges, Proc. of XXX I.A.H. Congress. Cape Town, South Africa, Balkema, p. 109-113.
- Campos, J.E.G. 2004. Hidrogeologia do distrito Federal: subsídios para a gestão dos recursos hídricos subterrâneos. RBG 1:41-48.
- Carvalho, J.C.; Sales, M.M.; Souza, N.M.; Melo, M. T. S. 2006. Processos Erosivos no Centro-Oeste Brasileiro. Brasília: Universidade de Brasília: FINATEC.
- Christofolletti, A. 1999. Modelagem de sistemas ambientais. São Paulo: Edgard Blucher. 236p.
- CODEPLAN. 1984. Companhia de Desenvolvimento do Planalto. Atlas do Distrito Federal. Brasília, GDF. 78p.

- Costa, D.A.A. 2004. Proposta de zoneamento urbano e de gestão dos recursos hídricos do Setor Habitacional Tororó – DF, com aplicação de Sistema de Informação Geográfica. Instituto de Geociências, Universidade de Brasília, Dissertação de Mestrado, 98p.
- Costa, W. 1975. Estudo hidrogeológico preliminar das cidades do Gama, Taguatinga, Ceilândia e Sobradinho – Distrito Federal. CONTEGE/CAESB. 150p. (Relatório Interno).
- Costa, W. D. 2000. Uso e Gestão de Água Subterrânea. In: Hidrogeologia Conceitos e Aplicações. Feitosa, F.A.C. & Manoel, Filho J. (Coord.). Fortaleza – CE. CPRM/REFO, LABHID-UFPE. p.341-367.
- DF. 2001a. Lei nº 2.725, de 13 de junho de 2001 (publicada no DODF nº 116 em 19.06.01) - Institui a Política de Recursos Hídricos do Distrito Federal, cria o Sistema de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Distrito Federal e dá outras providências (revoga a Lei nº 512, de 28 de julho de 1993).
- DF. 2001b. Decreto nº 22.358, de 31 de agosto - Dispõe sobre a outorga de direito de uso de água subterrânea no território do Distrito Federal de que trata o inciso II, do artigo 12, da Lei n.º 2.725 de 13 de junho de 2001, e dá outras providências.
- DF. 2001c. Decreto nº 22.359, de 31 de agosto - Dispõe sobre a outorga de direito de uso de recursos hídricos no território do Distrito Federal e dá outras providências.
- DF. 2004. Lei nº 3.365, de 16 de junho de 2004 – Cria a Agência Reguladora de Águas e Saneamento do Distrito Federal – ADASA/DF e dá outras providências.
- EMBRAPA. 1978. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação dos Solos. Levantamento de Reconhecimento dos Solos do Distrito Federal. Escala 1:100.000. Rio de Janeiro. EMBRAPA. SNLCS. Boletim Técnico. 455p.
- Faria, A. 1995. Estratigrafia e sistemas deposicionais do Grupo Paranoá nas áreas de Cristalina, Distrito Federal e São João D’Aliança-Alto Paraíso de Goiás. Brasília. 199p. (Tese de Doutorado, Instituto de Geociências, Universidade de Brasília).
- Faria, A. 1997. Mapa Geológico do Distrito Federal. Escala 1:100.000. Brasília, DNPM/UnB. 30p.
- Freitas-Silva, F.H. & Campos, J.E.G. 1998. Geologia do Distrito Federal. In: Inventário hidrogeológico e dos recursos hídricos superficiais do Distrito Federal. Parte I. IEMA-SEMATEC/Universidade de Brasília. 86 p. (Relatório Inédito).
- Hawkins, R. H.; Hjelmfelt, A. T.; Zevenberger, A.W. 1985. Runoff probability, storm depth, and curve number. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, v.111, n.º4, p. 330-340.
- IBGE. 2006. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. www.ibge.gov.br, aceso em 13 de maio de 2006.
- Joko, C. T. 2002. Hidrogeologia a Região de São Sebastião – DF: Implicações para a Gestão do Sistema de Abastecimento de Água. Universidade de Brasília/Instituto de Geociências. 158p. (Dissertação de Mestrado).
- Lanna, A. E.; A Inserção da Gestão das Águas na Gestão Ambiental. In: Interfaces da Gestão de Recursos Hídricos. MMA/ SRH, 2000. p. 75-109.
- Lombardi-Neto, F.; Bellinazzi Júnior, R.; Galeti, P. A.; Bertolini, D.; Lepsch, I. F.; Oliveira, J. B. Nova abordagem para o cálculo de espaçamento entre terraços. Simpósio sobre terracimento agrícola. Campinas, 1989. Fundação Cargill. p. 99-124.

- Lousada, E. O. 1999. Estudos Geológicos e Geofísicos Aplicados a Locação de Poços Tubulares Profundos em Aquíferos Fraturados na Região do Distrito Federal. Universidade de Brasília. Instituto de Geociências. Dissertação de Mestrado, 107p.
- Lousada, E.O. 2005. Estudos hidrogeológicos e isotópicos no Distrito Federal: Modelos conceituais de fluxo. Brasília-DF. 124p. Tese de Doutorado. Instituto de Geociências, Universidade de Brasília.
- Maguirre, D.J.; Goodchild, M.F. & Rhind, D. W. 1992. Geographical information systems: principles and applications. Longman Scientific & Technical. London/UK. 649p.
- Maio, C.R.1986. Alterações ambientais no Distrito Federal, baseadas na geomorfologia dinâmica. Rev. Bras. Geogr., 48(3):259-284.
- Manoel-Filho, J. 2000. Ocorrência das Águas Subterrâneas. In: Hidrogeologia Conceitos e Aplicações. Feitosa, F.A.C. & Manoel, Filho J. (Coord.). Fortaleza – CE. CPRM/REFO, LABHID-UFPE. p.13-32.
- Martins, E.S. & Baptista, G.M.M. 1998. Compartimentação geomorfológica e sistemas morfodinâmicos do Distrito Federal. In: Inventário Hidrogeológico e dos Recursos Hídricos Superficiais do Distrito Federal. Brasília. IEMA/SEMATEC/UnB. Parte II. 53p.
- Mendonça, A. F. 1993. Caracterização da erosão subterrânea nos aquíferos porosos do Distrito Federal. Anexo 3a: Reservas de água de superfície do Parque Nacional de Brasília. Brasília. Brasília. Universidade de Brasília/Instituto de Geociências. 154p. (Dissertação de Mestrado - inédita).
- Moraes, L.L. 2004. Estudo do rebaixamento de lagoas cársticas no Distrito Federal e entorno: a interação hidráulica entre águas subterrâneas e superficiais. Dissertação de mestrado, Instituto de Geociências, Universidade de Brasília. 128p.
- Novaes Pinto, M. 1993. Caracterização geomorfológica do Distrito Federal. In: Cerrado, Caracterização, Ocupação e Perspectiva. Pinto, M.N. (Org.). Brasília. Editora UnB/SEMATEC. 2ª ed.. p. 285-320.
- Novaes Pinto, M. 1994a. Caracterização geomorfológica do Distrito Federal. In: NOVAES PINTO, M. (org). Cerrado: caracterização, ocupação e perspectivas. Brasília. Editora UnB. 2ª ed.. p. 285-320.
- Novaes Pinto, M. 1994b. Paisagens do cerrado no Distrito Federal. In: Novaes Pinto, M. (org). Cerrado: caracterização, ocupação e perspectivas. Brasília. Editora UnB. 2ª ed.. p. 511-542.
- Ogrosky, H. O.; Mockus, V. 1964. Hydrology of Agricultural Lands. In: Chow, V. Handbook of Applied Hydrology. McGraw-Hill, cap.21, p.1-97.
- PickbrennerK.; Pedrollo, K.M.C.; Risso A. 2005. Determinação do CN utilizando geoprocessamento: simulação hidrológica na bacia do rio criciúma. CPRM. Disponível em <http://www.cprm.gov.br/rehi/simposio/pa/Determinacao%20do%20CN%20utilizando%20geoprocessamento.pdf>, acesso em 15 de junho de 2006.
- Roig, H. L. 2005. Modelagem de dados aplicados à análise dos processamentos erosivos e de transporte de sedimentos: o caso da bacia do rio Paraíba do Sul – SP. Instituto de Geociências, Universidade de Brasília, Brasília – DF. Dissertação de Doutorado, 223p.
- Romano, O. & Rosas, J. G. C. 1970. Água Subterrânea para Fins de Abastecimento de Água e Irrigação no Distrito Federal. Anais do XXIV Congresso Brasileiro de Geologia. Sociedade Brasileira de Geologia. Brasília – DF. p. 313-333.

- Santos, H. G.; Jacomine, P. K. T.; Anjos, L. H. C.; Oliveira, V. A.; Oliveira, J. B.; Coelho, M. R.; Lumberras, J. F.; Cunha, T. J. F. 2006. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos – SBCS. 2ª ed. Rio de Janeiro: Embrapa solos. 306p.
- Sartori, A. 2004. Avaliação da classificação hidrológica do solo para determinação do excesso de chuva do método do serviço de conservação do solo dos Estados Unidos. Universidade de Campinas, Campinas – SP, dissertação de Mestrado, 159p.
- Schubart, H. O. R.; O Zoneamento Ecológico-Econômico e a Gestão dos Recursos Hídricos. In: Interfaces da Gestão de Recursos Hídricos. MMA/SRH, 2000. p. 155-175.
- Setti, A. A. 2001. Introdução ao Gerenciamento de Recursos Hídricos. Freitas M.A.V. (org.) Lima, J. E. F. W.; Chaves, A.G.M.; Pereira, I. C. Brasília: Agência Nacional de Energia Elétrica; Agência Nacional de Águas. 328p.
- Setzer, J.; Porto, R. L. L. 1979. Tentativa da avaliação do escoamento superficial de acordo com o solo e seu recobrimento vegetal nas condições do Estado de São Paulo. São Paulo – SP. Boletim Técnico DAEE. v.2, n. 2, p. 81-104.
- Silva, A.B. 1999. Sistemas de Informações Georreferenciadas: conceitos e fundamentos. Campinas – SP. Ed. Unicamp. 236p.
- Silva, M.D. 2003. Caracterização do meio físico da região de Águas Lindas – GO: Subsídios para a gestão dos recursos hídricos subterrâneos. Instituto de Geociências, Universidade de Brasília, Brasília, Dissertação de Mestrado, 96p.
- Souza, M.T. 2001. Fundamentos para Gestão dos Recursos Hídricos Subterrâneos do Distrito Federal. Brasília. Universidade de Brasília/Instituto de Geociências. 94p. (Dissertação de Mestrado).
- Tucci, C. E. M. 2000. Escoamento Superficial. In: Hidrologia: ciência e aplicação. Tucci, C.E.M. (org.) 2ª ed. Porto Alegre: Ed. Universidade/UFRGS: ABRH. p. 391-441.
- Zhan, X. & Huang, M.L. 2004. ArcCN-Runoff: an ArcGIS tool for generating curve number and runoff maps. Environmental Modelling & Software 19 (10) 875-879.
- Zoby, J.L.G. 1999. Hidrogeologia de Brasília – DF, Bacia do Ribeirão Sobradinho. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo. 126p.