



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOCIÊNCIAS APLICADAS
E GEODINÂMICA

FRANCIELLE DO MONTE LIMA

**SERVIÇOS ECOSISTÊMICOS E A AGRICULTURA IRRIGADA NA BACIA DO
RIBEIRÃO RODEADOR, DISTRITO FEDERAL**

Dissertação de Mestrado nº 142

Área de Concentração: Geoprocessamento e Análise Ambiental

Brasília – DF

Outubro de 2018

FRANCIELLE DO MONTE LIMA

**SERVIÇOS ECOSISTÊMICOS E A AGRICULTURA IRRIGADA NA BACIA DO
RIBEIRÃO RODEADOR, DISTRITO FEDERAL**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geociências Aplicadas e Geodinâmica do Instituto de Geociências da Universidade de Brasília, como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em Geociências Aplicadas, área de concentração: Geoprocessamento e Análise Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Henrique Llacer Roig

Brasília – DF

Outubro de 2018

FICHA CATALOGRÁFICA

LIMA, Francielle do Monte

Serviços Ecosistêmicos e a agricultura irrigada na bacia do Ribeirão Rodeador, Distrito Federal. Francielle do Monte Lima; orientação: Henrique Llacer Roig. – Brasília, 2018.

62 p.

Dissertação de Mestrado nº 142 - Universidade de Brasília / Instituto de Geociências, 2018.

1. Sistemas de irrigação; 2. Consumo de água na irrigação; 3. Uso e ocupação do solo; 4. Mapeamento de serviços ecossistêmicos; 5. Crise hídrica;

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

LIMA, F. M. Serviços Ecosistêmicos e a agricultura irrigada na bacia do Ribeirão Rodeador, Distrito Federal. 2018. 62p. Dissertação de Mestrado – Instituto de Geociências, Universidade de Brasília, Brasília – Distrito Federal.

CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: Francielle do Monte Lima

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: Serviços Ecosistêmicos e a agricultura irrigada na bacia do Ribeirão Rodeador, Distrito Federal.

GRAU: Mestre ANO: 2018

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias desta dissertação de mestrado e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva-se a outros direitos de publicação e nenhuma parte desta dissertação pode ser reproduzida sem autorização por escrito do autor.

Francielle do Monte Lima

francielledomonte@gmail.com

FRANCIELLE DO MONTE LIMA

**SERVIÇOS ECOSSISTÊMICOS E A AGRICULTURA IRRIGADA NA BACIA DO
RIBEIRÃO RODEADOR, DISTRITO FEDERAL**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geociências Aplicadas e Geodinâmica do Instituto de Geociências da Universidade de Brasília, como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em Geociências Aplicadas, área de concentração: Geoprocessamento e Análise Ambiental.

30 de outubro de 2018

Prof. Dr. Henrique Llacer Roig (Orientador – IG/UnB)

Dra. Adriana Reatto dos Santos Braga (Embrapa)

Prof. Dr. Gustavo Macedo de Mello Baptista (IG/UnB)

ad maiorem Dei gloriam

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus e minha família por todo o apoio. Minha mãe Maria Saraiva do Monte Lima, meu pai Francisco Alves de Lima e minhas irmãs Francianne e Francislene.

Aos queridos orientadores Dr. Henrique Llacer Roig e Dra. Marina Rolim Bilich Neumann, a quem tenho uma enorme admiração e gratidão. Muito obrigada pela paciência. :)

Aos professores do IG e da FAV.

Aos amigos/colegas/funcionários do IG: Cláudia, Daniela Pereira, Larissa, André Luiz, Henrique Bernini, Diogo, Rogério, Marcelli, Kássia, Welber, Ilanna, Elton, Leandro, Édio, Raphael, Dani Gomes, Luiz Felipe, Tina, Khalil, Mayara, Dacio, Maria, Diego, Kauem, Giancarlo, Guilherme, Serjão, Luiz (informática), Ana, Cinthya, André, Raiane, Álvaro, Luciano, Socorro Mendes, Dona Fátima, Ádila, Tânia, Eldina e tantos outros que me apoiaram sempre.

(Obrigada... Brunazinha, Tiago, Wallas, Isabele, João Lucas, Boechat, Cadu, Taka, Aldo, Cíntia, Felícia, Jéssica, Thiago S., Alessandra, Camila, Tine, Milena, Kaká, Joelle, Maria, Aninha, Alice, Gabi, Glenda, Mary-Fran, Marta, Daphne)

À CAPES, pela bolsa concedida. À EMATER-DF (Priscilla Silva), ADASA, ANA (Thiago Fontenelle), TERRACAP.

SERVIÇOS ECOSISTÊMICOS E A AGRICULTURA IRRIGADA NA BACIA DO RIBEIRÃO RODEADOR, DISTRITO FEDERAL

RESUMO

Diante da crise hídrica enfrentada pelo Distrito Federal em 2016/17, a maior já registrada na região, as discussões sobre os conflitos pelo uso da água revelaram o déficit de informações das autoridades governamentais acerca da situação das bacias que são utilizadas como mananciais para o abastecimento público de água. Neste contexto, este trabalho tem como objetivo avaliar a oferta do serviço ecossistêmico de provisão de alimentos, estimar o consumo de água pela agricultura irrigada e analisar o consumo de água em diferentes cenários considerando a substituição dos sistemas de irrigação na bacia do Ribeirão Rodeador, importante contribuinte para o reservatório do Descoberto, responsável pelo abastecimento de água potável de cerca de 60% da população do Distrito Federal. Além disso, a atividade agrícola tem grande importância para a região. Para quantificar a oferta do serviço ecossistêmico de provisão de alimentos foram utilizados dados de produtividade média das culturas agrícolas locais (olerícolas, grãos e frutas) e a área cultivada obtida pela confecção do mapa de uso e cobertura da bacia. O mapa foi obtido por meio de classificação visual com vetorização manual na escala de 1:3.000. A estimativa do consumo de água pela irrigação foi calculada com dados de área irrigada mapeada e consumo médio de água dos sistemas de irrigação para atendimento das necessidades hídricas das culturas. Foram produzidos três cenários considerando a substituição do sistema de irrigação por aspersão convencional por sistemas de irrigação localizada. O fornecimento do Serviço Ecossistêmico de provisão de alimentos na bacia do Ribeirão Rodeador foi quantificado em 43.039 t de alimentos por ano, utilizando 1.683 ha cultivados com culturas olerícolas, grãos e frutas. A bacia ainda apresenta um potencial para a provisão de 58.077 t de alimentos, caso as áreas de pousio (588 ha) sejam cultivadas. O consumo médio de água na irrigação das culturas cultivadas na bacia do Ribeirão Rodeador foi estimado em 0,6060 L/s/ha, apresentando um consumo total de 891 L/s em 1.470 ha. A avaliação dos cenários de conversão de sistemas de irrigação por aspersão convencional para sistemas de irrigação localizada na bacia do Ribeirão Rodeador mostrou que um aumento de 20% na irrigação localizada proporciona uma economia de 9,3% (83 L/s) no consumo de água na irrigação. O aumento de 40% na irrigação localizada proporciona uma economia de 18,7% (167 L/s) e, por fim, o aumento de 60% na irrigação localizada (30% em microaspersão e 30% em gotejamento) proporciona uma economia de 28,1% (251 L/s) no consumo de água na irrigação. No Plano Integrado de Enfrentamento à Crise Hídrica, o governo do Distrito Federal estipulou uma meta de economia de água pela conversão dos sistemas de irrigação em até 296 L/s. No presente trabalho constata-se que o Cenário 3, proporcionando uma economia de 28,17% (251 L/s) no consumo de água na irrigação, atende à demanda do governo e apresenta-se como uma proposta de estratégia a fim de alcançar a meta estipulada para a economia de água na bacia.

Palavras-chave: sistemas de irrigação; consumo de água na irrigação; uso e ocupação do solo; mapeamento de serviços ecossistêmicos; crise hídrica.

ECOSYSTEM SERVICES AND IRRIGATED AGRICULTURE IN THE RODEADOR CREEK WATERSHED, FEDERAL DISTRICT

ABSTRACT

On the water crisis faced by Federal District in 2016/17, the largest ever recorded in the region, the discussions about the conflicts by the use of water revealed the lack of information from government authorities about the situation of watersheds that are used as water sources for public water supply. In this context, this study aims to evaluate the ecosystem service offer of food supply, to estimate the water consumption by irrigated agriculture and to analyze water consumption in different scenarios considering the replacement of irrigation systems in the Rodeador Creek watershed, important contributor to the Descoberto reservoir, responsible for the drinking water supply of about 60% of the Federal District population. In addition, agricultural activity is of great importance to the region. To quantify the ecosystem service of food supply, data of average productivity of agricultural local crops (oleraceous, grains and fruits) and the cultivated area obtained by the construction of the use and coverage map of the watershed were used. The map was obtained through visual classification with manual vectorization in the scale of 1:3,000. The estimation of water consumption for irrigation was calculated with data from irrigated area maps and average consumption of water from irrigation systems to meet the water needs of crops. Three scenarios were produced considering the replacement of conventional sprinkler irrigation systems with localized irrigation systems. The Ecosystem Service of food supply in the Rodeador Creek watershed was quantified in 43,039 t of food per year, using 1,683 ha cultivated with vegetable crops, grains and fruits. The watershed still has a provision potential of 58,077 t of food, if the areas of fallow (588 ha) are cultivated. The average water consumption in irrigation of crops cultivated in the Rodeador Creek watershed was estimated at 0.6060 L/s/ha, presenting a total consumption of 891 L/s in 1,470 ha. The evaluation of the conversion scenarios of conventional sprinkler irrigation systems to localized irrigation systems in the Rodeador Creek watershed showed that a 20% increase in localized irrigation provides a savings of 9.3% (83 L/s) in the consumption of water in irrigation. The increase of 40% in localized irrigation provides a savings of 18.7% (167 L/s) and, finally, the increase of 60% in localized irrigation (30% in microsprinkler and 30% in drip) provides a saving of 28.1% (251 L/s) in water consumption in irrigation. In the Integrated Plan for Confronting the Water Crisis, the Federal District government stipulated a goal of water saving by the conversion of irrigation systems up to 296 L/s. In the present work, it is observed that scenario 3, providing a savings of 28.17% (251 L/s) in irrigation water, meets the government demand and presents itself as a strategy proposal to achieve the stipulated goal for water saving in the watershed.

Keywords: irrigation systems; water consumption in irrigation; land use and occupation; ecosystem services mapping; water crisis.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de localização da Bacia do Ribeirão Rodeador.....	22
Figura 2. Gráfico com a proporção das principais classes de uso e cobertura da terra na bacia do Ribeirão Rodeador (2016).	31
Figura 3. Mapa de uso e cobertura da terra da bacia do Ribeirão Rodeador, ano 2016.	32
Figura 4. Detalhe da imagem Plêiade ilustrando a ocorrência de ocupações urbanas irregulares na porção sudoeste da bacia do Ribeirão Rodeador em 2016.	34
Figura 5. Detalhe da imagem Plêiade ilustrando a ocorrência de ocupações urbanas irregulares na porção noroeste da bacia do Ribeirão Rodeador em 2016.	35
Figura 6. Detalhe da imagem Plêiade ilustrando o parcelamento do solo na porção sudeste da bacia do Ribeirão Rodeador em 2016.....	36
Figura 7. Mapa de Oferta do Serviço Ecosistêmico de provisão de alimentos em toneladas por hectare, na bacia do Ribeirão Rodeador.	38
Figura 8. Mapa da oferta de SE de provisão de alimentos, em toneladas por ano, da bacia do Ribeirão Rodeador.....	39
Figura 9. Mapa do potencial de oferta de SE de provisão de alimentos – olerícolas, grãos e frutas – na bacia do Ribeirão Rodeador.....	40
Figura 10. Áreas de produção agrícola na bacia do Ribeirão Rodeador.	42
Figura 11. Consumo médio de água para atendimento das necessidades hídricas das culturas.	42
Figura 12. Consumo potencial médio de água, considerando áreas de pousio, para atendimento das necessidades hídricas das culturas.	43
Figura 13. Consumo médio de água para irrigação, por tipo de cultivo – olerícolas e frutas.	44
Figura 14. Consumo médio de água para irrigação das culturas agrícolas – Cenários 1, 2 e 3.	47
Figura 15. Consumo potencial médio de água para irrigação das culturas agrícolas – Cenários 1, 2 e 3.	50

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Matriz de confusão.....	24
Tabela 2. Área, produção e produtividade de Culturas Olerícolas - Região Administrativa de Brazlândia-DF.	25
Tabela 3. Área, produção e produtividade de Culturas Graníferas – Região Administrativa de Brazlândia-DF (2016).....	26
Tabela 4. Área, produção e produtividade de Frutas – Região Administrativa de Brazlândia-DF (2016).	27
Tabela 5. Consumo médio diário de água para atendimento das necessidades hídricas das culturas – irrigação por aspersão convencional (estimativa de consumo de água em 1 ha).....	28
Tabela 6. Consumo médio diário de água para atendimento das necessidades hídricas das culturas pelo método de irrigação por gotejamento (estimativa de consumo de água em 1 ha).	29
Tabela 7. Estimativa do consumo médio de água para atendimento das necessidades hídricas das culturas – irrigação por microaspersão* (estimativa de consumo de água em 1 ha).	29
Tabela 8. Porcentagem dos sistemas de irrigação na bacia do Ribeirão Rodeador.....	30
Tabela 9. Classes de uso e cobertura identificadas na bacia do Ribeirão Rodeador.	33
Tabela 10. Área, produtividade média e produção das culturas agrícolas cultivadas na bacia do Ribeirão Rodeador – DF.....	37
Tabela 11. Área e produção de alimentos – olerícolas, grãos e frutas – na bacia do Ribeirão Rodeador, em 2016.....	37
Tabela 12. Área e produção potencial de alimentos na bacia do Ribeirão Rodeador.	40
Tabela 13. Variação do consumo de água na irrigação entre os cenários.	48
Tabela 14. Variação do consumo potencial de água na irrigação entre os cenários.....	51

LISTA DE SIGLAS

ADASA – Agência Reguladora de Águas, Energia e Saneamento Básico

ANA – Agência Nacional de Águas

CAESB – Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal

DF – Distrito Federal

EMATER – Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

EPA – *United States Environmental Protection Agency*

GDF – Governo do Distrito Federal

ICMBIO – Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade

INCRA – Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária

MEA – *Millennium Ecosystem Assessment*

PDOT – Plano Diretor de Ordenamento Territorial

PGIRH – Plano de Gerenciamento Integrado de Recursos Hídricos

PICAG – Projeto Integrado de Colonização Alexandre Gusmão

RA – Região Administrativa

SE – Serviços Ecossistêmicos

SEAGRI – Secretaria de Estado da Agricultura, Abastecimento e Desenvolvimento Rural

TERRACAP – Companhia Imobiliária de Brasília

UnB – Universidade de Brasília

UNESCO – *United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization*

ZEE – Zoneamento Ecológico-Econômico

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
1.1 Objetivo Geral.....	15
1.1.1 Objetivos Específicos.....	15
2. REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO	16
2.1 Serviços Ecossistêmicos	16
2.1.1 Classificação dos Serviços Ecossistêmicos.....	17
2.2 Histórico de ocupação da terra no Distrito Federal e na bacia do Ribeirão Rodeador ...	18
2.3 Agricultura irrigada.....	20
3. MATERIAL E MÉTODOS	22
3.1 Caracterização da área de estudo	22
3.2 Elaboração do mapa de uso e cobertura da bacia do Ribeirão Rodeador (1:10.000)	23
3.2.1 Validação do mapa de uso e cobertura da bacia do Ribeirão Rodeador	24
3.3 Estimativa de oferta do Serviço Ecossistêmico de Provisão de Alimentos	25
3.3.1 Estimativa de Serviço Ecossistêmico de Provisão de Alimentos - olerícolas e grãos	25
3.3.2 Estimativa de Serviço Ecossistêmico de Provisão de Alimentos - frutas	26
3.3.3 Estimativa do Potencial de oferta de Serviço Ecossistêmico de Provisão de Alimentos	27
3.4 Estimativa do consumo de água na irrigação.....	28
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	31
5. CONCLUSÕES	52
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	55

1. INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, ficou claro para os seres humanos a importância de entender os ecossistemas, sua complexidade e como as atividades antrópicas podem impactar diretamente ou indiretamente sua dinâmica. Ecossistema pode ser brevemente definido como uma complexa interação entre plantas, animais, microorganismos e ambiente, podendo ser ocupado ou não por pessoas. As características físicas, químicas e atividades biológicas são os processos ou funções ecossistêmicas que influenciam a dinâmica, transformação e armazenamento de matéria e energia dentro do ecossistema (EPA, 2009).

Por meio das funções ecossistêmicas se dá a geração dos chamados **Serviços Ecossistêmicos** - SE. Uma função ecossistêmica passa a ser considerada um Serviço Ecossistêmico quando ela apresenta possibilidade ou potencial de ser utilizada para fins humanos (HUETING et al., 1998).

Serviços ecossistêmicos são os benefícios diretos e indiretos que o homem obtém a partir do funcionamento dos ecossistemas, numa complexa rede de processos ecológicos os quais envolvem os vários componentes do meio ambiente (ANDRADE e ROMEIRO, 2009). Serviços tais como, provisão de alimentos, água, fibras, madeira, regulação climática, formação dos solos, capacidade de absorção de resíduos, dentre outros, que possuem um alto valor para a humanidade e são vitais para suportar a vida no planeta (COSTANZA et al., 1997; MEA, 2005; EPA, 2009; ANDRADE e ROMEIRO, 2009).

O aumento do interesse pela pesquisa na temática de serviços ecossistêmicos motivou a necessidade crescente de apresentá-los de maneira espacializada por meio de mapeamento, tendo os estudos que abordam essa temática registrado um aumento muito significativo nos últimos anos (COSTANZA et al. 2017; MCDONOUGH et al., 2017). Os mapas facilitam a comunicação entre as partes interessadas (cidadãos, decisores e agentes econômicos), pois permitem visualizar a capacidade dos ecossistemas para produzir os serviços (MAES et al. 2013). Entre os vários trabalhos que trataram do mapeamento de serviços ecossistêmicos podemos destacar: TROY e WILSON, 2006; EGOH, et al., 2008; ROGRIGUES, 2015; RABE et al., 2016; MONONEN et al., 2017.

No caso do Brasil, apesar de ser um país com dimensão continental e abranger seis grandes biomas (Amazônia, Cerrado, Mata Atlântica, Caatinga, Pantanal e Pampa), os estudos sobre serviços ecossistêmicos ainda são poucos representativos (ANDRADE, 2008; TOSTO, 2010; HACKBRAT, 2012), e frequentemente de cunho localizado (ANDRADE e ROMEIRO, 2009; CARVALHO, 2015; LIMA et al. (2017).

Nesse contexto destaca-se o bioma Cerrado, localizado no Planalto Central, responsável pelas nascentes de cursos de água de três grandes regiões hidrográficas brasileiras: do Paraná, São Francisco e Araguaia/Tocantins. O Cerrado oferece uma ampla gama de serviços ecossistêmicos (LIMA et al., 2017), tendo um papel crucial para o ciclo da água, por isso tem sido também chamado de “berço das águas do Brasil” (PGIRH - ADASA, 2005; LIMA et al., 2017). Entretanto, são poucos os estudos voltados para o mapeamento dos SE nesse bioma (SILVA e SATO, 2012; LIMA et al., 2017; CASTRO, 2017).

Nesse contexto, a capital federal, Brasília, foi planejada no centro do país, exatamente nessa região de nascentes, com o propósito estratégico de promover o desenvolvimento do interior do Brasil (UNESCO, 2002). Uma das condições que possibilitaria o desenvolvimento de Brasília era a criação de um cinturão verde na área demarcada. A partir dessa necessidade, no final dos anos 60 o Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária - INCRA desenvolveu um projeto de colonização agrícola para constituir zonas de produção agrícola e pecuária, tendo como recurso hídrico disponível a água da bacia do Rio Descoberto (ICMBio, 2014). Nesse sentido, o Projeto Integrado de Colonização Alexandre Gusmão - PICAG, criado por meio do Decreto nº 51.517 de junho de 1962, teve como objetivo absorver colonos e criar um cinturão verde nas proximidades de Brasília.

Em 1974 foi construída no Rio Descoberto uma barragem com capacidade para armazenar 102,3 hm³ de água, com o objetivo de fornecer água à população da porção oeste do Distrito Federal (GDF, 2007). Atualmente, o reservatório do Descoberto é responsável pelo abastecimento de água potável de cerca de 60% da população do DF. Entretanto, desde a criação do reservatório, a região vem se destacando pelo potencial agrícola em função dos projetos de integração criados na década de 60. Atualmente é responsável por cerca de 35% da produção de hortaliças e 41% da produção de frutas do DF, com especial destaque para as culturas do morango, alface e goiaba (EMATER-DF, 2017).

Desse modo, ao longo do tempo, vem ocorrendo na região uma ampliação na exploração do solo e o uso dos recursos hídricos que, associado ao crescimento demográfico nas áreas urbanas, vem ocasionando diversas consequências ambientais (GDF, 2007; ICMBio, 2014) e conflitos (NUNES e ROIG, 2016) destacando-se os conflitos associados ao uso da água (PGIRH-ADASA, 2005; GDF, 2017). O Plano Diretor de Ordenamento Territorial do Distrito Federal – PDOT classifica a região pertencente à bacia do Rio Descoberto como Zona Rural de Uso Controlado, sendo composta, predominantemente, por áreas de atividades agropastoris, de subsistência e comerciais, sujeitas às restrições e condicionantes impostos pela sua sensibilidade ambiental e pela proteção dos mananciais

destinados à captação de água para abastecimento público. Portanto, deve-se conservar as ocupações agrícolas na região de forma sustentável, a fim de evitar o aumento de ocupações urbanas irregulares prejudiciais à manutenção e fornecimento dos serviços ecossistêmicos na bacia.

Em 2016 e 2017, o Distrito Federal atravessou a maior crise hídrica já registrada. Uma combinação de chuvas abaixo da média histórica e altas temperaturas, ocupação desordenada no solo, captações clandestinas, aumento da população e ausência de obras estruturantes por mais de 16 anos impactaram diretamente o sistema de abastecimento de Brasília. Diante disso, o nível do reservatório do Descoberto passou a operar abaixo de 20% de sua capacidade máxima em janeiro 2017, em plena temporada de chuvas na região (NUNES, 2014; FERRIGO, 2014; CHELOTTI, 2017; GDF, 2017).

Esse contexto, com o agravamento da crise hídrica, aponta definitivamente para o uso racional e sustentável da água como uma política permanente (GDF, 2017). O Governo do Distrito Federal – GDF lançou um plano de enfrentamento à crise hídrica com medidas emergenciais e planejamento de ações a médio e longos prazos. Esse fato ampliou a discussão sobre os conflitos pelo uso da água e também revelou a falta de informações sobre o que está acontecendo nas bacias que são utilizadas como mananciais. Uma constatação importante é que os mapas de uso e ocupação dessas áreas estão desatualizados ou em escala inadequada.

Além do desconhecimento do real consumo de água pela agricultura, o GDF chegou a criar uma comissão para analisar a situação da Bacia do Descoberto, colocando em reunião representantes da Agência Reguladora de Águas, Energia e Saneamento Básico – ADASA, os interessados, como a Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal – CAESB e os agricultores, e outros órgãos como a Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural – EMATER-DF e a Universidade de Brasília – UnB. Durante todo o processo de discussão foi ressaltado a necessidade de uma base de dados adequada e também a dificuldade em determinar o real consumo de água. Dentre as propostas levantadas estavam: a necessidade de um mapeamento adequado do uso e cobertura do solo, a identificação de áreas irrigadas e respectivos consumos de água pela agricultura e a necessidade da conversão de sistemas de irrigação por aspersão convencional para sistemas poupadores de água – sistemas de irrigação localizada – microaspersão e gotejamento.

Diante do exposto, este trabalho tem como objetivo avaliar a oferta do serviço ecossistêmico de provisão de alimentos e o consumo de água pela agricultura na sub-bacia do Ribeirão Rodeador, que contribui com aproximadamente 25% da área de drenagem do reservatório do Descoberto e possui atividade agrícola de grande importância para a região.

Além disso, analisar os diferentes cenários de utilização de sistemas de irrigação mais econômicos/eficientes na bacia do Ribeirão Rodeador - DF.

1.1 Objetivo Geral

Avaliar a oferta do serviço ecossistêmico de provisão de alimentos e sua relação com o consumo de água pela agricultura irrigada.

1.1.1 Objetivos Específicos

- Quantificar os SE de provisão de alimentos (olerícolas, grãos e frutas) na bacia;
- Estimar o consumo de água na irrigação das culturas agrícolas na bacia;
- Avaliar o efeito da expansão na adoção de sistemas de irrigação localizada (microaspersão e gotejamento) no consumo de água pelas culturas agrícolas na bacia.

2. REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO

Neste capítulo iremos tratar de modo abrangente os principais tópicos e conceitos necessários para o desenvolvimento deste trabalho, a saber: Definição e Classificação dos Serviços Ecosistêmicos, Sistemas de Irrigação e Histórico do padrão do uso do solo da bacia do Ribeirão Rodeador.

2.1 Serviços Ecosistêmicos

Os Serviços ecosistêmicos - SE são os benefícios diretos e indiretos que o homem obtém a partir do funcionamento dos ecossistemas, numa complexa rede de processos ecológicos os quais envolvem os vários componentes do meio ambiente (ANDRADE e ROMEIRO, 2009). Ecossistema poderia ser brevemente definido como uma complexa interação entre plantas, animais, microorganismos e ambiente, podendo ser ocupado ou não por pessoas (EPA, 2009).

Segundo VEIGA NETO (2008), DAILY (1997) foi um dos primeiros autores a abordar o conceito de Serviços Ecosistêmicos como “os serviços prestados pelos ecossistemas naturais e as espécies que os compõem, na sustentação e preenchimento das condições para a permanência da vida humana na Terra”. A definição de DAILY (1997) é similar ao do Millennium Ecosystem Assessment (2003), em que os serviços ecosistêmicos são “os benefícios que o ser humano obtém dos ecossistemas”, e vem sendo utilizada na literatura em geral, com pequenas variações (NICHOLSON et al., 2009).

Na literatura internacional, o termo mais utilizado nas últimas décadas tem sido Serviços Ecosistêmicos, contudo, na América Latina e especificamente no Brasil, o termo Serviços Ambientais tem sido comumente utilizado pela sociedade em geral. Nos sistemas de compensações ambientais, por exemplo, é dito Pagamento por Serviços Ambientais e não Pagamento por Serviços Ecosistêmicos, pelo fato de se considerar os serviços ambientais como aqueles advindos de boas práticas agroambientais (PALHARES e GEBLER, 2014).

Por meio das funções ecosistêmicas se dá a geração dos chamados serviços ecosistêmicos. Uma função ecosistêmica passa a ser considerada um serviço ecosistêmico quando ela apresenta possibilidade/potencial de ser utilizada para fins humanos (HUETING et al., 1998). Funções ecosistêmicas podem ser definidas como as constantes interações existentes entre os elementos estruturais de um ecossistema, incluindo transferência de

energia, ciclagem de nutrientes, regulação de gás, regulação climática e do ciclo da água (DALY e FARLEY, 2004).

As funções ecossistêmicas podem ser agrupadas em quatro categorias primárias, são elas: funções de regulação; funções de habitat; funções de produção; e funções de informação (DE GROOT et al., 2002). As duas primeiras classes proporcionam suporte e manutenção dos processos e componentes naturais, contribuindo para a provisão das demais funções.

2.1.1 Classificação dos Serviços Ecossistêmicos

Diversas classificações dos SE foram desenvolvidas para estudos científicos, valoração econômica e formulação de políticas (MEA, 2005; HAINES-YOUNG e POTSCHIN, 2013; LANDERS e NAHLIK, 2013; US EPA, 2015), a comparação entre as principais classificações pode ser consultada em COSTANZA et al. (2017). A Avaliação Ecossistêmica do Milênio (MEA, 2005) classificou os serviços ecossistêmicos em quatro categorias fundamentais: (i) provisão, (ii) regulação, (iii) cultural e (iv) suporte. Essa classificação é a mais utilizada.

- (i) **Serviços de provisão** compreendem os produtos obtidos dos ecossistemas e que são oferecidos diretamente à sociedade, como alimentos e fibras naturais, água, madeira para combustível, material genético, entre outros.
- (ii) **Serviços de regulação** englobam os benefícios obtidos pela sociedade a partir da regulação natural dos processos ecossistêmicos, tais como a manutenção da qualidade do ar e o controle da poluição, por meio da regulação da composição dos gases atmosféricos; a regulação do clima; a regulação dos fluxos de água (ciclo hidrológico) e o controle das enchentes, evitando inundações e contribuindo para a recarga dos aquíferos; o controle da erosão; a purificação da água; a redução da incidência de pragas e doenças pelo controle biológico, a regulação de danos naturais e a polinização de plantas agrícolas e silvestres.
- (iii) **Serviços culturais** são os benefícios não materiais obtidos dos ecossistemas, que contribuem para o bem-estar da sociedade, como enriquecimento espiritual e cultural, desenvolvimento cognitivo, reflexão sobre os processos naturais, oportunidades de lazer, ecoturismo e recreação.
- (iv) **Serviços de suporte** propiciam as condições necessárias para que os demais serviços possam ser disponibilizados à sociedade. Os benefícios ocorrem, em sua maioria, de maneira indireta, e se manifestam em longo prazo como a formação e a manutenção da

fertilidade do solo, a produção de oxigênio, a ciclagem de nutrientes e a produção primária, que estão na base do crescimento e da produção. Nos demais serviços, os benefícios são diretos e, normalmente, ocorrem em prazos menores. Por exemplo, a sociedade não utiliza diretamente o serviço de formação do solo, embora alterações neste afetem indiretamente o bem-estar, porque alteram o fluxo do serviço de provisão.

2.2 Histórico de ocupação da terra no Distrito Federal e na bacia do Ribeirão Rodeador

O Distrito Federal – DF está inserido no bioma Cerrado, na região mais alta do Planalto Central, nas nascentes de cursos de água de três grandes regiões hidrográficas brasileiras: do Paraná, São Francisco e Araguaia/Tocantins. O Cerrado oferece uma ampla gama de serviços ecossistêmicos (abastecimento de água, manutenção da qualidade da água, manutenção da qualidade do solo, manutenção da biodiversidade, produção de alimentos, produção de energia, etc), tendo um papel crucial para o ciclo da água, por isso tem sido também chamado de “berço das águas do Brasil” (PGIRH - ADASA, 2005; LIMA et al., 2017).

O Cerrado possui solos com baixa fertilidade natural e que exigem um manejo adequado para permitirem uma agricultura intensiva, principalmente no que se refere à correção da acidez e da baixa disponibilidade de fósforo (GOEDERT, 1989).

As primeiras incursões do homem na região dos cerrados visavam basicamente a conquista do território e a exploração de ouro e pedras preciosas. Como consequência dessas atividades, foram surgindo pequenas povoações, principalmente ao longo dos rios. Esse processo deu início a outras atividades econômicas, tais como a pecuária extensiva, a exploração de madeira e a produção de carvão vegetal. Com o crescimento dos povoados e da demanda por produtos agropecuários, todas essas explorações cresceram, e foram introduzidos plantios de culturas alimentícias, tais como arroz, mandioca, milho e feijão. Inicialmente essas culturas ficaram restritas às áreas cobertas por solos mais férteis, de modo geral, ocorrendo ao longo dos cursos de água. Esse tipo de atividade é mais conhecido como agricultura de subsistência (GOEDERT, 1989).

A partir da década de 70, houve um interesse pelo uso intensivo da região para a produção agropecuária. Como consequência, foram intensificadas as pesquisas visando conhecer o potencial da região e a tecnologia mais adequada (GOEDERT, 1989). Atualmente

a região dos Cerrados é a principal área de expansão agrícola do Brasil, ocorrendo uma grande diversificação dos sistemas de produção praticados, sendo responsável por cerca de 60% da produção agropecuária brasileira. Tal resultado se deve ao grande investimento em pesquisas feitas, principalmente, pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA.

Um estudo da Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura – UNESCO foi realizado com o objetivo de avaliar a dinâmica da ocupação da terra no DF e seu efeito sobre a cobertura vegetal no período de 1954 a 2001, na escala de 1:100.000, considerada escala regional. Os resultados obtidos indicaram que a formação da paisagem no Distrito Federal está intimamente relacionada aos intensivos processos de adensamento da malha urbana e ao crescimento da ocupação agrícola, principais responsáveis pela redução das áreas naturais de cerrado. Esses estudos foram ratificados com os trabalhos de MENEZES (2010), NUNES & ROIG (2015) e descrito no Zoneamento Ecológico-Econômico elaborado no ano corrente (ZEE-DF, 2018).

A ocupação agrícola começou a ter maior significância durante a década de 80, com o cultivo da soja, das culturas irrigadas e outras culturas extensivas, concentrando-se atualmente na porção leste do DF, no corredor formado entre as bacias hidrográficas dos rios Preto e São Bartolomeu, e na porção noroeste do DF com a bacia do Alto Descoberto. Os estudos da UNESCO e de MENEZES (2010) verificou uma forte tendência para conversão de áreas com destinação rural para urbana, muitas vezes em ambientes de campo úmido, veredas e próximos aos cursos d'água colocando em riscos os mananciais hídricos que abastecem o Distrito Federal (UNESCO, 2002).

Atualmente, o reservatório do Descoberto é responsável pelo abastecimento de água potável de cerca de 60 % da população do DF. Desde a criação do reservatório, a região vem se destacando pelo potencial agrícola, sendo responsável por cerca de 35% da produção de hortaliças e 41% da produção de frutas do DF, com especial destaque para as culturas da goiaba, morango e alface, que representam respectivamente 99%, 98% e 52% da produção do DF (EMATER-DF, 2017). Entretanto, como já mencionado, durante a crise hídrica de 2016/17 o GDF não sabia exatamente qual era a área irrigada cultivada e o quanto de água era consumido. Vários levantamentos foram realizados entre as entidades, como CAESB e ADASA, porém sem um consenso, o que não ajudou a definir qual era a quantidade de água utilizada pela agricultura e como a irrigação impactava na disponibilidade hídrica do reservatório do Descoberto. Outra discussão, que veio à tona durante o período de crise hídrica, foi sobre o impacto que fortes restrições no uso da água impostas à atividade agrícola

poderiam causar no padrão de uso do solo na bacia, como, por exemplo, a conversão de áreas agrícolas em áreas urbanas, o que já vem ocorrendo na região.

2.3 Agricultura irrigada

A água é o principal insumo da produção agrícola. Sem ela, nada se produz. A irrigação de culturas agrícolas é uma prática muito antiga utilizada para complementar a disponibilidade da água provida naturalmente pela chuva, proporcionando ao solo um teor de umidade suficiente para suprir as necessidades hídricas das culturas, favorecendo o aumento de produtividade, e assim, contribuindo para a redução da expansão das lavouras em áreas com cobertura vegetal natural (ANA, 2016).

O aumento da área irrigada e a escassez de recursos hídricos em diversas regiões do Brasil e no mundo tem promovido o uso de sistemas de irrigação e manejo que visam aumentar a eficiência do uso da água. Portanto, o aumento do rendimento das culturas por unidade de água utilizada tem sido um dos desafios mais importantes na agricultura (PERRY, 2011; AHMAD et al., 2016; JESUS et al., 2017).

De acordo com TESTEZLAF (2017), a irrigação dos cultivos agrícolas pode ser dividida em quatro métodos: (i) irrigação por aspersão; (ii) irrigação por superfície; (iii) irrigação localizada; e (iv) irrigação de subsuperfície ou subterrânea. O conjunto de equipamentos, acessórios, formas de operação e manejo, e que de forma organizada realizará o ato de irrigar as culturas é denominado sistema de irrigação. Existem diferentes sistemas para cada um dos métodos, como o caso do sistema de pivô central e o sistema convencional na irrigação por aspersão, e dos sistemas de microaspersão e gotejamento na irrigação localizada (ANA, 2016).

Dentro do universo da produção agrícola, as hortaliças se destacam como as culturas mais exigentes em água, sendo o sistema de irrigação por aspersão convencional o mais utilizado no Brasil, especialmente em pequenas áreas de produção. Em grandes áreas, o sistema de aspersão por pivô central tem sido usado para a irrigação de tomate para processamento, milho-doce, cenoura, batata, cebola, alho, dentre outras (MAROUELLI e SILVA, 2011). A microaspersão é também muito utilizada em pequenas áreas de produção de hortaliças com menor espaçamento entre fileiras de plantas (MAROUELLI et al., 2017).

A irrigação localizada compreende os sistemas em que a água é aplicada próximo à planta, com alta frequência e menor volume, sem molhar toda a superfície do solo. Os

sistemas de irrigação localizada são caracterizados pelo eficiente uso da água e, também, pelo alto investimento financeiro inicial para sua implantação na lavoura, comparado à irrigação por aspersão. O uso do gotejamento tem crescido principalmente em hortaliças, culturas essas que podem ter o rendimento prejudicado em função do molhamento da parte aérea, com maior espaçamento entre fileiras de plantas e/ou com alto custo de produção, como o melão, o tomate para mesa, o pimentão e o morango (MAROUELLI e SILVA, 2011). Segundo MATOS et al. (1999), os sistemas de irrigação localizada são adotados principalmente na fruticultura e olericultura.

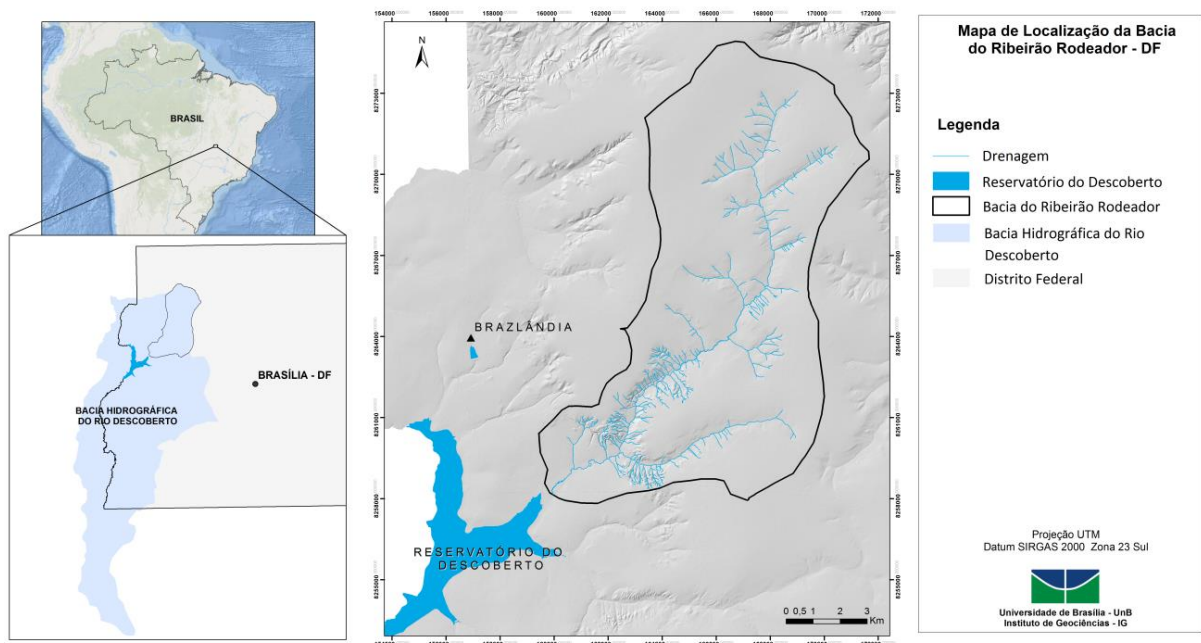
De acordo com COELHO e SILVA (2013), não adianta dispor de um sistema de irrigação de alta eficiência se o manejo da irrigação é deficiente. Além da adoção de sistemas mais eficientes na aplicação de água, os cuidados com a manutenção e avaliação periódica dos sistemas de irrigação também são de grande importância para reduzir o desperdício de água na agricultura irrigada. No sistema de irrigação por gotejamento, por exemplo, o principal problema se deve ao entupimento dos emissores de água. Por isso, há a necessidade de filtragem e tratamento da água para a irrigação nesse sistema (MANTOVANI et al., 2006).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Caracterização da área de estudo

A área de estudo compreende a bacia do Ribeirão Rodeador (Figura 1), que é um dos principais afluentes do reservatório do Descoberto, possui uma bacia de contribuição de aproximadamente 116 km² (25% da área de drenagem do reservatório) e está situada na região conhecida como Alto Descoberto, pertencente à Região Hidrográfica do Paraná. A bacia está inserida no bioma Cerrado e é um importante pólo agrícola, sendo responsável por cerca de 35% da produção de hortaliças e 41% da produção de frutas do Distrito Federal.

Figura 1. Mapa de localização da Bacia do Ribeirão Rodeador.



O clima da bacia é definido, segundo a classificação climática de Köppen, como Tropical de Altitude (Cwa), apresentando duas estações bem definidas, uma seca e uma chuvosa. A estação seca está contida entre os meses de maio a setembro, sendo mais intensa nos meses de junho, julho e agosto. A estação chuvosa compreende os meses de outubro a abril, obtendo maior concentração pluviométrica de dezembro a março. A precipitação média anual varia de 1200 mm a 1750 mm com maior concentração na estação chuvosa (NUNES e ROIG, 2016).

Os valores de altitude da bacia variam entre 1030 m e 1348 m, com declividade do terreno variando de 0 a 73%. Sendo que: 75,6% da bacia possui o terreno com declividade

menor que 8%, 20,5% da bacia com declividade entre 8 e 20% e 3,8% da bacia com declividade acima de 20%.

As principais classes de solo da bacia do Ribeirão Rodeador são as seguintes: Latossolo Vermelho (40,8%), Latossolo Vermelho-Amarelo (34,3%), Cambissolo Háplico (19,5%), Plintossolo Háplico (3,3%), Neossolo Quartzarênico (1,8%) e Gleissolo Háplico (0,3%) (REATTO et al., 2003).

A vegetação da bacia está inserida no bioma Cerrado, que apresenta três grandes fitofisionomias, a saber: formações florestais, englobando a mata ciliar, mata de galeria e cerradão; formações savânicas, abrangendo o cerrado sentido restrito, parque de cerrado, palmeiral, vereda; e formações campestres, abrangendo o campo sujo, campo limpo e campo rupestre (RIBEIRO e WALTER, 1998).

3.2 Elaboração do mapa de uso e cobertura da bacia do Ribeirão Rodeador (1:10.000)

Para possibilitar a quantificação da provisão de alimentos e a demanda de água pelas culturas agrícolas na área de estudo, foi necessário a elaboração de um mapa de uso e cobertura com maior detalhamento das áreas agrícolas, principalmente (Figura 2). O mapa foi obtido por meio de classificação visual com vetorização manual na escala de 1:3.000, utilizando o programa ArcGIS 10.2®, com base na fotointerpretação de imagem Plêiades PSM disponibilizadas pela Companhia Imobiliária de Brasília – TERRACAP, com uma resolução espacial de 0,5 m, obtidas no ano 2016.

Na classificação foram definidas 19 classes de uso e cobertura na bacia do Ribeirão Rodeador, a saber: Campo/Pastagem; Cerrado Sentido Restrito; Culturas Anuais/Olericultura; Uso indefinido; Área Urbana; Pousio; Área Vegetada; Mata de Galeria; Campo Limpo/Campo Sujo do Cerrado; Reflorestamento; Culturas Perenes/Fruticultura; Campos de Murundus/Áreas Alagáveis; Vias não Pavimentadas; Corpos d'água Artificiais; Vias Pavimentadas; Queimada; Solo Exposto; Granja; e Corpos d'água Naturais. A descrição de cada classe encontra-se detalhada em FERRIGO (2014). Posteriormente o mapeamento foi validado em campo.

3.2.1 Validação do mapa de uso e cobertura da bacia do Ribeirão Rodeador

A avaliação da acurácia temática para as classificações foi realizada por meio das seguintes etapas: (i) definição do número de amostras necessárias para garantir a melhor qualidade da avaliação; (ii) distribuição aleatória dessas amostras na área e checagem dos pontos em campo; e (iii) verificação da exatidão por meio do uso da matriz de confusão (Tabela 1) e cálculo dos coeficientes de concordância Exatidão Global e Kappa.

Tabela 1. Matriz de confusão

Classes	Pousio	Reflor	Solo exp	Área Veg	Vias n pav	Oleri	Uso Indef	Área urb	Campo l/s	Campo/past	Cerrado	Fruti	Granja	Mata gal	Água art	Murundu	Vias pav	Somatório de Linhas
Pousio	5																	5
Reflor		9					1											10
Solo exp			9															9
Área Veg				8														8
Vias n pav					9													9
Oleri						9												9
Uso Indef	1						7		1									9
Área urb								9										9
Campo l/s							1		8									9
Campo/past		3		1						9								13
Cerrado											9							9
Fruti												9						9
Granja													9					9
Mata de gal														9				9
Água art															9			9
Murundu																9		9
Vias pav																	9	9
Somatório de Colunas	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	153

Para a determinação do número de amostras foi utilizado o método de distribuição multinominal (CONGALTON e GREEN, 2008), que leva em consideração o número de classes e a proporção da classe com maior área na classificação. As classes ‘queimada’ e ‘corpos d’água naturais’ não foram contempladas pela dificuldade de verificação em campo, portanto, apenas 17 das 19 classes foram consideradas na avaliação. Foram necessários 153 pontos para a validação. Os 153 pontos foram sorteados aleatoriamente utilizando o programa ArcGIS 10.2® e conferidos em campo.

A Exatidão Global foi calculada dividindo-se a soma dos valores da diagonal principal da matriz de confusão, que representa o número de segmentos classificados corretamente, pelo número total de segmentos (CONGALTON, 1991). O Coeficiente Kappa (K) reflete a concordância entre os dados da classificação e a verdade de campo, levando em consideração todos os elementos da matriz de confusão (COHEN, 1960).

3.3 Estimativa de oferta do Serviço Ecossistêmico de Provisão de Alimentos

A estimativa da oferta do SE de provisão de alimentos na bacia do Ribeirão Rodeador foi dividida em três partes, descritas a seguir: (i) estimativa da provisão de culturas olerícolas e grãos; (ii) estimativa da provisão de frutas; e (iii) estimativa do potencial de provisão de alimentos (olerícolas, grãos e frutas) pelas áreas em pousio.

Os indicadores de SE de provisão de alimentos utilizados foram a área cultivada e a produtividade das culturas agrícolas (MAES et al., 2016; RABE et al., 2016; BURKHARD e MAES, 2017). O resultado final é a oferta do SE de provisão de alimentos na bacia, em toneladas de alimentos por ano nas áreas de cultivo, bem como o potencial de provisão de alimentos nas áreas de pousio.

3.3.1 Estimativa de Serviço Ecossistêmico de Provisão de Alimentos - olerícolas e grãos

A quantificação dos SE de provisão de culturas olerícolas e grãos da bacia foi realizada com base nos dados de produção agrícola fornecidos pela EMATER/DF no Relatório de Informações Agropecuárias do Distrito Federal (Tabelas 2 e 3) e com os dados de áreas agrícolas do mapeamento de uso e cobertura do solo realizado neste trabalho (Tabela 9), ambos para o ano de 2016. Os dados de produção agrícola da EMATER/DF são disponibilizados por Região Administrativa – RA do DF, a bacia do Ribeirão Rodeador faz parte da RA-Brazlândia.

Tabela 2. Área, produção e produtividade de Culturas Olerícolas - Região Administrativa de Brazlândia-DF.

Cultura	Área (ha)	Produção (t)	Produtividade (t/ha)
Alface	649,50	13.357,50	20,57
Batata	2,00	70,00	35,00
Beterraba	144,76	3.931,80	27,16
Cenoura	109,58	3.111,40	28,39
Milho-verde	87,95	2.853,50	32,44
Morango	170,80	5.676,00	33,23
Pimentão	33,30	1.845,00	55,41
Repolho	101,00	5.590,00	55,35
Tomate	133,72	9.422,30	70,46
Outros	1.651,60	43.159,35	26,13
Total	3.084,21	89.016,85	28,86

Fonte: EMATER/DF - Gerência de Desenvolvimento Econômico Rural – GEDEC. (adaptado)

Tabela 3. Área, produção e produtividade de Culturas Graníferas – Região Administrativa de Brazlândia-DF (2016).

Cultura	Área (ha)	Produção (t)	Produtividade (t/ha)
Feijão	65,00	112,50	1,73
Milho	551,05	3.006,30	5,46
Soja	60,50	212,00	3,50
Outros	58,35	4.680,40	80,21
Total	734,90	8.011,20	10,90

Fonte: EMATER/DF - Gerência de Desenvolvimento Econômico Rural – GEDEC. (adaptado)

Na região administrativa de Brazlândia, cerca de 80% da área de produção de culturas anuais é cultivada com culturas olerícolas e 20% com culturas graníferas (EMATER/DF, 2017), portanto, foi utilizada a mesma proporção para o cálculo do serviço ecossistêmico de provisão de alimentos na bacia do Ribeirão Rodeador (Equação 1), uma vez que as áreas cultivadas com culturas olerícolas e graníferas não estão discriminadas entre si no mapa de uso e cobertura do solo utilizado nesse trabalho.

$$\text{SE alimentos (oleri+grãos) (t/ano)} = [\text{produtividade oleri (t/ha)} * 0,80 * \text{área oleri+grãos (ha)}] + [\text{produtividade grãos (t/ha)} * 0,20 * \text{área oleri+grãos (ha)}] \quad (1)$$

3.3.2 Estimativa de Serviço Ecossistêmico de Provisão de Alimentos - frutas

A quantificação do SE de provisão de frutas na bacia foi realizada com base nos dados de produção agrícola fornecidos pela EMATER/DF (Tabela 4) e com o dado da área ocupada pela fruticultura no mapeamento de uso e cobertura do solo (Tabela 8), ambos do ano 2016. Foi realizado o seguinte cálculo pela equação 2:

$$\text{SE frutas (t/ano)} = [\text{produtividade frutas (t/ha)} * \text{área frutas (ha)}] \quad (2)$$

Tabela 4. Área, produção e produtividade de Frutas – Região Administrativa de Brazlândia-DF (2016).

Cultura	Área (ha)	Produção (t)	Produtividade (t/ha)
Banana	30,03	640,45	21,33
Goiaba	294,70	8049,00	27,31
Laranja	5,31	186,20	35,07
Limão	41,47	1274,10	30,72
Maracujá	25,00	1050,00	42,00
Tangerina	41,06	1402,20	34,15
Outros	142,08	3095,67	21,79
Total	579,65	15697,62	27,08

Fonte: EMATER/DF - Gerência de Desenvolvimento Econômico Rural – GEDEC. (adaptado)

3.3.3 Estimativa do Potencial de oferta de Serviço Ecosistêmico de Provisão de Alimentos

Para estimar o potencial de provisão de alimentos (olerícolas, grãos e frutas) da bacia, a área da classe pousio (Tabela 9) e os dados de produção agrícola fornecidos pela EMATER/DF (Tabelas 2, 3 e 4) foram utilizados no cálculo com a equação 3.

$$\mathbf{SE}_{\text{potencial oleri+grãos+frutas}} \text{ (t/ano)} = [\textit{produtividade pousio} \text{ (t/ha)} * \textit{área pousio} \text{ (ha)}] \text{ (3)}$$

A produtividade média utilizada para estimar o potencial de provisão de alimentos para a área de pousio foi obtida com a ponderação da proporção da área cultivada com culturas olerícolas, grãos e frutas na bacia do Ribeirão Rodeador, assumindo que tais áreas podem vir a ser cultivadas com olerícolas, grãos e frutas na mesma proporção atual encontrada na bacia. As culturas olerícolas e grãos representam 83,32% das áreas de cultivo e a fruticultura ocupa 16,68%. Desse modo, a estimativa de produtividade agrícola para a área foi obtida de acordo com a equação 4:

$$\mathbf{Produtividade \textit{pousio} \text{ (t/ha)}} = [\textit{produtividade oleri+grãos} * 0,8332] + [\textit{produtividade frutas} * 0,1668] \text{ (4)}$$

O dado de produtividade média das culturas olerícolas, grãos e frutas (Tabelas 2, 3 e 4) se deu pela divisão entre a produção total e a área cultivada da região.

3.4 Estimativa do consumo de água na irrigação

Em termos de área irrigada, as fruteiras e as hortaliças são, proporcionalmente, as espécies agrícolas mais irrigadas no Brasil, sendo que na região do Cerrado praticamente toda a produção comercial é irrigada (EMBRAPA, 2010). A produção de olerícolas e frutas representam a maior parte da produção agrícola da região (83%), portanto, dado a importância da bacia como afluente do reservatório do Descoberto, foi calculada a estimativa de consumo de água na irrigação dos cultivos agrícolas da bacia do Ribeirão Rodeador.

Para o cálculo de consumo médio de água na irrigação, utilizaram-se os dados de área cultivada provenientes do mapeamento de uso e cobertura da bacia (Tabela 9) e os dados de estimativa de consumo médio de água na irrigação de olerícolas e fruteiras oriundos da Agência Reguladora de Águas, Energia e Saneamento do Distrito Federal – ADASA/DF (Tabelas 5 e 6). Tais dados da ADASA são valores de referência estabelecidos para outorga de uso dos recursos hídricos em corpos d'água de domínio do Distrito Federal. Foram selecionados apenas os valores de consumo médio de água na irrigação das principais culturas cultivadas na bacia, conforme tabelas 2 e 4. A estimativa potencial do consumo de água na irrigação foi calculada posteriormente, com o acréscimo das áreas de pousio.

Tabela 5. Consumo médio diário de água para atendimento das necessidades hídricas das culturas – irrigação por aspersão convencional (estimativa de consumo de água em 1 ha).

Cultura	m³/ha.dia	l/s/ha	mm/dia
Alface	49	0,6806	5,8532
Tomate	44	0,6111	5,2555
Banana/Batata/Cenoura	54	0,7500	6,4500
Laranja/Limão/Tangerina	36	0,5000	4,3000
Goiaba	39	0,5417	4,6586
Maracujá	48	0,6667	5,7336

Fonte: Coletânea de legislação aplicada aos Recursos Hídricos do Distrito Federal - ADASA, 2a Edição, maio de 2012. Eficiência do método de irrigação por aspersão convencional: 80%. Considera-se 20 horas de operação para cálculo de l/s/ha. (adaptado)

Tabela 6. Consumo médio diário de água para atendimento das necessidades hídricas das culturas pelo método de irrigação por gotejamento (estimativa de consumo de água em 1 ha).

Cultura	m³/ha.dia	l/s/ha	mm/dia
Alface	25	0,3472	2,9859
Tomate	26	0,3611	3,1055
Banana/Batata/Cenoura	29	0,4028	3,4641
Laranja/Limão/Tangerina	19	0,2639	2,2695
Goiaba	21	0,2917	2,5086
Maracujá	26	0,3611	3,1055

Fonte: Coletânea de legislação aplicada aos Recursos Hídricos do Distrito Federal - ADASA, 2a Edição, maio de 2012. Eficiência do método de irrigação por gotejamento: 90%. Considera-se 20 horas de operação para cálculo de l/s/ha. (adaptado)

Na região onde está situada a bacia do Ribeirão Rodeador, o sistema de irrigação por aspersão é o mais utilizado pelos produtores, por se adequar a praticamente todas as culturas e terrenos (MAROUELLI et al., 2017) e apresentar menor custo de implantação ao produtor, comparado aos sistemas de irrigação localizada, tais como microaspersão e gotejamento (COELHO et al., 2005). A ADASA não publicou os dados de consumo médio de água pelo método de microaspersão. Portanto, considerando que a irrigação por microaspersão consome cerca de 10% mais água que a irrigação por gotejamento (MENU e MARINOZZI, 1997), foi possível obter os valores estimados do consumo médio diário de água para atendimento das culturas agrícolas com o sistema de microaspersão (Tabela 7).

Tabela 7. Estimativa do consumo médio de água para atendimento das necessidades hídricas das culturas – irrigação por microaspersão* (estimativa de consumo de água em 1 ha).

Cultura	m³/ha.dia	l/s/ha	mm/dia
Alface	27,5	0,3819	3,2845
Tomate	28,6	0,3972	3,4160
Banana/Batata/Cenoura	31,9	0,4431	3,8105
Laranja/Limão/Tangerina	20,9	0,2903	2,4965
Goiaba	23,1	0,3209	2,7595
Maracujá	28,6	0,3972	3,4160

*Considerando o consumo de microaspersão sendo 10% maior que o de gotejamento (MENU e MARINOZZI, 1997).

A agricultura irrigada, para manter-se sustentável em termos ambientais, precisa ser eficiente no uso da água na irrigação (COELHO et al., 2005). Diante disso, foram produzidos três cenários considerando a substituição do sistema de irrigação por aspersão convencional por sistemas de irrigação localizada (microaspersão e gotejamento), com diferentes

proporções entre os sistemas, a fim de estimar a economia no consumo médio de água que tais sistemas mais eficientes podem proporcionar.

Os cenários (Tabela 8) foram construídos com uma projeção de aumento gradativo da participação dos sistemas de irrigação localizada em 20%, 40% e 60% em relação à situação da bacia no ano de 2016. Dessa forma, o Cenário 1 considera um aumento de 20% na irrigação localizada (10% na microaspersão e 10% no gotejamento), o Cenário 2, um aumento de 40% (20% na microaspersão e 20% no gotejamento) e no Cenário 3, um aumento de 60% (30% na microaspersão e 30% no gotejamento).

Tabela 8. Porcentagem dos sistemas de irrigação na bacia do Ribeirão Rodeador.

Porcentagem de área com os sistemas de irrigação (%)			
	Aspersão	Microaspersão	Gotejamento
Situação no ano 2016*	81,25	2,81	15,94
Cenário 1 (10% microasp. e 10% gotej.)	61,25	12,81	25,94
Cenário 2 (20% microasp. e 20% gotej.)	41,25	22,81	35,94
Cenário 3 (30% microasp. e 30% gotej.)	21,25	32,81	45,94

* Fonte: EMATER/DF e SEAGRI/DF

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados e discussões apresentados a seguir são referentes à análise do uso e cobertura do solo na bacia; quantificação do serviço ecossistêmico de provisão de alimentos; estimativa do consumo de água atual (para o ano de 2016) na irrigação e avaliação dos cenários de consumo de água.

A bacia do Ribeirão Rodeador apresenta-se com mais de 25% de sua área ainda ocupada pela vegetação do Cerrado e cerca de 26% com áreas de pastagem/campo. As áreas de produção agrícola representam 20% da bacia e a área urbana ocupa cerca de 6% (Figura 2, 3 e Tabela 9), sendo composta predominantemente por chácaras.

A bacia possui ainda 9,13% (1.066,46 ha) de seu território na classe de uso indefinido, áreas em que já houve alguma ação antrópica, mas no ano 2016 não apresentavam características de algum uso definido. Tais áreas apresentam um risco à conservação da bacia, pois podem ser convertidas em áreas urbanas irregulares, conforme observado por NUNES e ROIG (2016). Foram identificadas 19 classes de uso e cobertura na bacia, a tabela 9 detalha as demais classes.

Figura 2. Gráfico com a proporção das principais classes de uso e cobertura da terra na bacia do Ribeirão Rodeador (2016).

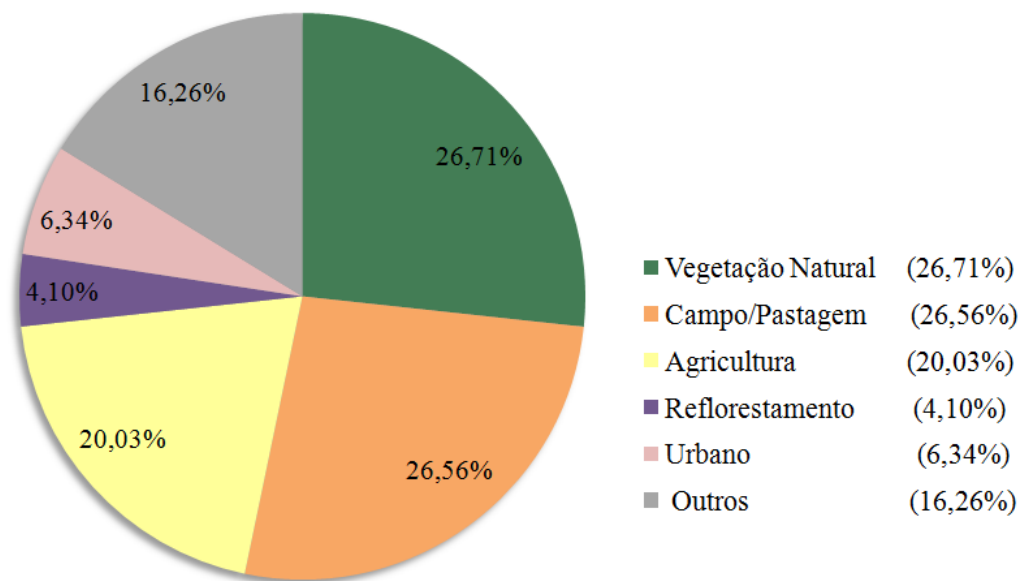


Figura 3. Mapa de uso e cobertura da terra da bacia do Ribeirão Rodeador, ano 2016.

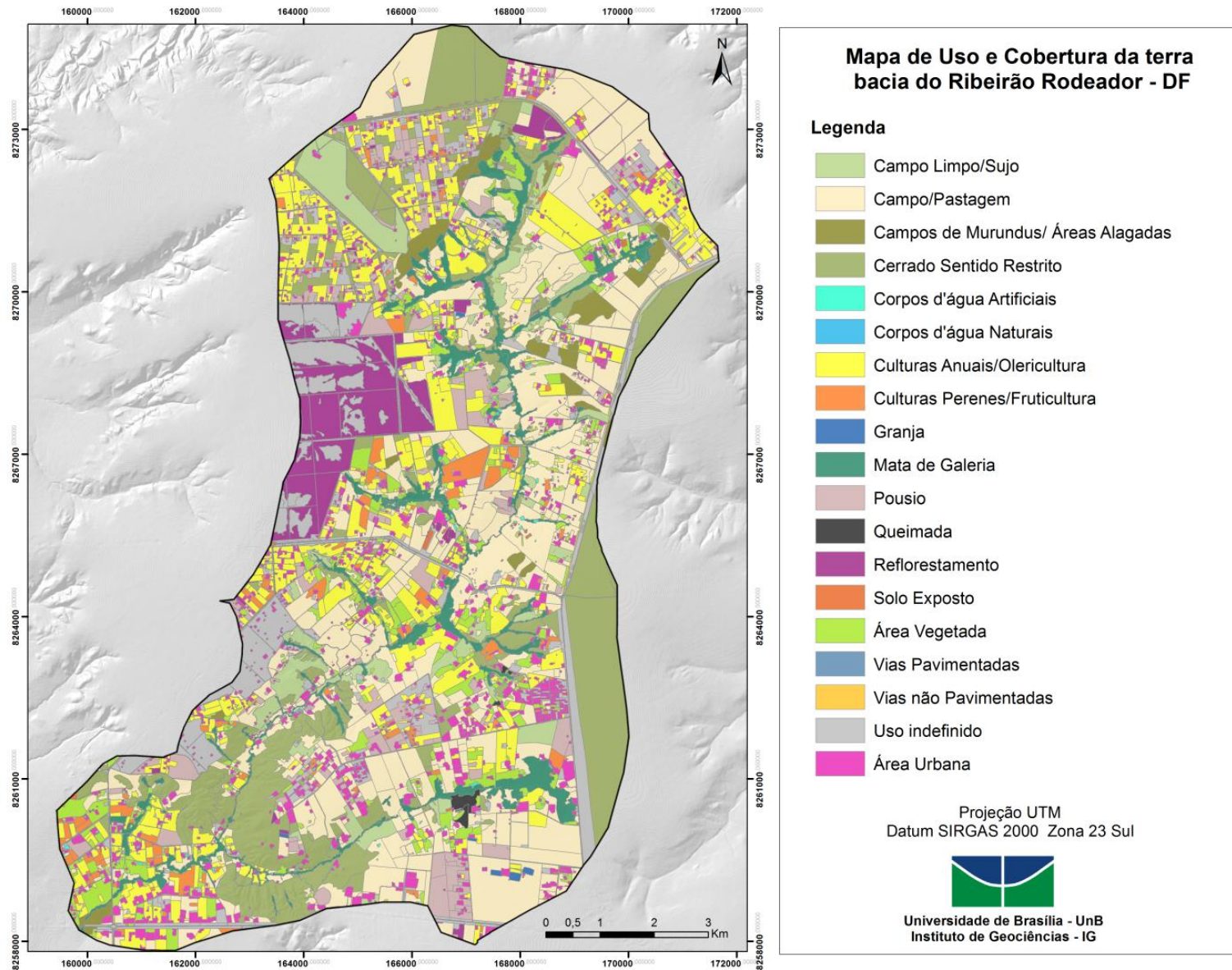


Tabela 9. Classes de uso e cobertura identificadas na bacia do Ribeirão Rodeador.

Nº	Classe	Área (ha)	(%)
1	Campo/Pastagem	3.102,94	26,56
2	Cerrado Sentido Restrito	1.830,81	15,67
3	Culturas Anuais/Olericultura	1.470,26	12,59
4	Uso indefinido	1.066,46	9,13
5	Área Urbana	741,01	6,34
6	Pousio	588,57	5,04
7	Áreas Vegetadas	582,93	4,99
8	Mata de Galeria	565,38	4,84
9	Campo Limpo/Campo Sujo do Cerrado	522,02	4,47
10	Reflorestamento	478,54	4,10
11	Culturas Perenes/Fruticultura	280,79	2,40
12	Campos de Murundus/Áreas Alagáveis	202,16	1,73
13	Vias não Pavimentadas	147,12	1,26
14	Corpos d'água Artificiais	27,88	0,24
15	Vias Pavimentadas	22,58	0,19
16	Queimada	21,33	0,18
17	Solo Exposto	19,84	0,17
18	Granja	11,29	0,10
19	Corpos d'água Naturais	0,10	0,00
Total		11.682,00	100,00

O resultado da classificação apresentou altos valores de coeficientes de concordância, com base na Matriz de Confusão (Tabela 1). Os coeficientes de Exatidão Global e Kappa apresentaram valores de 0,95 e 0,94, respectivamente, considerados como ‘Excelente’ segundo a classificação proposta de LANDIS e KOCH (1977). Praticamente todas as inconsistências estão associadas às classes pousio, pastagem e uso indefinido devido a sua alta semelhança e certa subjetividade.

Com a determinação minuciosa da área ocupada por agricultura irrigada e o atual estágio de urbanização da bacia, verifica-se que o mapa produzido é um grande avanço e pode contribuir para o entendimento do impacto da agricultura na gestão da água do reservatório do Descoberto. Seria de grande valia compará-lo com os mapas gerados por outros órgãos como CAESB e ADASA, os quais foram utilizados para a definição das estratégias utilizadas no Plano Integrado de Enfrentamento à Crise Hídrica (GDF, 2017). Embora não tenhamos acesso aos mapas no plano supracitado, tem-se a informação de que, em toda a bacia do Alto Descoberto, há 800 ha de área irrigada. Este dado destoa consideravelmente dos obtidos neste trabalho, que foi de 1.470 ha de área irrigada só para a bacia do Ribeirão Rodeador (25% da

área de drenagem da bacia do Alto Descoberto), ainda sem considerar as áreas de pouso. Infelizmente, como não foi possível acessar os mapas gerados nem as metodologias utilizadas, não podemos tecer maiores considerações.

Devido à crise hídrica, o GDF viu-se obrigado a tomar providências mais enérgicas com relação ao uso da água (GDF, 2017). Destaca-se que, se não houver uma atuação mais eficiente do governo na gestão do território e na tratativa do processo de gestão das atividades agropecuárias, em especial dos pequenos agricultores, corre-se o risco de uma intensa mudança no padrão de uso do solo na bacia do Ribeirão Rodeador. Tem-se observado essa mudança com a substituição das áreas agrícolas por áreas urbanas, de forma gradativa na região (NUNES e ROIG, 2015; SILVA, 2015).

A principal classe sujeita ao aumento da transição é a de uso indefinido, que ocorre preferencialmente próximo às estradas e ocupa áreas contínuas, como ocorre na região sudoeste da bacia (Figura 4), e nas áreas de reflorestamento que estão degradadas (NUNES E ROIG, 2015 e SILVA, 2015). Este fato pode ser corroborado pela ocorrência de ocupações irregulares, como já observadas na parte norte da Floresta Nacional - FLONA (Figura 5).

Figura 4. Detalhe da imagem Plêiade ilustrando a ocorrência de ocupações urbanas irregulares na porção sudoeste da bacia do Ribeirão Rodeador em 2016.

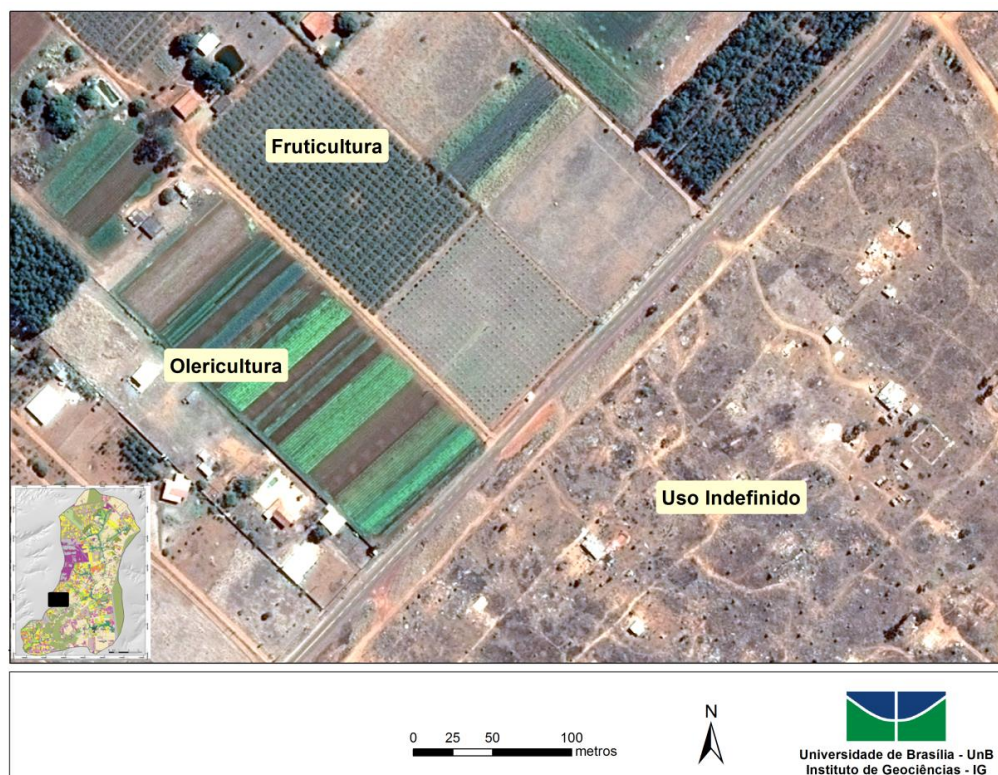
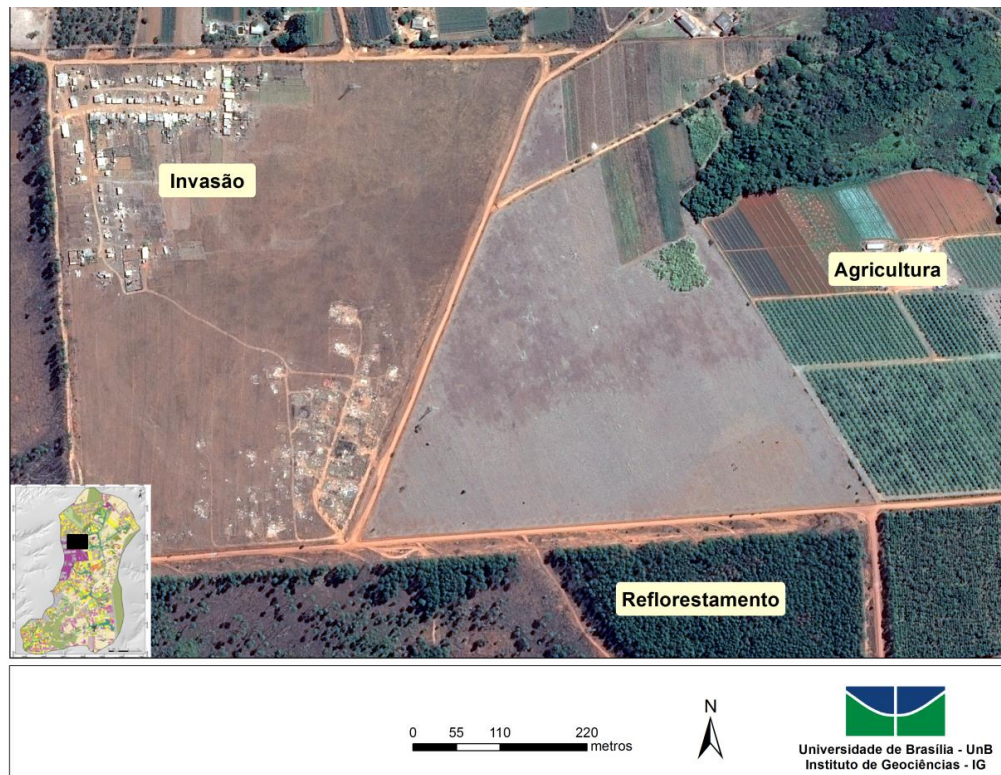


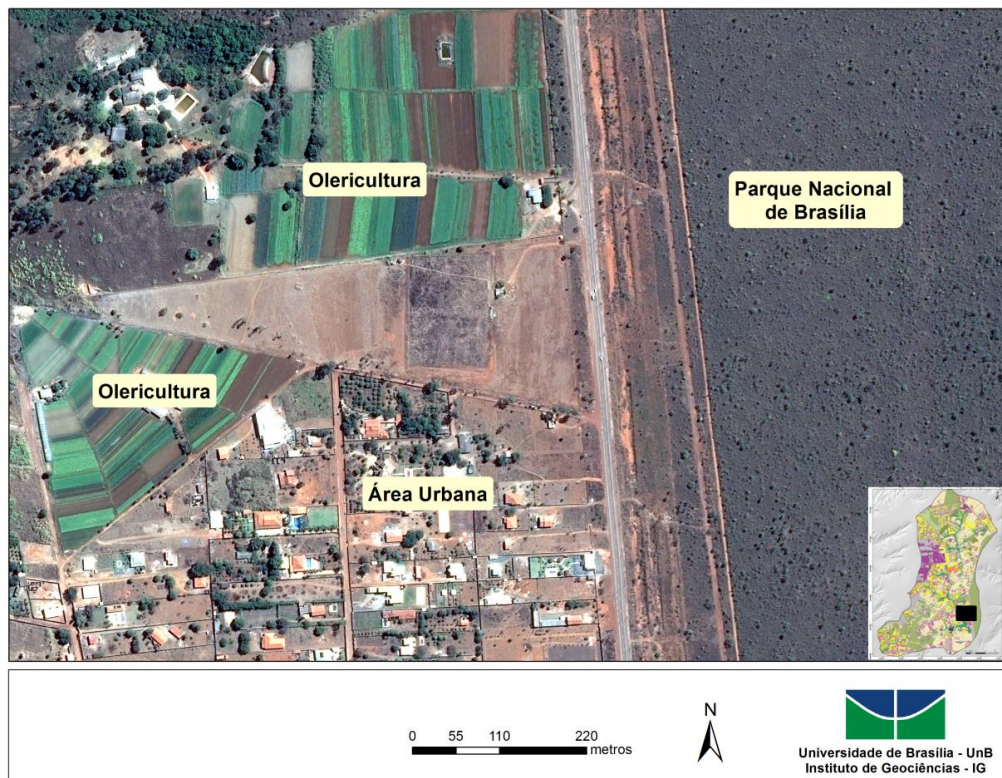
Figura 5. Detalhe da imagem Plêiade ilustrando a ocorrência de ocupações urbanas irregulares na porção noroeste da bacia do Ribeirão Rodeador em 2016.



Infere-se que a segunda classe com maior possibilidade de mudança de uso e cobertura do solo são as áreas de pastagem/campo, como também foi observado na parte norte e sul da bacia, além das áreas agrícolas que porventura tenham perda de potencial produtivo.

Nesse contexto, com possibilidade da redução da disponibilidade hídrica para irrigação, a produção pode se tornar inviável e muitos agricultores poderão se desfazer de suas terras, deixando-as à mercê do parcelamento irregular para fins de ocupação urbana, já que no Distrito Federal há um grande déficit habitacional (FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO, 2018), uma vez que as terras possuem alto valor. Mesmo sem este impacto direto na oferta hídrica, em 2016 já se observa o parcelamento das propriedades. SILVA (2015) identificou imóveis rurais menores que 2 ha na bacia do Ribeirão Rodeador, comprovando este parcelamento, visto que para a região rural o tamanho oficial dos imóveis deveria ser superior a 2 ha. Exemplos dessa situação podem ser observados na parte sudeste da bacia próximo à via pavimentada, a DF-001 (estrada do Contorno) adjacente ao Parque Nacional de Brasília (Figura 6).

Figura 6. Detalhe da imagem Plêiade ilustrando o parcelamento do solo na porção sudeste da bacia do Ribeirão Rodeador em 2016.



De acordo com o Plano Diretor de Ordenamento Territorial – PDOT e o Zoneamento Ecológico-Econômico do DF (ZEE-DF, 2018), a bacia do Ribeirão Rodeador pertence à ‘Zona Rural de Uso Controlado’, ou seja, são áreas compostas, predominantemente, por atividades agropastoris, de subsistência e comerciais, sujeitas às restrições e condicionantes impostos pela sua sensibilidade ambiental e pela proteção dos mananciais destinados à captação de água para abastecimento público. Portanto, deve-se buscar condições para a permanência das atividades agrícolas na bacia de forma sustentável, a fim de garantir a fidelidade à sua vocação rural, para a proteção dos mananciais, uma vez que estas atividades estão situadas nas regiões definidas por NUNES e ROIG (2016) com potencias para as atividades agrícola e segundo SILVA (2015) tem mantido as suas áreas de proteção ambiental de acordo com o Cadastro Ambiental Rural. Ressalta-se que, segundo NUNES e ROIG (2016), uma parte significativa desta região está em conflito com o avanço da ocupação urbana, o que seria prejudicial para a manutenção dos recursos hídricos.

As principais culturas cultivadas na bacia do Ribeirão Rodeador foram relatadas nas tabelas 2, 3 e 4 (EMATER/DF), com destaque para as culturas de alface, goiaba, morango, beterraba, tomate, cenoura, repolho e milho. Há uma grande diversificação de cultivos na

região, mais de 20 espécies, fornecendo vários alimentos que compõem a refeição diária dos brasilienses.

No ano de 2016 a bacia do Ribeirão Rodeador proporcionou uma provisão de 43.039 toneladas de alimentos, utilizando 1.683 ha (tabela 10). No mapa da figura 7 e na tabela 11 é possível notar a predominância dos pequenos talhões de cultivo agrícola. Cerca de 45% da área agrícola encontra-se na faixa de produção de até 100 toneladas de alimentos por ano, o que caracteriza como pequenos produtores, na sua grande maioria de agricultura familiar.

Tabela 10. Área, produtividade média e produção das culturas agrícolas cultivadas na bacia do Ribeirão Rodeador – DF.

Culturas	Área em 2016 (ha)	Produtividade média (t/ha)	Produção em 2016 (t)
Olerícolas e grãos	1.402,83	25,26	35.435,49
Frutas	280,79	27,08	7.603,79
Pousio*	588,57	25,55	15.037,96
TOTAL	2.272,19	–	58.077,24

* A produtividade média utilizada no cálculo da provisão potencial de alimentos para a área de pousio foi calculada com a ponderação da proporção da área cultivada com culturas olerícolas, grãos e frutas na bacia do Ribeirão Rodeador, assumindo que tais áreas podem vir a ser cultivadas com olerícolas, grãos e frutas na mesma proporção atual encontrada na bacia. As culturas olerícolas e grãos representam 83,32% das áreas de cultivo e a fruticultura ocupa 16,68%.

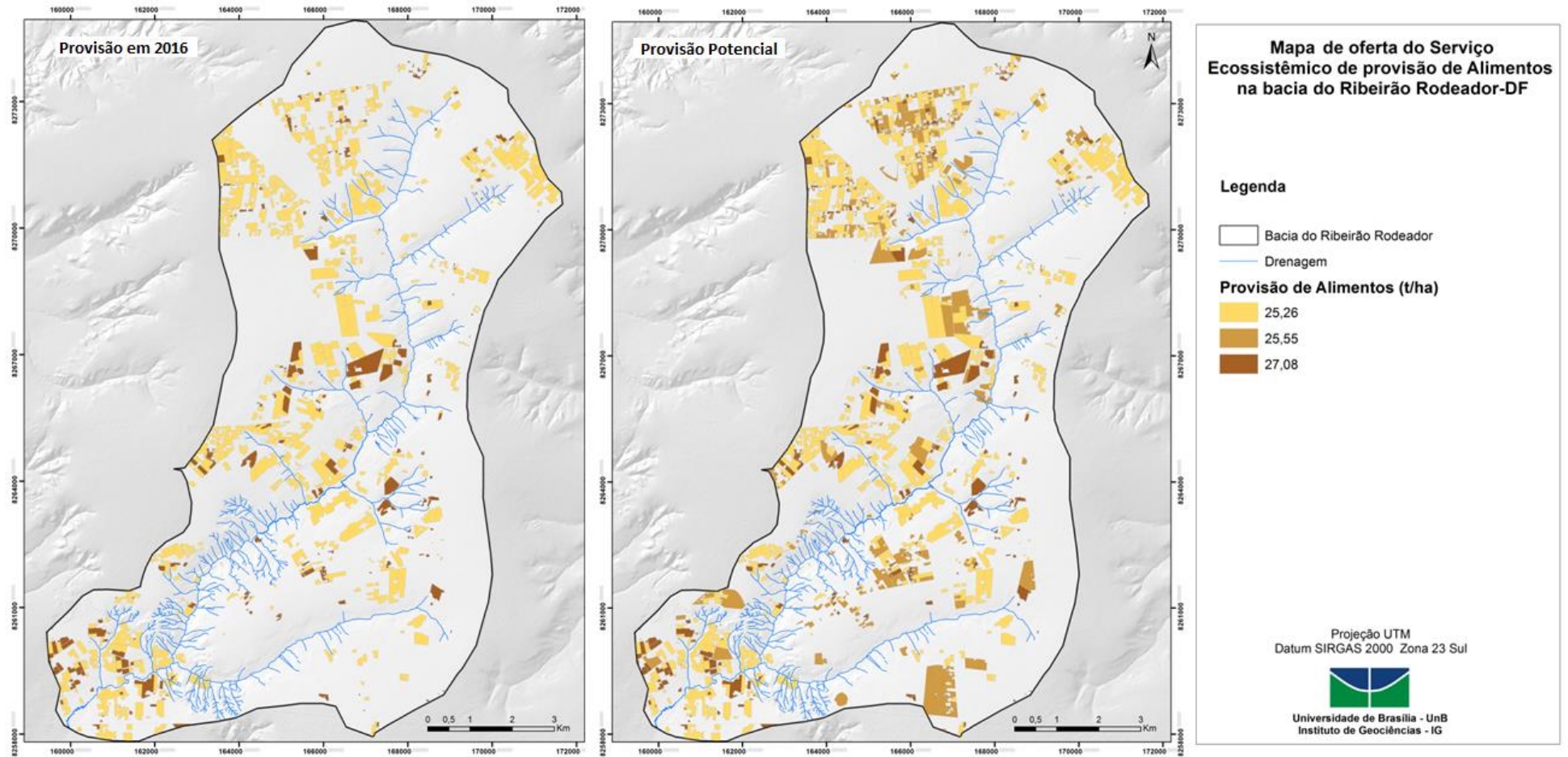
Tabela 11. Área e produção de alimentos – olerícolas, grãos e frutas – na bacia do Ribeirão Rodeador, em 2016.

Faixa (t/ano)	Área (ha)	(%)	Produção (t/ano)
0,0001 - 100,00	788,94	46,86	20.204,85
100,01 - 300,00	590,65	35,08	15.076,37
300,01 - 500,00	208,69	12,40	5.291,88
500,01 - 700,00	63,62	3,78	1.607,05
700,01 - 859,17	31,73	1,88	859,17
TOTAL	1.683,62	100,00	43.039,32

As áreas de fruticultura apresentaram uma maior provisão média de alimentos por unidade de área (27,08 t/ha) na bacia do Ribeirão Rodeador, representadas na cor mais escura no mapa da figura 7. As áreas de provisão de olerícolas e grãos obtiveram uma produtividade média de 25,26 t/ha, representadas na cor mais clara no mapa da figura 7.

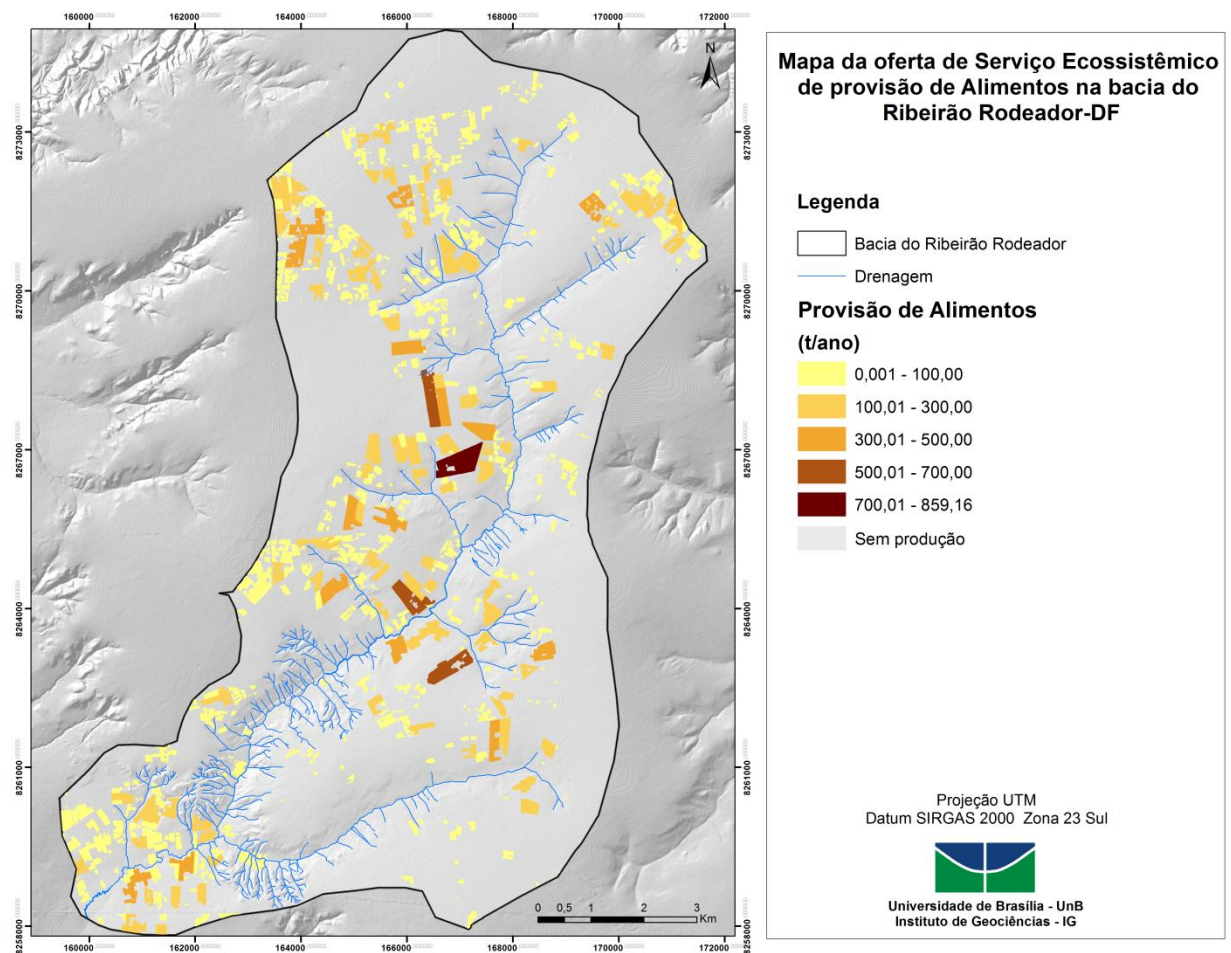
As áreas de pousio, caso fossem ocupadas com produção agrícola, com olerícolas, grãos e frutas na mesma proporção encontrada nas demais áreas da bacia, apresentam um potencial médio para a provisão de 25,55 t/ha de alimentos (Tabela 10 e Figura 7). Ou seja, podendo aumentar em até 35% a provisão de alimentos na bacia.

Figura 7. Mapa de Oferta do Serviço Ecológico de provisão de alimentos em toneladas por hectare, na bacia do Ribeirão Rodeador.



Com base nesses dados foi possível elaborar o mapa da oferta do SE de provisão de alimentos em toneladas na bacia do Ribeirão Rodeador para o ano 2016 (Figura 8). Quanto maior a produção de alimentos, mais escura é a coloração da área no mapa. As áreas de coloração mais clara – e menores (< 5 ha) – são, predominantemente, de culturas olerícolas (alface, beterraba, cenoura, morango, repolho, etc) e representam quase 47% do total da área cultivada com olerícolas e frutas na bacia (Tabela 11).

Figura 8. Mapa da oferta de SE de provisão de alimentos, em toneladas por ano, da bacia do Ribeirão Rodeador.



A bacia do Ribeirão Rodeador possui 588 ha classificados como área de pousio (Figura 9 e Tabela 10), ou seja, são áreas destinadas à produção agrícola, mas que durante certo período, encontram-se sem produção comercial. As áreas classificadas como pousio, quando cultivadas, poderiam acrescentar cerca de 15.000 toneladas de alimentos por ano na produção da bacia (Tabela 10), aumentando a produção em 35%.

Na situação hipotética do aumento de área cultivada, usando somente as áreas em pousio como acréscimo, a bacia permaneceria com o mesmo padrão de uso, com pequenas áreas cultivadas (45%), totalizando uma provisão de 58.077,25 t/ano de alimentos, cultivadas em 2.272,19 ha (Figura 9 e Tabela 12).

Figura 9. Mapa do potencial de oferta de SE de provisão de alimentos – olerícolas, grãos e frutas – na bacia do Ribeirão Rodeador.

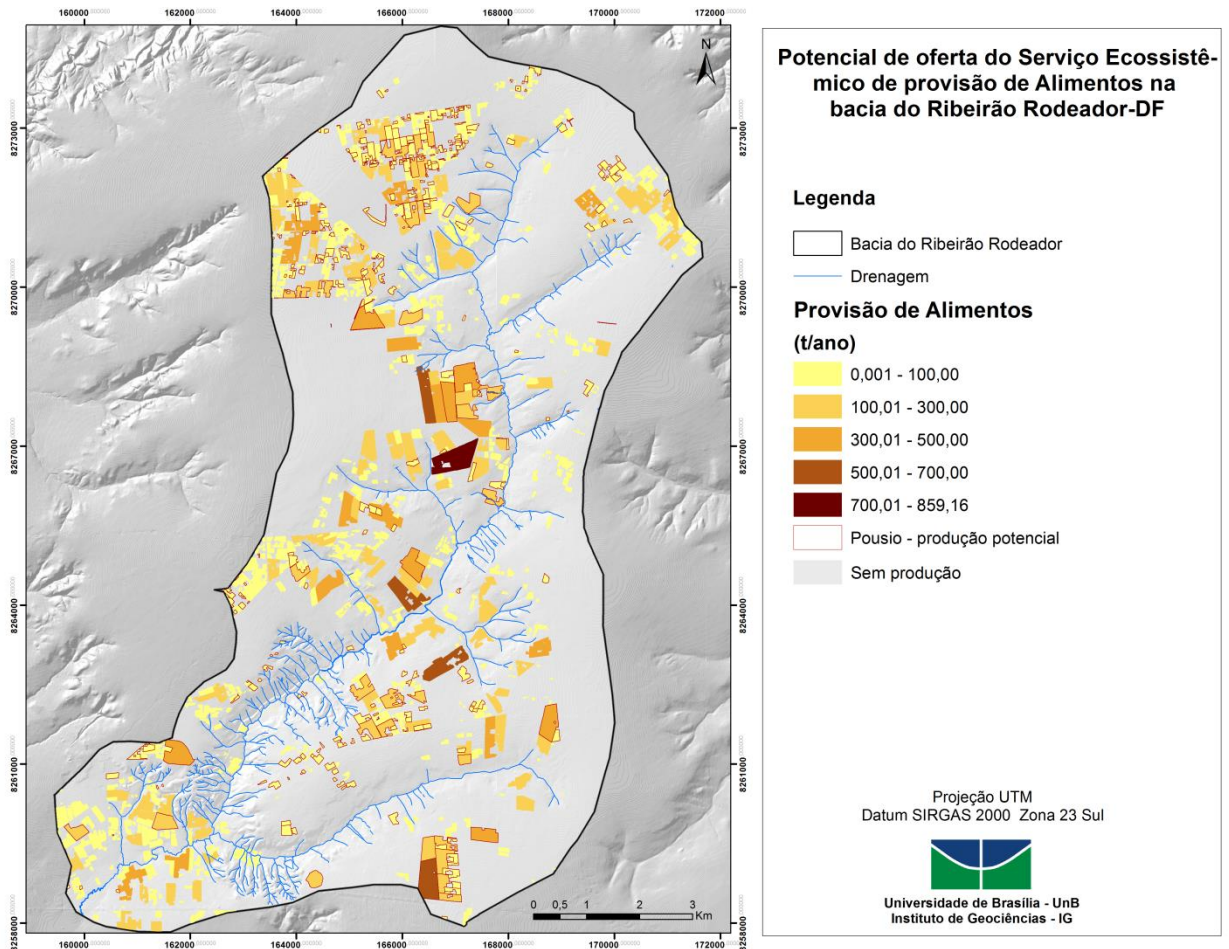


Tabela 12. Área e produção potencial de alimentos na bacia do Ribeirão Rodeador.

Faixa (t/ano)	Área (ha)	(%)	Produção (t/ano)
0,0001 - 100,00	1.038,99	45,73	26.593,69
100,01 - 300,00	786,86	34,63	20.089,59
300,01 - 500,00	326,22	14,36	8.294,89
500,01 - 700,00	88,39	3,89	2.239,92
700,01 - 859,17	31,73	1,40	859,17
TOTAL	2.272,19	100,00	58.077,25

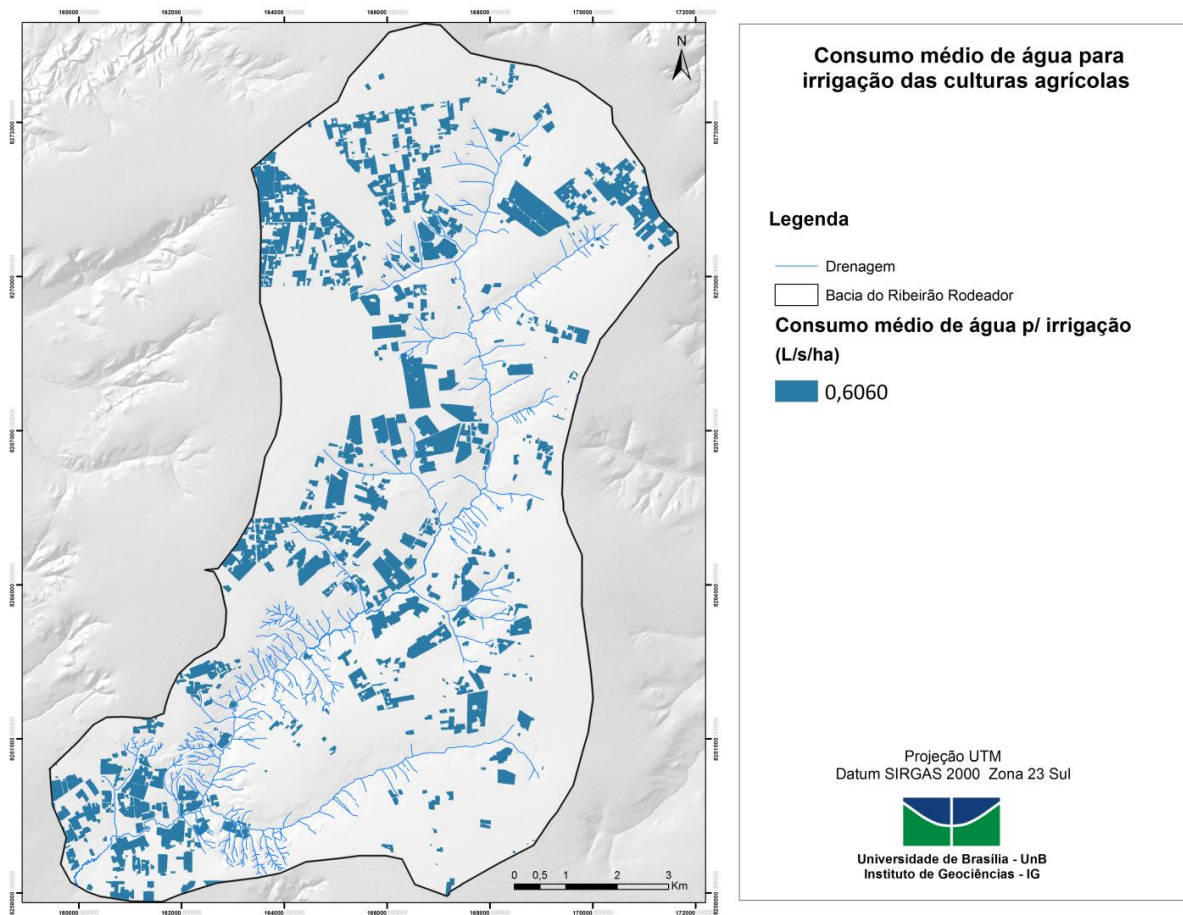
A partir da análise da produção agrícola foi possível fazer uma estimativa do consumo de água na irrigação. Os mapas com os resultados da estimativa de consumo médio de água na irrigação da bacia do Ribeirão Rodeador em 2016, bem como a estimativa potencial de consumo de água são apresentados nas figuras 11 e 12. A área irrigada mapeada na bacia é de **1.470 ha** (Tabela 13). A diferença do valor de áreas cultivadas entre a tabela 10 e a tabela 13 deve-se ao fato de que na tabela 13 (estimativa de consumo de água) há uma correção com a retirada de áreas cultivadas com grãos, uma vez que as culturas graníferas na bacia não utilizam irrigação. Em função do nível de detalhe do mapeamento do uso e cobertura do solo, foi possível identificar áreas com produção de grama para fins paisagísticos cultivada na bacia e essas áreas foram retiradas da tabela 10 (estimativa do SE de provisão de alimentos).

O consumo médio de água para atendimento das necessidades hídricas das culturas cultivadas na bacia do Ribeirão Rodeador (Figura 11 e Tabela 13) foi estimado em **0,6060 L/s/ha**, considerando os dados da EMATER/DF, em que: 81,25% da área utiliza o método de irrigação por aspersão e 18,75% utiliza o método de irrigação localizada (2,81% com microaspersão e 15,94% com gotejamento). No total, a bacia pode apresentar um consumo de 891 L/s de água na irrigação, caso todos os sistemas de irrigação estivessem ativos simultaneamente, entretanto, sabe-se que isso não ocorre. Se utilizarmos uma taxa hipotética de 60% das áreas irrigando simultaneamente, o consumo estimado será de 534 L/s. Esse valor ainda é considerado alto por alguns técnicos da ADASA, entretanto, os órgãos gestores não possuem um número exato da quantidade de água disponibilizada para os agricultores irrigantes (GDF, 2017). A figura 10 ilustra o comportamento padrão do cultivo de hortaliças na bacia, onde nem todas as áreas de lavoura apresentam-se em produção simultânea, portanto, não ocorre irrigação simultânea de toda a área agrícola.

Figura 10. Áreas de produção agrícola na bacia do Ribeirão Rodeador.

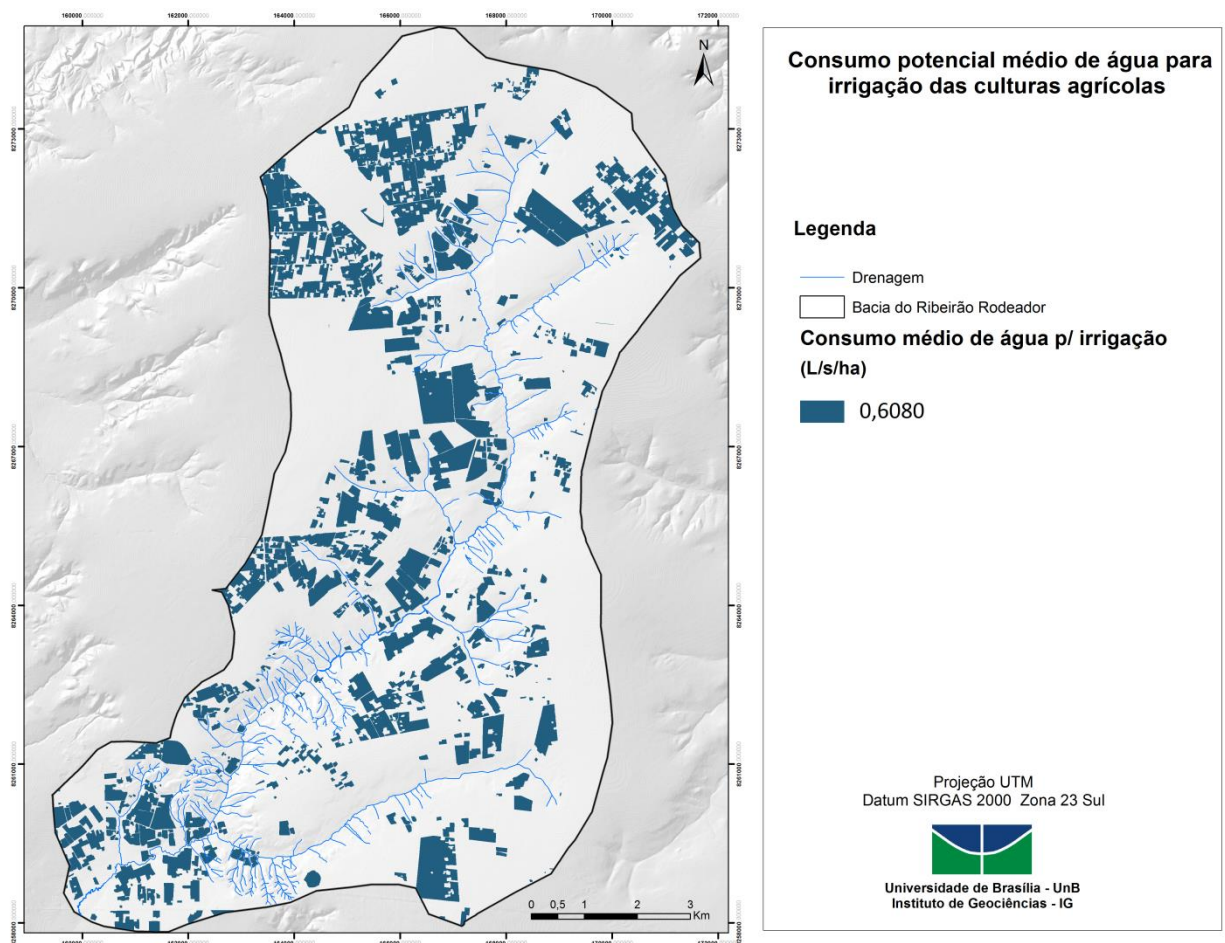


Figura 11. Consumo médio de água para atendimento das necessidades hídricas das culturas.



Entretanto, considerando as áreas em pousio, o consumo potencial estimado de água para atendimento das necessidades hídricas das culturas irrigadas na bacia do Ribeirão Rodeador (Figura 12 e Tabela 14) passaria a ser de **0,6080 L/s/ha**, adotando os mesmos dados informados pela EMATER/DF (81,25% da área utilizaria o método de irrigação por aspersão e 18,75% utilizaria o método de irrigação localizada – 2,81% com microaspersão e 15,94% com gotejamento). Desse modo, a bacia apresentaria um consumo de 1.251,98 L/s de água na irrigação, 40% maior que na situação calculada para 2016 (891 L/s). Utilizando uma taxa hipotética de 60% das áreas irrigando simultaneamente, o consumo estimado será de 751 L/s. Muito provavelmente essa demanda não consegue ser suprida pelos recursos hídricos disponíveis na bacia, o que requereria uma mudança de estratégia na gestão da irrigação.

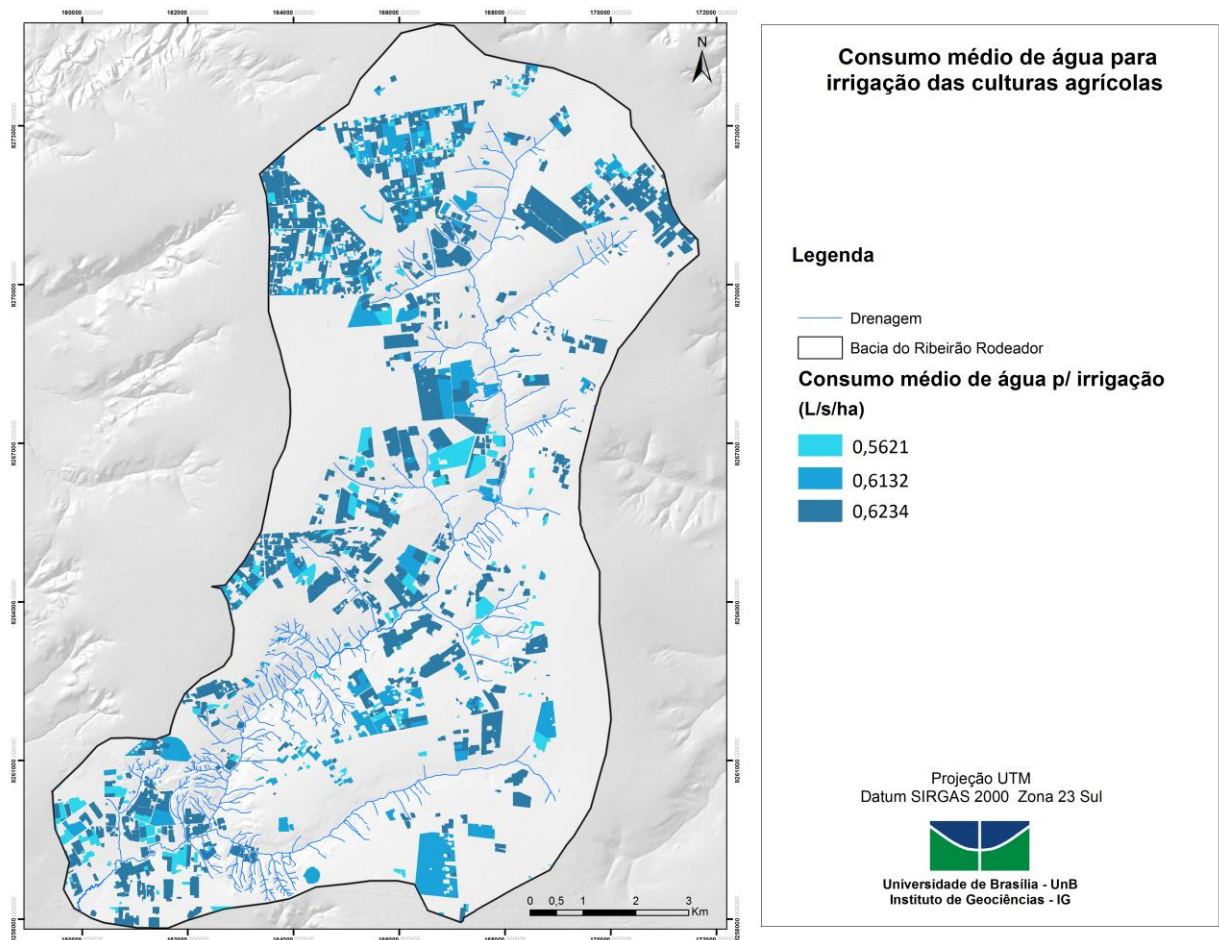
Figura 12. Consumo potencial médio de água, considerando áreas de pousio, para atendimento das necessidades hídricas das culturas.



Para apresentar o consumo médio de água na irrigação separado por tipo de cultivo (olerícolas e fruteiras), foi elaborado o mapa da figura 13. Em comparação com a olericultura, as áreas de fruticultura apresentaram um menor consumo de água por unidade de área (0,5621 L/s/ha) na bacia do Ribeirão Rodeador, representadas na cor mais clara no mapa da figura 13.

As áreas de produção de olerícolas obtiveram um consumo médio de **0,6234 L/s/ha**, representadas na cor mais escura no mapa da figura 13. Já as áreas de pousio apresentam uma média de consumo potencial em 0,6132 L/s/ha, representadas pela cor intermediária no mapa. É importante destacar que a área de pousio representa a situação hipotética em que poderá ser cultivada seguindo a proporção de culturas olerícolas e fruteiras encontrada na bacia, ou seja, cerca de 83% da área com olerícolas e cerca de 16% com fruteiras.

Figura 13. Consumo médio de água para irrigação, por tipo de cultivo – olerícolas e frutas.



No que tange ao reservatório Descoberto em relação à crise hídrica, uma outra demanda do GDF, além da quantificação de áreas irrigadas, é a determinação do consumo de água pela irrigação. Os dados disponíveis sobre a disponibilidade hídrica da bacia, considerando as fontes existentes, – canal Rodeador (420 L/s - GDF, 2017), canal Jatobazinho

(150 L/s - ARAUJO, 2018), outros canais (50 L/s) e os poços outorgados pela ADASA (238 poços, 78 L/s - ARAUJO, 2018), oferecem um total de **698 L/s**. Se a irrigação ocorrer simultaneamente em toda a bacia, esta disponibilidade não atenderia a demanda de 891 L/s. Entretanto, como se considerou que cerca de 60% dos sistemas podem operar simultaneamente, haveria uma demanda de água para irrigação na bacia de **534 L/s**, a qual seria atendida pela referida oferta de 698 L/s.

Entretanto, em situações como a enfrentada no período de 2016/17 onde fez-se necessária a redução do consumo de água para a obtenção de uma vazão mínima de segurança para o reservatório, muito provavelmente esta demanda da irrigação não poderá ser atendida por muito tempo, o que leva mais uma vez à necessidade de uma atuação mais contundente do governo na área de fiscalização, controle da atividade de irrigação, mas principalmente no financiamento/incentivos fiscais para melhorias nos sistemas de irrigação, bem como propiciar a gestão compartilhada dos mananciais, como por exemplo o rodízio na irrigação entre as propriedades.

Considerando o exposto, após a obtenção da estimativa do consumo de água pela irrigação e o levantamento da demanda hídrica para a agricultura irrigada, o próximo passo seria determinar a capacidade da bacia em fornecer esse recurso e a determinação do tamanho do impacto na questão do conflito pelo uso da água, ou seja, a manutenção da capacidade do reservatório do Descoberto em abastecer o Distrito Federal com seus usos consuntivos (abastecimento humano, irrigação, dessedentação animal, industrial, etc).

Contudo, esta análise é bastante complicada uma vez que os pontos de captação de água, sejam superficiais ou subterrâneos, não estão em sua totalidade cadastrados. Além disso, as vazões captadas nem sempre são conhecidas. Desse modo, faz-se necessário avaliar o que ocorreria com a demanda de água se houvesse substituição do sistema de irrigação por aspersão convencional para um sistema de irrigação localizada, o que será tratado adiante.

A partir do mapa de uso e ocupação da terra e considerando uma mudança gradativa do padrão da irrigação, foram propostos três cenários. No Cenário 1 (20% de aumento na irrigação localizada – 10% em microaspersão e 10% em gotejamento) o consumo médio de água para atendimento das necessidades hídricas das culturas cultivadas na bacia do Ribeirão Rodeador foi estimado em **0,5491 L/s/ha** (Figura 14 e Tabela 13). Comparado à situação da bacia em 2016, o Cenário 1 poderia proporcionar uma economia de 9,38% (83,62 L/s) no consumo de água na irrigação.

No Cenário 2 (40% de aumento na irrigação localizada – 20% em microaspersão e 20% em gotejamento) o consumo médio diário de água para atendimento das necessidades hídricas das culturas cultivadas na bacia do Ribeirão Rodeador foi estimado em **0,4922 L/s/ha** (Figura 14 e Tabela 13). Comparado à situação real da bacia em 2016, o Cenário 2 poderia proporcionar uma economia de 18,77% (167,28 L/s) no consumo de água na irrigação.

No Cenário 3 (60% de aumento na irrigação localizada – 30% em microaspersão e 30% em gotejamento) o consumo médio diário de água para atendimento das necessidades hídricas das culturas cultivadas na bacia do Ribeirão Rodeador foi estimado em **0,4353 L/s/ha** (Figura 14 e Tabela 13). Comparado à situação da bacia em 2016, o Cenário 3 poderia proporcionar uma economia de 28,17% (251,02 L/s) no consumo de água na irrigação. Tal resultado está de acordo com LAMONT JUNIOR et al. (2007), em que a conversão de sistemas de irrigação por aspersão para sistemas de irrigação localizada pode reduzir o uso global de água em até 50%.

Figura 14. Consumo médio de água para irrigação das culturas agrícolas – Cenários 1, 2 e 3.

Consumo médio de água para irrigação das culturas agrícolas

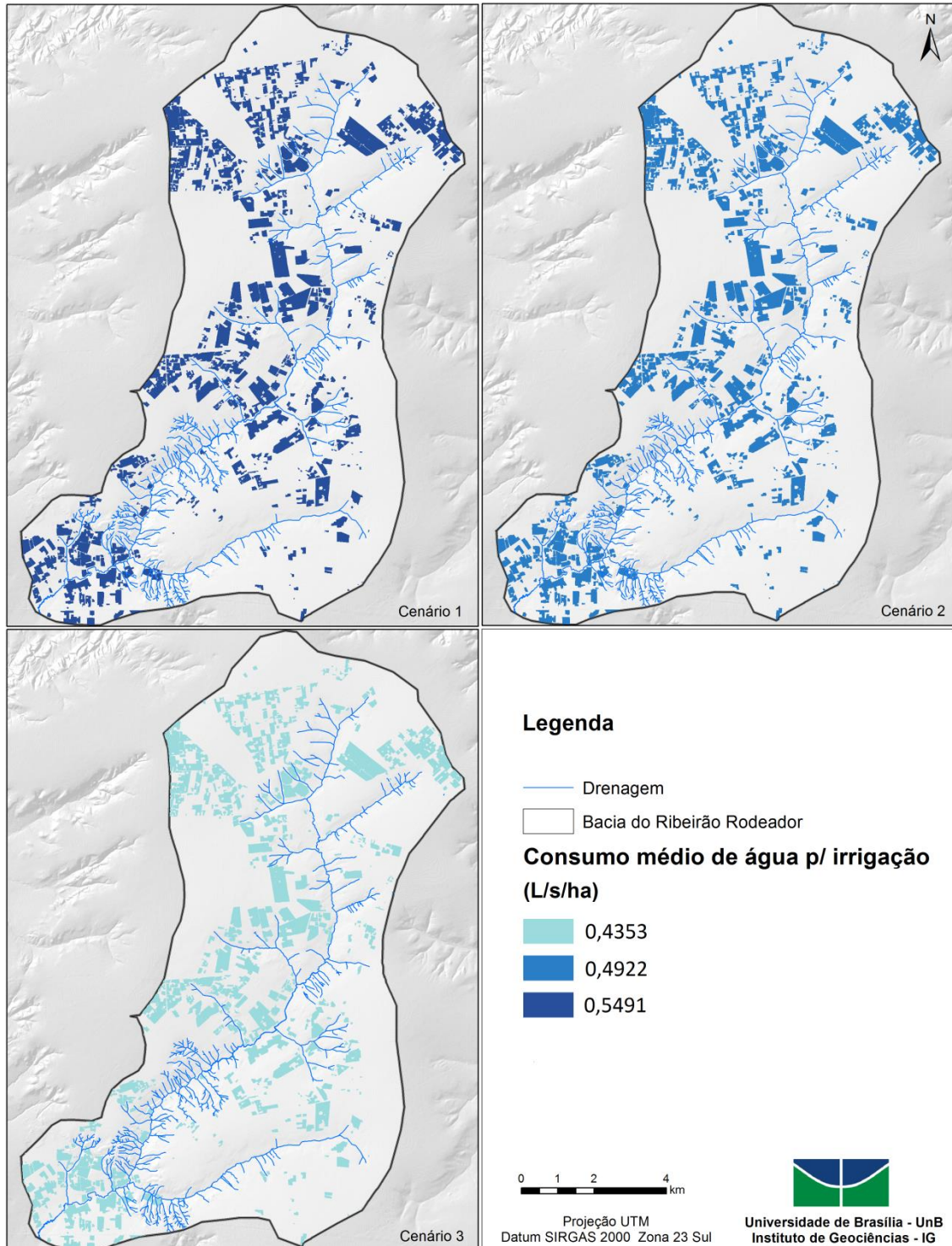


Tabela 13. Variação do consumo de água na irrigação entre os cenários.

	Área (ha)	Consumo (L/s)	Média (L/s/ha)	Economia (%)
Situação em 2016	1.470,48	891,08	0,6060	-
Cenário 1 *	1.470,48	807,46	0,5491	9,38
Cenário 2 **	1.470,48	723,81	0,4922	18,77
Cenário 3 ***	1.470,48	640,07	0,4353	28,17

*Cenário 1 (10% em microaspersão e 10% em gotejamento – 20% de aumento na irrigação localizada);

**Cenário 2 (20% em microaspersão e 20% em gotejamento – 40% de aumento na irrigação localizada);

***Cenário 3 (30% em microaspersão e 30% em gotejamento – 60% de aumento na irrigação localizada).

No Plano Integrado de Enfrentamento à Crise Hídrica (GDF, 2017), o governo do Distrito Federal estipulou uma meta de economia de água pela conversão dos sistemas de irrigação em até 296 L/s. No presente trabalho constata-se que o Cenário 3, proporcionando uma economia de 28,17% (251 L/s) no consumo de água na irrigação, atende à demanda do governo e apresenta-se como uma proposta de estratégia a fim de alcançar a meta estipulada. Portanto, deve-se aumentar em, pelo menos, 30% as áreas com o sistema de microaspersão e 30% as áreas com gotejamento, totalizando um aumento de 60% na irrigação localizada na bacia do Ribeirão Rodeador.

No entanto, de acordo com JENSEN (2007), melhorar a eficiência da irrigação normalmente não leva a reduções reais na utilização de água, mas leva a aumentos nas áreas irrigadas. Isso pode ser explicado pelo fato de que, se os agricultores reduzirem o uso de água por unidade de área cultivada enquanto recebem a mesma quantidade de água para irrigação, eles expandirão a extensão de terras irrigadas para aumentar sua produção (MALEK e VERBURG, 2018).

Contudo, na bacia do Ribeirão Rodeador, a expansão de área irrigada, e até mesmo a mudança dos sistemas de irrigação, implica num alto investimento financeiro (custo de aquisição, operação e manutenção) e na necessidade de assistência técnica para o produtor irrigante. De acordo com MAROUELLI e SILVA (2011), o custo inicial para implantação de um sistema de irrigação por aspersão convencional pode variar de 2.000 a 7.000 R\$/ha, por microaspersão varia de 5.000 a 15.000 R\$/ha e o sistema de irrigação por gotejamento varia de 7.000 a 18.000 R\$/ha, dependendo do nível de automação do sistema, tipo de cultura, qualidade do equipamento, etc.

Apesar do exposto, os sistemas de irrigação localizada são os mais propícios para olericultura e fruticultura, por apresentarem rentabilidade condizente com tais custos (COELHO et al., 2005). O financiamento desse investimento, em grande parte, dependerá de ações governamentais para facilitar a obtenção do crédito necessário. Há a necessidade de

assistência técnica qualificada tendo como parceiros a EMATER e EMBRAPA, principais empresas estatais que atuam na região.

Na figura 15 são apresentados os cenários de consumo médio de água considerando o aumento de área irrigada na bacia onde se encontra a classe pousio. A tabela 14 mostra a evolução do consumo e a economia de água na irrigação ao longo dos cenários de mudança nos sistemas de irrigação. Com o acréscimo das áreas de pousio, o consumo global de água na irrigação apresentou um aumento de 40% e a taxa de economia de água ao longo dos cenários manteve-se como na situação anterior (situação em 2016). O Cenário 1 proporciona uma economia de 9,38% de água na irrigação, o Cenário 2 com uma economia de 18,77% e o Cenário 3 com 28,17% de economia.

Figura 15. Consumo potencial médio de água para irrigação das culturas agrícolas – Cenários 1, 2 e 3.

Consumo potencial médio de água para irrigação das culturas agrícolas

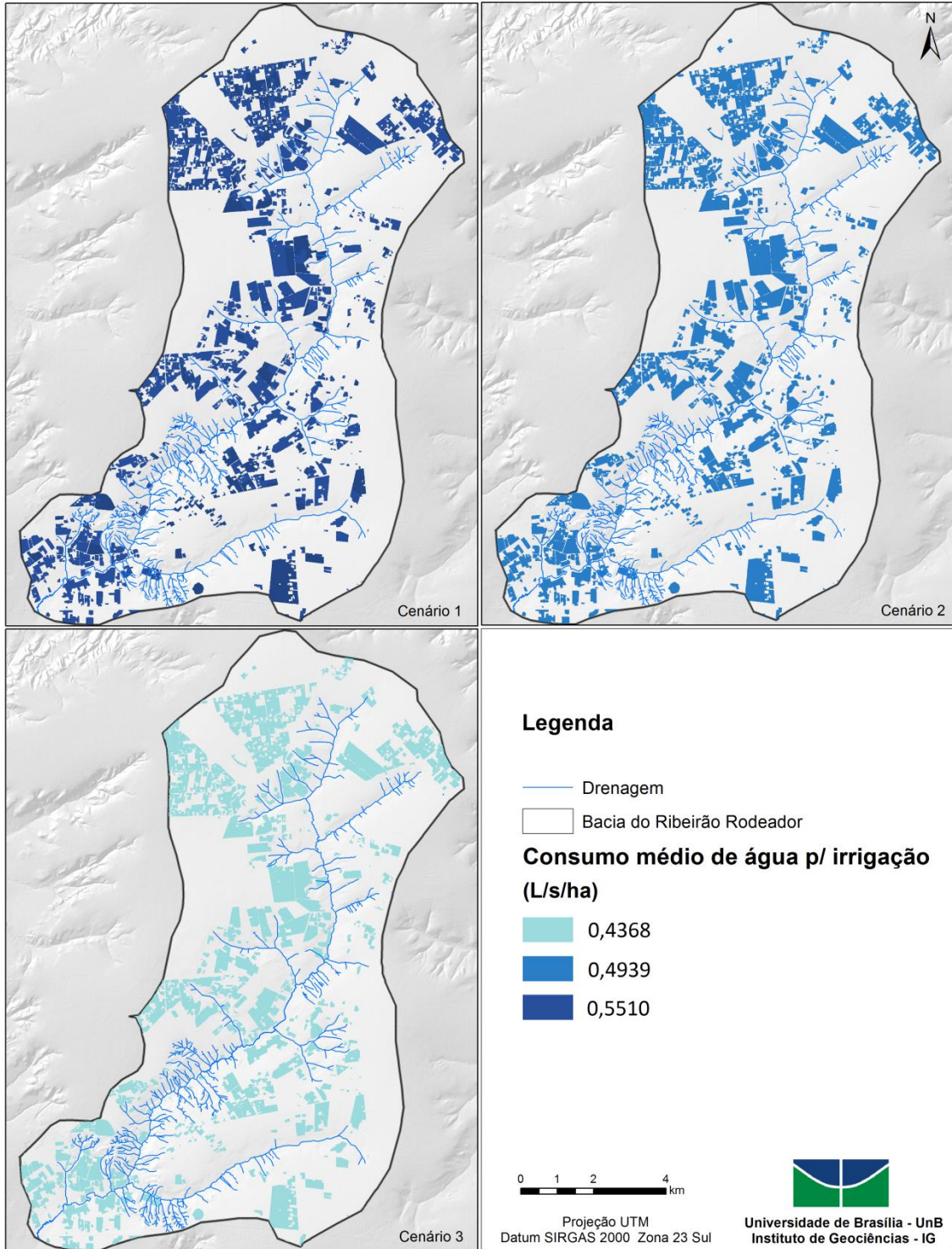


Tabela 14. Variação do consumo potencial de água na irrigação entre os cenários.

	Área (ha)	Consumo (L/s)	Média (L/s/ha)	Economia (%)
Situação em 2016	2.059,05	1.251,98	0,6080	-
Cenário 1 *	2.059,05	1.134,50	0,5510	9,38
Cenário 2 **	2.059,05	1.016,99	0,4939	18,77
Cenário 3 ***	2.059,05	899,35	0,4368	28,17

*Cenário 1 (10% em microaspersão e 10% em gotejamento – 20% de aumento na irrigação localizada);

**Cenário 2 (20% em microaspersão e 20% em gotejamento – 40% de aumento na irrigação localizada);

***Cenário 3 (30% em microaspersão e 30% em gotejamento – 60% de aumento na irrigação localizada).

Aumentar a eficiência de aplicação da água na agricultura irrigada por meio da substituição de sistemas de irrigação de baixa eficiência por sistemas mais eficientes é, muitas vezes, a primeira opção a ser considerada quando se encontra uma situação de limitação na disponibilidade hídrica de uma região. Contudo, a adoção de tal estratégia não garante redução do uso de água em níveis sustentáveis (MAROUELLI et al., 2011). Além da utilização de sistemas de irrigação mais eficientes no uso da água, os agricultores devem investir também em outras tecnologias no manejo racional de água na irrigação. O déficit hídrico controlado (FERERES e SORIANO, 2007), o uso de palhada ou plástico para a cobertura da superfície do solo (ALLEN et al., 2007) podem reduzir as perdas de água por evaporação em 50% e sem prejuízos na produção. MAROUELLI et al. (2008 e 2009) verificaram redução entre 10% e 25% do consumo de água de irrigação em sistema de plantio direto de hortaliças.

5. CONCLUSÕES

O fornecimento do Serviço Ecossistêmico de provisão de alimentos na bacia do Ribeirão Rodeador foi quantificado em 43.039 toneladas de alimentos por ano, utilizando 1.683 ha cultivados com culturas olerícolas, grãos e frutas. A bacia ainda apresenta um potencial para a provisão de 58.077 toneladas de alimentos, caso as áreas de pousio (588 ha) sejam cultivadas, aumentando a oferta de alimentos em cerca de 35% .

O consumo médio de água na irrigação para atendimento das necessidades hídricas das culturas cultivadas na bacia do Ribeirão Rodeador foi estimado em 0,6060 L/s/ha, apresentando um consumo total de 891 L/s em 1.470 ha de área irrigada. Com o acréscimo das áreas de pousio, a demanda global de água para irrigação na bacia pode aumentar em 40%.

A avaliação dos cenários de conversão de sistemas de irrigação por aspersão convencional para sistemas de irrigação localizada na bacia do Ribeirão Rodeador mostrou que um aumento de 20% na irrigação localizada (10% em microaspersão e 10% em gotejamento) proporciona uma economia de 9,3% (83 L/s) no consumo de água na irrigação. O aumento de 40% na irrigação localizada (20% em microaspersão e 20% em gotejamento) proporciona uma economia de 18,7% (167 L/s) no consumo de água na irrigação e, por fim, o aumento de 60% na irrigação localizada (30% em microaspersão e 30% em gotejamento) proporciona uma economia de 28,1% (251 L/s) no consumo de água na irrigação.

Portanto, o aumento da utilização de sistemas de irrigação localizada (microaspersão e gotejamento) é essencial para a continuidade da atividade agrícola irrigada na bacia do ribeirão Rodeador.

Considerações Finais

Apesar da grande contribuição da agricultura no fornecimento de SE de provisão de alimentos, LIMA et al. (2017) demonstram que as áreas agrícolas podem afetar negativamente no fornecimento de outros SE no bioma Cerrado. Dependendo do sistema de produção e do manejo da área, pode ocorrer, por exemplo, a diminuição do controle de erosão, diminuição do abastecimento e da manutenção da qualidade da água, diminuição da manutenção da qualidade do solo e diminuição da manutenção da biodiversidade.

De acordo com DEMESTIHAS et al. (2017), a fruticultura fornece outros SE, além da provisão de frutas. Por ser um cultivo perene, as fruteiras podem fixar de 2,4 a 12,5 t de carbono/ha/ano no solo, promovendo um serviço de regulação climática, com a mitigação de emissões de gases de efeito estufa, regulação da água, controle de erosão do solo, entre outros.

O sistema convencional de produção de olerícolas é caracterizado pelo revolvimento intensivo do solo e, por vezes, ausência de cobertura para a proteção do solo, o que diminui a qualidade do solo e pode facilitar o processo erosivo linear. Com a adoção de técnicas de produção e práticas de manejo mais sustentáveis, a olericultura se torna fornecedora de outros SE além da provisão de alimentos. Por exemplo, o sistema de plantio direto (TIVELLI et al., 2010) e o sistema de produção agroecológico (PRIMAVESI, 2006) proporcionam alguns serviços de regulação como a proteção do solo, controle de erosão e escoamento superficial da água, melhor drenagem de água no solo e ciclagem de nutrientes, devido ao menor revolvimento do solo e a utilização de cobertura do solo (palhada).

Destaca-se que este trabalho, em virtude de dificuldades operacionais, não pôde verificar as condições de manejo e considera que este levantamento é importante e fundamental para uma melhor análise dos impactos sobre os SE. Sabe-se que em função da crise hídrica a EMATER/DF iniciou o cadastramento das atividades agrícolas, porém, esses dados ainda não se tornaram públicos (GDF, 2017).

Com a determinação da área ocupada pela agricultura irrigada, a quantificação da provisão de alimentos, a estimativa do consumo de água pela irrigação e a avaliação de cenários com mudanças no padrão atual dos sistemas de irrigação utilizados, esse trabalho contribui para o avanço no entendimento do impacto da agricultura na gestão dos recursos hídricos do Distrito Federal, em especial na bacia do Ribeirão Rodeador.

A solução da crise hídrica no Distrito Federal, em parte, passa por uma atuação mais forte do governo na área de fiscalização, controle da atividade de irrigação, financiamento e incentivos fiscais para melhorias nos sistemas de irrigação, bem como propiciar a gestão

compartilhada dos mananciais. Por parte do produtor irrigante, espera-se a adoção de tecnologias/sistemas de produção sustentáveis e técnicas de manejo da irrigação para o uso racional dos recursos hídricos e manutenção dos serviços ecossistêmicos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AHMAD, A; KHAN, S. Water and energy scarcity for agriculture. **Irrig. and Drain.** 66:34–44 (2017)
- ALLEN, R. G.; WRIGHT, J. L.; PRUITT, W. O.; PEREIRA, L. S.; JENSEN, M. E. Water requirements. In: HOFFMAN, G. J.; EVANS, R. G.; JENSEN, M. E.; MARTIN, D. L.; ELLIOTT, R. L. (Ed.). Design and operation of farm irrigation systems. 2. ed. Saint Joseph: ASABE, 2007. p. 208-288.
- ANA – AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (BRASIL). Levantamento da Agricultura Irrigada por Pivôs Centrais no Brasil – 2014: relatório síntese / Agência Nacional de Águas. Brasília: ANA, 2016. 33p.
- ANDRADE, João Paulo Soares de. 2008. A implantação do pagamento por serviços ecossistêmicos no território Portal da Amazônia: uma análise econômico-ecológica. Dissertação. UNICAMP. Campinas, SP: [s.n.], 2010
- ANDRADE, D. C., ROMEIRO, A. R. Serviços ecossistêmicos e sua importância para o sistema econômico e o bem-estar humano. **Texto para Discussão.** IE/UNICAMP, Campinas, n. 155, 44p, 2009.
- ARAÚJO, Daiana Lira de. Avaliação dos impactos da exploração de águas subterrâneas na bacia do Ribeirão Rodeador por meio de simulação integrada entre os modelos SWAT e MODFLOW [Distrito Federal] 2018. xxi, 165p., 210 x 297 mm (ENC/FT/UnB, Mestre, Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos, 2018).
- BURKHARD, B.; MAES, J. (Eds.) **Mapping Ecosystem Services.** Pensoft Publishers, Sofia, 374 pp., 2017.
- CARVALHO, D.W. Os serviços ecossistêmicos como medidas estruturais para prevenção dos desastres. Revista de Informação Legislativa. Ano 52, Número 206, abr./jun. 2015
- CASTRO, Kássia Batista de. Segurança hídrica urbana: morfologia urbana e indicadores de serviços ecossistêmicos, estudo de caso do Distrito Federal, Brasil. 2017. 204 f., il. Tese (Doutorado em Geociências Aplicadas) - Universidade de Brasília, Brasília, 2017.
- CHELOTTI, G. B. Mapeamento de uso do solo da bacia hidrográfica do Alto Descoberto, no Distrito Federal, por meio de classificação orientada a objetos com base em imagem do

- satélite Landsat 8 e softwares livres. **R. bras. Geom.**, Curitiba, v. 5, n. 1, p. 172-185, abr/jun. 2017.
- COELHO, E.; SILVA, A.J.P. Manejo, eficiência e uso da água em sistemas de irrigação. Documentos, Embrapa Mandioca e Fruticultura. Cruz das Almas. 2013, 23p.
- COELHO E.F.; FILHO M.A.C.; OLIVEIRA S.L. Agricultura irrigada: eficiência de irrigação e de uso de água. **Bahia Agrícola**, v. 7, n. 1, pg. 57-60, set. 2005.
- COHEN, J. (1960) A coefficient of agreement for nominal scales. **Educational and Psychological Measurement** 20, 37-46.
- CONGALTON, R.; GREEN, K. (2008) Assessing the Accuracy of Remotely Sensed Data: Principles and Practices. Second Edition, CRC Press, Boca Raton.
- COSTANZA R., D'ARGE R., DE GROOT R., FARBER S., GRASSO M., HANNON B. [et al.] (1997). The value of the world's ecosystem services and natural capital. **Nature** 387 (6630): 253-260.
- COSTANZA, R.; DE GROOT, R.; BRAAT, L.; KUBISZEWSKI, I.; FIORAMONTI, L.; PAUL SUTTON, P.; FARBER, S. GRASSO, M. Twenty years of ecosystem services: how far have we come and how far do we still need to go? **Ecosystem Services**, 28 (2017), pp. 1-16.
- CONGALTON, R. G.; GREEN, K. Assessing the accuracy of remotely sensed data: principles and applications. Lewis Publishers, Boca Raton, 2008.
- DAILY, G. C. **Nature's services: societal dependence on natural ecosystems**. Washington, DC: Island Press, 392 p., 1997.
- DALY, H.E., FARLEY, J. **Ecological economics: Principles and applications**. Washington, DC.: Island Press, 2004.
- DEMESTIHAS, C., PLÉNET, D., GÉNARD, M., RAYNAL, C., LESCOURRET, F., 2017. Ecosystem services in orchards. A review. **Agronomy for Sustainable Development** 37, 12.
- DE GROOT, R.S., WILSON, M.A. BOUMANS, R.M.J. A typology for the classification, description, and valuation of ecosystem functions, goods and services. **Ecological Economics** v. 41, 393-408, 2002.

- EGOH, B.; REYERS, B.; ROUGET, M.; RICHARDSON, D.M.; LE MAITRE, D.C.; VAN JAARSVELD, A.S. 2008. Mapping ecosystem services for planning and management. **Agriculture, Ecosystems and Environment** 127 (2008) 135–140
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Avaliação e desenvolvimento de tecnologias para racionalização do uso de água em fruteiras tropicais e hortaliças irrigadas nas regiões do Semiárido, Tabuleiros Costeiros e Cerrado. Projetos, Embrapa Hortaliças, 2010.
- EMPRESA DE ASSISTÊNCIA TÉCNICA E EXTENSÃO RURAL – EMATER-DF. Informações Agropecuárias do Distrito Federal, 2016. Brasília, 20 p. 2017. Disponível em: <http://www.emater.df.gov.br> (acesso em março de 2018).
- EPA. 2009. Valuing the protection of ecological systems and services: A report of the EPA Science Advisory Committee. **United States Environmental Protection Agency**, Washington, DC.
- EPA .US Environmental Protection Agency, 2015. National Ecosystem Services Classification System (NESCS): Framework Design and Policy Application. US Environmental Protection Agency, Washington, DC.
- FERERES, E.; SORIANO, M. A. Deficit irrigation for reducing agricultural water use. **Journal of Experimental Botany**, Volume 58, Issue 2, 1 January 2007, Pages 147–159.
- 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 f., il. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos) - Universidade de Brasília, Brasília, 2014.
- FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO. Déficit habitacional no Brasil 2015. Estatística & Informações, n. 6. Belo Horizonte, 2018. 78 p.
- GOEDERT, W.J. Região dos Cerrados: Potencial Agrícola. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, 24(1):1-17, jan. 1989.
- GOVERNO DO DISTRITO FEDERAL – GDF. Plano diretor de ordenamento territorial do Distrito Federal. Brasília-DF, 2007.
- GOVERNO DO DISTRITO FEDERAL – GDF. Plano Integrado de Enfrentamento à Crise Hídrica. Brasília-DF, 91 p., 2017.

- HACKBART, Vivian Cristina dos Santos. A conservação de corredores fluviais e suas microbacias hidrográficas garantem a disponibilidade de serviços ecossistêmicos? Dissertação (Mestrado). Faculdade de Engenharia Civil. Arquitetura e Urbanismo/UNICAMP. Campinas, SP. 2012.
- HAINES-YOUNG, R., POTSCHIN, M., 2013. Common International Classification of Ecosystem Services (CICES): Consultation on Version 4, August-December 2012. European Environment Agency, Copenhagen.
- HUETING, R., REIJNDERS, L., de BOER, B., LAMBOOY, J., JANSEN, H. The concept of environmental function and its valuation. **Ecological Economics** 25, 31-35, 1998.
- INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE – ICMBio. Plano de Manejo da APA Bacia do Rio Descoberto. Ministério do Meio Ambiente, Brasília-DF, 313p. 2014.
- JESUS, F. L. F.; NASCIMENTO, J. G.; COELHO, R. D.; DUARTE, S. N.; MENDONÇA, F. C. WATER USE IN IRRIGATED AGRICULTURE: AN APPROACH TO WATER PRODUCTIVITY IN DRIP AND SPRINKLER SYSTEMS. **Rev. Bras. Agric. Irr.** Fortaleza, Edição Especial, IV INOVAGRI International Meeting, p. 1677 - 1684, 2017
- KONGYAN, Y. Water-saving farming technologies. New AG International, Middlesex, p. 46-53, 2005.
- LAMONT JUNIOR, W. J.; ORZOLEK, M. D.; HARPER, J. K.; JARRETT, A. R.; GREASER, G. L. Drip irrigation for vegetable production. The Pennsylvania State University, 2007. Disponível em: <https://extension.psu.edu/drip-irrigation-for-vegetable-production>. Acesso em: 02 out 2018.
- LANDERS, D., NAHLIK, A., 2013. Final Ecosystem Goods and Services Classification System (FEGS-CS). Environmental Protection Agency, Washington, DC, U.S.
- LANDIS, R.; KOCH, G. G. The measurement of observer agreement for categorical data. **Biometrics**, Texas, v.33, n.1, p.159-74, 1977.
- LIMA, J. E. F. W.; FERREIRA, R. S. A.; CHRISTOFIDIS, D. O uso da irrigação no Brasil. In: FREITAS, M. A. V. (Ed.). O estado das águas no Brasil - 1999: perspectivas de gestão e informação de recursos hídricos. Brasília, DF: Aneel: OMM: SRH-MMA, 1999. p. 73-82.

- LIMA, J.E.F.W., AQUINO, F.G., CHAVES, T.A., LORZ, C. Development of a spatially explicit approach for mapping ecosystem services in the Brazilian Savanna – MapES. **Ecological Indicators**, 82 (2017) 513–525.
- MAES J., TELLER A., ERHARD M. [et al.] (2013). Mapping and Assessment of Ecosystems and their Services. An analytical framework for ecosystem assessments under action 5 of the EU biodiversity strategy to 2020. Publications Office of the European Union, Luxembourg.
- MAES, J., LIQUETE, C., TELLER, A., ERHARD, M., PARACCHINI, M. L., BARREDO, J., et al. An indicator framework for assessing ecosystem services in support of the EU Biodiversity Strategy to 2020. **Ecosystem Services**, 17, 14–23, 2016.
- MALEK, Ž.; VERBURG P. H. Adaptation of land management in the Mediterranean under scenarios of irrigation water use and availability. **Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change** 23 (9):1-17, 2017.
- MANTOVANI, E. C.; BERNARDO, S.; PALARETTI, L. F. Irrigação: princípios e práticas. Viçosa: UFV, 2006. 318 p.
- MENEZES, Paulo Henrique Bretanha Junker. Avaliação do efeito das ações antrópicas no processo de escoamento superficial e assoreamento na bacia do Lago Paranoá. 2010. ix, 123 f., il. Dissertação (Mestrado em Geociências Aplicadas)-Universidade de Brasília, Brasília, 2010.
- MENU, H. & MARINOZZI, G. **Análise-Diagnóstico dos Sistemas de Produção Irrigados no Município de Petrolina-PE**. FAO-ONU/INCRA. Versão preliminar, novembro 1997.
- MAROUELLI, W. A.; ABDALLA, R. P.; MADEIRA, N. R.; Irrigação de cebola em sistema de plantio direto. **Revista de Plantio Direto**, Passo Fundo, v. 17, n. 105, p. 7-9, 2008b.
- MAROUELLI, W. A.; ABDALLA, R. P.; MADEIRA, N. R. Irrigação de repolho em sistema de plantio direto. **Revista de Plantio Direto**, Passo Fundo, v. 19, n. 112, p. 32-34, 2009.
- MAROUELLI, W.A.; SILVA, W.L.C. Seleção de Sistemas de Irrigação para Hortaliças. Brasília: Embrapa. 2011. 22p
- MAROUELLI, W. A.; OLIVEIRA, A. S.; COELHO, E. F.; NOGUEIRA, L. C.; SOUSA, V. F. Manejo da água de irrigação. In: SOUSA, V. F.; MAROUELLI, W. A.; COELHO, E. F.; PINTO, J. M.; COELHO FILHO, M. A. (Org.). Irrigação e fertirrigação em fruteiras e hortaliças. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2011.

- MATOS, J. A.; DANTAS NETO, J.; AZEVEDO, C. A. V.; AZEVEDO, H. M. Avaliação da distribuição de água de um microaspersor autocompensante. **Revista Irriga**, Botucatu, v.4, n.3, p. 168-174, 1999.
- MCDONOUGH, K., HUTCHINSON, S., MOORE T., HUTCHINSON, J.M.S. Analysis of publication trends in ecosystem services research. **Ecosystem Services** 25 (2017) 82–88.
- MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT (MEA). 2005. Ecosystems and Human Well-Being: Synthesis. Island Press.
- MONONEN, L.; VIHervaara, P.; REPO, T.; KORHONEN, K.T.; IHALAINEN, A.; TIMO KUMPULA, T. Comparative study on biophysical ecosystem service mapping methods — a test case of carbon stocks in Finnish Forest Lapland. **Ecological Indicators**, Volume 73, February 2017, Pages 544-553.
- NICHOLSON, E.; MACE, G. M.; ARMSWORTH, P. R.; ATKINSON, G.; BUCKLE, S.; CLEMENTS, T.; EWERS, R. M.; FA, J. E.; GARDNER, T. A.; GIBBONS, J.; GRENYER, R.; MOURATO, S.; MUÛLS, M. OSBORN, D.; REUMAN, D. C.; WATSON, C.; MILNER-GULLAND, E. J. Priority research areas for ecosystem services in a changing world. **Journal of Applied Ecology**, Oxford, v. 46, n. 6, p. 1365-2664, 2009.
- NUNES, J. F. O modelo LUCIS e o planejamento territorial da bacia do Alto Rio Descoberto. Dissertação (Mestrado em Geociências) - Universidade de Brasília, Brasília, 123 f. 2014.
- NUNES, J. F & ROIG, H. L. Análise do uso e ocupação do solo da Bacia do Alto do Descoberto DF/GO através de uma classificação automática baseada em lógica nebulosa. **Revista Árvore**, v.39, n. 1, p. 25-36, 2015.
- NUNES, J. F & ROIG, H. L. Modelagem dos conflitos de uso e ocupação do solo como ferramenta para o planejamento territorial: O caso da Bacia do Alto Curso do Rio Descoberto DF/GO. **Revista Brasileira de Cartografia**, Rio de Janeiro, No 68/7, p. 1285-1301, 2016.
- PALHARES, J. C. P.; GEBLER, L. (Ed.). Gestão ambiental na agropecuária. Brasília, DF: **Embrapa**, 2014. v. 2, cap. 11, p. 413-456. 2014.
- PASSO, D. Identificação de Alvos Urbanos em Imagens de Alta Resolução Espacial – Uma Aplicação com as Imagens do Satélite WORLDVIEW II. Dissertação de Mestrado. IG/UnB. 2013. 122p.

- PERRY, C. Accounting for water use: Terminology and implications for saving water and increasing production. **Agricultural Water Management**, v. 98, n. 12, p. 1840-1846, 2011.
- PGIRH – Plano de Gerenciamento Integrado de Recursos Hídricos do Distrito Federal Caderno Distrital de Recursos Hídricos. Elaborado para: Secretaria de Infra-Estrutura e Obras – SEINFRA – DF, Brasília – Distrito Federal, 101 p., 2005.
- PRIMAVESI, A. Manejo ecológico do solo. 18 ed. São Paulo: Nobel, 2006.
- SILVA, M. J.; SATO, M.T. Territórios em tensão: o mapeamento dos conflitos socioambientais do Estado de Mato Grosso - Brasil. *Ambiente & Sociedade*. São Paulo v. XV, n. 1 p. 1 -28 jan.-abr. 2012
- RABE, S.E.; KOELLNER, T.; MARZELLI, S.; SCHUMACHER, P.; GRÊT-REGAMEY, A. National ecosystem services mapping at multiple scales—the German exemplar. **Ecological Indicators** 70:357–372, 2016.
- REATTO, A., MARTINS, E. S., SPERA, S. T., CARVALHO JR., O. A., GUIMARÃES, R., FARIAS, M. F. R., & SILVA, A. V. de. Relação entre as Classes de Solos e as principais fitofisionomias do Alto do Descoberto, Distrito Federal e Goiás. Planaltina, DF: **Embrapa Cerrados**, 2003.
- RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T. Fitofisionomias do bioma Cerrado. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P. (ed.). **Cerrado: ambiente e flora**. Brasília, Embrapa Cerrados, 1998. P.87-166.
- RODRIGUES, A. (2015) – Quantificação, valoração e mapeamento de serviços de ecossistema na bacia superior do Rio Sabor (concelho de Bragança). Dissertação de Mestrado em Gestão de Recursos Florestais. Instituto Politécnico de Bragança, Escola Superior Agrária, Bragança.
- ROSEGRANT, M. W.; CAI, X.; CLINE, S. A. Global water outlook to 2025: averting an impending crisis. Washington, DC: International Food Policy Research Institute: International Water Management Institute, 2002. 28 p.
- SILVA, Priscilla Regina da. Criação de metodologia para caracterização ambiental de imóveis rurais da APA do rio Descoberto no DF com a aplicação das feições necessárias para a inscrição no CAR. 2015. Monografia. (Especialização em Geoprocessamento) - Universidade de Brasília.

- TESTEZLAF, R. Irrigação: Métodos, Sistemas e Aplicações. 1. ed. Campinas, SP: Faculdade de Engenharia Agrícola/UNICAMP 2017. 215p.
- TIVELLI, SW; PURQUERIO, LFV; KANO, C. 2010. Adubação verde e plantio direto em hortaliças. **Pesquisa & Tecnologia** 7: 1-8.
- TOSTO, Sérgio Gomes. Sustentabilidade e valoração de serviços ecossistêmicos no espaço rural do município de Araras, SP. Tese UNICAMP. Campinas, SP: [s.n.], 2010
- TROY, A.; WILSON, M. A. 2006. Mapping ecosystem services: Practical challenges and opportunities in linking GIS and value transfer. **Ecological Economics**, Volume 60, Issue 4, 1 February 2007, Pages 852-853.
- VEIGA NETO, F. C. D. A construção dos mercados de serviços ambientais e suas implicações para o desenvolvimento sustentável no Brasil. 208f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Instituto de Ciências Humanas e Sociais, Seropédica. 2008.
- UNESCO. Vegetação no Distrito Federal: tempo e espaço (2nd ed., p. 80). Brasília, 2002.
- ZEE – ZONEAMENTO ECOLÓGICO-ECONÔMICO DO DISTRITO FEDERAL. 2018. Documentos Técnicos (ZEE-DF). Brasília, DF. Disponível em: <http://www.zee.df.gov.br/documentos-tecnicos-do-zee-df/>. Acesso em: 02 out 2018.