



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS  
CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM GEOPROCESSAMENTO AMBIENTAL

**INFLUÊNCIA DO USO DA TERRA NO POTENCIAL DE INFILTRAÇÃO DE  
ÁGUA: UMA ANÁLISE EM SIG NA BACIA HIDROGRÁFICA DO CÓRREGO  
JATOBAZINHO- DF**

**Lorena Lucas Sasaki**

MONOGRAFIA

BRASÍLIA  
2016



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS  
CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM GEOPROCESSAMENTO AMBIENTAL

**Lorena Lucas Sasaki**

**INFLUÊNCIA DO USO DA TERRA NO POTENCIAL DE INFILTRAÇÃO DE  
ÁGUA: UMA ANÁLISE EM SIG NA BACIA HIDROGRÁFICA DO CÓRREGO  
JATOBAZINHO- DF**

**Monografia de especialização em  
Geoprocessamento Ambiental  
apresentada a banca examinadora do  
Instituto de Geociências como exigência  
para a obtenção do título de especialista  
em Geoprocessamento**

**Aprovada em 16/12/2016**

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Henrique Llacer Roig (orientador)

\_\_\_\_\_

Prof. Dra. Rejane Ennes Cicerelli

\_\_\_\_\_

Prof<sup>a</sup>. Msc. Kassia Batista Castro

\_\_\_\_\_

## **AGRADECIMENTOS**

*A professora Tati coordenadora da especialização em Geoprocessamento Ambiental do Instituto de Geociências por todo o apoio prestado durante o curso.*

*Ao professor Dr. Henrique Llacer Roig pela oportunidade e confiança dedicada na orientação deste estudo.*

*Ao Giancarlo da Terracap pelo fornecimento da imagem.*

*À Maria do Carmo e ao Augusto do departamento de recursos hídricos da CAESB pelo fornecimento dos dados pluviométricos.*

*Aos colegas da pós-graduação do Instituto de Geociências por todo o apoio prestado, especialmente Fran, Larissa, Diogo e Kassia.*

*À turma da especialização em Geoprocessamento Ambiental de 2016 por todos os momentos felizes e de ajuda mútua.*

*À minha família e à Joana pelo apoio.*

*À minha filha Calliandra, minha razão de seguir em frente.*

*Ao universo pela oportunidade de adquirir uma nova habilidade.*

**Influência do uso da terra no potencial de infiltração de água: uma análise em SIG na bacia hidrográfica do córrego Jatobazinho- DF**

**Lorena Lucas Sasaki<sup>1</sup>, Henrique Llacer Roig<sup>2</sup>**

**RESUMO:** O presente trabalho teve como objetivo avaliar as influências do uso e cobertura do solo na infiltração de água na bacia do Córrego Jatobazinho – DF, para o ano de 2016, utilizando técnicas de geoprocessamento aliadas ao método Curva-número. A partir da integração de dados planialtimétricos, de solos e também de uma imagem aérea da bacia, foi gerado um mapa de uso e cobertura do solo, um mapa de permeabilidade (Curva-número) e um mapa das condições de infiltração de água no solo. A análise de solos revelou a presença de solos de alta taxa de infiltração em 83% da área. Quanto ao uso e cobertura, predominam os campos e pastagens em 30% da área. A vegetação de cerrado típico ocupa 18,29% , sendo que 7,36% encontra-se em área de proteção integral. As fitofisionomias de cerrado preservadas ou em regeneração correspondem a 41,31% da área, no entanto, assim como a vegetação ripária, a vegetação na zona de recarga da bacia encontra-se degradada. A região com mata de galeria em solo do grupo hidrológico A é a região com melhores condições de infiltração. O zoneamento da bacia foi realizado de acordo com as condições de permeabilidade a fim de nortear o planejamento e gestão dos recursos naturais para melhoria das condições de infiltração e recarga de aquífero. O método Curva-número, usualmente utilizado para estimativa de escoamento superficial, demonstrou-se efetivo para gerar dados sobre as condições de infiltração de água no solo que possam embasar o planejamento territorial e a adoção de práticas adequadas a conservação dos recursos hídricos em bacias de cabeceira.

**Palavras chaves:** bacias hidrográficas, conservação de recursos hídricos, método curva-número.

1 Programa de Especialização em Geoprocessamento Ambiental, Instituto de Geociências - IG, Universidade de Brasília – UnB, Brasília (DF), Brasil. E-mail: [lorenals13@gmail.com](mailto:lorenals13@gmail.com)

2 Instituto de Geociências - IG, Universidade de Brasília – UnB, Brasília (DF), Brasil. E-mail: [roig@unb.br](mailto:roig@unb.br)

## **Influence of land use on the potential of water infiltration: a GIS analysis in the hydrographic basin Córrego Jatobazinho – Federal District (DF)**

**Lorena Lucas Sasaki<sup>1</sup>, Henrique Llacer Roig<sup>2</sup>**

**ABSTRACT:** This study aimed to evaluate the influences of land use and cover in water infiltration and aquifer recharge in the basin Córrego Jatobazinho – DF for the year 2016, using GIS techniques combined with the curve number method. A land use and land cover map, a permeability map (curve number) and a map of soil water infiltration conditions were generated from the integration of planialtimetric, soil and aerial image data from the basin. Soil analysis revealed the presence of soils with a high rate of infiltration in 83% of the area. As for use and coverage, fields and pastures predominate in 30% of the area. The typical cerrado vegetation occupies 18.29%, and 7.36% is in an area of integral protection. Preserved or regenerated cerrado physiognomies correspond to 41.31% of the area; however, as well as riparian vegetation, vegetation in the basin recharge zone is degraded. The region with gallery forest on soil of hydrological group A is the region with the best infiltration conditions. The zoning of the basin was carried out according to the permeability conditions in order to guide the planning and management of the natural resources to improve the aquifer infiltration and recharge conditions. The curve number method, usually used to estimate runoff, has been shown to be effective in generating data on soil water infiltration conditions that could support territorial planning and the adoption of appropriate practices for the conservation of hydric resources in headwater basins.

**Keywords:** Hydrographic basin, water resources conservation, curve number method

1 Programa de Especialização em Geoprocessamento Ambiental, Instituto de Geociências - IG, Universidade de Brasília – UnB, Brasília (DF), Brasil. E-mail: [lorenals13@gmail.com](mailto:lorenals13@gmail.com)

2 Instituto de Geociências - IG, Universidade de Brasília – UnB, Brasília (DF), Brasil. E-mail: [roig@unb.br](mailto:roig@unb.br)

## Lista de Figuras

<b>Figura 1:</b> Mapa de localização da Bacia Hidrográfica do córrego Jatobazinho.....	10
<b>Figura 2:</b> Mapa das Classes Fitofisionômicas do Alto Curso da Bacia do Rio Descoberto, Distrito Federal e Goiás.....	11
<b>Figura 3:</b> Série histórica dos totais anuais de precipitação da Estação Pluviométrica da Barragem do Descoberto. ....	12
<b>Figura 4:</b> Médias mensais de precipitação nos anos de 2013, 2014 e 2015 da Estação Pluviométrica da Barragem do Descoberto. ....	13
<b>Figura 5:</b> Dados planialtimétricos e rede de drenagem do Sistema Cartográfico do Distrito Federal (SICAD) .....	14
<b>Figura 6:</b> Imagem plexus obtida pela Terracap (RGB 123).....	15
<b>Figura 7:</b> Mapa de solos da bacia hidrográfica do Córrego Jatobazinho adaptado do Levantamento de Reconhecimento de Solos de Alta Intensidade do Alto Curso do Rio Descoberto, DF/GO escala 1:100.000.....	16
<b>Figura 8:</b> Fluxograma de trabalho para delimitação da Bacia Hidrográfica do Córrego Jatobazinho.....	17
<b>Figura 9:</b> Modelo Digital de Elevação gerado a partir dos dados planialtimétricos extraídos das folhas 82, 83, 99 e 100 do Sistema Cartográfico do Distrito Federal.....	18
<b>Figura 10 :</b> Fluxograma do processamento do para elaboração do Mapa de Permeabilidade de solos da bacia hidrográfica do córrego Jatobazinho.....	22
<b>Figura 11 :</b> Mapa de grupos hidrológicos de solos da bacia hidrográfica do córrego Jatobazinho.....	25
<b>Figura 12:</b> Mapa de uso e cobertura do solo da bacia do córrego Jatobazinho.....	27
<b>Figura 13:</b> Mapa de Permeabilidade da Bacia do córrego Jatobazinho, de acordo com o grupo hidrológico de solo e o tipo de uso do solo (Fator Curva-número).....	30
<b>Figura 14:</b> Zoneamento da bacia hidrográfica do córrego Jatobazinho de acordo com as condições de infiltração de água no solo. Zona 1: alta capacidade de infiltração, zona 2: média capacidade de infiltração, zona 3: baixa capacidade de infiltração.....	33

## Lista de Quadros

<b>Quadro 1:</b> Caracterização dos diferentes tipos de uso e cobertura na bacia hidrográfica do córrego Jatobazinho.....	19
---	----

## Lista de Tabelas

<b>Tabela 1:</b> Descrição dos grupos hidrológicos de solo de acordo com Sartori (2004, apud SARTORI; LOMBARDI-NETO; GENOVEZ, 2005) e os tipos de solos correspondentes.....	23
<b>Tabela 2:</b> Valores tabelados de Curva-número (CN) para a área de estudo de acordo com o tipo de uso do solo e com o grupo hidrológico a que o solo pertence.....	26
<b>Tabela 3:</b> Classes de uso e cobertura do solo por categoria e suas respectivas áreas.....	28
<b>Tabela 4:</b> Representatividade das áreas por complexo hidrológico na bacia hidrográfica do Jatobazinho.....	34



## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO .....	1
2 OBJETIVOS .....	3
2.1 Objetivo geral.....	3
2.2 Objetivos específicos.....	3
3 REFERENCIAIS TEÓRICOS .....	4
3.1 Geoprocessamento: análise espacial utilizando Sistemas de Informações Geográficas e Sensoriamento Remoto. ....	4
3.2 Método Curva-Número .....	5
3.3 Conservação dos recursos hídricos em bacias hidrográficas de cabeceira no cerrado .....	6
4 MATERIAIS E MÉTODOS .....	9
4.1 Caracterização da área de estudo .....	9
4.2 Base de Dados.....	14
4.2.1 Rede de Drenagem e dados planialtimétricos .....	14
4.2.2 Imagem aérea .....	15
4.2.3 Mapa de Solos .....	16
4.3 Metodologia .....	17
4.3.1 Delimitação da Bacia Hidrográfica .....	17
4.3.2 Mapa de uso e cobertura do solo .....	19
4.3.3 Mapa de Permeabilidade (Curva-número) .....	22
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	27
5.1 Mapa de uso e cobertura do solo.....	27
5.2 Mapa de Permeabilidade (Curva-número) .....	30
5.3 Zoneamento das condições de infiltração de água no solo.....	33
5.4 Conservação dos recursos hídricos na bacia hidrográfica do Jatobazinho.....	37
6.CONCLUSÕES.....	41
7.REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	43

## 1 INTRODUÇÃO

As mudanças na cobertura vegetal e os padrões de uso e ocupação do solo em bacias hidrográficas influenciam seu comportamento hidrológico e produzem os mais variados impactos na disponibilidade dos recursos hídricos, visto que a vegetação tem um papel fundamental no balanço de energia e no fluxo de volume de água (TUCCI; CLARKE, 1997).

Segundo os autores, a capacidade de infiltração de água depende das características do solo, da sua cobertura e da quantidade de umidade existente, sendo que solos com superfície desprotegida e compactada podem diminuir drasticamente sua capacidade de infiltração tendo como consequência o aumento do escoamento superficial e a diminuição do potencial de infiltração da água que será armazenada nos aquíferos criando condições para manter os rios perenes nos períodos de estiagem.

Portanto, a presença ou ausência de vegetação e o manejo dedicado às atividades agropecuárias em uma determinada bacia hidrográfica podem causar impactos em serviços ecossistêmicos fundamentais como a provisão de água e a provisão de alimentos.

Segundo Lima (2011), no cerrado, a sazonalidade da chuva torna a irrigação uma prática importante para garantir a estabilidade da produção agrícola e conflitos pelo uso da água se multiplicam em decorrência da ineficiente gestão territorial dos recursos hídricos.

De acordo com o autor, os prejuízos da escassez hídrica serão sentidos principalmente no setor primário, visto que aproximadamente 80% da água utilizada no país se destina a produção de alimentos utilizando agricultura irrigada.

Os recursos hídricos do Cerrado possuem uma importância que extrapola em muito as dimensões do bioma, visto que este ocupa regiões de altitudes elevadas na porção central do país constituindo-se, portanto, como o local de origem de 8 das 12 regiões hidrográficas brasileiras. Os impactos da escassez hídrica em bacias hidrográficas do cerrado podem ter consequências nacionais abrangendo as regiões hidrográficas do Paraná, Tocantins-Araguaia e principalmente as regiões do São Francisco, Parnaíba e Paraguai que possuem forte dependência hidrológica em relação a esse bioma (LIMA, 2011).

O ano de 2016 foi um marco no Distrito Federal visto que a capital do Brasil começou a sentir os impactos da escassez hídrica e do racionamento de água. Segundo a Agência Reguladora de Águas, Energia e Saneamento do Distrito Federal (DISTRITO FEDERAL, 2016), o reservatório do Lago Descoberto que, junto com os mananciais hídricos que o formam, são responsáveis pelo abastecimento de 65% da população do DF (, 2014), vem apresentando baixas significativas ao longo dos últimos anos.

Comparando-se as medições realizadas em 30 de dezembro dos anos de 2013, 2014, 2015 e 2016 observou-se a queda do volume de 92,7% em 2013 para 67,9% em 2014, ficando abaixo do volume ideal com 45,8% em 2015 e chegando a um estado crítico com 22,9% em 2016 (DISTRITO FEDERAL, 2016). Essa situação é preocupante visto que o período analisado corresponde ao período de chuvas no Distrito Federal.

Esse importante manancial é protegido por uma Unidade de Conservação de Uso Sustentável, a APA do Rio Descoberto (APARD), que, no entanto, não impede a acelerada ocupação agrícola nessa área, causando preocupação com o uso descontrolado e inadequado do solo e da água (REATTO et al., 2003b).

A infiltração é um elemento chave na gestão da APARD já que a escassez de grandes drenagens superficiais confere às águas subterrâneas função estratégica na manutenção de vazões dos cursos d'água superficiais no período da seca (BRASIL, 2014).

Segundo Sartori (2005), em um cenário de iminência de escassez dos recursos hídricos, é necessário considerar as influências do uso e dos tipos de solo no escoamento superficial, para analisar o potencial do escoamento e infiltração como subsídio ao planejamento e conservação de bacias hidrográficas e o método de Curva-Número do Serviço de Conservação do Solo (SCS) do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos da América (USDA) é um dos modelos chuva-vazão mais utilizado para esse propósito.

A aplicação dessa metodologia para entender como as atividades antrópicas alteram os padrões de permeabilidade e a capacidade de infiltração e infiltração de água no solo, utilizando o geoprocessamento para a espacialização do fator Curva-Número em uma pequena bacia hidrográfica localizada na Área de Proteção Ambiental do Rio Descoberto, constitui o objetivo do presente trabalho.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo geral**

Analisar as condições de infiltração de água no solo da bacia hidrográfica do córrego Jatobazinho para o ano de 2016 utilizando o método Curva-Número e técnicas de geoprocessamento.

### **2.2 Objetivos específicos**

- Gerar informações sobre o uso e cobertura do solo na bacia hidrográfica do córrego Jatobazinho para o ano de 2016;
- Espacializar as condições de infiltração de água no solo na bacia;
- Discutir a aplicação da análise como subsidio ao planejamento para conservação dos recursos hídricos em bacias hidrográficas de cabeceira do Cerrado.

### 3 REFERENCIAIS TEÓRICOS

#### 3.1 Geoprocessamento: análise espacial utilizando Sistemas de Informações Geográficas e Sensoriamento Remoto

O Geoprocessamento é a disciplina do conhecimento que utiliza técnicas matemáticas e computacionais para tratar a informação geográfica e que vem influenciando o modo de fazer cartografia bem como a análise dos recursos naturais (CÂMARA; DAVIS, 2001).

Os Sistemas de Informação Geográfica (SIG) são as ferramentas computacionais utilizadas no Geoprocessamento. Essas ferramentas permitem realizar análises complexas, ao integrar dados de diversas fontes e ao criar bancos de dados georeferenciados, tornando possível a automatização de documentos cartográficos (CÂMARA; DAVIS, 2001).

O trabalho em SIG envolve a utilização de dados vetoriais e dados matriciais. A representação matricial consiste no uso de uma malha quadriculada regular sobre a qual se constrói, célula a célula, o elemento que está sendo representado. Já o formato vetorial representa feições como pontos, linhas ou polígonos (CÂMARA; MONTEIRO, 2001).

O Geoprocessamento é uma tecnologia interdisciplinar, que permite a convergência de diferentes disciplinas científicas para o estudo de fenômenos ambientais, pois o espaço computacionalmente representado é uma linguagem comum para as diferentes disciplinas do conhecimento (CÂMARA; MONTEIRO, 2001).

O Sensoriamento Remoto é uma técnica de obtenção de imagens dos objetos da superfície terrestre sem que haja um contato físico de qualquer espécie entre o sensor e o objeto imageado que é registrado pelo sensor por meio de medições da radiação eletromagnética que este emite ou reflete. São exemplos de produtos de sensoriamento remoto as imagens obtidas de satélites e as fotografias aéreas (MENESES, 2012).

Câmara e Medeiros (2001) defendem que, na perspectiva moderna de gestão do território, toda ação de planejamento, ordenação ou monitoramento do espaço deve incluir a análise dos diferentes componentes do ambiente, o que inclui o meio físico-biótico, a ocupação humana e seu inter-relacionamento.

Para Becker (2002) existe uma relação essencial entre a abordagem conceitual de bacias hidrográficas e de sistemas de informação geográficas, pois os padrões e processos que ocorrem dentro de uma bacia hidrográfica são fortemente determinados ou associados à sua posição no espaço, absoluta ou relativa a outros objetos.

O geoprocessamento na gestão de bacias hidrográficas auxilia na determinação de medidas de manejo ambiental, pois permitem armazenar, sobrepor, comparar e correlacionar diversas informações, permitindo também a elaboração de modelos que podem auxiliar na tomada de decisões e na definição de diretrizes para o planejamento territorial (PIRES; DOS SANTOS; DEL PRETTE, 2002)

### **3.2 Método Curva-Número**

O método Número-Curva (CN) foi apresentado pelo Serviço de Conservação do Solo (SCS) dos Estados Unidos e tem sido amplamente utilizado em modelos hidrológicos devido ao reduzido número de parâmetros utilizados e pela relação entre os parâmetros e as características físicas da bacia hidrográfica (TUCCI, 1998).

O método foi objeto de estudo de mais de vinte anos de observações entre as relações de chuva e escoamento em pequenas bacias rurais nos Estados Unidos (NEITSCH et al., 2005) e determina a quantidade de chuva que infiltra no solo e a quantidade de chuva que escoam superficialmente numa determinada região (ZHAN; HUANG, 2004).

Para isso o método combina três fatores: grupo hidrológico do solo, cobertura do solo e condições de umidade antecedente do solo (McCUEN, 1998).

A metodologia do SCS agrupa os solos dos Estados Unidos em quatro grupos hidrológicos (A, B, C e D), conforme sua capacidade de infiltração e produção de escoamento. Sartori, Lombardi-Neto e Genovez (2005) adequaram essa classificação às condições de solos brasileiras propondo uma extensão para a classificação hidrológica dos solos de Lombardi-Neto et al. (1989).

O CN é um valor adimensional tabelado, que varia de 0 a 100. Esta escala retrata as condições de cobertura e solo, que vai de uma cobertura muito permeável e de um solo com grande capacidade de infiltração para uma cobertura completamente impermeável em solo de baixa infiltração no seu limite superior (TUCCI, 2009).

Segundo Tucci (2009), a infiltração é a passagem da água da superfície para o interior do solo. Enquanto há aporte de água, o perfil de umidade do solo tende à saturação em toda a profundidade, sendo a superfície naturalmente o primeiro nível a saturar.

Zakia (1998) afirma que em condições de cobertura de floresta natural não perturbada, a taxa de infiltração de água no solo é mantida em seu máximo. Nessas condições, raramente ocorre formação de escoamento superficial. O que os vegetais não aproveitam da água infiltrada no solo, percola para o lençol freático e contribui para o escoamento de base dos rios (TUCCI, 2009).

Ruhoff (2007) destaca a utilidade do fator CN em trabalhos de conservação do solo, pois este permite a estimativa do escoamento superficial e informa indiretamente sobre o fluxo de rios, recarga de água, infiltração, umidade do solo e transporte de sedimentos.

### **3.3 Conservação dos recursos hídricos em bacias hidrográficas de cabeceira no cerrado**

Segundo Tucci (2009), o elemento fundamental de análise do ciclo hidrológico na fase terrestre é a bacia hidrográfica. Esta consiste em uma área de captação natural da água da precipitação que faz convergir os escoamentos para um único ponto de saída. Compõe-se de um conjunto de superfícies vertentes e de uma rede de drenagem formada por cursos de água que confluem até um leito único no exutório.

Para o autor, a bacia hidrográfica possui características essenciais que permitem a integração multidisciplinar e o seu estudo permite observar em detalhes a variação dos diferentes processos tornando possível entender os fenômenos e procurar representá-los matematicamente.

Por serem unidades geográficas naturais, as bacias hidrográficas possuem características biogeofísicas e sociais integradas. As pessoas residentes no local são ao mesmo tempo causadoras e vítimas de parte dos problemas ambientais ali ocasionados, e por terem que conviver com eles tem mais interesse em resolvê-los (ALVES et al., 2003).

Alves et al. (2003), defendem que as microbacias constituem um sistema completo, facilmente monitorável, em todos os seus aspectos adequado aos estudos do comportamento e da dinâmica dos fatores ambientais e que permite a avaliação da conservação de seus recursos, em razão desta inter-relação entre seus atributos bióticos e abióticos.

Uma bacia hidrográfica, normalmente, é constituída por inúmeras microbacias, que por sua vez possuem inúmeros pequenos riachos que formam a malha de drenagem dessa bacia. Consideram-se bacias de cabeceiras as pequenas bacias localizadas em regiões montanhosas, onde se formam as nascentes que drenam córregos e riachos (ALVES, 2000).

De acordo com Calheiros et al.(2004), as nascentes são afloramentos do lençol freático, que vão dar origem a uma fonte de água de acúmulo (represa) ou a cursos d'água (ribeirões e rios). Elas se localizam em encostas ou depressões do terreno ou ainda no nível de base representado pelo curso d'água local.

As zonas de recarga, nas quais ocorre o abastecimento do aquífero, são caracterizadas por solos profundos e permeáveis localizados em áreas de relevo suave. Nas bacias hidrográficas, essas áreas podem ser constituídas pelos topos de morros e chapadas (SOUZA; FERNANDES, 2000).

A vegetação do cerrado realiza um serviço fundamental pois favorece a disponibilidade de água ao longo do tempo e a preservação da sua qualidade (ISPN, 2016).

A vegetação que se encontra ao longo dos cursos d'água, conhecida como vegetação ripária, atua como uma barreira ao transporte de sedimentos, diminuindo a velocidade do escoamento superficial e evitando o assoreamento de rios (TUCCI; MENDES, 2006). Essa vegetação funciona como reguladora do fluxo de água, sedimentos e nutrientes entre os terrenos mais altos da bacia hidrográfica e a rede de drenagem, desempenhando o papel de tampão e filtro (SILVA; BARBOSA; BARROSO, 2008).

A gestão de recursos hídricos pode ser definida como a utilização e a administração racional, democrática e participativa das águas (BINOTTO, 2012). A bacia hidrográfica como unidade de gestão das distintas formas de atividades e usos, tem como finalidade projetar, interceder e executar as melhores formas de utilização de



seus recursos naturais, a fim de alcançar o desenvolvimento econômico e social com sustentabilidade (BORDALLO, 1995).

A conservação dos recursos hídricos depende da conservação dos outros recursos naturais existentes no sistema. Fatores como a declividade e o tipo e o uso do solo, principalmente das zonas de recarga – áreas responsáveis pela drenagem da água do divisor natural até a nascente - podem alterar a quantidade e a qualidade da água das nascentes de uma bacia hidrográfica (PINTO et al., 2004).

Pires, Dos Santos e Del Prette (2002) destacam que as principais ameaças à qualidade ambiental em uma bacia hidrográfica são as atividades que ignoram os custos ambientais e sociais da degradação ambiental, visando apenas o lucro imediato.

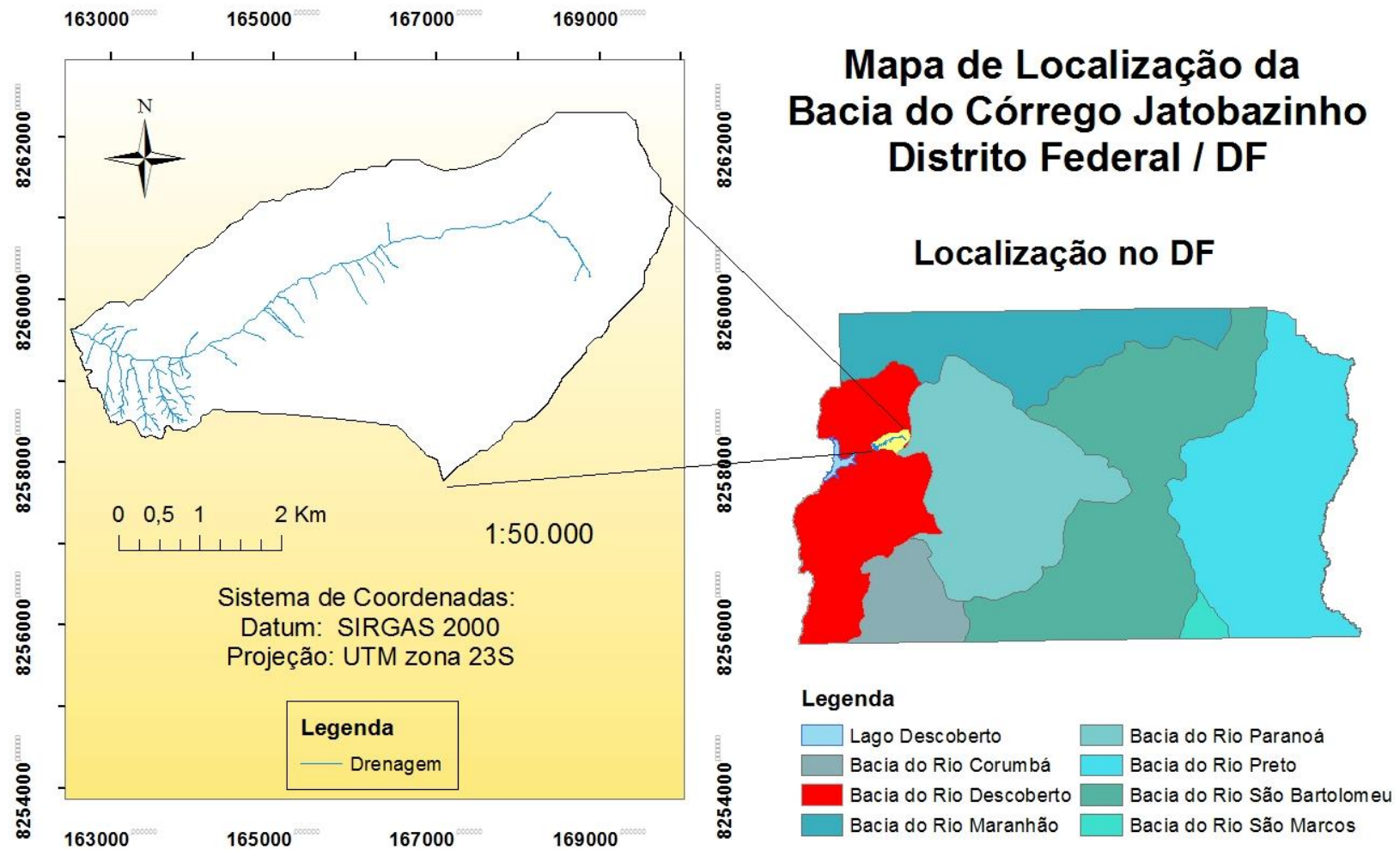
Avaliar as condições de infiltração de água em uma bacia hidrográfica e como os usos que ali ocorrem afetam essas condições pode gerar dados importantes para a conservação dos recursos hídricos, a partir do melhor gerenciamento dos recursos naturais e das atividades produtivas ali presentes, principalmente em bacias de cabeceira localizadas em mananciais do cerrado.

## 4 MATERIAIS E MÉTODOS

### 4.1 Caracterização da área de estudo

A Bacia Hidrográfica do córrego Jatobazinho é uma bacia de cabeceira localizada no Distrito Federal e situada entre as latitudes  $48^{\circ}9'0''\text{W}$  /  $48^{\circ} 5' 15''\text{W}$  e longitudes  $15^{\circ}42'0''\text{S}$  /  $15^{\circ}44' 15''\text{S}$ . Apresenta área aproximada de  $19 \text{ km}^2$  (Figura 1) e está contida na Bacia Hidrográfica do Descoberto, que em conjunto com a Bacia do Rio Corumbá e do Rio São Bartolomeu, contribuem para a Região Hidrográfica do Rio Paraná (LIMA, 2011).

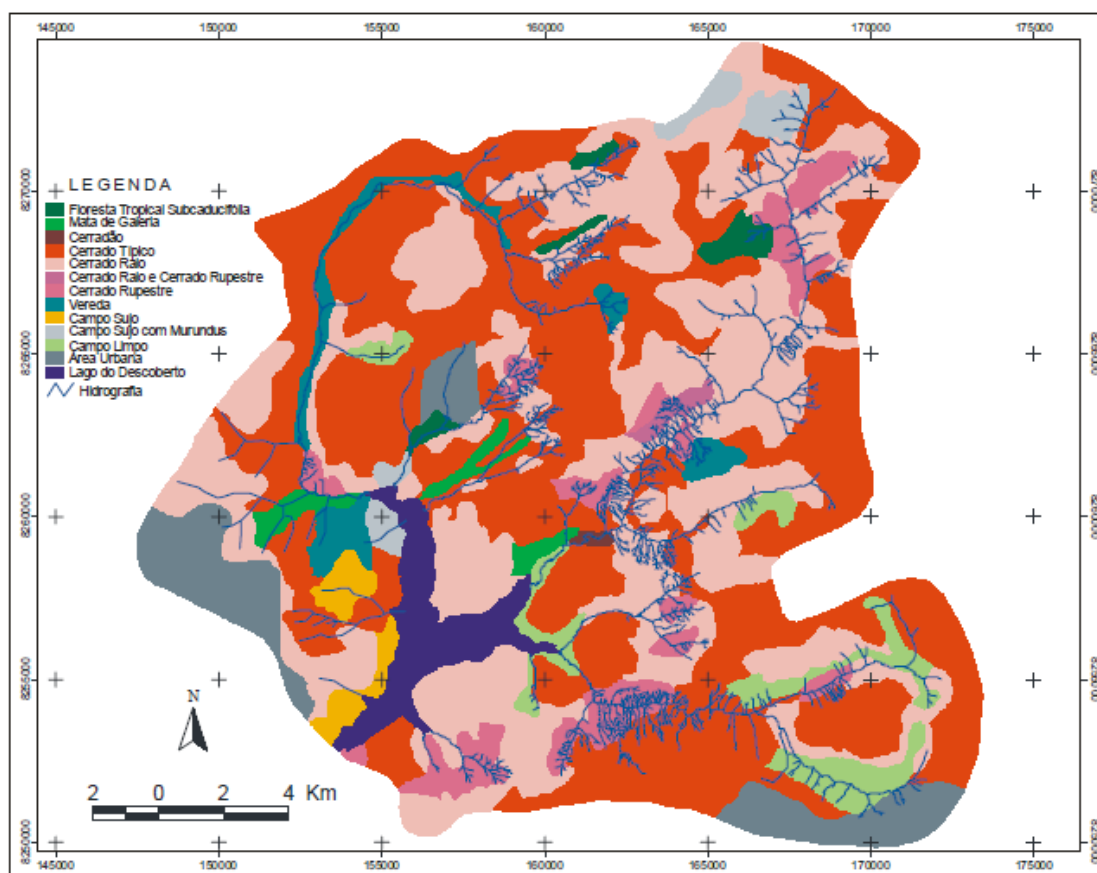
A área está localizada no chamado Alto Curso do Rio Descoberto, importante manancial hídrico do Distrito Federal, responsável pelo abastecimento de 65% da água utilizada nessa unidade da federação e por essa razão está protegida pela Área de Proteção Ambiental do Rio Descoberto (BRASIL, 2014).



**Figura 1:** Mapa de localização da Bacia Hidrográfica do córrego Jatobazinho.

O Distrito Federal está incluído no Domínio Morfoclimático do Cerrado que é caracterizado por chapadões recobertos por cerrados e penetrados por florestas de galerias desenvolvidas ao longo de rios. Predomina o clima tropical úmido com duas estações bem definidas (Ab'SABER, 1977).

As fitofisionomias de cerrado predominantes no Alto Curso do Rio Descoberto foram mapeadas por Reatto et al. (2003b) partindo-se da premissa de que a vegetação natural reflete as condições climáticas e edáficas da área em que se encontra (Figura 2). A relação entre as classes de solos e as principais fitofisionomias de cerrado basearam-se na classificação de Ribeiro e Walter (1998).

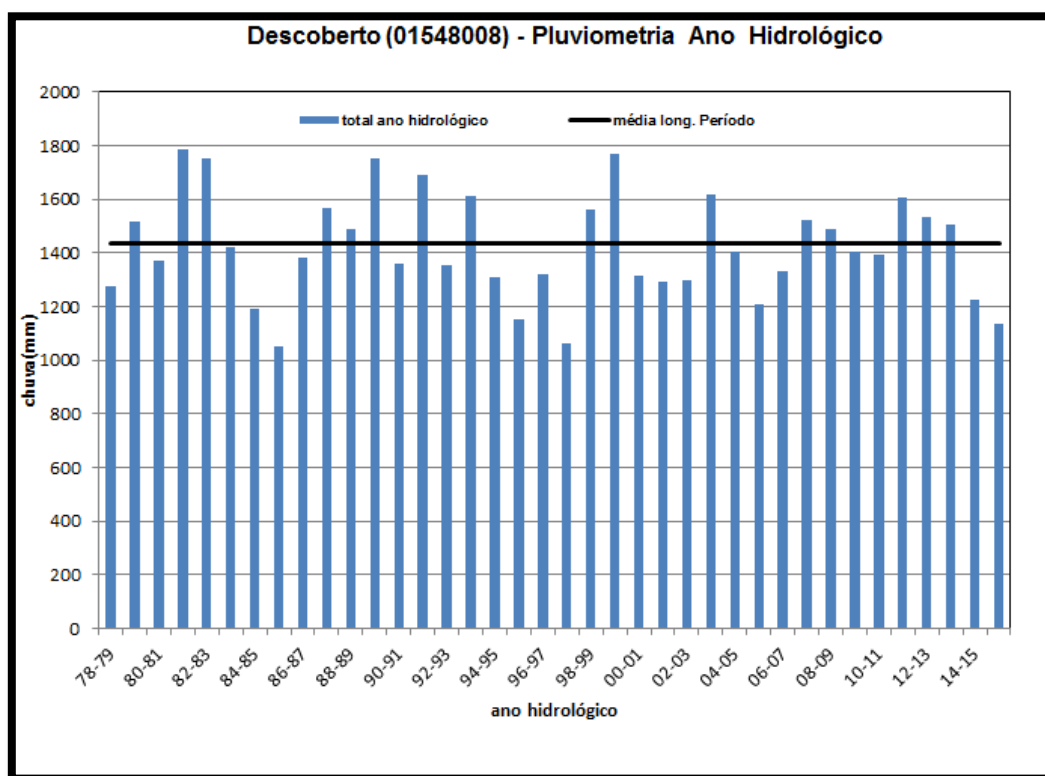


**Figura 2:** Mapa das Classes Fitofisionômicas do Alto Curso da Bacia do Rio Descoberto, Distrito Federal e Goiás.

Foram identificadas as seguintes fitofisionomias abrangendo a região da bacia do Jatobazinho: Cerrado Típico, Cerrado Ralo e Campo Limpo.

De acordo com a classificação climática de Köppen simplificada por Setzer (1966), o clima do Distrito Federal é tropical com inverno seco do tipo AW

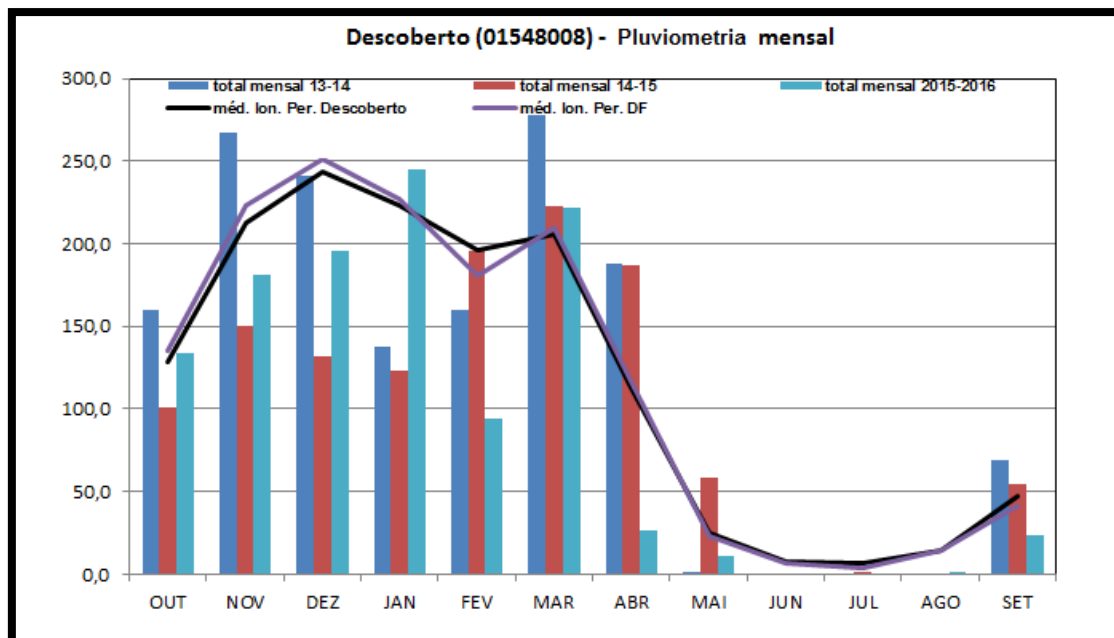
(CARDOSO; ENGO; BARROS, 2014). A precipitação média anual da Estação Pluviométrica da Barragem do Descoberto oscila entre 1000 a 1800 mm (Figura 3) de acordo com dados da Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal (MAIA, 2016).



**Figura 3:** Série histórica dos totais anuais de precipitação da Estação Pluviométrica da Barragem do Descoberto. Fonte: Maia, 2016.

De acordo com Ferrigo (2014), a região apresenta estação seca rigorosa que se estende aproximadamente de maio a setembro e estação chuvosa que vai de outubro a abril, sendo o período entre dezembro e março quando se concentram mais de 80% do total anual de chuvas.

Dados da Estação Pluviométrica da Barragem do Descoberto para o período de 2013 a 2015 fornecidos pela CAESB (MAIA, 2016) demonstram que maior pluviosidade foi observada entre os meses de novembro a março e os meses de seca absoluta se concentraram entre junho e agosto (Figura 4).

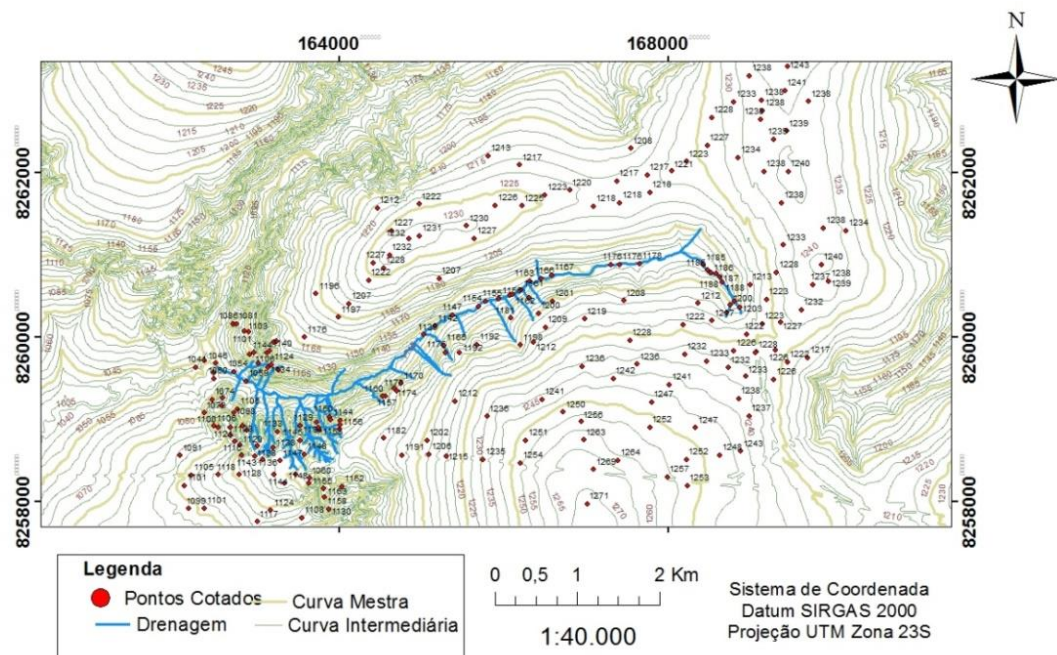


**Figura 4:** Médias mensais de precipitação nos anos de 2013, 2014 e 2015 da Estação Pluviométrica da Barragem do Descoberto. Fonte: Maia, 2016.

## 4.2 Base de Dados

### 4.2.1 Rede de Drenagem e dados planialtimétricos

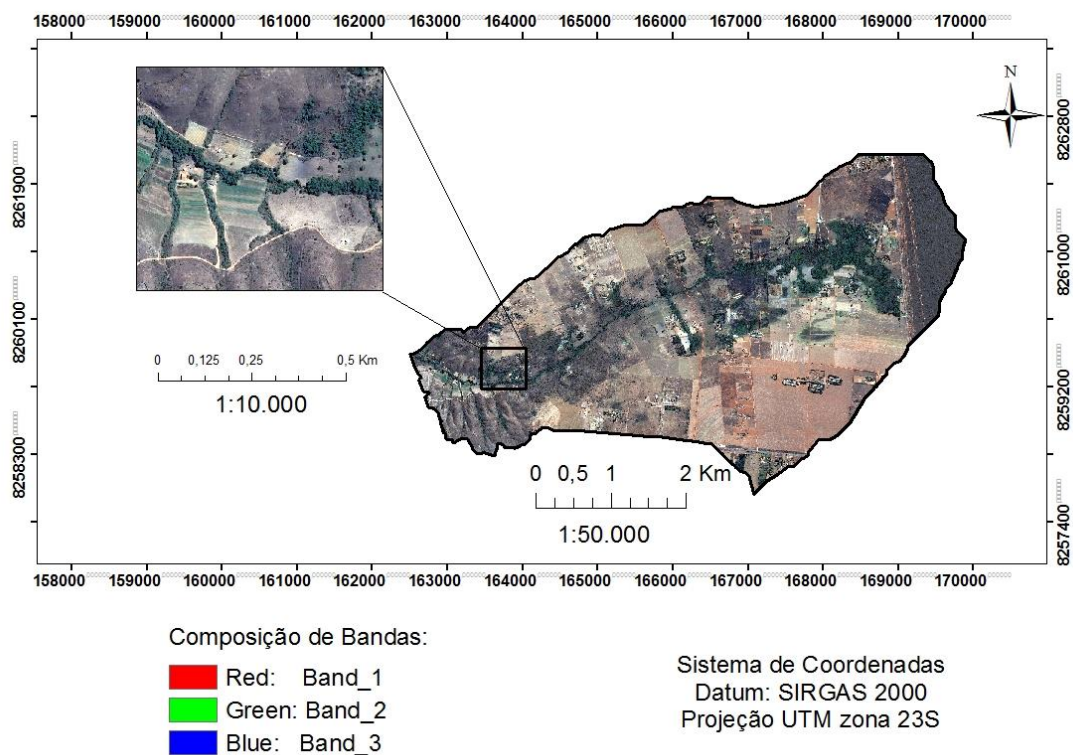
A rede de drenagem e os dados planialtimétricos - pontos cotados e curvas de nível em intervalos de 5m – foram obtidos na base de dados on-line da Secretaria de Estado de Gestão do Território e Habitação do DF – SEGETH (Figura 5).



**Figura 5:** Dados planialtimétricos e rede de drenagem do Sistema Cartográfico do Distrito Federal (SICAD).

#### 4.2.2 Imagem aérea

A imagem utilizada para elaboração do Mapa de uso e ocupação do solo foi fornecida pela Terracap, apresenta resolução espacial de 0,5 metro e foi obtida em agosto de 2016 (Figura 6).

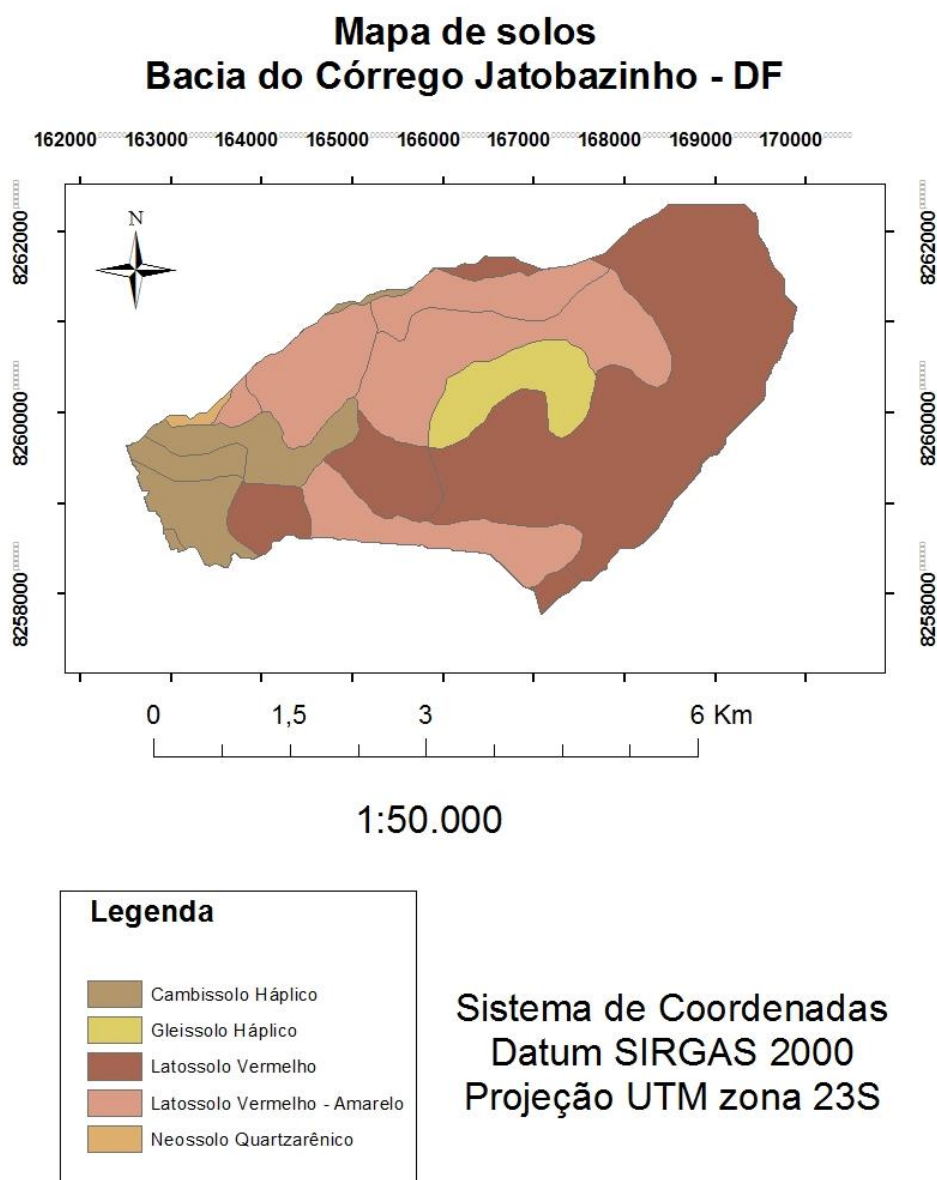


**Figura 6:** Imagem plexus obtida pela Terracap (RGB 123).



### 4.2.3 Mapa de Solos

O mapa de solos da Bacia hidrográfica do Jatobazinho em formato vetorial foi adaptado do mapa produzido pela Embrapa Cerrados no trabalho de levantamento de reconhecimento de solos da região do Alto Curso do Rio Descoberto DF/GO (REATTO et al., 2003a) apresentado em escala 1:100.000 (Figura 7).



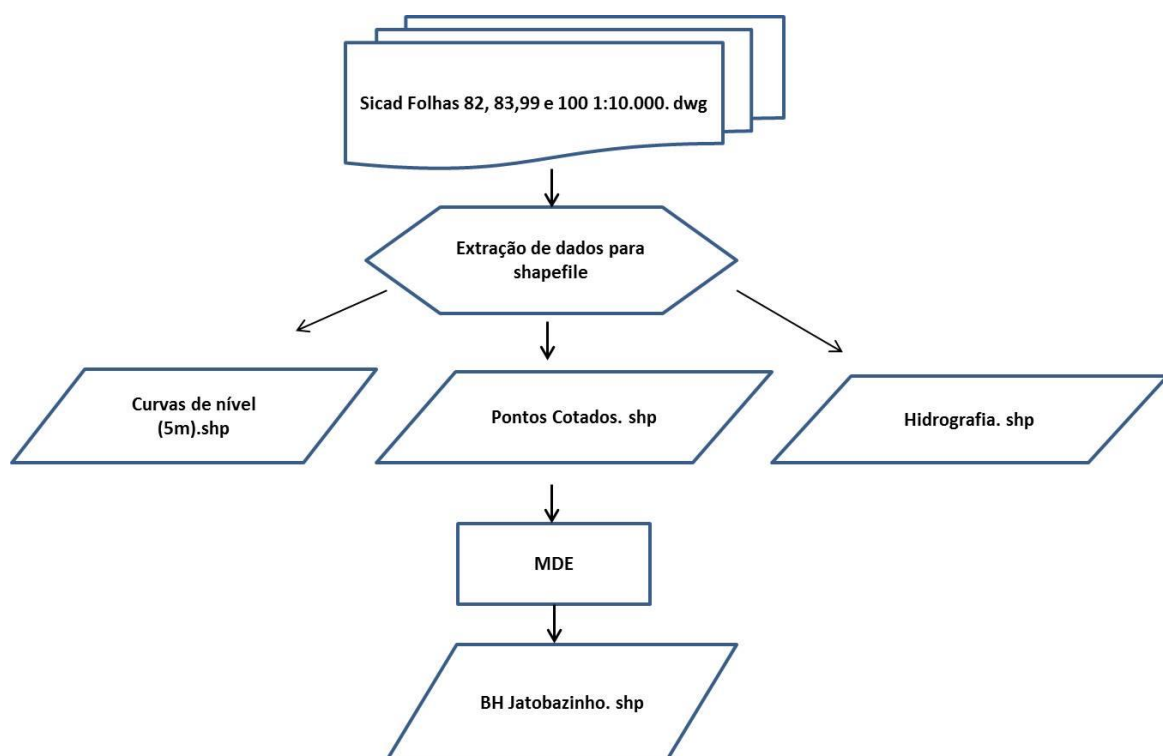
**Figura 7:** Mapa de solos da bacia hidrográfica do Córrego Jatobazinho adaptado do Levantamento de Reconhecimento de Solos de Alta Intensidade do Alto Curso do Rio Descoberto, DF/GO escala 1:100.000 (REATTO et al., 2003a).

### 4.3 Metodologia

A integração dos dados foi realizada utilizando o software Arcgis 10.2. As bases de dados provenientes de diversas fontes foram todas projetadas para o Sistema de Referência SIRGAS 2000 e Sistema de Projeção UTM zona 23S.

#### 4.3.1 Delimitação da Bacia Hidrográfica

A figura 8 apresenta o fluxograma de trabalho para delimitação da área da bacia hidrográfica do córrego Jatobazinho.



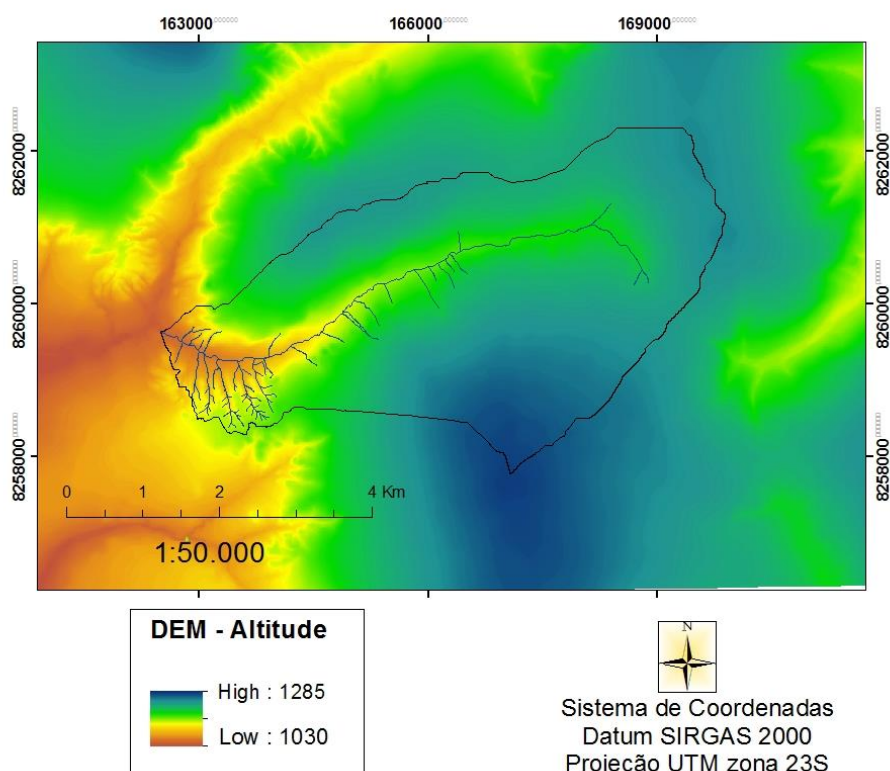
**Figura 8:** Fluxograma de trabalho para delimitação da Bacia Hidrográfica do Córrego Jatobazinho.

Os dados de hidrografia como também os planialtimétricos foram extraídos das folhas 82, 83, 99 e 100 do Sistema Cartográfico do Distrito Federal SICAD – Chuá. Dos arquivos originais em formato DWG foram extraídos os dados ‘Curvas de nível (5m)’, ‘Pontos Cotados’ e ‘rios’ que foram exportados para o formato *shapefile*.

As quatro folhas foram unidas em um arquivo *shapefile* para cada tipo de dado utilizando a ferramenta ‘*merge*’ do *Arctoolbox*. Os dados foram preparados com a inserção dos valores das cotas na tabela de tributos, correção de direção de fluxo da hidrografia e correções topológicas.

A partir dos dados planialtimétricos foi gerada a modelagem da superfície por meio da ferramenta ‘*Topo to Raster*’. Essa ferramenta gera um modelo digital de elevação dito hidrologicamente consistente em formato raster a partir de uma grade retangular. Na opção ‘*Output Cell Size*’ definiu-se a resolução da célula de saída em 2m multiplicando-se a escala de trabalho (1:10.000) à exatidão cartográfica (0,2mm).

A exatidão cartográfica consiste no menor tamanho de objeto que o olho humano é capaz de discernir. A resolução espacial é considerada como a menor feição que pode ser representada numa base cartográfica. A resolução, que corresponde ao tamanho da célula de saída no modelo, é o valor da exatidão cartográfica representado na sua escala de trabalho. Esse é um parâmetro importante para garantir a qualidade e precisão do Modelo Digital de Elevação (Figura 9).



**Figura 9:** Modelo Digital de Elevação gerado a partir dos dados planialtimétricos extraídos das folhas 82, 83, 99 e 100 do Sistema Cartográfico do Distrito Federal.

A partir da análise do Modelo Digital de Elevação foi definida a área de interesse por meio do traçado de uma máscara contemplando as maiores alturas em torno no córrego Jatobazinho pela via: *'Arc catalog' > 'new polygon > 'start editig' > 'create feature'*. A área de interesse foi extraída do MDE utilizando-se a ferramenta *'Extract by mask'*.


Na área de interesse foi delimitada a bacia hidrográfica utilizando-se as ferramentas: *'Fill' > 'Flow Direction' > 'Basin' > 'Raster to Polygon'*. Esse procedimento gerou os limites da bacia hidrográfica. Optou-se por utilizar a rede de drenagem disponibilizada pelo SEGETH.

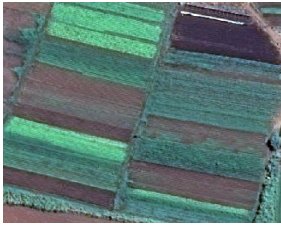




#### 4.3.2 Mapa de uso e cobertura do solo

O mapa de uso e cobertura do solo da Bacia do Córrego Jatobazinho para o ano 2016, foi gerado a partir de interpretação e classificação manual da imagem na escala de 1:10.000. A classificação da vegetação nativa seguiu a classificação de Ribeiro e Walter (1998).

O Quadro 1 apresenta as classes representadas no mapa. São elas: Campos/Pastagens, Culturas Anuais/Olericultura, Fruticultura, Chácaras/Sedes de Fazendas, Reflorestamento, Solo Exposto, Solo lavrado com resíduos, Área Vegetada, Mata de Galeria, Cerrado Típico, Cerrado Ralo, Açudes, Vias Pavimentadas e Vias Não Pavimentadas.

**Quadro 1:** Caracterização dos diferentes tipos de uso e cobertura na bacia hidrográfica do córrego Jatobazinho.

Região de interesse	Classes de atributos	Descrição
	Campos/ Pastagens	Áreas com campos nativos, pastagens cultivadas e áreas degradadas com vegetação predominantemente herbácea, podendo conter arbustos e subarbustos esparsos e algumas árvores.

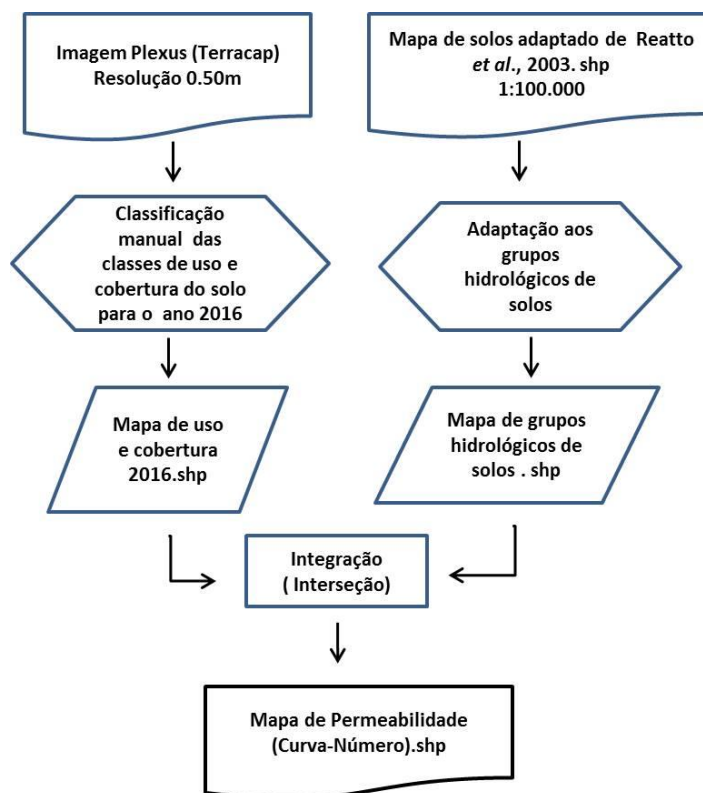
	<p>Culturas Anuais/Olericultura</p>	<p>Talhões de plantações de culturas temporárias e de ciclo anual.</p>
	<p>Fruticultura</p>	<p>Áreas de cultura de plantas frutíferas de ciclo perene.</p>
	<p>Mata de Galeria</p>	<p>Vegetação florestal que acompanha os rios de pequeno porte e córregos formando corredores fechados (galerias) sobre o curso d'água. A altura média do estrato arbóreo varia entre 20 e 30 metros, apresentando superposição das copas que fornecem cobertura arbórea de 70% a 95%.</p>
	<p>Reflorestamento</p>	<p>Áreas de plantio de árvores (silvicultura) com espécies dos gêneros <i>Pinus</i> e <i>Eucalyptus</i>.</p>
	<p>Solo Exposto</p>	<p>Áreas com retirada total da cobertura vegetal, incluindo solos em pousio.</p>
	<p>Solo lavrado com resíduos.</p>	<p>Solo em pousio com resíduos recobrando o solo.</p>

	<p>Vias Pavimentadas</p>	<p>Rodovias e vias urbanas que apresentam sua superfície de rolamento com pavimento asfáltico ou de concreto.</p>
	<p>Vias Pavimentadas não</p>	<p>Rodovias e vias rurais que não apresentam pavimento asfáltico ou de concreto.</p>
	<p>Açudes</p>	<p>Reservatórios de água.</p>
	<p>Chácaras/ Sedes de Fazendas</p>	<p>Áreas edificadas, dependências de fazendas, sítios e assentamentos rurais.</p>
	<p>Área Vegetada</p>	<p>Áreas de vegetação arbórea cultivada apresentando superposição das copas de modo a fornecer cobertura arbórea de 60 a 100% da área.</p>
	<p>Cerrado Ralo</p>	<p>Vegetação arbóreo-arbustiva, com cobertura arbórea de 5% a 20% e altura média de dois a três metros. Representa a forma mais baixa e menos densa de Cerrado sentido restrito. A camada de arbustos e ervas é a mais destacada se comparada aos subtipos anteriores, especialmente pela cobertura gramínea.</p>

	Cerrado Típico	Vegetação predominantemente arbóreo-arbustiva, com cobertura arbórea de 20% a 50% e altura média de três a seis metros. Trata-se de uma forma comum e intermediária entre o Cerrado Denso e o Cerrado Ralo.
--	----------------	---

### 4.3.3 Mapa de Permeabilidade (Curva-número)

A Figura 10 apresenta o fluxograma de trabalho para gerar o mapa permeabilidade.



**Figura 10** : Fluxograma do processamento do para elaboração do Mapa de Permeabilidade de solos da bacia hidrográfica do córrego Jatobazinho.

Utilizando-se a ferramenta *Clip* foram extraídos os registros do arquivo *shapefile* do Levantamento de Reconhecimento de Solos de Alta Intensidade do Alto Curso do Rio Descoberto, DF/GO escala 1:100.000 (REATTO et al., 2003a) correspondentes à

área da bacia hidrográfica do Jatobazinho. A partir do mapa modificado foi gerado o mapa de grupos hidrológicos de solos da bacia de acordo com a adaptação sugerida por Lombardi-Neto et al. (1989) e Sartori (2004, apud SARTORI; LOMBARDI-NETO; GENOVEZ, 2005) para solos brasileiros. Para isso foi adicionado um novo campo na tabela de atributos onde foram adicionados os grupos correspondentes a cada tipo de solo.

De acordo com os autores, os grupos hidrológicos de solo variam conforme sua capacidade de infiltração e produção de escoamento, sendo a cada um deles atribuído uma letra, A, B, C e D, que representam o acréscimo do escoamento superficial e consequentemente a diminuição da taxa de infiltração de um grupo para outro. A Tabela 1 apresenta a descrição de cada grupo hidrológico e a correspondência com os solos da área de estudo. A figura 11 apresenta o mapa dos grupos hidrológicos de solos da bacia do córrego Jatobazinho.

**Tabela 1:** Descrição dos grupos hidrológicos de solo de acordo com Sartori (2004, apud SARTORI; LOMBARDI-NETO; GENOVEZ, 2005) e os tipos de solos correspondentes.

<b>Grupo (GHS)</b>	<b>Descrição do Grupo Hidrológico</b>	<b>Tipos de solos incluídos</b>
A	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Solos muito profundos (prof. &gt; 200 cm) ou profundos (100 a 200 cm);</li> <li>▪ Solos com alta taxa de infiltração e com alto grau de resistência e tolerância à erosão;</li> <li>▪ Solos porosos com baixo gradiente textural (&lt; 1,20);</li> <li>▪ Solos de textura média;</li> <li>▪ Solos de textura argilosa ou muito argilosa desde que a estrutura proporcione alta macroporosidade em todo o perfil;</li> <li>▪ Solos bem drenados ou excessivamente drenados;</li> <li>▪ Solos com argila de atividade baixa (Tb), minerais de argila 1:1;</li> <li>▪ A textura dos horizontes superficial e subsuperficial pode ser: média/média, argilosa/ argilosa e muito argilosa/muito argilosa.</li> </ul>	Latossolos Vermelhos e Latossolos Vermelho-Amarelos
B	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Solos profundos (100 a 200 cm);</li> <li>▪ Solos com moderada taxa de infiltração, mas com moderada resistência e tolerância a erosão;</li> <li>▪ Solos porosos com gradiente textural variando entre 1,20 e 1,50;</li> <li>▪ Solos de textura arenosa ao longo do perfil ou de textura média com horizonte superficial arenoso;</li> <li>▪ Solos de textura argilosa ou muito argilosa desde que a estrutura proporcione boa macroporosidade em todo o perfil;</li> <li>▪ Solos com argila de atividade baixa (Tb), minerais de argila 1:1;</li> <li>▪ A textura dos horizontes superficial e subsuperficial pode ser: arenosa/arenosa, arenosa/ média, média/argilosa, argilosa/argilosa e argilosa/muito argilosa.</li> </ul>	Neossolo Quartzarênico

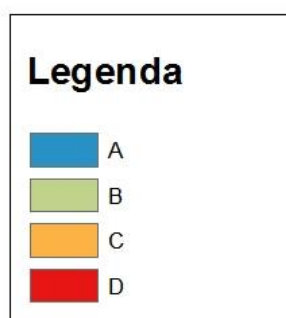
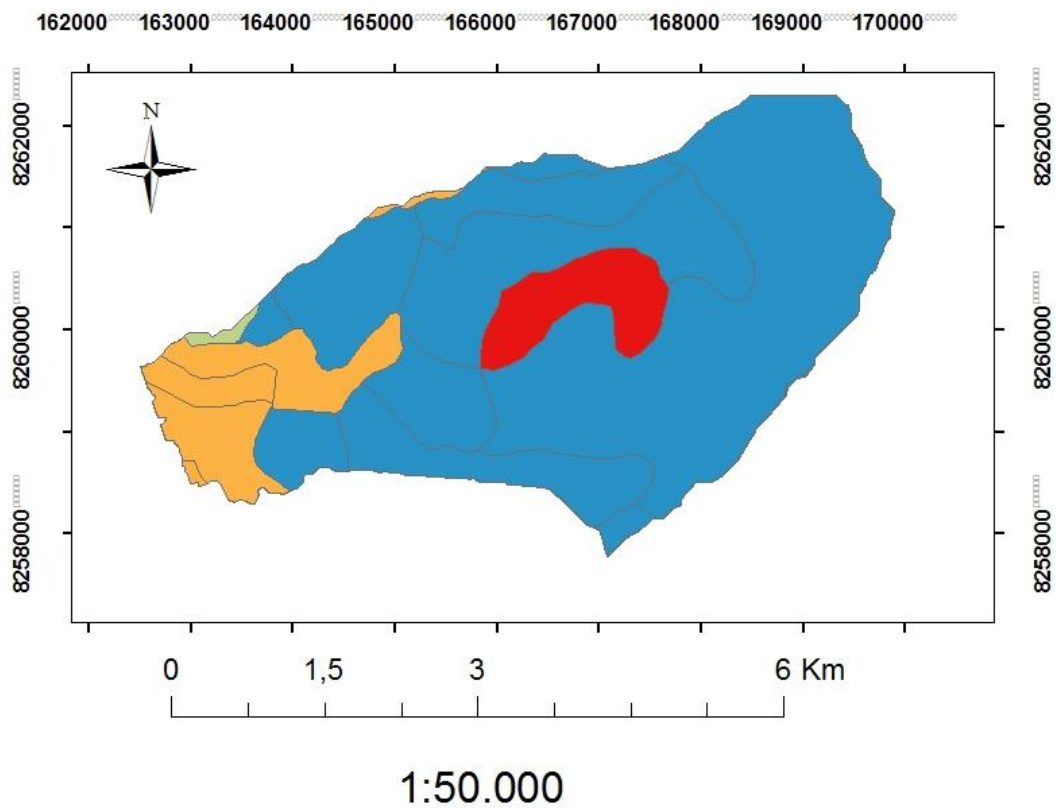


---

C	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Solos profundos (100 a 200 cm) ou pouco profundos (50 a 100 cm);</li><li>▪ Solos com baixa taxa de infiltração e baixa resistência e tolerância à erosão;</li><li>▪ Solos com gradiente textural maior que 1,50 e que comumente apresentam mudança textural abrupta;</li><li>▪ Solos associados a argila de atividade baixa (Tb);</li><li>▪ A textura nos horizontes superficial e subsuperficial e pode ser: arenosa/média e média/ argilosa apresentando mudança textural abrupta; arenosa/argilosa e arenosa/muito argilosa.</li></ul>	Cambissolo Háplico
D	<p>5 Solos com taxa de infiltração muito baixa oferecendo pouquíssima resistência e tolerância a erosão;</p> <p>6 Solos rasos (prof. &lt; 50 cm);</p> <p>7 Solos pouco profundos associados à mudança textural abrupta ou solos profundos apresentando mudança textural abrupta aliada à argila de alta atividade (Ta), minerais de argila 2:1;</p> <p>8 Solos argilosos associados à argila de atividade alta (Ta);</p> <p>9 Solos orgânicos.</p>	Gleissolos

---

## Mapa de Grupos Hidrológicos de Solos Bacia do Córrego Jatobazinho - DF



Sistema de Coordenadas  
Datum SIRGAS 2000  
Projeção UTM zona 23S

**Figura 11** : Mapa de grupos hidrológicos de solos da bacia hidrográfica do córrego Jatobazinho.

O mapa de uso e cobertura do solo foi integrado ao mapa de grupos hidrológicos pela ferramenta ‘*intersect*’ gerando um campo com registros dos complexos hidrológicos (uso + grupo hidrológico de solo). Para cada complexo hidrológico foi atribuído um número de curva, adicionando-se um novo campo na tabela de atributos o que resultou no mapa de permeabilidade de solos da bacia.

Os valores de Curva-Número (CN) utilizados estão apresentados na Tabela 2 e referem-se a condições médias de umidade antecedente de acordo com USDA (1986).

**Tabela 2:** Valores tabelados de Curva-número (CN) para a área de estudo de acordo com o tipo de uso do solo e com o grupo hidrológico a que o solo pertence.

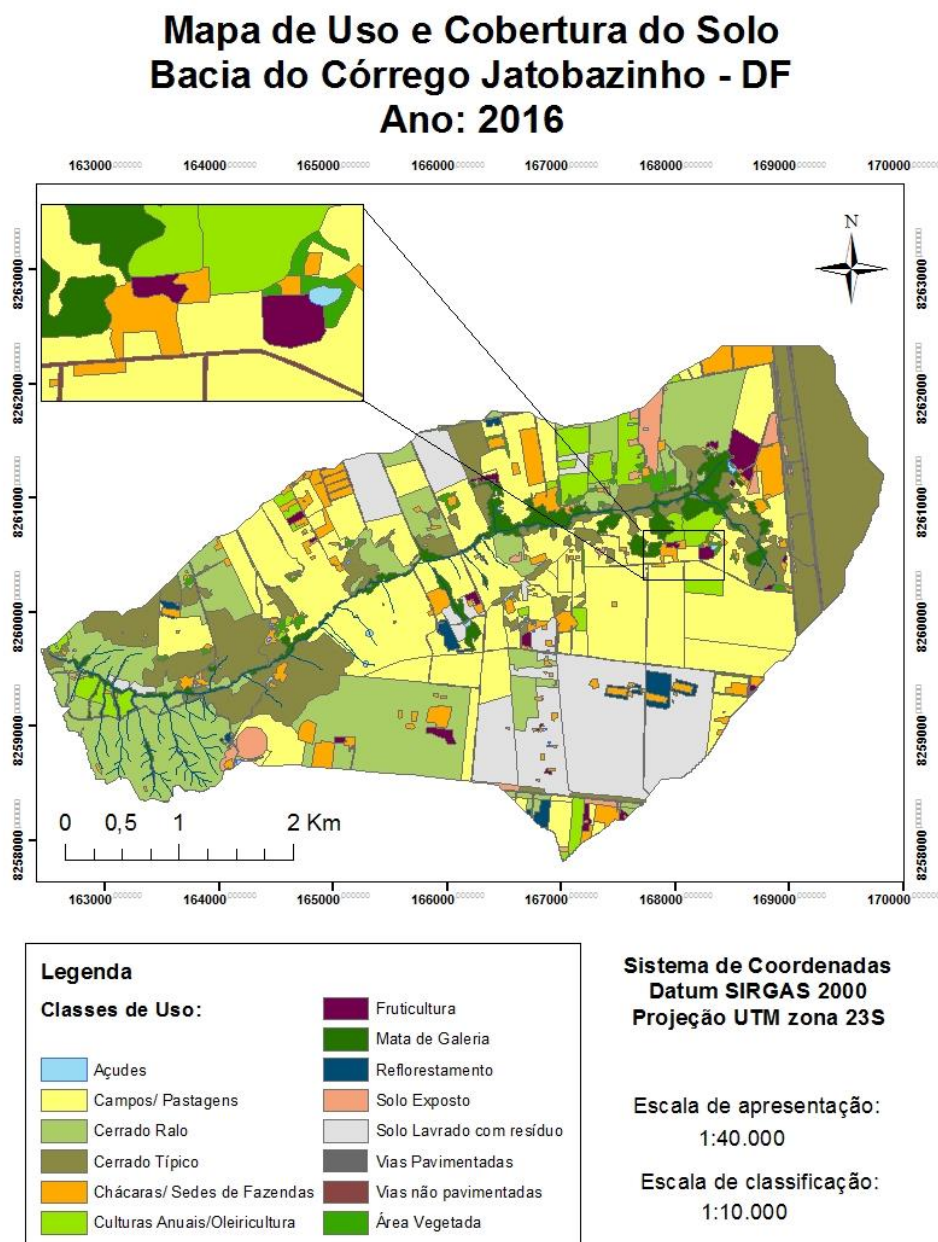
Uso do Solo	Grupo Hidrológico do Solo			
	A	B	C	D
Campos/ Pastagens	68	79	86	89
Culturas Anuais/Olericultura	64	x	84	88
Fruticultura	43	x	x	82
Mata de Galeria	26	x	62	69
Reflorestamento	43	65	x	82
Solo Exposto	77	x	91	94
Vias Pavimentadas	98	x	98	x
Vias não Pavimentadas	72	x	87	89
Solo Lavrado com Resíduo	74	x	88	90
Chácaras/ Sedes de Fazendas	59	x	82	86
Área Vegetada	36	x	70	76
Cerrado Ralo	56	x	86	91
Cerrado Típico	46	68	78	84

A partir do mapa de permeabilidade foi elaborado o zoneamento dividindo-se os valores de CN encontrados em intervalos iguais e caracterizando as zonas em alta, média e baixa capacidade de infiltração.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 Mapa de uso e cobertura do solo

A figura 12 apresenta o mapa de uso e cobertura do solo da bacia do córrego Jatobazinho para o ano de 2016.



**Figura 12:** Mapa de uso e cobertura do solo da bacia do córrego Jatobazinho.

Para análise dos resultados as classes de uso foram distribuídas em três grandes grupos: áreas preservadas, áreas produtivas e áreas antropizadas. As áreas preservadas compreendem as vegetações remanescentes de cerrado; as áreas produtivas compreendem todas as atividades destinadas à agricultura, silvicultura, piscicultura e pastoreio; e as áreas antropizadas compreendem as áreas com alterações como edificações, estradas e solo exposto. Esses grupos estão representados na tabela 3 com suas respectivas áreas.

**Tabela 3:** Classes de uso e cobertura do solo por categoria e suas respectivas áreas.

Classe de uso	Área (Km <sup>2</sup> )	Área (%)
<b>Áreas Preservadas</b>		
Cerrado Típico	3,48	18,29
Cerrado Ralo	3,61	19,00
Mata de Galeria	0,77	4,03
<b>Total:</b>	<b>7,85</b>	<b>41,31</b>
<b>Áreas produtivas</b>		
Campos/ Pastagens	5,83	30,69
Culturas Anuais/Olericultura	0,66	3,49
Solo Lavrado com Resíduo	2,39	12,59
Fruticultura	0,20	1,06
Reflorestamento	0,17	0,88
Açudes	0,04	0,19
Área Vegetada	0,17	0,90
<b>Total:</b>	<b>9,46</b>	<b>49,79</b>
<b>Áreas antropizadas</b>		
Chácaras/ Sedes de Fazendas	1,03	5,43
Vias não Pavimentadas	0,30	1,58
Vias Pavimentadas	0,07	0,37
Solo Exposto	0,29	1,51
<b>Total:</b>	<b>1,69</b>	<b>8,89</b>

A análise do uso e cobertura do solo na bacia do córrego Jatobazinho revelou que a maior área da bacia (49,79%) está destinada para atividades produtivas. Nesse grande grupo predominam os campos e pastagens correspondendo a 30% da área total da bacia enquanto que a agricultura, representada pelas classes ‘Culturas

Anuais/Olericultura’ e ‘Solo Lavrado com Resíduo’ ocupa 16% da área. Os demais usos produtivos estão presentes em somente 4% da área da bacia.

A vegetação de cerrado, representada pelas classes ‘Cerrado Típico’, ‘Cerrado Ralo’ e ‘Mata de Galeri’ a correspondem a 41,31% da área. Dentre as áreas preservadas, a vegetação de cerrado ralo ocupa 19% da área seguida pela vegetação de cerrado típico com 18,29%, sendo que 40% da vegetação de cerrado típico encontra-se preservada dentro do Parque Nacional de Brasília – área à montante das cabeceiras- o que corresponde a 7,36% da área da bacia.

Devido ao alto grau de modificação da vegetação na área de estudo, pode estar incluídos na categoria ‘Cerrado Ralo’ vegetação de cerrado típico parcialmente modificada ou em processo de regeneração.

Tendo em vista os resultados nota-se que a bacia do córrego Jatobazinho é uma área essencialmente rural. As áreas antropizadas correspondem a somente 8,89% e caracterizam-se por edificações situadas na sua maioria em chácaras e sedes de fazenda (5,43%), vias não pavimentadas (1,58%) e somente em 0,37% da área existem vias pavimentadas.

Percebe-se pelo mapa do ano de 2016 que a problemática ambiental do parcelamento irregular do solo para fins de loteamento urbano típico do Distrito Federal (GUIMARÃES et al. 2013) inclusive na APA do Rio Descoberto (BRASIL, 2014), ainda não é proeminente na bacia do Jatobazinho.

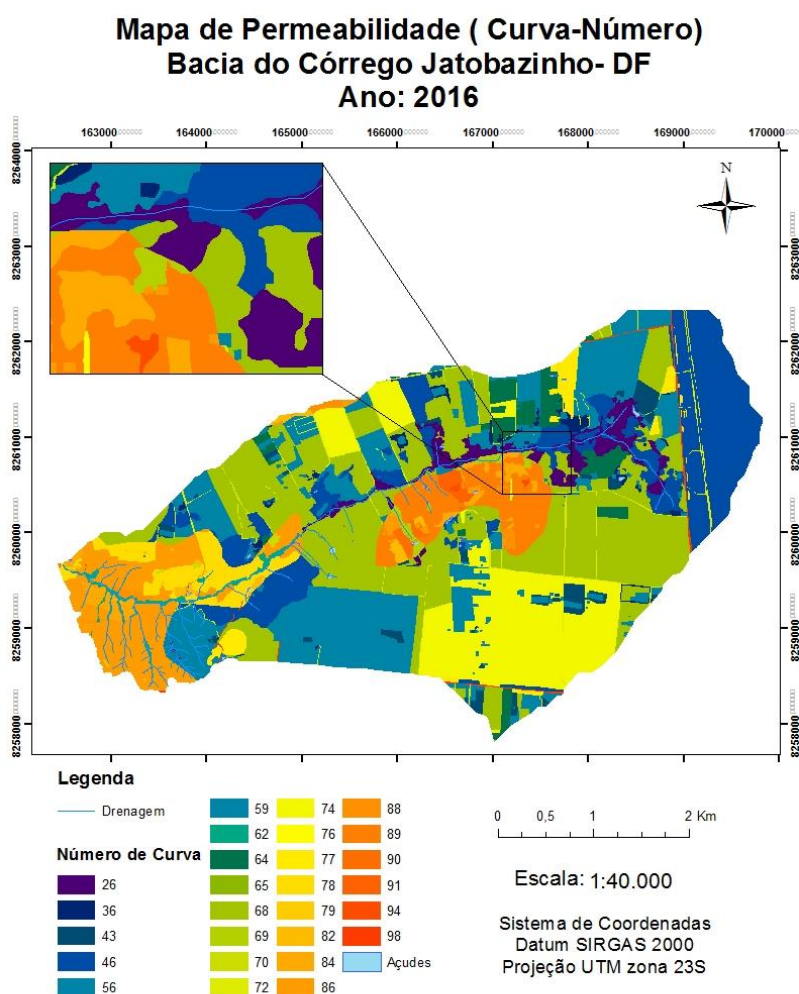
A bacia do Jatobazinho apresenta um padrão similar ao da APARD como um todo no que se refere à vegetação remanescente. Esta se encontra bastante alterada de suas condições naturais e com distribuição descontínua e isolada, estando os principais fragmentos de vegetação remanescente próximos aos córregos e encostas e as principais elevações e topos de morro já foram desmatadas ou se encontram com vegetação degradada (BRASIL, 2014).

No bioma Cerrado como um todo, em que cerca de metade dos 2 milhões de km<sup>2</sup> originais foram transformados na sua maioria em pastagens plantadas e culturas anuais como a soja (KLINK; MACHADO 2005), o desmatamento também ocorre preferencialmente nas áreas planas visto que essas são mais propícias ao cultivo de gado e à agricultura mecanizada de larga escala.

A altitude é um importante parâmetro que define o maior ou menor interesse comercial das áreas agrícolas para produção de grãos, particularmente a soja, que prefere áreas de maior altitude. Em análise realizada para a safra de 2013/2014, foi constatado que mais de 90% das atuais lavouras de soja, milho e algodão no cerrado brasileiro encontram-se em áreas sem restrição de declividade e altitude (RUDORFF; RISSO, 2015).

## 5.2 Mapa de Permeabilidade (Curva-número)

A Figura 13 apresenta a espacialização do coeficiente CN na Bacia do Córrego Jatobazinho com valores de CN para cada complexo hidrológico.



**Figura 13:** Mapa de Permeabilidade da Bacia do córrego Jatobazinho, de acordo com o grupo hidrológico de solo e o tipo de uso do solo (Fator Curva-número).

O coeficiente CN varia de 0 a 100. Quanto mais baixo o valor de CN, melhores são as condições de permeabilidade do solo. Os valores mais baixos de CN foram encontrados em solos do grupo A – Latossolos Vermelho e Vermelho-amarelo – que correspondem a 83% da área total da bacia.

Segundo Sartori, Lombardi-Neto e Genovez (2005), os Latossolos são encontrados em relevos pouco movimentados, com declives inferiores a 5%. São solos com excepcional porosidade total. Possuem boa drenagem interna, apresentam baixa erodibilidade associado a baixo potencial de escoamento superficial, mas quando submetidos à concentração d'água proveniente da ocupação antrópica, podem desenvolver ravinas profundas e, se interceptado o lençol freático, voçorocas.

É notória a influência dos remanescentes de cerrado na infiltração de água em áreas onde predomina solos do grupo hidrológico A. Os valores mais baixos de CN foram encontrados nas matas de galeria e ocupando a área mais expressiva de vegetação em solos do grupo A estão os remanescentes de vegetação de cerrado.

Com exceção da área com vegetação de cerrado típico preservada pelo Parque Nacional de Brasília, alguns fragmentos de cerrado, bem como, áreas vegetadas, reflorestamentos de Pinus e Fruticultura são encontrados de forma dispersa nas regiões de altitude mais elevada da bacia.

Essas áreas também contribuem para aumentar a infiltração de água na bacia. No entanto a necessidade de água dessas culturas é conhecida por reduzir o deflúvio em microbacias (BAUMHARDT, 2014).

As áreas que apresentam maior valor de CN são as áreas mais impermeabilizadas, com reduzida capacidade de infiltração. Os valores mais altos de CN foram encontrados nas vias pavimentadas, solo exposto e diferentes usos nos solos do grupo C – Cambissolo Háptico – e D – Gleissolo.

Segundo Sartori, Lombardi-Neto e Genovez (2005) os Cambissolos são solos minerais, não hidromórficos, marcados pela presença de minerais herdados do material original, pouco intemperizados que, em geral apresentam alta erodibilidade associada ao grande potencial de escoamento de superficial. Já os Gleissolos são solos hidromórficos e mal drenados que ocorrem em superfícies aplainadas, em geral rebaixadas, em planícies aluviais e fundos de vale, locais favoráveis à saturação em água.



Percebe-se que a impermeabilização inerente aos solos dos grupos C e D sofre pouca influência das condições de uso e cobertura do solo, pois pouca variação foi observada nos potenciais de infiltração das áreas com solos dos grupos hidrológicos C e D. Essas áreas permaneceram com altos valores de CN mesmo quando recobertas por vegetação de cerrado.

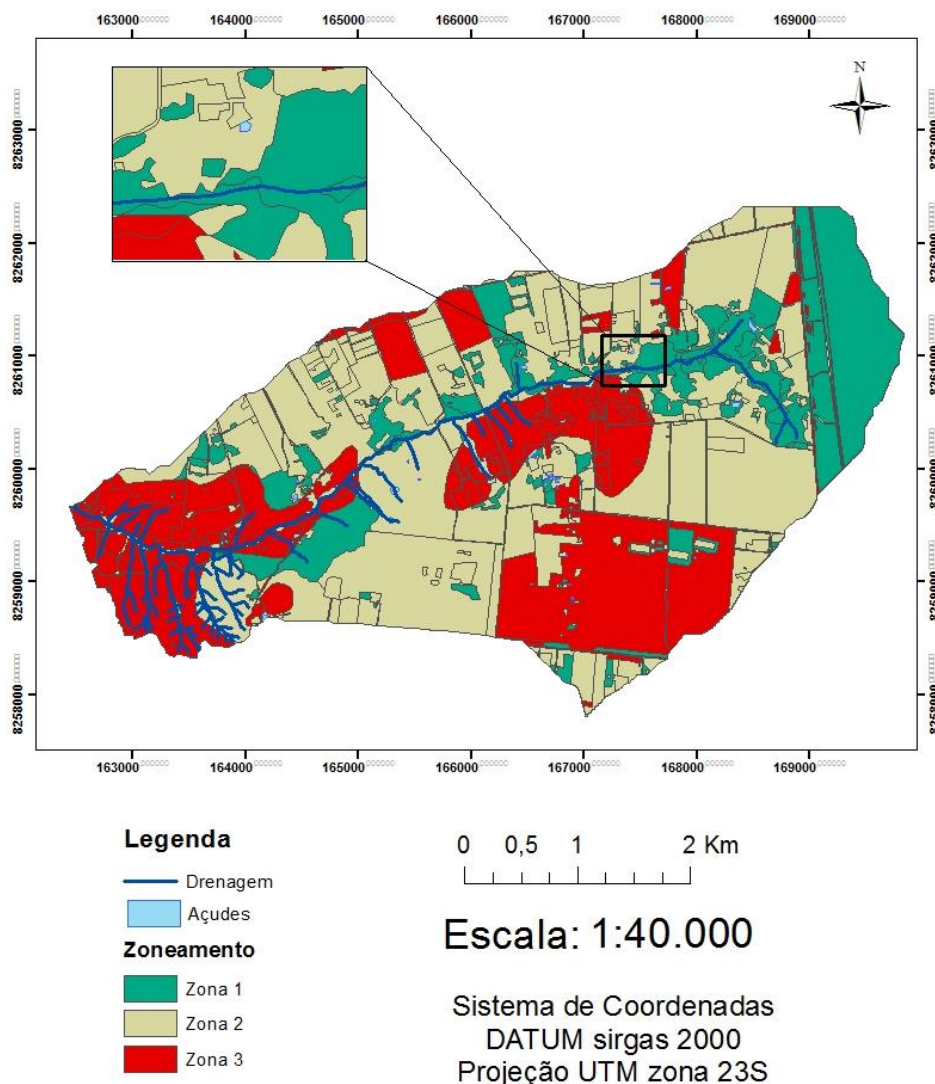
Portanto pode-se concluir pela análise do mapa de permeabilidade que as áreas com menor permeabilidade são determinadas pelos solos dos grupos hidrológicos C e D enquanto os remanescentes de cerrado e o plantio de arbóreas contribuem expressivamente no aumento da taxa de infiltração nos solos do grupo A.

Por meio do mapa de permeabilidade é possível observar como os diferentes tipos de uso e cobertura alteram a permeabilidade de uma determinada área e influenciam na infiltração de água no solo.

### 5.3 Zoneamento das condições de infiltração de água no solo

Para melhor observação e compreensão de como as condições de infiltração estão distribuídas na bacia do córrego Jatobazinho, foi elaborado um zoneamento para localização das regiões de alta, média e baixa condição de infiltração de água no solo (Figura 14).

#### Zoneamento das Condições de Infiltração de Água no Solo Bacia do Córrego jatobazinho - DF Ano: 2016



**Figura 14:** Zoneamento da bacia hidrográfica do córrego Jatobazinho de acordo com as condições de infiltração de água no solo. Zona 1: alta capacidade de infiltração, zona 2: média capacidade de infiltração, zona 3: baixa capacidade de infiltração.

Os valores de CN foram divididos em três intervalos iguais para elaboração do zoneamento:

- Zona 1 - capacidade alta de infiltração: valores de CN variam de 26 a 49.
- Zona 2: capacidade média de infiltração: valores de CN variam de 49 a 72.
- Zona 3: capacidade baixa de infiltração: valores de CN variam de 72 a 99.

Nota-se a correspondência da zona 1 com as áreas arborizadas em solo do grupo A. As áreas com boas condições de infiltração encontram-se principalmente próximas ao fluxo principal de drenagem e na área preservada do Parque Nacional de Brasília que, estrategicamente posicionada em altitude elevada a montante das principais nascentes, a água ali infiltrada é importante por contribuir para a recarga de aquífero e manutenção da vazão de base do córrego Jatobazinho.

A zona de média capacidade de infiltração corresponde na sua maioria às áreas de cerrado ralo e campos e pastagens em solos do grupo A e na zona de baixa capacidade de infiltração predominam os solos dos grupos C e D e as áreas de solo exposto ou lavrado com resíduos.

Na Tabela 4 estão apresentadas as áreas totais de cada complexo hidrológico encontrado na área de estudo.

**Tabela 4:** Representatividade das áreas por complexo hidrológico na bacia hidrográfica do Jatobazinho.

Uso do Solo	Grupo Hidrológico do Solo	Área (km <sup>2</sup> )
Campos/ Pastagens	A	4,84
	B	0,00
	C	0,22
	D	0,77
Culturas Anuais/Olericultura	A	0,54
	C	0,10
	D	0,02
Fruticultura	A	0,19
	D	0,01
Mata de Galeria	A	0,55
	C	0,14

	D	0,08
Reflorestamento	A	0,14
	B	0,00
	D	0,03
Solo Exposto	A	0,28
	C	0,00
	D	0,01
Vias Pavimentadas	A	0,07
	C	0,00
Vias não Pavimentadas	A	0,25
	C	0,03
	D	0,02
Solo Lavrado com Resíduo	A	2,29
	C	0,05
	D	0,05
Chácaras/ Sedes de Fazendas	A	0,91
	C	0,07
	D	0,06
Área Vegetada	A	0,15
	C	0,02
	D	0,00
Cerrado Ralo	A	2,57
	C	0,97
	D	0,06
Cerrado Típico	A	2,72
	B	0,08
	C	0,57
	D	0,10
<b>Total</b>		<b>18,97</b>

Sabe-se que a capacidade de infiltração é determinante para a recarga de aquíferos e na manutenção da vazão de base no período de estiagem e as melhores condições de recarga de aquífero, se encontram em terrenos elevados com presença de vegetação de cerrado no qual predominam os solos do grupo A (BRASIL, 2014; SANTOS; KOIDE, 2011; FORTES et al., 2007).

Segundo o Plano de Manejo da APA do Rio Descoberto (BRASIL, 2014) a região de chapadas elevadas apresenta as melhores condições de recarga de aquífero e

os principais reservatórios subterrâneos de água e compreendem terrenos com padrão de relevo plano a suave ondulado, recoberto por latossolos (BRASIL, 2014).

O estudo sobre a recarga de águas subterrâneas realizado na bacia hidrográfica do córrego Capão Comprido, adjacente à bacia hidrográfica do Córrego Jatobazinho, Santos e Koide (2011) demonstraram estar o maior potencial de recarga de aquífero em áreas de cerrado preservado das áreas de altitude mais elevadas. Esse potencial de recarga diminui conforme a altitude até atingir o nível mais baixo de recarga próximo à linha de drenagem, em áreas de mata de galeria.

Fortes et al. (2007) constataram que as regiões de favorabilidade à recarga de aquíferos muito alta e alta na Área de Proteção Ambiental de Cafuringa encontram-se, geralmente, em áreas onde ocorre planalto com declividade entre 0° e 5°, presença de latossolos, mata e cerrado.

A altitude na bacia do córrego Jatobazinho varia de 1030 a 1285. Na área mais elevadas que ocorre ao sul da bacia predomina solos com alta taxa de infiltração pertencentes do grupo A e portanto uma zona de recarga da bacia. No entanto, por estarem recobertas por agricultura mecanizada, essa área foi classificada na zona de baixa capacidade de infiltração. Essa contradição retrata o impacto dessas atividades no potencial de recarga de aquífero da bacia.

#### **5.4 Conservação dos recursos hídricos na bacia hidrográfica do Jatobazinho.**

Os levantamentos e caracterizações ambientais obtidos como resultados desse trabalho bem como suas análises tornam possível a realização de um planejamento territorial visando o aumento do potencial de infiltração e recarga de aquífero na bacia do Jatobazinho de modo que possa contribuir para a conservação do manancial do Descoberto.

A análise gerou dados sobre:

- A permeabilidade e distribuição dos solos na bacia;
- A representatividade e distribuição dos usos na área;
- A fragmentação da vegetação e distribuição das fitofisionomias;
- O zoneamento das condições de infiltração e;
- A Condição de infiltração na zona de recarga;

O uso inapropriado da terra conduz à exploração ineficiente e à degradação dos recursos naturais. É nesse risco de degradação que se encontra a raiz da necessidade da avaliação e do planejamento do uso da terra (ALVES et al., 2003).

A sustentabilidade na produção do meio rural está associada ao planejamento do uso da terra e ao manejo do solo e da água, com adoção de sistemas conservacionistas (DE ANDRADE; DE FREITAS; LANDRES, 2010). De acordo com os autores, esses sistemas envolvem tanto a adoção de práticas de baixo impacto ambiental para manejo do solo e de culturas agrícolas, quanto a preservação da vegetação e a recuperação de áreas degradadas.

Para Albuquerque et al. (2010) gerenciar os recursos naturais com enfoque na conservação e recuperação ambiental é fundamental para a conservação do solo e da água, elementos essenciais de sustentação dos sistemas agrícolas e naturais. Os autores destacam a importância da aplicação de técnicas conservacionistas visando ao desenvolvimento de sistemas sustentáveis, de modo que a otimização no uso do solo e da água contribuam para a mitigação de impactos ambientais.

Na bacia do córrego Jatobazinho, por se tratar de uma bacia de cabeceira, localizada na Área de Proteção Ambiental de um importante manancial hídrico do Distrito Federal, faz-se necessário a adoção de boas práticas rurais de manejo da

vegetação e do solo que favoreçam a infiltração de água e recarga do aquífero responsável por manter as vazões de base das nascentes no período de estiagem.

Os usos da terra nas regiões geomorfológicas mais elevadas e planas pode comprometer tanto a quantidade quanto a qualidade das águas subterrâneas pois a escassez de grandes drenagens superficiais na região da APARD confere as águas subterrâneas da área, função estratégica na manutenção de vazões dos cursos d'água superficiais no período de estiagem, entre os meses de maio e setembro (BRASIL, 2014).

Para evitar a redução da vazão de água das nascentes, ou ainda, o seu pleno esgotamento de água durante o período de estiagem, situação comum em nascentes cujas encostas da área de drenagem e os topos dos morros não possuem florestas (PINTO et al., 2004), é necessário primeiramente que se faça o isolamento das nascentes e da sua área de contribuição dinâmica, de modo a não permitir o pisoteio de animais, evitando a compactação da área.

Tendo em vista que a vegetação de cerrado típico da bacia do córrego Jatobazinho se encontra com fragmentos localizados em sua maioria próximos ao curso d'água e que mesmo a vegetação ripária se encontra fragmentada e degradada, é necessária a recuperação da vegetação dessa bacia, tanto da vegetação ripária, quanto da vegetação de cerrado das zonas de recarga.

A presença de árvores nas áreas mais elevadas estendendo-se até 1/3 das encostas, é indispensável para a recuperação e conservação das nascentes (SILVA; BARBOSA; BARROSO, 2008). O processo de recuperação deve se iniciar nas partes mais altas da bacia, de forma que, com o estabelecimento da vegetação, esta contribua para o processo de recuperação das áreas a jusante (PIÑA-RODRIGUES; COSTA; REIS, 1990).

Em tempos de implementação do Cadastro Ambiental Rural (CAR) previsto no Código Florestal (BRASIL, 2012), é interessante que se dê preferência para a alocação de reservas legais nas zonas de recarga de modo que se preserve a vegetação de cerrado remanescente e se incentive a recuperação da vegetação de cerrado nessas áreas.

Tendo em vista o exposto acima, atividades de impacto na permeabilidade do solos como a agricultura mecanizada que se dá em regiões planas e elevadas são incompatíveis com o propósito de conservação dos recursos hídricos na bacia.

Uma técnica interessante para aumentar a infiltração de água é a construção de barraginhas ou baciões em áreas com predomínio de pastagens e campos. Nesse sistema as bacias na porção superior do terreno, quando cheias, começam a verter o excesso de água para as bacias mais baixas. Essas barragens ou mini-açudes retêm materiais assoreadores e poluentes, como terra, adubo e agrotóxicos, que iriam para os mananciais. (DE BARROS, 2000).

De acordo com De Barros (2000), dentre as vantagens desse sistema estão: o aumento da infiltração da água no solo, a diminuição da velocidade de escoamento superficial, amenização de estiagens por meio da perenização de mini-açudes nas áreas mais baixas, filtragem da água e sua posterior liberação para córregos e rios (DE BARROS, 2000).

Devido à predominância de pastagens na bacia é necessário avaliar o grau de compactação do solo e adotar práticas de manejo adequadas para essas pastagens. Primeiramente deve haver equilíbrio entre a quantidade de animais e a capacidade de suporte da pastagem para não haver compactação do solo.

As pastagens são áreas potenciais para o aumento da capacidade de infiltração de água na bacia do Jatobazinho. Isso porque existem benefícios econômicos e ecológicos na preservação ou recuperação de vegetação arbórea nas pastagens, constituindo sistemas silvipastoris.

Segundo Porfírio-da-Silva (2009), os sistemas silvipastoris são sistemas de produção pecuária que utiliza a combinação intencional de árvores, pastagens e gado em uma mesma área, ao mesmo tempo e manejados de forma integrada. Nessa constituição as espécies de cerrado, naturalmente adaptadas ao clima, são mais favoráveis pois necessitam de menos aporte de água para o seu estabelecimento.

Devido à importância da vegetação para infiltração de água e recarga e também devido à importância estratégica dessa bacia para o DF, os sistemas agroflorestais (SAFs) são os mais adequados à área.

Nesses sistemas espécies lenhosas perenes são utilizadas nas mesmas unidades de áreas com culturas agrícolas e/ou animais. Esses sistemas baseiam-se na dinâmica, na



ecologia e na gestão dos recursos naturais promovendo maiores benefícios sociais econômicos e ambientais. Os tipos de SAFs mais recomendados para fins de restauração e conservação ambiental são os complexos, biodiversos ou sucessionais (MICCOLIS et al. 2016).

Esses sistemas possuem inúmeros benefícios para o meio ambiente e para as pessoas, dentre eles contribuir para a conservação e manutenção dos recursos hídricos. Os SAFs geram impacto positivo sobre as propriedades hídricas do solo e influenciam diretamente na recarga das águas subterrâneas por favorecerem a infiltração de água no solo e a melhoria da sua qualidade principalmente em regiões com período de seca prolongada (BARGUÉS TOBELLA et al., 2014; NOORDWIJK et al., 2006).

## 6. CONCLUSÕES

A bacia do Córrego Jatobazinho reflete os padrões de uso e ocupação do solo que se observa no cerrado como um todo. Esse padrão é extremamente nocivo para os recursos hídricos do cerrado visto que, as áreas planas e elevadas são preferenciais para a instalação de atividades produtivas e também para instalação de assentamentos urbanos. Esse padrão acaba por ocasionar a diminuição da capacidade de infiltração de água no solo nas principais áreas de recarga de aquífero.

O método Curva-número do Serviço de Conservação do Solo, pela sua simplicidade constitui uma excelente ferramenta para demonstração de como as mudanças no uso e cobertura do solo impactam a infiltração de água, apesar de ser usualmente utilizado para estimativa de escoamento superficial.

Quando aliado ao geoprocessamento, o método possibilita analisar aspectos da infiltração de água no solo de uma bacia, espacializando as condições de infiltração e gerando dados que podem ser utilizados no planejamento e gestão das bacias em situação de stress hídrico.

A análise espacial utilizando mapeamento em grande escala para gestão dos recursos hídricos em bacias de cabeceira é interessante como ferramenta de envolvimento comunitário dos sujeitos daquela bacia, já que situa as condições de infiltração de água no solo a nível de atividade. Diferentemente de análises realizadas em bacia maiores, esse tipo de abordagem pode ser interessante como instrumento didático de conscientização ambiental em nível comunitário.

Na bacia do Jatobazinho é importante que se dê prioridade às atividades que causem menor impacto na infiltração de água no solo e que a vegetação que ocorre em solos do grupo hidrológico A sejam preservadas para garantir a manutenção da vazão de base no período de estiagem. Também é necessária a recuperação de parte dessa vegetação, especialmente nas áreas mais elevadas com ocorrência de latossolos.

A análise dos padrões de uso e cobertura utilizando o método curva-número torna evidente uma contradição entre expansão da agricultura e conservação dos recursos hídricos no cerrado brasileiro, visto que os latossolos em áreas de altitude, áreas mais procurados para a agricultura em larga escala, indicam boas condições de

permeabilidade em zonas de recarga e, portanto indicam áreas fundamentais para conservação dos recursos hídricos.

O uso do geoprocessamento aliado ao método curva-número se mostrou promissor para a avaliação qualitativa da influência do uso da terra no potencial de infiltração de água no solo e na recarga de aquífero.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Ab'SABER, A. N. Os domínios morfoclimáticos na América do Sul: Primeira aproximação. **Geomorfologia**, v. 52, p. 1-21, 1977.

DISTRITO FEDERAL. Agência Reguladora de Águas, Energia e Saneamento (ADASA). **Níveis dos Reservatórios de Santa Maria e Descoberto**. 2016. Disponível em: <http://www.adasa.df.gov.br/monitoramento/niveis-de-reservatorios/historico>. Acesso em: 05 jan. 2017.

ALBUQUERQUE, L. B. et al.. **Restauração ecológica de matas ripárias: uma questão de sustentabilidade**. Planaltina, DF: Documentos/Embrapa Cerrados, 2010.

ALVES, S. C. A água como elemento fundamental da paisagem em microbacias. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 21, n. 207, p. 9-14, nov./dez, 2000.

ALVES, H. M. R et al. Avaliação das terras e sua importância para o planejamento racional do uso. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 24, n. 220, p. 82-93, 2003.

BAUMHARDT, E. **Hidrologia de bacia de cabeceira com eucaliptocultura e campo nativo na região da campanha gaúcha**. 2014. 166 p. Tese (Doutorado) Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, 2014.

BECKER, F. G. Aplicações de sistemas de informação geográfica em ecologia e manejo de bacias hidrográficas. In: SCHIAVETTI, A.; CAMARGO, A. F. M. (Org.). **Conceitos de bacias hidrográficas: teorias e aplicações**. Ilhéus: Editus, 2002, p. 91-110.

BINOTTO, D. **Proposta de Enquadramento para a Bacia Hidrográfica do Arroio Jacutinga, Município de Ivorá-RS**. 2012. 114 p. Dissertação (Mestrado) Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, 2012.

BORDALLO, C. L. A. **A Bacia Hidrográfica como Unidade de Planejamento dos Recursos Hídricos**. Belém: NUMA/UFPA, 1995.

BARGUÉS TOBELLA, A. et al. The effect of trees on preferential flow and soil infiltrability in an agroforestry parkland in semiarid Burkina Faso. **Water Resource Research**, v. 50, p. 2108-2123, 2014.

BRASIL. **Lei 12651 de 25 de maio de 2012**. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nos 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nos 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória no 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. Disponível em:

[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2011-2014/2012/lei/112651.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/112651.htm) Acesso em: 12 nov. 2016.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente (MMA). **Plano de Manejo da APA do Descoberto**. 2014. Disponível em: [http://www.icmbio.gov.br/portal/images/stories/docs-planos-de-manejo/apa\\_bacia\\_do\\_rio\\_descoberto\\_pm\\_encartes\\_12\\_e\\_3.pdf](http://www.icmbio.gov.br/portal/images/stories/docs-planos-de-manejo/apa_bacia_do_rio_descoberto_pm_encartes_12_e_3.pdf). Acesso em: 03 dez. 2016.

MAIA, A. Solicitação de dados de precipitação [mensagem pessoal]. Mensagem recebida por <[augustomaia@caesb.df.gov.br](mailto:augustomaia@caesb.df.gov.br)> em 01 dez. 2016.

CALHEIROS, R. de O. et al. **Preservação e recuperação das nascentes (de água e de vida)**. Piracicaba: Comitê das Bacias Hidrográficas dos Rios PCJ – CTRN. 2004.

CÂMARA, G; DAVIS, C. Introdução. In: \_\_\_\_\_; \_\_\_\_\_; MONTEIRO, A. M. V. (Org.). **Introdução à Ciência da Geoinformação**. São José dos Campos: INPE, 2001, p. 1/1-1/5.

CÂMARA, G.; MEDEIROS, J. S. Geoprocessamento para Projetos Ambientais In: \_\_\_\_\_; DAVIS, C.; MONTEIRO, A. M. V. (Org.). **Introdução à Ciência da Geoinformação**. São José dos Campos: INPE, 2001, p. 10/1-10/36.

CÂMARA, G.; MONTEIRO, A. M. V. Conceitos Básicos em Ciência da Geoinformação. In: \_\_\_\_\_; Davis, C.; \_\_\_\_\_ (Org.). **Introdução à Ciência da Geoinformação**. São José dos Campos: INPE, 2001, p. 2/1-3/35.

CARDOSO, M. R. D.; ENGO, F. F. N. M.; BARROS, J. R. Classificação Climática de Köppen-Geiger para o Estado de Goiás e o Distrito Federal. **ACTA Geográfica**, v.8, n.16, p. 40-55, jan./mar., 2014.

DE ANDRADE, A. G.; DE FREITAS, P. L.; LANDERS, J. Aspectos gerais do manejo e conservação do solo e da água e as mudanças ambientais. IN: PRADO, R. B; TURETTA, A. P. D.; DE ANDRADE, A. G. **Manejo e conservação do solo e da água no contexto das mudanças ambientais**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2010.

DE BARROS, L. C. **Captação de águas superficiais de chuvas em barraginhas**. Sete Lagoas, MG: Embrapa Milho e Sorgo, 2000.

FERRIGO, S. **Análise de Consistência dos Parâmetros do Modelo Swat Obtidos por Calibração Automática – Estudo de Caso da Bacia do Lago Descoberto - DF**. 2014. 147 p. Dissertação (Mestrado) Programa de Pós-Graduação em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos, Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília. Brasília, 2014.

FORTES, P. de T. F. de O. et al. Geoprocessamento aplicado ao planejamento e gestão ambiental na Área de Proteção Ambiental de Cafuringa, Distrito Federal Parte 2: processamento de dados espaciais. In: XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2007, Florianópolis – SC. **Anais**. Florianópolis: INPE, 2007, p. 2613-2620.

GONÇALVES, T. D.; Roig, H. L.; Campos, E. G.. 2009. Sistema de informação geográfica como ferramenta de apoio à outorga dos recursos hídricos subterrâneos no Distrito Federal. **Revista Brasileira de Geociências**. v. 1, n. 39, p. 169-180, 2009.

GUIMARÃES, M. A. et al. Histórico do uso do solo do Distrito Federal (DF) nas micro-bacias. In: XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2013, Foz do Iguaçu – PR. **Anais**. Florianópolis: INPE, 2013, p. 3230-3237.

KILNK, C. A.; MACHADO, R. B. A conservação do Cerrado brasileiro. **Megadiversidade**. v. 1, n. 1, p. 147-155, 2005.

ISPN. Perfil do Ecossistema – Hotspot de Biodiversidade do Cerrado. **Critical Ecosystem Partnership Fund**. Abril, 2016. Coord. ISPN e CI-Brasil.

LIMA, J. E. F. W. Situação e perspectivas sobre as águas do Cerrado. **Ciência e Cultura**. v. 63, p. 27-29, 2011.

LOMBARDI-NETO, F. et al. Nova abordagem para o cálculo de espaçamento entre terraços. In: **Fundação Cargill, Simpósio sobre terraceamento agrícola**. Campinas, 1989, p. 99-124.

McCUEN, R. H. **Hydrologic analysis and design: Upper Saddle River, NJ**. Prentice Hall, 814 p. 1998.

MENESES, P. R. Princípios de Sensoriamento Remoto. In: \_\_\_\_\_; DE ALMEIDA, T. (Org.). **Introdução Ao Processamento De Imagens De Sensoriamento Remoto**. Brasília: CNPq. 276p. 2012.

MICCOLIS et al. **Restauração ecológica com sistemas agroflorestais: como conciliar conservação com produção**. Opções para o cerrado e Caatinga. Brasília: ISPN/ICRAF, Brasília 2016.

NEITSCH, S. L.; et al. **Soil and water assessment tool: theoretical documentation – version 2005**. SERVICE, G-S. A. W. R. L. – A. R. Texas USA. 525p. 2005.

NOORDWIJK, M. V. et al. Watershed functions in productive agricultural landscapes with trees. In: GARRIT, D. et al. (Ed.). **World Agroforestry into the Future**. Nairobi: World Agroforestry Centre, ICRAF, p. 103-112, 2006.

PINTO, L. V. A. et al. Estudo das nascentes da bacia hidrográfica do Ribeirão Santa Cruz, Lavras, MG. **Scientia Forestalis**, n. 65, p.197-206. 2004.

PIÑA-RODRIGUES, F. C. M.; COSTA, L. G. S.; REIS, A. Estratégias de estabelecimento de espécies arbóreas e o manejo de florestas tropicais. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 6., 1990, Campinas. **Anais**. São Paulo: SBS/SBEF, 1990. p. 676 – 684.

PIRES, J. S. R.; DOS SANTOS, J. E.; DEL PRETTE, M. E. A Utilização do Conceito de Bacia Hidrográfica para a Conservação dos Recursos Naturais. In: SCHIAVETTI, A.; CAMARGO, A. F. M. (Org.). **Conceitos de Bacias Hidrográficas: teorias e aplicações**. Ilhéus: Editus. 2002.

PORFÍRIO-DA-SILVA, V. O sistema silvipastoril e seus benefícios para a sustentabilidade da pecuária. Palestra. Simpósio ABCZ-CNPC Pecuária Sustentável – 02 de maio de 2009. expoZebu, Uberaba, MG. Disponível em: [http://www.cnpf.embrapa.br/pesquisa/safs/sist\\_silvipastoril\\_sust.pdf](http://www.cnpf.embrapa.br/pesquisa/safs/sist_silvipastoril_sust.pdf). Acesso em: 10 dez. 2016.

REATTO, A. et al. **Levantamento de reconhecimento de solos de alta intensidade do alto curso do Rio Descoberto DF/GO, escala 1:100.000**. Planaltina: Embrapa Cerrados. Boletim de Pesquisa 92, 56 p. 2003a.

REATTO, A. et al. **Relação entre as Classes de Solos e as Principais Fitofisionomias do Alto Curso do Rio Descoberto. Distrito Federal e Goiás**. Planaltina: Embrapa Cerrados, Boletim de Pesquisa 111, 28 p. 2003b.

RIBEIRO, F. J.; WALTER, B. M. T. Fitofisionomias do bioma Cerrado. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P. (Org.). **Cerrado: ambiente e flora**. Planaltina, DF: Embrapa-CPAC, 1998. p. 89-166.

RUHOFF, A. L. Modelagem dinâmica de escoamento superficial na Bacia do Arroio Grande, RS. In: XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2007, Florianópolis. **Anais**. Florianópolis: INPE, 2007, p. 3529-3531.

RUDORFF, B.; RISSO, J. **Análise Geoespacial da Dinâmica das Culturas Anuais no Bioma Cerrado: 2000 a 2014**. Relatório Síntese. Florianópolis, 2015.

SANTOS, R. M.; KOIDE, S. 2011. Mapeamento da recarga de águas subterrâneas a partir da regionalização de estimativas pontuais via regressão múltipla espacial. In: XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2011, Curitiba. **Anais**. Curitiba: INPE, 2011, p.5386.

SARTORI, A.; LOMBARDI-NETO, F.; GENOVEZ, A. M. 2005. Classificação Hidrológica de Solos Brasileiros para a Estimativa da Chuva Excedente com o Método do Serviço de Conservação do Solo dos Estados Unidos. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**. v. 10, n.4, p. 05-18, out./dez, 2005.

SETZER, J. **Atlas Climático e Ecológico do Estado de São Paulo**. Comissão Interestadual da Bacia Paraná-Uruguaí. 1966.

SILVA, M. P. S.; BARBOSA, T. R. L.; BARROSO, D. G. **Preservação de nascentes**. Manual Técnico 8. Niterói: Programa Rio Rural. 2008.

SOUZA, E. R.; FERNANDES, M. R. Sub-bacias hidrográficas: unidades básicas para o planejamento e a gestão sustentáveis das atividades rurais. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 21, n. 207, p.15-20, nov./dez. 2000.

USDA. **Urban Hydrology of Small Watersheds**. Technical Release 55 (TR-55). 1986.

TUCCI, C. E. M. **Modelos Hidrológicos**. Porto Alegre: UFRGS/ABRH. 1998.

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: Ciência e Aplicação**. Porto Alegre: UFRGS/ABRH. 2009..

TUCCI, C. E. M.; MENDES, C. A. **Avaliação ambiental integrada de bacia hidrográfica**. Brasília: MMA, 2006.

TUCCI, C. E. M.; CLARKE, R. T. Impacto das Mudanças da Cobertura Vegetal no Escoamento: Revisão. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**. v. 2, n. 1, p. 135-152. 1997.

ZAKIA, M. J. B. 1998. **Identificação e caracterização da zona ripária em uma microbacia experimental: implicações no manejo de bacias hidrográficas e na recomposição de florestas**. 1998. 99p. Tese (Doutorado) Programa de Pós-Graduação em Ciências da Engenharia Ambiental, Escola de Engenharia de São Carlos. São Carlos. 1998.

ZHAN, X.; HUANG, M. L. ArcCN-Runoff: an ArcGIS tool for generating curve number and runoff maps. **Environmental Modelling & Software**. v. 19 , n. 10, p. 875-879, 2004.