

DESENVOLVIMENTO DE UM PROCEDIMENTO PARA AVALIAÇÃO DE
SUPERFÍCIES IRRIGADAS POR MEIO DE IMAGENS DE SATÉLITE PARA
FISCALIZAÇÃO DE OUTORGA

GREISON SANTOS PEREIRA

Dissertação de Mestrado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos
Departamento de Engenharia Civil e Ambiental

FACULDADE DE TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL

DESENVOLVIMENTO DE UM PROCEDIMENTO PARA AVALIAÇÃO DE
SUPERFÍCIES IRRIGADAS POR MEIO DE IMAGENS DE SATÉLITE PARA
FISCALIZAÇÃO DE OUTORGA

GREISON SANTOS PEREIRA

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO SUBMETIDA AO DEPARTAMENTO DE
ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL DA FACULDADE DE TECNOLOGIA DA
UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS
PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM TECNOLOGIA AMBIENTAL E
RECURSOS HÍDRICOS

BRASÍLIA/ DF, JUNHO – 2017

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL

DESENVOLVIMENTO DE UM PROCEDIMENTO PARA AVALIAÇÃO DE
SUPERFÍCIES IRRIGADAS POR MEIO DE IMAGENS DE SATÉLITE PARA
FISCALIZAÇÃO DE OUTORGA

GREISON SANTOS PEREIRA

ORIENTADOR: OSCAR DE MORAES CORDEIRO NETTO
COORIENTADORA: CONCEIÇÃO DE MARIA ALBUQUERQUE ALVES

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM TECNOLOGIA AMBIENTAL E RECURSOS
HÍDRICOS

PUBLICAÇÃO: PTARH.DM – 199/2017

BRASÍLIA/ DF, JUNHO - 2017

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL

DESENVOLVIMENTO DE UM PROCEDIMENTO PARA AVALIAÇÃO DE
SUPERFÍCIES IRRIGADAS POR MEIO DE IMAGENS DE SATÉLITE PARA
FISCALIZAÇÃO DE OUTORGA

GREISON SANTOS PEREIRA

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO SUBMETIDA AO DEPARTAMENTO DE
ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL DA FACULDADE DE TECNOLOGIA DA
UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS
PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM TECNOLOGIA AMBIENTAL E
RECURSOS HÍDRICOS

APROVADA POR:

PROFº. OSCAR DE MORAES CORDEIRO NETTO, Doutor (Enc-UnB).
(Orientador)

PROFº. RICARDO TEZINI MINOTI, Doutor (Enc-UnB).
(Examinador Interno)

PROFº. JORGE ENOCH FURQUIM WERNECK LIMA, Doutor (EMBRAPA)
(Examinador Externo)

BRASÍLIA/ DF, JUNHO - 2017

FICHA CATALOGRÁFICA

PEREIRA, GREISON

Desenvolvimento de Um Procedimento para Avaliação de Superfícies Irrigadas por Meio de Imagens de Satélite para Fiscalização de Outorga.

Xvi, **90p.** 210 x 297 mm (ENC/FT/UnB, Mestre, Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos, 2017).

Dissertação de Mestrado – Universidade de Brasília. Faculdade de Tecnologia. Departamento de Engenharia Civil e Ambiental.

- | | |
|---------------------------------|---|
| 1. Outorga de Recursos Hídricos | 4. Fiscalização do Uso de Recursos Hídricos |
| 2. Imagens de Satélite | 5. Procedimento de Apoio à Gestão |
| 3. Irrigação em Estiagem | |

I. ENC/FT/UnB

II. Título (Série)

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

PEREIRA, G. S (2017). *Desenvolvimento de Um Procedimento para Avaliação de Superfícies Irrigadas por Meio de Imagens de Satélite para Fiscalização de Outorga*. Dissertação de Mestrado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos, Publicação PTARH.DM – 199/2017, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, (90p).

CESSÃO DE DIREITOS

AUTOR: Greison Santos Pereira

TÍTULO: DESENVOLVIMENTO DE UM PROCEDIMENTO PARA AVALIAÇÃO DE SUPERFÍCIES IRRIGADAS POR MEIO DE IMAGENS DE SATÉLITE PARA FISCALIZAÇÃO DE OUTORGA

GRAU: Mestre

ANO: 2017

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 outros direitos de publicação e nenhuma parte desta dissertação de mestrado pode ser reproduzida sem autorização por escrito do autor

Greison Santos Pereira

greisonsantos.ufba@gmail.com

Dedico
ao Deus, autor da vida,
e aos meus pais, Renivaldo e Eliana,
amor que não se mede.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao Deus todo-poderoso, cuja misericórdia e graça me alcançaram, tornando-me um novo ser, que age buscando sua inspiração e auxílio, muito obrigado por dar novo sentido à minha vida, com seu sacrifício na cruz.

Aos meus amados pais, Renivaldo Alves Pereira e Eliana Vieira dos Santos, meus exemplos de luta e perseverança, mesmo com a vida difícil.

Aos amigos da comunidade Boas Novas, em especial, Gilliard Nunes, Luis Carvalho, Gustavo Tavares e João Ítalo, pelo apoio e pelas longas conversas e conselhos.

Ao professor Oscar de Moraes Cordeiro Netto, meu orientador, pela confiança depositada e pelas produtivas discussões. Também, à professora Conceição de Maria Albuquerque Alves, minha coorientadora, pelo apoio e por estar sempre à disposição.

Ao professor Ricardo Tezini Minoti e ao doutorando em Ciências Agrárias, Manuel Pereira de Oliveira Junior, por contribuírem com suas experiências, me auxiliando na elaboração desta pesquisa.

À ADASA, pela disponibilização de dados, aqui representada por Rafael Machado Mello e Welber Ferreira Alves.

Aos amigos de moradia, Renei Rocha Carvalho, Fernanda Lemos da Silva, Angélica Souza de Barros e Gabriel Campos Vieira (membro honorário), pelo seu companheirismo.

À professora Yovanka Pérez, que sempre nos conquista com a sua simpatia e prestatividade.

Ao CNPq, pela concessão da bolsa de mestrado.

Ao PTARH e a todos que direta ou indiretamente contribuíram para a realização desta pesquisa.

Um forte abraço, fiquem com Deus.

RESUMO

O presente trabalho teve por objetivo o desenvolvimento de um procedimento que possa auxiliar os órgãos gestores de recursos hídricos em relação à fiscalização de outorgas emitidas. O procedimento teve aplicação na sub-bacia do ribeirão Extrema, localizada na bacia hidrográfica do rio Preto – Distrito Federal. Para composição da base de dados, foram utilizadas imagens digitais provenientes do satélite LANDSAT 8 referentes a 2015, contemplando estações de chuvas e o período de seca, para análise comparativa em regiões com intensa agricultura irrigada. Este também foi composto pelas seguintes informações fornecidas pela ADASA - Agência Reguladora de Águas, Energia e Saneamento do Distrito Federal, órgão gestor de recursos hídricos no DF: coordenadas de referência do produtor, a vazão outorgada, tipo e finalidade do uso. O processamento das imagens de satélite foi realizado com auxílio do software ENVI 4.4, utilizando as composições coloridas 652 (identificação de áreas verdes) e 543 (infravermelho), para identificação visual do estado das culturas em época de seca, como, também, a aplicação do NDVI (Índice de Vegetação por Diferença Normalizada), e o comparativo das curvas espectrais das imagens de satélite para avaliação quantitativa, identificando, assim, quanto ao estresse hídrico, culturas irrigadas em pleno vigor no período de seca, passando, então, a analisar o cadastro de outorgas. Dois produtores, usuários de pivôs centrais, tiveram suas áreas irrigadas mensuradas (com auxílio das imagens de satélite), sendo 32,87 ha para produtor P1 e 53,06 ha para o produtor P2. Como no cadastro de outorga, não constavam os tipos de cultura para os produtores, foram simulados, respectivamente, os ciclos de cultura praticados na região da bacia hidrográfica do rio Preto (ciclo 1: soja, trigo e feijão para P1 e ciclo 2: milho, trigo e feijão para P2). Essas simulações levaram a maiores estimativas de áreas passíveis de irrigação (Api), calculadas com base na vazão outorgada para os respectivos produtores, e as demandas hídricas relativas às culturas mencionadas. Verificou-se que em junho (para ciclo 1), apresentou-se o valor de Api de 11,10 ha (maior área na época de seca) e, para o mesmo mês, para ciclo 2, uma Api de 13,95 ha, ambos os valores inferiores aos valores estimados por imagem de satélite. Sendo assim, seria emitido o indicativo de fiscalização prioritário para o órgão gestor de recursos hídricos, que deveria intensificar o monitoramento nas áreas estudadas. O procedimento proposto mostrou-se, assim, pertinente para auxílio à ação de fiscalização de pleitos de outorgas emitidas, quando aplicado em regiões com intenso uso de água para irrigação.

PALAVRAS-CHAVE: Imagens de satélite, outorga de água, ENVI, fiscalização.

ABSTRACT

The objective of the present work was the development of a procedure that to assist the water resource management agencies in relation to the control of the water grants. The procedure was applied on sub-basin stream Extrema, located in the river basin of the Rio Preto - Federal District. For the composition of the database, were used digital images from the LANDSAT 8 satellite for 2015, considering rainy season and drought, for comparative analysis in regions with intense irrigated agriculture. This was also made up of the following information provided by ADASA – Regulatory Agency of Water, Energy and Sanitation of Federal District, water resources management body in DF: location coordinates, water flow' grant, kind and purposed of use. The processing of digital images was realized in software ENVI version 4.4, to make color compositions 652 (identifying green area) and 543 (infrared) to identify qualitatively the state of crops on drought, furthermore had applied the NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) and the comparative between spectral curves of satellite images to asses quantitative, identifying healthy irrigated crops on critical season to water resources, starting to analyze the register of the water grants. Two farmers, central pivot users, had their irrigated area mensurated by satellite images, 32,873 ha to farmer P1 and 53,055 ha to farmer P2, as in the register didn't include the types of crops for the producers, then were simulated cycles practiced on watershed of river Preto (cycle1: soy, wheat and bean to farmer P1 and cycle2: corn, wheat and bean to farmer P2). These simulations lead greater estimation the irrigable areas expected, computed with farmers' water flow' grant and water demand of crops mentioned. Was verificated to june, to cycle1, show 11,10 ha (largest area on drought) and to july, cycle2, with 13,95 ha, both values are lower than those estimated by the satellite images. Therefore, would be issued the urgent inspection indicator for the water resources manager is issued, which should intensify monitoring in the areas studied. The proposed procedure was therefore relevant to guide the supervision of use water grant' registration, when applied in regions with intense use of water for irrigation.

KEYWORDS: Satellite images, water grant, ENVI, inspection.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	iii
LISTA DE FIGURAS	iv
LISTA DE ABREVIATURAS	vi
1 - INTRODUÇÃO	1
2 - OBJETIVOS	4
2.1 - OBJETIVO GERAL	4
2.2 - OBJETIVOS ESPECÍFICOS	4
3 - MARCO CONCEITUAL E REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	5
3.1 - GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS E OUTORGA	5
3.1.1 - Usos de Recursos Hídricos e Instrumentos de Gestão	5
3.1.2 - Outorga de Uso dos Recursos Hídricos	8
3.1.2.1 - Outorga no Distrito Federal	9
3.1.2.2 - Solicitação de Outorga na ADASA	10
3.1.3 - Fiscalização do Uso de Recursos Hídricos	13
3.2 - IRRIGAÇÃO E RECURSOS HÍDRICOS	16
3.2.1 - Agricultura Irrigada no Brasil	16
3.2.2 - Classificação Quanto ao Período e Sistema de Irrigação	18
3.2.3 - Irrigação no Distrito Federal	19
3.3 – CONFLITOS PELO USO DA ÁGUA NO DF	20
3.4 - GEOPROCESSAMENTO E RECURSOS HÍDRICOS	21
3.4.1 - Geoprocessamento e SIG	21
3.4.2 - Aquisição de Imagens	23
3.4.3 - Comportamento Espectral	24

3.4.4 - Processamento Digital de Imagens (PDI)	26
3.4.5 - Aplicações em Recursos Hídricos	27
4 – METODOLOGIA	32
4.1 - LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO E AQUISIÇÃO DE DADOS	32
4.1.1 - Imagens Digitais	33
4.1.2 - Aquisição das Imagens de Satélite	33
4.1.3 - Processamento das Imagens Adquiridas	34
4.2 - DESENVOLVIMENTO DO PROCEDIMENTO	35
4.2.1 - Identificar Áreas Verdes na Estiagem	36
4.2.2 - Aplicar NDVI	37
4.2.3 - Verificar Cadastro de Outorga	38
4.2.4 – Indicativos de Fiscalização	39
5 – CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	40
6 – RESULTADOS E DISCUSSÃO	45
6.1- ANÁLISE DAS COMPOSIÇÕES COLORIDAS	45
6.2 - ANÁLISE NDVI E CURVAS ESPECTRAIS	51
6.3 - ANÁLISE DO CADASTRO DE OUTORGAS	55
6.4 – AVALIAÇÃO DA APLICAÇÃO DO PROCEDIMENTO	57
7 – CONCLUSÕES	61
8 – RECOMENDAÇÕES	62
REFERÊNCIAS	63
ANEXOS	71

LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1 – Estimativa média diária de água para consumo humano (per capita)	13
Tabela 3.2 – Consumo médio diário de água – Aspersão/ Pivô Central	20
Tabela 3.3 – Bandas LANDSAT 8	24
Tabela 3.4 – NDVI em outros estudos	30
Tabela 3.5 – Aplicações de Geotecnologias	31
Tabela 6.1 – NDVI em outros estudos	55
Tabela 6.2 – Cálculo de Api – Ciclo 1 – Produtor P1	56
Tabela 6.3 – Cálculo de Api – Ciclo 2 – Produtor P2	57
Tabela 6.4 – Avaliação do Procedimento	59

LISTA DE FIGURAS

Figura 3.1 - Demanda consuntiva total (estimada e consumida) no Brasil (m ³ /s)	17
Figura 3.2 - Comportamento espectral da vegetação	25
Figura 3.3 - Efeito de diferentes pigmentos na reflectância da folha	26
Figura 3.4 - Padrão de colheita no distrito de Muzaffarpur na Índia	29
Figura 4.1 - Diagrama de desenvolvimento da pesquisa	32
Figura 4.2 – Processamento das imagens de satélite no software ENVI 4.4	35
Figura 5.1 - Bacia Hidrográfica do Rio Preto (DF)	40
Figura 5.2 – Uso e ocupação do solo no ribeirão Extrema em 2017	41
Figura 5.3 - Principais tipos de cultura na BHRP na área do DF	42
Figura 5.4 – Hidrografia do ribeirão Extrema	42
Figura 5.5 – Dados de pluviometria (2009-2012) para o ribeirão Extrema	43
Figura 5.6 – Dados de pluviometria (2013-2016) para o ribeirão Extrema	43
Figura 6.1 – Diagrama do procedimento de auxílio à fiscalização	45
Figura 6.2 - Composição colorida 652 para o ribeirão Extrema em março de 2015	46
Figura 6.3 - Composição colorida 534 para o ribeirão Extrema em março de 2015	46
Figura 6.4 - Interferência de nuvens impossibilitando o uso das imagens	47
Figura 6.5 – Composição colorida 652 para o ribeirão Extrema em agosto de 2015	47
Figura 6.6 – Composição colorida 534 para o ribeirão Extrema em agosto de 2015	48
Figura 6.7 – Área de verificação dentro do ribeirão Extrema	49
Figura 6.8 – Comparativo de áreas irrigadas para a área de verificação (composição 652)	50
Figura 6.9 – Comparativo do estado da vegetação para a área de verificação	

(composição 543)	50
Figura 6.10 – Aplicação NDVI na área de verificação	51
Figura 6.11 – Comparativo NDVI aplicado na área de verificação	52
Figura 6.12 – Pontos para análise das curvas espectrais	53
Figura 6.13 – Curvas espectrais para A1 em três meses de 2015	54
Figura 6.14 – Curvas espectrais para B1 em três meses de 2015	54
Figura 6.15 – Áreas irrigadas de análise	57
Figura 6.16 – Sugestão de complemento ao procedimento	60

LISTA DE ABREVIATURAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

Ai – Área Irrigada

ADASA – Agência Reguladora de Águas, Energia e Saneamento do Distrito Federal.

ANA – Agência Nacional de Águas

APA – Área de Proteção Permanente

Api – Área Passível de Irrigação

a.v. – Área de Verificação

BHRP – Bacia Hidrográfica do Rio Preto

CAESB – Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal

CNRH – Conselho Nacional de Recursos Hídricos

CRH – DF – Conselho de Recursos Hídricos do Distrito Federal

DF – Distrito Federal

ENVI – Environment for Visualizing Images

EVI - Enhanced Vegetation Index

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

GO – Goiás

MMA – Ministério do Meio Ambiente

NDVI – Índice de Vegetação por Diferença Normalizada

NOAA – The National Oceanic and Atmospheric Administration

PAF – Plano de Atendimento à Fiscalização

PDI – Processamento Digital de Imagens de Satélite

PGIRH – Plano de Gerenciamento Integrado de Recursos Hídricos do Distrito Federal

PNRH – Política Nacional de Recursos Hídricos

Q7,10 – Vazão Medida 7 dias Com Período de Retorno de 10 anos

Q90 – Vazão Com Frequência Igual a 90% da Curva de Permanência

R.E. – Sub-Bacia Ribeirão Extrema

SEDUMA – Secretaria de Estado de Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente

SIG – Sistema de Informação Geográfica

SINGREH – Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos

SIRH/DF – Sistema de Informações de Recursos Hídricos do Distrito Federal

USGS – United State Geological Survey

VHI – Índice de Saúde da Vegetação

1 - INTRODUÇÃO

A água é um bem natural e de suma importância para a manutenção da vida no planeta. Essa vem sendo utilizada para diversas finalidades desde o princípio das civilizações, tais como abastecimento humano, dessedentação de animais, navegação e irrigação, sendo que, posteriormente, foram agregados usos como abastecimento industrial, geração de energia, entre outros.

O inciso quarto do artigo primeiro da Lei Federal nº 9.433/97 - Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), menciona que a gestão de recursos hídricos deve proporcionar o uso múltiplo da água de modo equilibrado, considerando a preservação tanto da quantidade, como da qualidade do recurso hídrico disponível. Logo, o uso dos mananciais requer um planejamento que avalie as consequências de cada atividade antrópica, buscando assim a menor interferência possível nas características naturais do meio.

A PNRH prevê, em seu artigo visésimo, o uso de outorga como instrumento de gestão na regulação do uso da água como bem econômico. Entretanto, Azevedo *et al.* (2003) ressaltam a dificuldade em implementá-la, pois sua complexidade advém da própria natureza dos recursos hídricos (dados hidrológicos e atributos múltiplos) e do contexto no qual se insere seu gerenciamento, envolvendo interesses e conflitos entre distintos atores, desde órgãos públicos gestores até usuários finais da água.

Se os usuários de recursos hídricos de uma bacia hidrográfica derivarem água em quantidade maior do que a outorgada, em atividades como irrigação, por exemplo, ou a utilizarem sem o devido registro, podem interferir na disponibilidade de água para outros usos, como o abastecimento humano, considerado prioridade, conforme a PNRH.

Em épocas de estiagem, aumenta-se a preocupação quanto ao uso irregular da água, devido ao rebaixamento do nível dos mananciais, o que pode ser agravado caso haja um período de seca de maior duração, ocasionando, assim, o conflito entre os usos na bacia hidrográfica, deixando-a em situação de alerta.

Outros problemas comuns aos órgãos gestores de recursos hídricos são: identificar abertura irregular de poços para uso nas propriedades, presença de culturas irrigadas não declaradas e o uso de água além do outorgado, necessitando, assim, de maior investimento em mecanismos de fiscalização, com estratégias que visem a direcionar o trabalho de

monitoramento de usos e a organizar as equipes em campo, para que possam agir de maneira mais eficiente aonde houver maior necessidade.

Diversas técnicas e equipamentos na área de recursos hídricos auxiliam os gestores no processo de tomada de decisão, dentre as quais pode-se destacar o uso de geotecnologias como geoprocessamento e sensoriamento remoto, que utilizam o imageamento da superfície terrestre, resultando em imagens digitais de alta resolução, que estão sendo cada vez mais inseridas em pesquisas e trabalhos técnicos em diversas áreas.

Campos *et al.* (2004) definem o geoprocessamento e o sensoriamento remoto como constituintes de técnicas fundamentais para manutenção de registros do uso da terra ao longo do tempo, sendo as imagens de satélite úteis em mostrar mudanças ocorridas na paisagem de uma região em um dado período, registrando a cobertura vegetal em cada momento.

No que tange ao uso da água pela irrigação, as geotecnologias podem fornecer, entre outras análises, a avaliação da expansão de áreas de irrigação, o estado da cultura irrigada e, em muitos casos, a natureza dos sistemas de irrigação. Para Silveira *et al.* (2013), o uso de informações geográficas na agricultura traz a possibilidade da criação de um eficiente banco de dados e documentos cartográficos, que, de forma prática e menos onerosa, geram mapas temáticos que permitem a análise sob diferentes perspectivas sobre determinado assunto. Logo, seus resultados podem incrementar a base de conhecimento em discussões sobre o planejamento integrado do uso de recursos hídricos em uma dada bacia hidrográfica.

O conhecimento das áreas de agricultura irrigada e sua distribuição geográfica no Brasil, é de fundamental importância para o planejamento da gestão de recursos hídricos do país, onde é amplamente utilizada e também caracterizada como a atividade de maior consumo de recurso hídricos (Brasil, 2015). A evolução da área irrigada, de acordo com o método de irrigação, possibilita identificar o uso de tecnologias de uso mais racional da água (Paulino *et al.*, 2011).

Segundo Sano *et al.* (2005), a prática intensa de irrigação por meio de sistemas de pivô-central, como na região Centro-Oeste do Brasil, se desenvolve devido à facilidade operacional, alta adaptabilidade a diferentes condições de solo e topografia, além da pequena demanda por mão-de-obra. Contudo, na região também é praticado o sistema de irrigação por micro-aspersão, no qual, se procura irrigar apenas a região das raízes das plantas, na busca por economia de água e menor custo de operação do sistema.

Alves *et. al.* (2013) relembram que os rios do DF situam-se em região de cabeceira e, por consequência, apresentam baixas vazões, característica acentuada no período de seca. Os autores apontam que 65% das sub-bacias do DF encontram-se com algum problema em relação à disponibilidade hídrica, sendo que, em 2013, seis sub-bacias demonstravam estar em situação crítica e outras vinte apresentavam-se em situação de alerta. Esse cenário se tornaria pior em 2016, que devido a um período de rebaixamento dos principais mananciais destinados a abastecimento humano na região, a CAESB (Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal) necessitou realizar um racionamento em Brasília e em todas as regiões administrativas do Distrito Federal, que perdura até 2017. A constatação das condições das bacias hidrográficas da região, traz a necessidade de se investir em novos estudos voltados ao planejamento do uso da água, bem como a adoção de medidas de fiscalização para se evitar a ocorrência de um cenário mais crítico para anos próximos.

Diante do exposto, sob o contexto de outorga e os conflitos pelo uso da água, surge a oportunidade de desenvolvimento desta pesquisa, que busca a elaboração de um procedimento que avalie a contribuição das geotecnologias ao processo de fiscalização do uso da água, com verificação da efetividade da outorga. O estudo irá utilizar análise de imagens de satélite e consulta a banco de dados sobre agricultores irrigantes mantido pelo órgão gestor de recursos hídricos. Para teste desse procedimento, trabalhou-se com o Distrito Federal, a partir de dados fornecido pela ADASA - Agência Reguladora de Águas, Energia e Saneamento do Distrito Federal, com aplicação inicial à sub-bacia do ribeirão Extrema, pertencente à bacia hidrográfica do rio Preto – DF, que possui considerável presença de agricultores irrigantes, com uso de pivôs centrais.

O desenvolvimento do procedimento de auxílio à fiscalização de outorgas, pode proporcionar a identificação de usos não cadastrados, assim como a identificação da retirada de água em excesso e sem permissão por parte do órgão gestor, tornando-se um procedimento prático e que possibilite apoio ao processo de tomada de decisão e gerenciamento de recursos hídricos, principalmente para o período de estiagem.

2 - OBJETIVOS

2.1 - OBJETIVO GERAL

O objetivo geral desta pesquisa é desenvolver um procedimento para auxílio na fiscalização do uso da água em superfícies irrigadas, com base em processamento digital de imagens de satélite e de consulta a dados cadastrais sobre outorga.

2.2 - OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Avaliar o estado das plantações, quanto ao estresse hídrico em diferentes períodos do ano, por meio de análise de imagens de satélite;
- Avaliar, a partir de imagens de satélite, dados de outorga e estimativa de áreas irrigadas, eventuais discrepâncias entre o uso outorgado e o identificado nas imagens de satélite;

3 - MARCO CONCEITUAL E REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo, faz-se uma abordagem buscando contextualizar a gestão de recursos hídricos e os instrumentos de gestão. Será dado maior ênfase à outorga de uso dos recursos hídricos, que foi o principal instrumento de gestão estudado no contexto desta pesquisa.

Na sequência, discute-se a importância da agricultura irrigada no Brasil, identificando os diferentes tipos de práticas agrícolas na irrigação da região Centro-Oeste, bem como considerações sobre épocas de plantio. Na sequência, apresenta-se um breve panorama dos conflitos pelo uso da água na região.

O último tópico deste capítulo traz os conceitos de geoprocessamento e sensoriamento remoto, formas de aquisição e interpretação de dados, além de análise das principais aplicações em análises ambientais relacionadas com o desenvolvimento do procedimento de fiscalização.

3.1 - GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS E OUTORGA

3.1.1 - Usos de Recursos Hídricos e Instrumentos de Gestão

De acordo com Pereira e Medeiros (2009), o pleno funcionamento dos processos de gestão depende da implantação de três engrenagens: as políticas públicas, as leis regulamentadoras e as instituições, todas auxiliadas pela participação popular como ferramenta de conciliação e mediação desse três elementos, isto é, o planejamento das políticas públicas, a formulação das leis regulamentadoras e o funcionamento das instituições deve ser submetido a um intenso controle social.

Torna-se necessário adotar uma abordagem integrada que harmonize o meio físico e os recursos naturais com o meio socioeconômico, de maneira a permitir uma exploração ordenada e autossustentável dos recursos disponíveis (Peixinho, 2010).

Quanto à escassez de recursos naturais, principalmente das águas, foram temas abordados em grandes eventos como a Conferência de Estocolmo em 1972, da Rio 92 com elaboração da Agenda 21, da Rio+10 em Durban (2002), a COP 15 (15ª Conferência das Partes) organizada pela ONU em Copenhague (2009) e a Rio+20 em 2012, todas sob o enfoque do desenvolvimento sustentável e do uso racional dos recursos naturais.

Cabe ressaltar que os usos da água se dividem em consuntivos, referentes à retirada de água de sua fonte natural, reduzindo, assim, sua disponibilidade, como no consumo humano e irrigação, e o uso não consuntivo, no qual não se reduz a disponibilidade, mas pode retornar à água com alguma modificação em seu padrão, como a navegação, recreação, hidroeletricidade, etc. (Brambilla *et al.*, 2015).

No que tange aos recursos hídricos, sua gestão no Brasil deve ser vislumbrada como fundamental na regulamentação de atividades que envolvam os mananciais, que, para Tundisi (2008), acentua a importância de uma abordagem sistêmica, integrada e preditiva na gestão das águas, com uma ação descentralizada para a bacia hidrográfica.

Tundisi (2008) destaca, ainda, no amplo contexto social, econômico e ambiental, alguns dos principais problemas e processos quanto à gestão de recursos hídricos:

- Intensa urbanização, o que pode ampliar a descarga de poluentes nos recursos hídricos, além de apresentar grandes demandas de água para abastecimento e desenvolvimento econômico e social.
- Estresse e escassez de água em muitas regiões do planeta em razão das alterações na disponibilidade hídrica.
- Mudanças globais com eventos hidrológicos extremos (chuvas intensas ou longos períodos de estiagem), aumentando a vulnerabilidade da população humana e comprometimento da segurança alimentar.

A soma desses problemas associada à falta de gestão ou gerenciamento eficiente poderá apresentar efeitos em escala local ou regional, pois há diversos usos para os quais a água é a principal fonte, como abastecimento humano ou irrigação.

Segundo Camelo *et al.* (2013), a alteração do uso e manejo do solo em bacias hidrográficas pode prejudicar o fornecimento dos serviços ambientais, principalmente hidrológicos. Em seu estudo na bacia do ribeirão Pípiripau, situada no nordeste do Distrito Federal, os autores constataram, que, até então, a presença de áreas com agricultura (43% da área total da bacia) e com pastagens (28%), era, em grande parte, responsável pelo assoreamento do ribeirão Pípiripau, pois raramente as práticas conservacionistas eram adotadas nas propriedades.

Nesse sentido, é crescente a discussão sobre a melhor forma de gerenciar e controlar o uso da água para atender aos seus mais diferentes fins, porém, garantindo a sustentabilidade e a preservação do meio ambiente para as gerações presentes e futuras (Vilas Boas *et al.*, 2013).

A Lei Federal nº 9.433/97 – Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), também conhecida como Lei das Águas, institui diretrizes para disciplinar o uso da água no Brasil, bem como criou o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH), mostrando aperfeiçoamento em relação ao Código de Águas de 1934 – Decreto nº 24.643, que visava a permitir ao poder público controlar e incentivar o aproveitamento e o uso racional das águas (Brasil, 2013).

A PNRH abrange programas de estudo para o setor de água estabelecidos pela Agenda 21 (Rio 92), que enfocam desenvolvimento, manejo integrado e de recursos hídricos, proteção da qualidade da água e dos ecossistemas aquáticos, abastecimento de água potável e saneamento, desenvolvimento urbano sustentável, água para produção sustentável de alimentos e desenvolvimento rural, etc.

A água é considerada como um recurso finito pela PNRH, havendo a necessidade de definir regras para assegurar a eficiência no uso, sem comprometer o equilíbrio na distribuição para os mais variados usuários. Para Almeida *et al.* (2011), a implementação dessa lei é um desafio, pois introduz mecanismos de democracia participativa em sistema administrativo baseado na democracia representativa e conduz a percepção da água como recurso finito, dotado de valor econômico.

Como auxílio ao gerenciamento de recursos hídricos, a PNRH definiu os seguintes instrumentos de gestão: (1) os planos de recursos hídricos; (2) o enquadramento dos corpos d'água em classes; (3) a outorga do direito de uso da água, (4) a cobrança pelo uso da água e (5) sistemas de informações sobre recursos hídricos.

Rebouças *et al.* (2006) ressaltam que o uso desses instrumentos de gestão, os quais são fortemente interdependentes e complementares do ponto de vista conceitual, demandam não somente capacidades técnicas, políticas e institucionais, mas requerem, também, tempo para sua definição e operacionalização, pois sua implantação é, antes de tudo, um processo organizativo social que demanda a participação e a aceitação dos atores envolvidos, dentro da compreensão de que haverá um benefício coletivo global.

Esta pesquisa dará ênfase ao uso da outorga de direito pelo uso da água, que será melhor abordada no próximo item.

3.1.2 - Outorga de Uso dos Recursos Hídricos

Segundo a PNRH, a outorga de uso dos recursos hídricos concede o direito ao usuário pelo órgão gestor para o uso da água (esta é dividida segundo “quotas” de uso), considerando o balanço entre a disponibilidade e a demanda, assim como aspectos de qualidade da água.

Para Brasil (2013), é também de responsabilidade do poder público assegurar o uso racional e eficiente das águas, para os diversos usos a que se destinam, compatibilizando as demandas às disponibilidades hídricas nas respectivas bacias hidrográficas.

No artigo décimo segundo da Lei da PNRH, mostra-se quais atividades estão sujeitas à outorga pelo Poder Público, sendo:

I – Derivação ou captação de parcela da água existente em um corpo de água para consumo final, inclusive abastecimento público, ou insumo de processo produtivo;

II – Extração de água de aquífero subterrâneo para consumo final ou insumo de processo produtivo;

III – Lançamento de esgotos e demais resíduos líquidos ou gasosos, tratados ou não, em mananciais, com o fim de sua diluição, transporte ou disposição final;

IV – Aproveitamento dos potenciais hidrelétricos;

V – Outros usos que alterem o regime, a quantidade ou a qualidade da água existente em um corpo de água.

Ressaltando a importância dos outros instrumentos de gestão mencionados no item anterior, o artigo décimo terceiro da Lei da PNRH, estabelece que toda outorga estará condicionada às prioridades de uso estabelecidas nos Planos de Recursos Hídricos e deverá respeitar a classe em que o corpo de água estiver enquadrado, assim como a manutenção de condições adequadas à transporte aquaviário, quando for o caso.

Pabón *et al.* (2015) ressaltam que, mesmo sendo um instrumento eficiente, a outorga ainda apresenta alguns desafios a serem vencidos, seja nos aspectos teóricos e de concepção, seja aspectos de operacionalização dos sistemas de outorga, podendo-se citar: a inexistência

de dados fluviométricos em muitas bacias, desconhecimento sobre usuários e respectivas demandas, dificuldades na definição dos sistemas de outorga dos recursos subterrâneos, falta de metodologias que integrem aspectos qualitativos e quantitativos, dificuldades na definição da vazão máxima outorgável, entre outros.

A Lei Federal nº 9.984/00 – cria a Agência Nacional de Águas (ANA), além de estabelecer a competência relativa à emissão de outorgas de direito de uso de recursos hídricos em corpos de água de domínio da União, para a ANA, entidade federal que regula e implementa a PNRH, além de ser coordenadora do SINGREH, órgão criado com os objetivos de coordenar a gestão integrada das águas, planejar e regular a preservação e recuperação dos recursos hídricos (Pereira e Cordeiro Netto, 2013).

Para atender aos seguintes fundamentos da PNRH: (1) de que a bacia hidrográfica é a unidade territorial para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e (2) de que a gestão dos recursos hídricos deve ser descentralizada, o instrumento de outorga, para ser efetivo, deve-se pressupor uma necessária articulação entre as ações da ANA e as dos órgãos gestores estaduais e distritais (Pereira e Cordeiro Netto, 2013).

No artigo décimo quarto da Lei da PNRH, define-se que a outorga efetivar-se-á por ato da autoridade competente do Poder Executivo Federal, dos Estados ou do Distrito Federal. O parágrafo primeiro menciona que o Poder Executivo Federal poderá delegar aos Estados e ao Distrito Federal, competência para conceder outorga de direito de uso de recurso hídrico de domínio da União. A partir de 2004, a ADASA - Agência Reguladora de Águas, Energia e Saneamento Básico do Distrito Federal, passou a regular e implementar a gestão de águas no Distrito Federal. Como esta pesquisa busca desenvolver um procedimento para auxiliar a fiscalização da outorga de direito, com um primeiro teste e aplicação no DF, julgou-se necessário descrever brevemente a atuação desse órgão gestor.

3.1.2.1 – Outorga no Distrito Federal

A ADASA, inicialmente denominada Agência Reguladora de Águas e Saneamento do Distrito Federal, quando criada pela Lei Distrital nº 3.365, de 16 de julho de 2004, então vinculada à Secretaria de Estado de Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente – SEDUMA, passou a se chamar Agência Reguladora de Águas, Energia e Saneamento Básico do Distrito Federal pela Lei Distrital nº 4.285, de 26 de dezembro de 2008.

No artigo segundo da referida lei, é definida sua ação institucional de regulação dos usos das águas e dos serviços públicos do DF, com o intuito de promover a gestão sustentável dos recursos hídricos. Em parágrafo único, é mencionado que, no caso de uso de recursos hídricos, a regulação compreende, especialmente, as atividades de outorga, fiscalização, ouvidoria, dirimição de conflitos e sanção administrativa, pois, ainda não está implementado o uso de cobrança de recursos hídricos.

Para Castro *et al.* (2011), a descentralização de atividades por parte do poder público, permite agilizar os processos de regulação, fiscalização, mediação e outorgas de bens públicos. De fato, muitos órgãos ambientais apresentam infraestrutura precária e pouco corpo técnico qualificado, resultando em atrasos nas análises de processos.

3.1.2.2 – Solicitação de Outorga na ADASA

O cadastramento para uso de outorga para recursos hídricos deverá ser realizado de acordo com a Resolução 004/ADASA, de 12 de maio de 2010, que institui o cadastro eletrônico dos usuários de recursos hídricos em corpos de água de domínio do Distrito Federal e em corpos de água delegados pela União e Estados.

Segundo o artigo primeiro, o cadastro eletrônico para pessoa física, jurídica, de direito público ou privado e usuários de recursos hídricos, deverá ser instituído no Sistema de Informações de Recursos Hídricos do Distrito Federal – SIRH/DF, organizado e implantado pela ADASA, que disponibilizará seus dados e informações aos órgãos e entidades gestoras integrantes do Sistema. É destinado a usos que decorrerão de quaisquer atividades, empreendimentos ou intervenções que alterem o regime ou a quantidade ou a qualidade de um corpo de água, como previsto no artigo segundo.

A Resolução 350/ADASA, de 23 de julho de 2006, estabelece, em seu artigo quinto, que, prévia e obrigatoriamente, diversas atividades necessitarão de cadastro para outorga do direito de uso. Como exemplo, o inciso primeiro se refere a: derivação ou captação de parcela da água existente em um corpo de água para consumo final, inclusive abastecimento público, abastecimento animal, irrigação, indústria, mineração, navegação e outros, ou insumo de processo produtivo.

O artigo sexto se refere à necessidade de registro dos seguintes usos de águas superficiais, considerados insignificantes:

I – As derivações e captações de águas superficiais individuais até 1 l/s (um litro por segundo), desde que o somatório dos usos individuais no trecho ou na unidade hidrográfica de gerenciamento não exceda 20% (vinte por cento) da vazão outorgável;

II – As acumulações de água com volume máximo de até 86.400 l (oitenta e seis mil e quatrocentos litros).

Para os usos de águas superficiais, ficam estabelecidos, para o somatório das vazões a serem outorgadas em mesmo curso d'água, os seguintes limites máximos extraídos do artigo sétimo:

I – Até 80% (oitenta por cento) das vazões de referência Q_{7,10}, Q₉₀, ou Q(média das mínimas mensais), quando não houver barramento;

II – Até 80% (oitenta por cento) das vazões regularizadas, dos lagos naturais ou de barramentos implantados em mananciais perenes.

Sendo a Q_{7,10}, definida como vazão mínima média de 7 dias subsequentes e estimada para um período de retorno de 10 anos, enquanto a Q₉₀ é definida como a vazão com frequência igual a 90 % da curva de permanência de vazões, ou seja, o percentual em que esta é igualada ou superada.

Os limites máximos estabelecidos nos incisos primeiro e segundo são referentes ao ponto da bacia sobre o qual incide(m) o(s) pedidos(s) de outorga, podendo a ADASA/DF alterar o nível de garantia de manutenção da disponibilidade de qualquer corpo hídrico, objetivando compatibilizar interesses ambientais, usos primaciais ou trecho de gerenciamento.

No artigo sétimo, ainda consta que fica limitado a um único usuário, uma vazão de 20% (vinte por cento) da vazão total outorgável do trecho de curso d'água, considerado para cálculo da disponibilidade hídrica. Para atender a usos prioritários, coletivos ou em razão do número de usuários e disponibilidade hídrica, poderá ser ampliado o limite de 20%.

É reiterado que o outorgado deverá responsabilizar-se pelo padrão de qualidade e, se pertinente, pelo padrão de potabilidade da água, para cada uso pretendido, providenciando, junto aos órgãos competentes, as autorizações e certificações quanto à qualidade exigida para cada uso.

Quanto à outorga para uso de águas subterrâneas, a referida lei cita, em seu artigo oitavo, que a extração de água de aquífero para consumo final ou insumo de processo produtivo, deverá ser por meio de:

I – Poço tubular;

II – Poços manuais com vazão de uso da água superior a 5 m³/dia;

O artigo nono, refere-se à necessidade de registro também para os usos considerados como insignificantes:

I – Poços manuais com vazão de uso da água menor ou igual a 5 m³/dia;

II – Os poços incluídos em pesquisa, com caráter exclusivo de estudo;

O projeto, a construção e o ensaio de bombeamento para liberação da captação subterrânea, devem obedecer às normas técnicas da ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas (artigo décimo), além de que o aquífero deve apresentar certificado de qualidade da água, contendo análises de cor, turbidez, pH, sólidos totais dissolvidos, alcalinidade total, dureza total, DQO, nitrato, amônia, ferro, cloretos, manganês, condutividade elétrica, bactéria do grupo coliforme total e termotolerante como referido no artigo décimo primeiro e seguindo o padrão da Resolução CONAMA N°396/2008 – Classificação e Diretrizes Ambientais para O Enquadramento das Águas Subterrâneas. Em anexos, constam os documentos emitidos pela ADASA para cadastramento de novos usuários.

De acordo com o inciso primeiro do artigo terceiro da Resolução 350/2006 (citada no item anterior), a outorga não implica a alienação das águas, que são inalienáveis, mas o simples direito de seu uso. As modalidades de outorga, sempre previamente ao uso, previstas no artigo quarto, são:

I – Outorga prévia: aplicada ao uso de águas superficiais quando for necessária a reserva de volume de água durante a implantação do projeto, pelo prazo de até 05 (cinco) anos, e ao uso de águas subterrâneas para perfuração de poço tubular, pelo prazo de até 01 (um) ano, renováveis, a critério da ADASA/DF sem, no entanto, conferir direito de uso do recurso hídrico;

II – Outorga do direito de uso dos recursos hídricos: aplicada ao uso de água superficial e subterrânea, pelo prazo de até 25 (vinte e cinco) anos à concessionária de serviço público de saneamento básico, e pelo prazo de até 10 (dez) anos a todos os demais usuários, renováveis, a critério da ADASA/DF;

III – Reserva de disponibilidade hídrica: aplicada ao processo de concessão e autorização do setor elétrico, pelo prazo compatível com o porte do empreendimento;

IV – Outorga de lançamento de efluentes: com especificações de qualidade para o efluente final de acordo com cada atividade para enquadramento nas características naturais do corpo hídrico receptor.

A Resolução nº 02/ADASA, de 11 de outubro de 2006, estabelece valores de referência para outorga de uso de recursos hídricos em corpos de água de domínio do DF, sendo esses definidos com base no consumo médio por finalidade de uso, devendo cada usuário que solicita a outorga, apresentar justificativa de demanda de água necessária, independentemente dos valores fixados para consumo.

No artigo quarto, é mencionado que os casos omissos serão analisados e decididos pela ADASA, levando sempre em consideração o princípio da conservação e da racionalidade dos usos dos recursos hídricos.

A Tabela 3.1, extraída da referida lei, mostra o consumo per capita de água para zonas urbana e rural no DF:

Tabela 3.1 – Estimativa média diária de água para consumo humano (per capita)
(ADASA, 2006)

Consumo Humano - litros/dia	
Área Urbana	Área Rural
110 - 600	100-120

3.1.3 - Fiscalização do Uso Recursos Hídricos

Em função da escassez de recursos hídricos e como complemento ao gerenciamento das atividades que envolvem o uso dos mesmos, deve-se prever a fiscalização dos usos outorgados por parte dos órgãos gestores. Várias técnicas podem ser usadas na fiscalização:

modelagem hidrológica, avaliação da qualidade da água em pontos estratégicos, medição da vazão, monitoramento por imagens de satélite, cadastro de usuários, etc.

No Brasil, quanto à outorga de direito de uso de recursos hídricos, de acordo com o artigo décimo quinto da PNRH, esta poderá ser suspensa, parcial ou totalmente, em definitivo ou por prazo determinado, nas seguintes circunstâncias:

I – Não cumprimento pelo outorgado dos termos da outorga;

II – Ausência de uso por três anos consecutivos;

III – Necessidade premente de água para atender a situações de calamidade, inclusive as decorrentes de condições climáticas adversas;

IV – Necessidade de se prevenir ou reverter grave degradação ambiental;

V – Necessidade de se atender a usos prioritários, de interesse coletivo, para os quais não se disponha de fontes alternativas;

VI – Necessidade de serem mantidas as características de navegabilidade do corpo de água.

Fica a critério do gestor estadual ou distrital de recursos hídricos ser mais restritivo que as leis federais, procurando equalizar as ações em suas bacias hidrográficas com a disponibilidade hídrica.

No DF, a ADASA dispõe do inciso vigésimo sétimo do artigo segundo, da Resolução/ADASA nº 163, de 19 de Maio de 2006, que define, como infração, a irregularidade cometida por usuário dos recursos hídricos, pelo seu uso em desacordo com a legislação vigente e superveniente, com as condições estabelecidas no termo de outorga, ou pelo uso dos recursos hídricos sem a devida autorização. Ressalta-se que a fiscalização poderá ser realizada com ou sem a presença do usuário.

Os documentos específicos de fiscalização previstos no artigo sétimo, são:

I – Relatório de Vistoria e Fiscalização;

II – Termo de Notificação;

III – Termo de Compromisso e Ajuste de Conduta;

IV – Auto de Infração, para aplicação das penalidades de:

- a) advertência;
- b) multa;
- c) embargo por prazo determinado;
- d) embargo definitivo, com revogação da outorga, se for o caso.

Havendo infração e emitido um dos documentos citados, o usuário terá 10 (dez) dias, contados a partir da ciência do documento, para apresentar manifestação sobre o conteúdo do Termo de Notificação, como expresso no artigo nono. De acordo com a referida lei, decorrido esse prazo, uma cópia do Termo de Notificação, acompanhada do Relatório de Vistoria e Fiscalização e da eventual manifestação do usuário, será encaminhada às demais Superintendências envolvidas para conhecimento e análise. Sendo que a Superintendência de Fiscalização de Recursos Hídricos tomará a decisão, no prazo de 45 (quarenta e cinco) dias, a respeito da manifestação, e dará conhecimento ao usuário.

No artigo décimo terceiro, consta que, por infração a qualquer disposição legal ou regulamentar referente à execução de obras e serviços hidráulicos, derivação, lançamento ou utilização de domínio ou administração do Distrito Federal, ou pelo não atendimento de exigências a eles relativos, o usuário ficará sujeito à imposição de quaisquer das seguintes penalidades, independentemente de sua ordem de enumeração:

I – Advertência, por escrito, na qual ficarão estabelecidos prazos para correção das irregularidades;

II – Multa, proporcional à gravidade da infração;

a) nas infrações leves, de R\$ 100,00 (cem reais) a R\$ 10.000,00 (dez mil reais);

b) nas infrações graves, de R\$ 10.001,00 (dez mil e um reais) a R\$ 100.000,00 (cem mil reais);

c) nas infrações muito graves, de R\$ 100.001,00 (cem mil e um reais) a R\$ 1.000.000,00 (um milhão de reais);

d) nas infrações gravíssimas, de R\$ 1.000.001,00 (um milhão e um reais) a R\$ 100.000.000,00 (cem milhões de reais);

III – Embargo por prazo determinado, para fins de execução de serviços e obras necessárias ao efetivo cumprimento das condições de outorga ou para o cumprimento de normas referentes ao uso, controle, conservação e proteção dos recursos hídricos;

IV – Embargo definitivo, com revogação da outorga, se for o caso, para cessação imediata da atividade ilícita e, se for o caso, para reposição incontinenti, ao estado anterior dos recursos hídricos, leitos, margens ou, ainda, lacrando ou tamponado os poços de extração de águas subterrâneas.

Como auxílio à fiscalização de recursos hídricos, a ADASA criou o PAF – Plano de Atendimento à Fiscalização, que funciona como um canal de comunicação entre usuários e a agência reguladora, podendo-se tirar dúvidas ou efetuar denúncias.

3.2 - IRRIGAÇÃO E RECURSOS HÍDRICOS

3.2.1 - Agricultura Irrigada no Brasil

O Brasil possui uma superfície territorial de 851 milhões de hectares, e que em 2009, cerca de 29% dessa superfície já era explorada com agropecuária, ou seja, 249 milhões de hectares, dos quais 77 milhões com lavouras e 172 milhões com pastagens (Brasil, 2009).

Se o produtor possuir boas condições de investimento financeiro e tecnológico, a agricultura irrigada poderá tornar-se um tipo de atividade rentável, sendo imprescindível que se tenham adequados recursos naturais disponíveis para tanto. Caracteriza-se, também, como essencial para geração de alimentos no país, sendo a atividade que deriva maior vazão de mananciais, cerca de 55% do total explorado no Brasil (Brasil, 2015). Portanto, requer atenção especial quanto à liberação e a continuidade de seu uso.

Em situações de escassez de recursos hídricos, deve-se controlar todos os tipos de atividades que usufruam dos mesmos. Segundo Grah *et al.* (2012), devido à preocupação mundial com a questão do gerenciamento, conservação e racionamento dos recursos hídricos, tem sido recomendado, para a maioria das culturas, o uso do método de irrigação localizada, por ser mais eficiente na aplicação de água e de fertilizantes, desde que seja possível trabalhar com o método.

Como já mencionado, no Brasil, o setor de irrigação é o que possui a maior parcela de vazão retirada (cerca de 55% do total) e a maior vazão de consumo (75%), como mostrado na Figura 3.1:

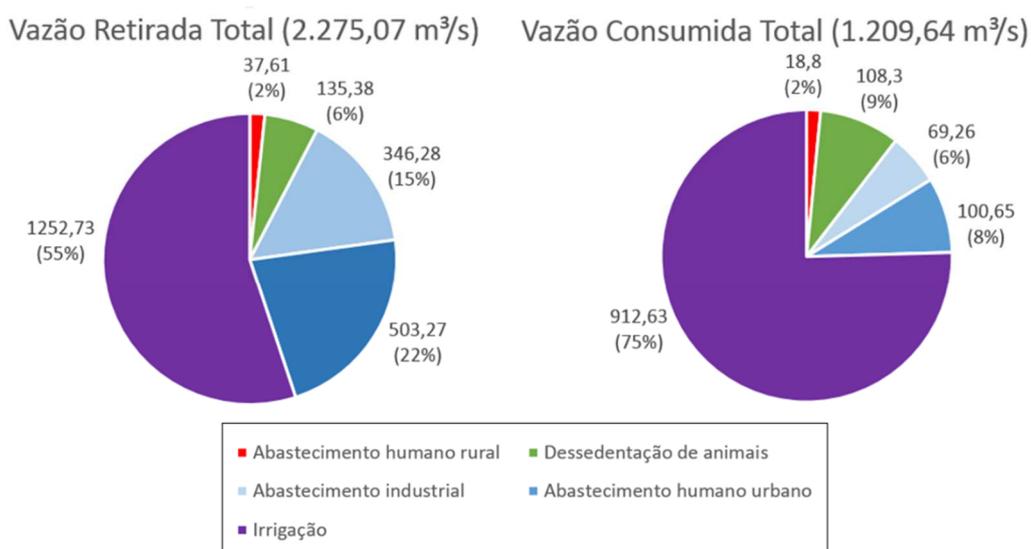


Figura 3.1 – Demanda consuntiva total (estimada e consumida) no Brasil (m³/s) (Brasil, 2015).

Devido ao volume expressivo de água utilizado para o setor de irrigação, é natural que haja intensa fiscalização da atividade por parte dos gestores de recursos hídricos. Para Silva e Cordeiro Netto (2008), o uso não controlado da quantidade de água na irrigação, ocorre devido à falta de controle quantitativo do recurso e ao uso inadequado de práticas de irrigação.

Lima *et al.* (2015) afirmam que a produção de alimentos utilizando irrigação demanda grande quantidade de água, o que pode resultar na ocorrência de conflitos entre usuários da água caso a capacidade de suporte das bacias hidrográficas não seja respeitada e o uso dessa prática não ocorra de forma planejada.

O planejamento da agricultura irrigada é indispensável, pois a otimização do uso da água e a busca de melhor rentabilidade da agricultura, devem integrar as tecnologias de irrigação com sistemas de alta eficiência e um bom manejo de irrigação, reduzindo custos e maximizando a produção (Jesus *et al.*, 2015). O uso eficiente da água na irrigação pode ser alcançado atuando-se: a) na estrutura de irrigação então existente, em termos de tipos de cultivo, sistemas de irrigação e gestão do uso de água; b) nos métodos de manejo da irrigação e c) nas técnicas que permitem aumento da eficiência do uso da água (Coelho *et al.*, 2005).

3.2.2 - Classificação Quanto ao Período e Sistema de Irrigação

São vários os métodos de irrigação disponíveis para serem adotados nos cultivos agrícolas. Entretanto, cada sistema adapta-se melhor em situações específicas, ou seja, não existe um método melhor do que outro, mas sim sistemas de irrigação que se adaptam melhor a determinadas situações (Grah *et al.*, 2012).

O método de irrigação mais utilizado, segundo a classificação do Censo Agropecuário de 2006, realizado pelo IBGE, é o de aspersão (sem considerar o pivô) com 35,3% do total, seguido pela inundação com 24,4%, pivô central com 18,9%, outros com 8,3%, localizada com 7,4% e sulco com 5,8% (Paulino *et al.*, 2011), variando de acordo com a região, clima e tipos de cultura a serem utilizados.

Quanto ao período, as culturas podem ser classificadas como temporárias, também conhecidas como anuais, que são sujeitas ao replantio após a colheita, ou seja, que devem ser plantadas todo ano, geralmente em um curto período de tempo. É o caso de espécies como soja, milho, arroz, batata, etc. Há, também, as culturas permanentes, que ficam vinculadas ao solo e propiciam mais de uma colheita ou produção, normalmente apresentam duração mínima de quatro anos, como cana-de-açúcar, cafeicultura, silvicultura, etc.

O desempenho de um sistema de irrigação influencia diretamente na produção, pois a desuniformidade da aplicação de água pode elevar o custo de produção e reduzir a produtividade da cultura (Dayube *et al.*, 2015). Por isso, o produtor deve escolher cuidadosamente o sistema de irrigação a ser adotado em sua propriedade, averiguando a quantidade de água demandada pela cultura escolhida, o quanto será oneroso implantar determinado sistema de irrigação, entre diversas outras considerações.

Dentre os sistemas de irrigação, têm-se os microaspersores que são compostos por tubulações formadas comumente com arranjos horizontais. Geralmente, busca-se molhar a região das raízes. Segundo Jesus *et al.* (2015), a avaliação da uniformidade e da eficiência de aplicação de água do sistema de irrigação por microaspersão possibilita adequar o sistema e o manejo de irrigação, contribuindo para a redução do custo de produção e para racionalização do uso da água.

Há, também, o sistema de irrigação por pivô-central, o qual apresenta uma estrutura suspensa, sendo que, em seu centro, chega uma tubulação e por meio de um sistema de

rotação, a água é aspergida por cima da plantação. Pivôs-centrais apresentam alta eficiência quando comparados com outros métodos ou sistemas de irrigação, sendo imprescindível que o sistema esteja pressurizado e que opere com boa uniformidade de aplicação (Dayube *et al.*, 2015). Porém, esse sistema apresenta maior consumo de água e energia, em comparação com o sistema de microaspersores, não sendo recomendado para regiões com pouca disponibilidade hídrica.

Para Coelho *et al.* (2005), o manejo da irrigação contempla a aplicação de água no momento correto e na quantidade demandada pela cultura para aquele determinado momento, sendo que o manejo deve ser adequado de forma a se obterem elevadas eficiências.

Logo, os produtores devem ficar atentos ao surgimento de novas tecnologias e pesquisas desenvolvidas para melhorar a eficiência dos sistemas de irrigação e, conseqüentemente em sua produção final.

3.2.3 - Irrigação no Distrito Federal

O Cerrado apresenta elevado potencial agrícola, demanda por alimentos e regime de chuvas muitas vezes bem definido, fazendo com que a prática da irrigação avance na região (Lima *et al.*, 2015). Segundo esses autores, a área irrigada por pivô-central no Cerrado cresceu a uma taxa média de 5,2% ao ano, entre 2002 e 2013.

Os agricultores irrigantes no DF, seguem o preconizado pela Resolução nº 02/2006 da ADASA, citada anteriormente, que apresenta alguns valores para orientação nas atividades agrícolas. A Tabela 3.2, a seguir, apresenta valores médios, adotados pela ADASA, para consumo de água referentes à algumas culturas praticadas na região:

Tabela 3.2 – Consumo médio diário de água – Aspersão/ Pivô Central
(ADASA, 2006)

IRRIGAÇÃO POR ASPERSÃO CONVENCIONAL/ PIVÔ CENTRAL (Estimativa de Consumo de Água em 1 ha)		
CULTURA	m³/ha.dia	l/s/ha
Abacaxi	29	0,4028
Alface/Hortelã/Paisagística	49	0,6806
Algodão	73	1,0139
Alho/Café/Tomate	44	0,6111
Banana/Batata/Cebola/Ceoura/Feijão/Soja/Sorgo	54	0,7500
Cajú/Laranja/Limão/Manga/Tangerina	36	0,5000
Chuchu/Goiaba/Graviola/Mandioca	39	0,5417
Girassol/Gramíneas/Jiló/Mamão/Maracujá/Pastagens/Trigo	48	0,6667
Milho	59	0,8194
Pepino	54	0,7500

Eficiência dos métodos de irrigação por Aspersão Convencional e Pivô Central: 80%

Consideram-se 20 horas de operação para cálculo de l/s/ha.

Após definir os conceitos de gestão de recursos hídricos e de outorga de direito, como também da importância da agricultura no país e da atuação de órgãos como a ADASA, é necessário contemplar uma análise dos conflitos pelo uso da água no Distrito Federal, tendo em vista a sua importância para o desenvolvimento desta pesquisa.

3.3 – CONFLITOS PELO USO DA ÁGUA NO DF

A região do Distrito Federal apresenta um grande crescimento populacional, a uma taxa de aproximadamente 2,2 % ao ano, que é quase duas vezes maior do que a média nacional, sendo a população estimada em 2.914.830 habitantes para o ano de 2015 (IBGE, 2016). O DF também, apresentou, ao longo dos tempos, uma forte expansão agrícola, com o uso intenso de tecnologias como o uso do plantio direto e a prática da irrigação. Esses fatores associados têm gerado conflitos e impactos relacionados aos recursos hídricos, em qualidade e quantidade (Reis e Lima, 2015).

O clima do DF e a composição da rede hidrográfica são agravantes à situação dos recursos hídricos, sendo o clima caracterizado por um período de seca prolongado, com predominância de baixos índices de umidade relativa do ar, quando se observa a redução acentuada das chuvas e o aumento do consumo de água (Silva e Neto, 2008).

Segundo Pinheiro *et al.* (2003), conflito pode ser entendido como sendo oposição de interesses, divergência natural decorrente do convívio de pessoas ou de grupos que diferem em atitudes, crenças, valores ou necessidades. Sano *et al.* (2005) afirmaram que o consumo de água para irrigação por pivô-central no Distrito Federal era menos representativo do que o consumo de água para o abastecimento humano. Entretanto, a demanda para irrigação esteve crescendo de forma mais acelerada na região, indicando tendência de alteração desse quadro.

No ano de 2008, Silva e Neto constataram que a demanda pela disponibilidade de recursos hídricos no Distrito Federal estava acentuando-se, devido ao crescimento substancial da população, superando as expectativas projetadas para o consumo do Plano Piloto e das regiões administrativas, havendo forte expansão do setor de irrigação, em termos de consumo dos recursos hídricos.

Atualmente, a demanda por recursos hídricos no DF continua aumentando, podendo o conflito por recursos hídricos ser ocasionado não somente por abastecimento humano e irrigação, mas também por demanda no setor de energia, referente ao uso em hidrelétricas (Machado e Netto, 2010) e em alguns locais há uso de água para servir à pecuária (Rocha, 2015).

Como já mencionado, o Distrito Federal passa desde meados de 2016, por um rebaixamento significativo de seus principais mananciais com destino ao abastecimento público, problema que é agravado pelo conflito entre as diversas atividades de uso de recursos hídricos na região. As medidas de racionamento de água no abastecimento fornecido pela CAESB, prejudicam a qualidade de vida dos moradores, caracterizando-se como motivação para investimento em fiscalização dos usos água.

3.4 - GEOPROCESSAMENTO E RECURSOS HÍDRICOS

3.4.1 - Geoprocessamento e SIG

A ciência sempre se baseou na observação da natureza para seus experimentos. Entretanto, nossas ações sempre causaram alterações no meio, podendo haver impacto positivo ou negativo, este último pode ser potencializado caso não haja o devido planejamento. Reis e Lima (2015) afirmam que o conhecimento sobre o uso e a cobertura do solo é fundamental para subsidiar ações relacionadas à gestão territorial e dos recursos hídricos.

Nesse contexto, surgem às geotecnologias, que englobam áreas como o Geoprocessamento, SIG (Sistema de Informação Geográfica), Cartografia Digital, Sensoriamento Remoto, entre outras, que trazem o uso de tecnologias que aceleram o processo de obtenção e armazenamento de dados, auxiliando a análise de informação.

O geoprocessamento compreende as atividades de aquisição, tratamento e análise de dados sobre a Terra. Isto envolve desde um conjunto de tecnologias para a coleta de imagens da superfície do planeta, conhecido como sensoriamento remoto, até o processamento e análise desses dados, em forma de mapas digitais, usando-se o Sistema de Informações Geográficas.

Um SIG pode ser definido como um sistema de informação baseado em computador o qual permite capturar, armazenar, manipular, analisar e exibir dados referenciados espacialmente e associados a atributos, para solução de problemas complexos.

O processo de estabelecimento do modelo de dados para o SIG deverá envolver, inicialmente, a identificação das entidades do mundo real, seguida pela definição dos respectivos atributos e, por último, o estabelecimento dos relacionamentos entre as entidades. A identificação de entidades é considerada uma das fases mais importantes num SIG e compreende a identificação da entidade física relacionada à entidade gráfica espacial que a representará na base de dados. Para efetiva implementação de um SIG, geralmente são adotadas as seguintes etapas: identificar com precisão as entidades que o mundo real modelado envolve, os seus atributos e os seus relacionamentos; implementar tabelas para cada entidade, cujos campos são seus atributos; escolher campos comuns (chaves) que permitam implementar os relacionamentos (Thiers e Meireles, 2008).

Segundo Moura *et al.* (2009), o geoprocessamento é um conjunto de métodos e técnicas que permite análise complexa de variáveis e a combinação de diferentes olhares especialistas sobre um tema. Entre as etapas componentes do geoprocessamento destaca-se a aplicação de modelos de análise espacial destinados à caracterização de ocorrências, que com o apoio do SIG podem traçar cenários, simulações de fenômenos, com base em tendências observadas ou julgamentos de condições estabelecidas. Podendo ainda oferecer recursos para processar dados da evolução temporal e espacial de um determinado tipo de fenômeno geográfico e suas inter-relações (Fernandes *et al.*, 2011).

É importante fazer distinção entre métodos de processamento e análise de dados como o geoprocessamento, e métodos de obtenção de dados como o sensoriamento remoto, que será descrito no próximo tópico.

3.4.2 - Aquisição de Imagens

O sensoriamento remoto é a tecnologia que permite obter imagens e outros tipos de dados da superfície terrestre, através da captação e do registro da energia refletida ou emitida pela superfície. Essa energia é a radiação eletromagnética, cuja fonte pode ser natural (o sol e terra) ou artificial (radar), que se move à velocidade da luz, seja em forma de ondas ou de partículas eletromagnéticas, e que não necessita de um meio natural para se propagar (Fernandes *et al.*, 2011).

As imagens geradas por sensores remotos captam de forma sequencial a intensidade média da energia eletromagnética refletida por uma área do terreno, equivalente ao tamanho do pixel (*picture element*), que são organizados em conjuntos com arranjo de forma matricial, onde cada um tem uma localização definida em um sistema de coordenadas (linha e coluna) representadas por “x” e “y” (Cemin, 2009).

Com o desenvolvimento das técnicas de sensoriamento remoto foi possível dar um grande salto nos estudos dessas análises espaciais, principalmente pela maneira de obtenção dos dados que dispensa contato físico entre o sensor e o local (Leite *et al.*, 2010).

A coleta de imagens é realizada por satélites enviados à atmosfera terrestre, alguns exemplos são os satélites estadunidenses IKONOS e LANDSAT 8, sendo que as imagens deste último são disponibilizadas gratuitamente.

Em operação desde 2013, o LANDSAT 8 apresenta bandas multiespectrais (coloridas) em 16 bits com resolução espacial (capacidade do sensor em distinguir objetos) de 30 metros e uma banda PANCROMÁTICA (tons de cinza) de 15 metros, totalizando 11 bandas com comprimentos de onda que variam de 0,43 a 12,51 micrômetros como ilustrado na Tabela 3.3. A periodicidade com que o satélite passa em determinado local (resolução temporal), para o LANDSAT 8 é de 16 dias (Santos, 2013).

Tabela 3.3 – Bandas LANDSAT 8
(Santos, 2013).

Banda	Intervalo do comprimento de onda (μm)	Resposta Espectral	Aplicações
1	0,43-0,45	Aerosóis costeiros	Estudos de águas costeiras, discriminação solo/vegetação, identificação de objetos artificiais
2	0,45-0,51	Azul	Discriminação da vegetação saudável/não saudável, identificação de objetos artificiais.
3	0,53-0,59	Verde	Identificação de espécies vegetais, identificação de objetos artificiais.
4	0,64-0,67	Vermelho	Monitoramento da umidade do solo, monitoramento de formações vegetais, identificação de corpos d'água
5	0,85-0,88	Infravermelho Próximo	Monitoramento do conteúdo da umidade na vegetação
6	1,57-1,65	Infravermelho de Ondas Curtas	Temperatura superficial, monitoramento de stress na vegetação, diferenciação de nuvens, monitoramento vulcânico
7	2,11-2,29	Infravermelho de Ondas Curtas	Discriminação de minerais e rochas, conteúdo de umidade na vegetação.
8	0,50-0,68	Pancromática	Banda com resolução espacial de 15 metros
9	1,36-1,38	Cirrus	Útil para a detecção de nuvens
10	10,60-11,19	Infravermelho Termal	Fornecimento de temperaturas de superfície
11	11,50-12,51	Infravermelho Termal	Fornecimento de temperaturas de superfície

3.4.3 – Comportamento Espectral

A radiação solar interage de três modos diferentes ao incidir sobre a planta: (a) parte dela é absorvida pelos pigmentos contidos na folha; (b) parte é refletida pelas folhas e por fim, (c) pode ser transmitida pelos constituintes da folha, tais como cutícula, o parênquima lacunoso e o paliçádico, sendo que é na parte absorvida que os sensores têm maior capacidade de registrar informações (Cemin, 2009).

A Figura 3.2 mostra o comportamento típico de reflectância de vegetação verde, identificando as regiões de resposta de maior significância:

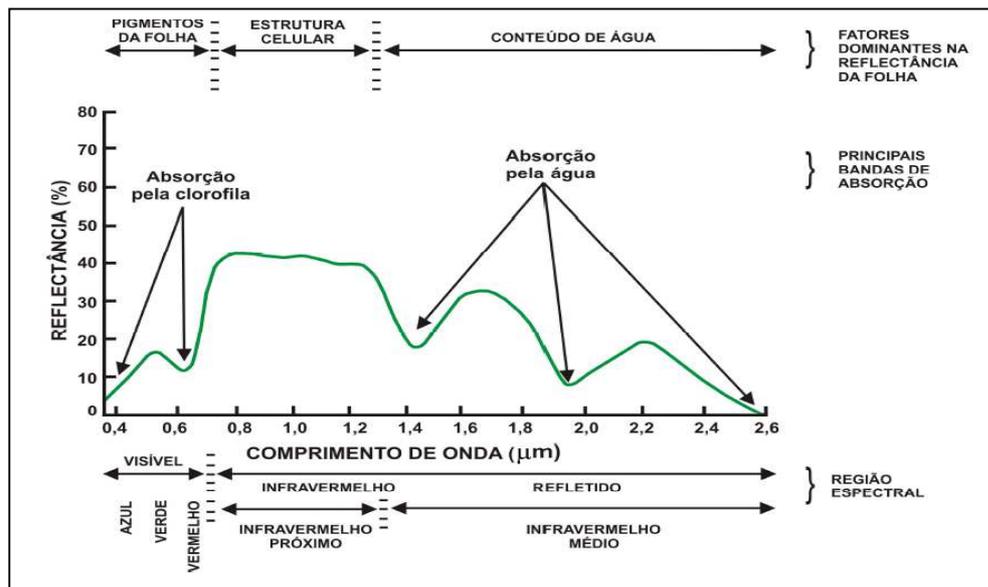


Figura 3.2 – Comportamento espectral da vegetação

(Cemin, 2009)

Na região do visível (de aproximadamente 0,4 a 0,7 μm), os pigmentos nas folhas dominam a reflectância espectral. Estes pigmentos, geralmente encontrados nos cloroplastos são: clorofila (pigmento verde), caroteno (amarelo) e xantofila ou antocianina (vermelho). Na porção do espectro visível é possível observar que na região do azul, a energia absorvida por todos os pigmentos (próximo a 0,445 μm), mas somente a clorofila absorve na região do vermelho (0,645 μm) – havendo pouca transmissão e pouca reflexão (Papa, 2009). A maioria das plantas é moderadamente transparente na região do verde, apresentando um pico de reflectância em 0,54 μm , o que é responsável pela coloração verde da maioria das folhas (Cemin, 2009; Papa, 2009).

A Figura 3.3 ilustra os efeitos dos diferentes pigmentos na curva de reflectância espectral da folha. A clorofila normalmente mascara os pigmentos amarelo e vermelho, porém, durante o processo de senescência ou de estresse, a clorofila geralmente desaparece, possibilitando a dominância dos outros pigmentos, causando tons amarelados às folhas (Cemin, 2009).

Na região do infravermelho próximo (IV) - (0,7 a 1,3 μm) a absorção é quase zero, enquanto a reflectância e transmitância são altas (Papa, 2009), devido à estrutura interna das folhas, desta maneira, a medida que aumenta a quantidade de vegetação, a reflexão na banda do infravermelho próximo aumenta e a reflexão na banda do vermelho (V) diminui, fazendo com que o aumento da razão entre as bandas IV/V seja potencializado, realçando a

vegetação, podendo servir como um tipo de indicador do estado de saúde da mesma, este assunto será melhor discutido no item 3.4.5 – Aplicações em Recursos Hídricos.

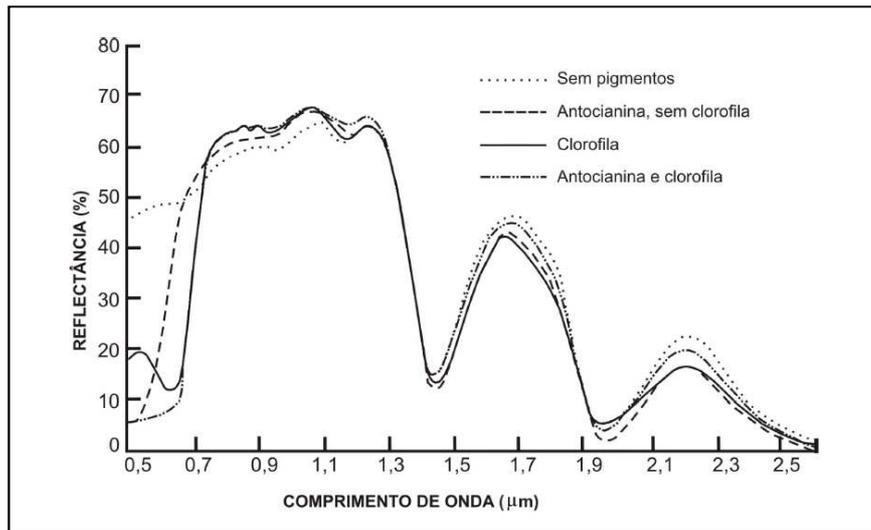


Figura 3.3 - Efeito de diferentes pigmentos na reflectância da folha (Cemin, 2009)

Na região do infravermelho médio ou de ondas curtas (1,3 a 2,6 μm), ocorre uma forte absorção determinada pela água que absorve consideravelmente a REM incidente. As feições de absorção provenientes de proteínas, ligninas e celulose aparecem apenas no espectro de folhas secas, devido à redução das feições de absorção da água que mascaram essas feições em folhas verdes. Desta forma, a assinatura espectral das folhas verdes e saudáveis na região do visível é dominada pelos pigmentos (clorofila e carotenoides) enquanto que, no infravermelho de ondas curtas é dominada pela água, de modo que quando a folha entra em processo de senescência ou stress, apresentando redução no teor de clorofilas, a intensidade das bandas de absorção entre 0,45 a 0,65 μm reduz e ocorre um aumento simultâneo da reflectância. Essas modificações não são devidas apenas a redução das feições de absorção da água, mas também às alterações estruturais que ocorrem na folha quando esta perde umidade (Cemin, 2009; Papa, 2009).

3.4.4 - Processamento Digital de Imagens (PDI)

As imagens geradas pelos sensores remotos podem apresentar degradações radiométricas, devido a interferência de componentes atmosféricos como o vapor d'água, erros de transmissão dos dados, desajuste na calibração dos detetores, distorções geométricas, etc. Necessitando de tratamento digital, requerido de acordo com a finalidade para a qual a imagem será destinada.

O processamento digital de imagens de satélite (PDI) melhora o aspecto visual de certas feições obtidas, fornece subsídios para sua interpretação e ainda gera produtos que possam ser submetidos a outros processadores (Papa, 2009). A análise do uso e ocupação do solo por exemplo, e o tratamento de imagens provenientes do sensoriamento remoto, adicionados à aplicação de ferramentas de geoprocessamento são eficientes propostas no estudo de dinâmica da paisagem, bem como na avaliação de vetores de crescimento urbano e conflitos de interesses ambientais, de exploração mineral e de interesse urbano (Oliveira *et al.*, 2011).

Para Criado e Piroli (2012), os melhoramentos tecnológicos trouxeram avanços na obtenção de imagens com melhor qualidade e resolução e também em seu processamento, produzindo aplicativos mais elaborados e com redução de custos e de tempo, alguns até mesmo com distribuição gratuita.

Atualmente, alguns softwares são utilizados para o processamento digital dos dados adquiridos, sendo eles: Arcgis, Spring, Envi, entre outros. Estes, contêm aplicativos portando diversos algoritmos para realizar análises como: georreferenciamento, cenarização de eventos, determinar características físicas como erosividade, índice de vegetação, interpolação de dados, sobreposição de planos de informação, álgebra de mapas, acumulação de fluxo, entre muitas outras.

Segundo Rovani *et al.* (2012), as técnicas de processamento digital de imagens podem ser classificadas em três conjuntos: técnicas de pré-processamento (preparação das imagens), em que ocorre a transformação dos dados digitais brutos em dados corrigidos radiométrica e geometricamente, dentre as quais, pode-se citar a correção dos efeitos atmosféricos; técnica de realce que visam a melhoria da qualidade visual das imagens, e as técnicas de classificação, que permitem a identificação de objetos da cena a partir da análise quantitativa dos níveis de cinza, as principais técnicas de realce de imagens são: a ampliação de contraste e composição colorida (RGB).

3.4.5 - Aplicações em Recursos Hídricos

Diversos trabalhos técnicos e pesquisas têm sido realizados utilizando técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto, isso ocorre devido à facilidade de aquisição de informações e pelo enorme ganho de variáveis analisadas, contribuindo para melhor embasamento ao tomador de decisão.

Quanto à sua aplicação aos recursos hídricos e gestão ambiental, pode-se citar o incremento no planejamento de ações de gestão, com a formação de banco de dados sobre diversas bacias hidrográficas, mapeando o uso e ocupação do solo, regiões irrigadas, áreas de preservação permanente, estimando interferência antrópica em cursos d'água, identificação do vetor expansão urbano, etc.

No contexto de recursos hídricos e agricultura, têm se destacado pesquisas que envolvem o NDVI – *Normalized Difference Vegetation Index*, que é um índice de vegetação que analisa a condição da vegetação no campo através de sensoriamento remoto, sendo indicativo do estado da planta ao levar em consideração a energia absorvida com a refletida na região espectral que mostra a condição das estruturas celulares.

Segundo Papa (2009), os índices de vegetação servem como indicadores do crescimento e vigor da vegetação, provenientes de medidas da reflectância (ρ) de dosséis de vegetação, nas faixas espectrais do vermelho (V) e infravermelho próximo (IV) do espectro eletromagnético, como discutido na análise da Figura 3.3. A expressão para NDVI desenvolvida por Rouse *et. al.* em 1973 é:

$$NDVI = \frac{\rho_{IV} - \rho_V}{\rho_{IV} + \rho_V} \quad (1)$$

Na qual expressa a razão entre bandas mostrando se há água presente na vegetação conferindo-lhe vigor ou se há ausência da mesma, como pesquisado por Souza *et. al.* (2009), que usaram (1) para determinar a taxa de nitrogênio aplicada à plantação de milho em função da medição da reflectância das folhas (com uso espectroradiômetro em campo), na cidade de Columbia (Missouri - Estados Unidos), necessitando combina-la com índices de solo e ajustes estatísticos; enquanto que, Risso *et. al.* (2009) usaram o NDVI com outros índices de vegetação para traçar um padrão da curva espectral para a plantação de soja no estado do Mato Grosso, através de análise de imagens de satélite MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) para os períodos desde pré-safra até safra, sendo comum a utilização de imagens de satélite para essa finalidade, Ramme *et. al.* (2010) também usaram imagens MODIS com NDVI para traçar perfis temporais da cana-de-açúcar nos municípios de Irapuã e Borborema no Estado de São Paulo, sendo capaz de subsidiar o monitoramento das mudanças fenológicas (desenvolvimento de planta em suas fases de crescimento - estádios) desta cultura e composição de um banco de dados, separando por regiões nas áreas de estudo e pelas safras 2004/2005 e 2005/2006 no aplicativo PostgreSQL.

Mallmann *et al.* (2015) pesquisaram por meio do NDVI, que relaciona a biomassa e estágio de desenvolvimento vegetal, fragmentos remanescentes de floresta secundária em diferentes idades no Parque Estadual Quarta Colônia no Rio Grande do Sul. Para tanto foram utilizadas imagens do Sistema RApidEye e processamento de dados nos softwares MultiSpec e Spring, conseguindo caracterizar toda área do parque em Água (0,38%), Solo Exposto (4,77%), Vegetação Campestre (8,61%), Floresta em Estágio Inicial (16,96%), Floresta em Estágio Médio (18,69%), Floresta em Estado Avançado (31,50%), Floresta Madura (14,13%). Enquanto Mondal *et al.* (2014) utilizaram imagens do satélite indiano – ResoureSat 2 Liss – III, e para três épocas do ano (Kharif, Rabi e Zaid), aplicaram o NDVI e entre outros índices para definir o padrão de cultivo anual no distrito de Muzaffarpur na Índia. De acordo com o padrão rotativo de culturas, elaboraram o mapa representando de uma a três colheitas para cada época (Figura 3.4), possibilitando planejar em quais épocas é melhor para se plantar.

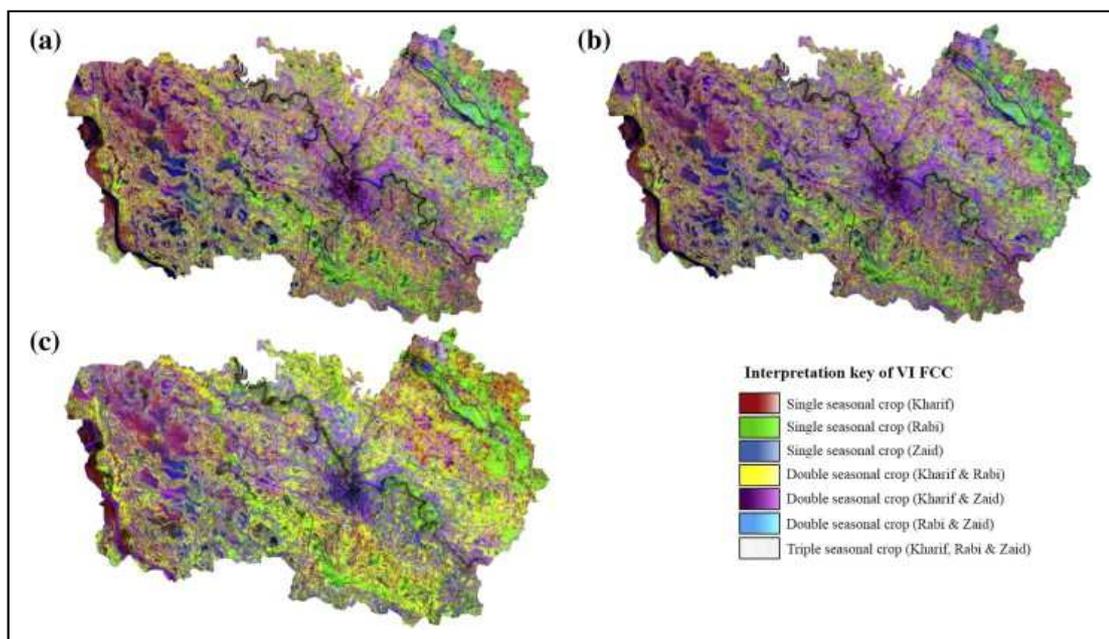


Figura 3.4 – Padrão de colheita no distrito de Muzaffarpur na Índia
Mondal *et al.* (2015).

O sensoriamento remoto também pode ser aplicado ao planejamento da agricultura em épocas de seca e seu monitoramento espaço-temporal. Dutta *et al.* (2015) utilizaram as imagens da The National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) para avaliação da seca em 2002 na cidade de Rajasthan (norte indiano), utilizando o NDVI para correlacionar a ocorrência de estresse hídrico das culturas de sequeiro e índices de precipitação, para se ter noção do comportamento da vegetação ao longo do período de

estiagem. Sholihah *et al.* (2016) pesquisaram de maneira similar nas cidades Subang e Karawang na Indonésia, porém, acrescentaram à análise, dados de temperatura da superfície terrestre, constatando que o Índice de Saúde da Vegetação (VHI) se reduz à medida que o período de seca é intensificado.

Na Tabela 3.4, são mostrados alguns valores de NDVI, nas quais destaca-se a calibração em campo com o espectrorradiômetro, encontrando NDVI variando entre 0,70 e 0,8 para a cultura de milho (Sousa *et. al.*, 2009); utilização de imagens provenientes do sensor MODIS (específico para análises de fenômenos espectrais), encontrando NDVI de 0,80 para soja (Risso *et. al.*, 2009), enquanto que Ramme *et. al.* (2010), determinaram NDVI variando entre 0,3 e 0,92 para a cultura de cana-de-açúcar.

Tabela 3.4 – NDVI em outros estudos

Autor	Cultura	NDVI	Observação
Sousa <i>et. al.</i> (2009)	Milho	0,70 - 0,80	Calibração com Radiômetro
Risso <i>et. al.</i> (2009)	Soja	0,80	Ajuste estatístico para períodos de safra e uso do MODIS
Ramme <i>et. al.</i> (2010)	Cana-de-Açúcar	0,30 - 0,92	Uso do MODIS

Quanto à estudos referentes ao uso da água na agricultura, Warren *et al.* (2014) desenvolveram um algoritmo para estimativa da evapotranspiração por meio de balanço hídrico em uma bacia hidrográfica, para auxiliar no mapeamento de áreas irrigadas, com estimativa do uso consuntivo e lâmina d'água irrigada em áreas agrícolas. O estudo foi realizado na bacia hidrográfica do rio Preto (DF), utilizando as imagens MODIS e os modelos hidrológicos METRIC e SAFER para o cultivo de feijão em áreas com pivôs-centrais, sendo também aplicado à outras regiões do país e diferentes condições de cobertura do solo. De maneira similar, Silva *et al.* (2015) calcularam a demanda mínima de água para a cultura da bananeira em cada ciclo de produção no riacho do Pontal – PE, através da estimativa da evapotranspiração de referência pelo método de Pennman-Monteith Fao, utilizando imagens do satélite Landsat-5 e usando o software ERDAS, constatando que do ponto de vista da disponibilidade hídrica, pode-se adotar as técnicas de microaspersão e gotejamento sem diminuir a produtividade, e sempre buscando aumentar a eficiência do sistema de irrigação, que no estudo mostrou a possibilidade de melhoria de 70% para 90%,

de tal forma que permitiria agregar cerca de 703,61 ha para a área plantada com banana na bacia ou redução da área plantada.

A tabela a seguir, mostra um resumo das pesquisas citadas:

Tabela 3.5 – Aplicações de Geotecnologias

Autores	Aplicação	Imagens	Softwares
Sousa <i>et al.</i> (2009)	Uso do NDVI (Índice de Vegetação por Diferença Normalizada) para determinação da taxa de nitrogênio aplicado nas plantações de milho na cidade de Columbia (Missouri – EUA)	-	-
Risso <i>et al.</i> (2009)	Uso de NDVI e outros índices de vegetação para traçar curva espectral da soja (MT)	MODIS	-
Ramme <i>et al.</i> (2010)	Determinação de Perfis Temporais NDVI para Cana-de-Açúcar nos municípios de Irapuã e Borborema (SP)	MODIS	PostgreSQL
Mallmann <i>et al.</i> (2015)	Uso do NDVI para identificar diferentes estágios de desenvolvimento vegetal no Parque Estadual Quarta Colônia (RS)	RapidEye	MultiSpec e Spring
Mondal <i>et al.</i> (2014)	Uso de índices de vegetação para definir padrão anual de cultura no distrito de Muzaffarpur na Índia	ResoureSat 2 Liss – III	-
Dutta <i>et al.</i> (2015)	Uso do NDVI para correlacionar a ocorrência de estresse hídrico das culturas de sequeiro e índices de precipitação na cidade de Rajasthan (norte indiano)	The National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA)	-
Sholihah <i>et al.</i> (2016)	Verificação se o Índice de Saúde da Vegetação (VHI) se reduz à medida que o período de seca é intensificado nas cidades Subang e Karawang (Indonésia)	NOAA	-
Warren <i>et al.</i> (2014)	Algoritmo para estimar evapotranspiração em áreas irrigadas na bacia hidrográfica do Rio Preto (DF)	MODIS	METRIC e SAFER
Silva <i>et al.</i> (2015)	Calcularam a demanda mínima de água para a cultura da bananeira em cada ciclo de produção no riacho do Pontal – PE	Landsat-5	ERDAS

Nesta pesquisa, as geotecnologias são fundamentais, pois se avaliarão pleitos de outorga no Distrito Federal, por meio de identificação de imagens de satélite, processamento de dados, estimativa de consumo de culturas e aplicação de índice NDVI, conforme será detalhado no item 4 – METODOLOGIA.

4 - METODOLOGIA

A pesquisa envolvida neste trabalho é caracterizada como descritiva e dedutiva, que se define por fatos observados, registrados, analisados, classificados e interpretados, buscando a mínima interferência possível por parte do pesquisador, pois se pretendeu criar um procedimento que possa fornecer informações que poderão auxiliar ao processo de fiscalização de outorga de direito de uso dos recursos hídricos, com aplicação na bacia do rio Preto - DF, especificamente na sub-bacia do ribeirão Extrema.

A Figura 4.1 mostra um diagrama ilustrando as principais etapas referentes ao desenvolvimento da pesquisa. O detalhamento das etapas será apresentado na sequência do texto.

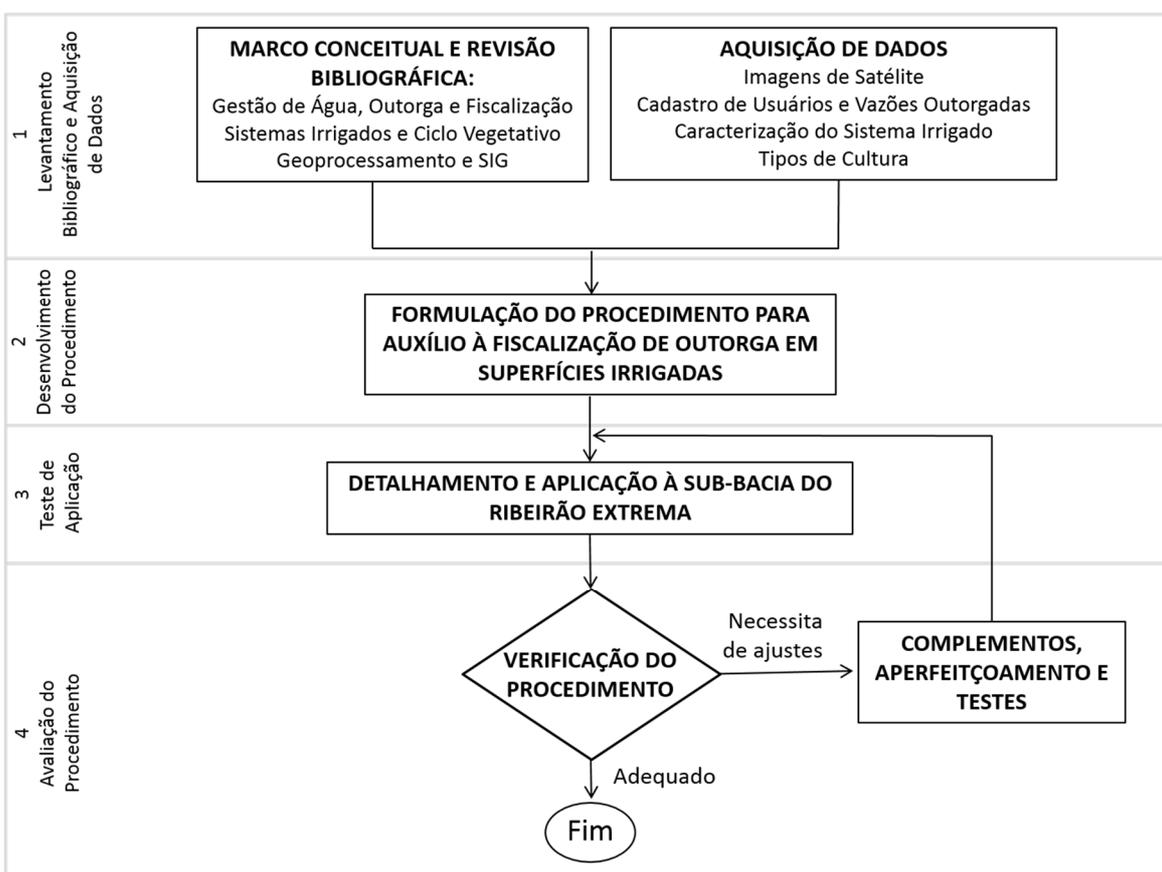


Figura 4.1 – Diagrama de desenvolvimento da pesquisa.

4.1 - LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO E AQUISIÇÃO DE DADOS

A primeira parte consistiu em realizar um levantamento bibliográfico referente à pesquisa em periódicos, anais de congressos, dissertações e teses para embasar a construção do procedimento. Foram três os temas principais de pesquisa: gestão de recursos hídricos,

sistemas irrigados e utilização de geotecnologias como descrito no item 3 - MARCO CONCEITUAL E REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.

Para analisar as informações e inter-relacioná-las, foi necessária a formação de um banco de dados referentes aos temas da pesquisa, o qual terá os principais componentes apresentados nos próximos tópicos.

4.1.1 – Cadastro de Outorgas

Para utilização dos recursos hídricos, no caso do DF, é necessário que o usuário se cadastre no site da ADASA, e após análise técnica, pode lhe ser conferida a outorga de direito do uso da água (maiores detalhes estão no item 3.1.2.2 – Solicitação de Outorga na ADASA).

Para esta pesquisa, foram solicitadas à Superintendência de Recursos Hídricos da ADASA, informações referentes aos pleitos de outorga para colaboração com o desenvolvimento do procedimento, sendo fornecidas as seguintes informações referentes à sub-bacia do ribeirão Extrema, contida na bacia hidrográfica do rio Preto – DF: coordenadas em latitude e longitude localizando os usuários cadastrados; todos os usuários apresentados tiveram suas outorgas identificadas como superfícias; nome do curso d'água correspondente; finalidade de uso solicitada (variando entre abastecimento humano, irrigação e pecuária) e as vazões liberadas mensalmente para os cadastrados. Não estando disponíveis, informações quanto aos tipos de culturas plantadas em cada propriedade.

No âmbito do desenvolvimento desta pesquisa, para suprir a falta de informações quanto aos tipos de cultura da sub-bacia de análise, adotaram-se simulações com as informações contidas na tabela 3.2 - Consumo médio diário de água – Aspersão/ Pivô Central – localizada no item 3.2.3 - Irrigação no Distrito Federal e no gráfico da Figura 4.5 – Principais tipos de cultura na BHRP na área do DF, a ser descrito no item 4.1.3 – Caracterização da Área de Estudo.

4.1.2 – Aquisição das Imagens de Satélite

Para análise espacial, foram utilizadas, imagens georreferenciadas de livre acesso referentes ao ano de 2015 no site do USGS – United States Geological Survey. A escolha de 2015 para a pesquisa, ocorreu devido ao fato de ser o ano mais próximo do ano de desenvolvimento da pesquisa para o qual, o site USGS dispunha de imagens referentes a todos os meses, pois, para o ano de 2016 (ano da pesquisa), ainda não haviam imagens de

janeiro a dezembro. As imagens digitais são provenientes do satélite LANDSAT 8 (contendo 11 bandas cada imagem), de modo a localizar a bacia hidrográfica estudada.

Para tanto, foram adquiridas imagens representando a época de chuva correspondentes aos meses de março, setembro e outubro de 2015, também, adquirindo imagens referentes aos meses de junho, julho e agosto, que representam a época de estiagem do mesmo ano para o Distrito Federal. Vale ressaltar que em meses como janeiro, fevereiro, novembro e dezembro, na região de estudo, por se concentrar em época de chuva intensa, as imagens de satélites apresentavam-se com cobertura parcial ou total de nuvens, o que dificultou a análise para os referidos meses.

Como mencionado no item 3.3.4, as imagens adquiridas necessitaram de processamento digital, que será descrito no próximo tópico.

4.1.3 – Processamento das Imagens Adquiridas

As imagens de satélite devem passar por processamento digital antes do uso no procedimento. Por serem advindas do site USGS, já estão georreferenciadas, dispensando então esse item. O processamento para cada imagem foi realizado com o auxílio do software ENVI 4.4, com base no Manual do Usuário - Versão 4.4, e nos tutoriais de Perrotta (2005) e Santos (2013), sendo descrito nas seguintes etapas:

- Etapa 1: foi realizada a correção atmosférica, calibrando informações básicas como dia, mês, ano, elevação do sol, radiância máxima e radiância mínima para as condições da imagem; também foi alterado o sistema de coordenadas para o Sistema UTM, com Datum SAD 1969 e fuso 23 S; por fim, foram editados os comprimentos de onda em micrômetros para cada banda: banda 1 com 0.45 μm , banda 2 (0.51 μm), banda 3 (0.59 μm), banda 4 (0.67 μm), banda 5 (0.88 μm), banda 6 (1.65 μm), banda 7 (2.29 μm) e banda 8 (0.68 μm). Vale lembrar que as bandas restantes do LANDSAT 8 (9, 10 e 11) não tiveram importância nas análises subsequentes do procedimento, logo, não receberam tratamento como as demais.
- Etapa 2: para eliminação do efeito de sombreamento proveniente de nuvens, fez-se o uso da ferramenta Flaash, que é um algoritmo interno ao Envi 4.4; para identificação dos alvos, geraram-se duas composições coloridas sendo que a primeira é a composição 652 (união das bandas 6, 5 e 2) – identificação de agricultura (que

ajuda a diferenciar alvos como solo, vegetação, manchas urbanas, corpos hídricos, etc.) e a composição 543 (união das bandas 5, 4 e 3) – infravermelho (que evidencia o estado da planta por diferentes tons de vermelho, que se estiver mais escuro demonstra que a planta está em estado saudável e para tom de vermelho mais claro, a planta pode estar em estresse hídrico, em senescência, déficit de nutrientes ou sob efeito de algum outro fator que deprecie o estado da planta); Na sequência, para melhorar a resolução espacial de 30 metros, foi necessária a fusão das composições coloridas com a banda 8, que contém resolução espacial de 15 metros, logo a resolução espacial final foi a da banda 8. Por fim, realizou-se o recorte da área de análise.

A Figura 4.2, a seguir, resume os passos descritos acima:

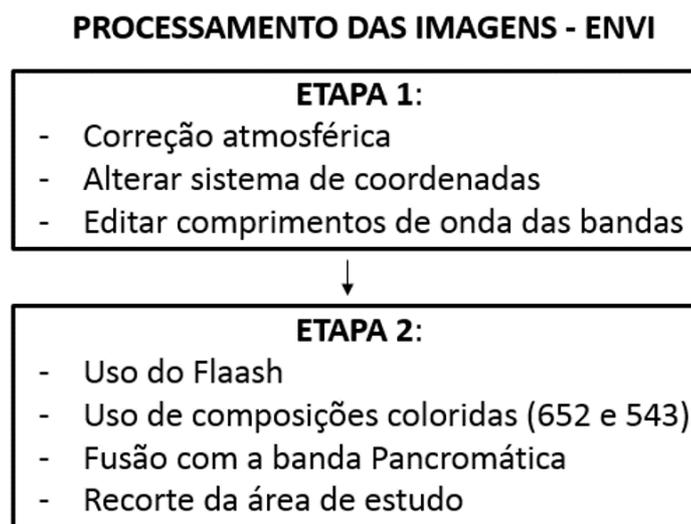


Figura 4.2 – Processamento das imagens de satélite no software ENVI 4.4.

4.2 – DESENVOLVIMENTO DO PROCEDIMENTO

O procedimento consiste em averiguar por meio do uso de imagens de satélite e cruzamento com banco de dados de outorga, a existência de usuários não cadastrados e se há compatibilidade entre áreas de plantio irrigadas no cadastro de outorga com as áreas irrigadas e tipos de cultura existentes nas propriedades, observadas nas imagens do satélite LANDSAT 8.

O procedimento é dividido em duas partes. Na primeira se trabalha apenas com as imagens de satélite, na qual se incluem os itens 4.2.1 - Identificar Áreas Verdes na Estiagem e 4.2.2 - Aplicar Índice NDVI deste capítulo. Esta etapa busca a avaliação da área estudada,

referente a identificação de que há culturas em estado sadio para época de seca, o que se caracteriza como início de irrigação na época mais crítica quanto à disponibilidade hídrica. Na segunda parte, são introduzidas as análises das imagens em conjunto com o banco de dados referente às outorgas registradas, contemplando os itens 4.2.3 - Verificar Cadastro de Outorga e 4.2.4 – Indicativos de Fiscalização, aos quais analisarão se há irregularidade no uso da outorga nas propriedades avaliadas.

A seguir, serão descritos os componentes da primeira parte do procedimento:

4.2.1 - Identificar Áreas Verdes na Estiagem

Após o devido processamento das imagens de satélite, busca-se a identificação de áreas irrigadas durante a época de seca, para tanto, faz-se uso da composição colorida 652, que evidencia diferentes alvos coloridos, dando destaque à agricultura. Essa etapa auxilia o usuário, de modo que o mesmo não venha a fazer confusões entre os alvos em função de coloração, diferença de tonalidades, presença de nuvens, baixa resolução espacial da imagem, entre outros fatores. Outra análise imprescindível para evitar tais erros, é analisar a área de estudo em diferentes meses, certificando-se de que sua interpretação sobre a distinção entre os alvos está correta.

Ao se identificarem áreas verdes na estiagem, deve-se, então, fazer um recorte da área de estudo e avaliar o estado das culturas irrigadas, determinando o vigor da vegetação. Espera que o uso de água para irrigação seja o mínimo possível nesse período, em função da redução dos níveis d'água nos mananciais. Ressalta-se que, na ausência de áreas verdes na época de estiagem, dispensa-se o indicativo de fiscalização.

O estado das plantações pode ser avaliado de duas formas, por meio das imagens em infravermelho, abordagem qualitativa, e com aplicação de índices de vegetação, abordagem quantitativa (esta segunda será abordada no próximo item).

Quando se utiliza a composição colorida 543, da banda do infravermelho, são apresentados diversos tons de vermelho, os quais demonstram o estado de vigor da vegetação, ou seja, onde apresentar tonalidades mais escuras do vermelho, significará que a planta está absorvendo mais água – estado sadio, enquanto que se o tom de vermelho for mais claro, implicará que a planta está com déficit hídrico. Outros fatores que também podem influenciar o estado da vegetação como taxa de aplicação de nutrientes pelos produtores, tipo de solo, estado da biomassa, senescência, entre outros, não foram analisados na pesquisa

devido a necessidade de acompanhamento em campo, o que iria requerer análises específicas mensurando a influência de cada um desses componentes.

Como complemento a análise qualitativa das composições coloridas, o usuário deverá aplicar o NDVI, a ser descrito no próximo item.

4.2.2 - Aplicar NDVI

Em caso de a área de estudo apresentar propriedades com culturas irrigadas em estado sadio, recomenda-se a aplicação do índice de vegetação NDVI – *Normalized Difference Vegetation Index*, que nessa pesquisa foi utilizado com o auxílio do software ENVI 4.4. Contudo, outros índices de vegetação como o EVI - *Enhanced Vegetation Index*, VHI - *Índice de Saúde da Vegetação*, ou similares, também podem ser utilizados. Devido ao NDVI ser de fácil aplicação (com simples razão entre bandas, uso da equação (1) do item 3.4.5 - Aplicações em Recursos Hídricos), não se correlacionando com outras variáveis como no caso de outros índices de vegetação, o que, simplifica a análise por parte do usuário do procedimento, além de também, identificar numericamente se a vegetação possui alto vigor, com NDVI variando entre 0,1 e 2 (valores aproximados) ou baixo vigor, retornando assim, NDVI (valores aproximados) entre -1 e 0 (Papa, 2009; Sousa *et. al.*, 2009; Risso *et. al.*, 2009; Ramme *et. al.*, 2010; Mallmann *et al.*, 2015; Sholihah *et al.*, 2016), o que pode variar de acordo com o tipo de cultura e seu estágio fenológico. Pelas razões apresentadas, julgou-se que o NDVI atende ao procedimento.

Ressalta-se que se a imagem de satélite que apresentar interferência de nuvens, o valor do NDVI será da ordem de 6 ou 7, descartando-se a referida imagem da análise. Outro fator importante é que, caso as culturas analisadas apresentem-se com baixo vigor, será dispensado o indicativo de fiscalização, devido à ausência de irrigação.

Como complemento à análise qualitativa, o usuário do procedimento poderá averiguar o comportamento das curvas espectrais para as culturas irrigadas da região estudada. Embora essas curvas não estejam calibradas em campo com auxílio do espectroradiômetro, após o devido processamento digital, podem mostrar o indicativo quantitativo de que as culturas analisadas estão em condição de alto vigor. Para tanto, basta comparar as curvas espectrais de determinada cultura nas épocas de chuva e de estiagem, e se há proximidade entre os seus respectivos valores de reflectância. No caso de a curva espectral da época de seca apresentar valores de reflectância acima da curva correspondente

a época de chuvas, pressupõe-se que não houve irrigação na estiagem. Logo, as plantas se encontrarão em condição próxima de estresse hídrico, aumentando-se sua reflectância por não estarem absorvendo luz solar em função do déficit de pigmentos como a clorofila (item 3.4.3 – Comportamento Espectral).

As abordagens descritas nos tópicos 4.2.1 e 4.2.2 podem-se constatar se determinada propriedade está fazendo uso de irrigação na época de estiagem.

Os dois próximos itens expõem a segunda parte do procedimento.

4.2.3 - Verificar Cadastro de Outorga

Com as constatações de que existem áreas irrigadas e de que as plantações estão em alto vigor, a sequência será consultar o banco de dados sobre outorga, para verificar se a área irrigada em questão (em um determinado pivô central, por exemplo) possui cadastro junto ao órgão gestor local, que em caso negativo, o indicativo de fiscalização prioritária será acionado.

Vale ressaltar que esse banco de dados deve estar sempre atualizado, evitando o acionamento desnecessário do indicativo de fiscalização.

Caso a propriedade possua cadastro, deve-se tentar identificar pela análise da imagem de satélite, o método de irrigação usado na propriedade analisada, sendo de fácil visualização como no caso dos pivôs centrais.

Outro importante levantamento, é o dos tipos de cultura irrigada na propriedade e suas respectivas demandas hídricas mínimas, já que ao se cruzar essas informações com o valor da vazão outorgada e o método de irrigação, pode-se obter uma área passível de irrigação (A_{pi}) para a propriedade em questão.

Para o cálculo de A_{pi} , parte-se da expressão que descreve a demanda hídrica de uma determinada vegetação:

$$\text{Demanda Hídrica (h)} = \frac{Q}{A} \quad (2)$$

Em (2) temos que a demanda hídrica mínima para que uma determinada vegetação esteja em alto vigor, é definida a partir de uma quantidade mínima de água aplicada à uma unidade de área. Admitindo que Q (dada em m^3/dia ou L/s) seja a vazão outorgada, h (em

m³/(ha*dia) ou L/(s*ha) como na Tabela 3.2 - Consumo médio diário de água – Aspersão/ Pivô Central – localizada no item 3.2.3 - Irrigação no Distrito Federal) seja a demanda hídrica da cultura analisada (caso não seja disponível a informação sobre a cultura específica na propriedade, pode-se inferir sobre quais culturas agrícolas são praticadas na região). Sendo assim, isolando-se a área, obtém-se a expressão para cálculo da área passível de irrigação (em ha) para determinada cultura nas condições da pesquisa:

$$A_{pi} = \frac{Q}{h} \quad (3)$$

Caso a área irrigada (A_i) identificada nas imagens de satélite seja maior do que a A_{pi} , será acionado o indicativo de fiscalização prioritária, caso contrário, dispensar-se-á a fiscalização. Porém, é necessário classificar o indicativo de fiscalização de modo a priorizar os casos mais urgentes. O próximo tópico detalhará melhor os tipos de indicativos sugeridos na pesquisa.

4.2.4 – Indicativos de Fiscalização

O procedimento contempla duas situações para indicativo de fiscalização imediata: usuários não cadastrados e áreas irrigadas maiores do que o permitido. Para tanto, é necessário classificar o indicativo de fiscalização de duas formas, primeiramente em “Prioritário”, no qual há usuários de recursos hídricos sem o devido cadastramento como mencionado no item 4.2.3, e também, no caso da A_i analisada ser maior do que a área passível de irrigação, de modo que quanto maior a diferença entre as áreas, mais atenção deverá ser direcionada ao caso. Para fins de classificação, decidiu-se separar em duas classes as quais A_i seja maior do que A_{pi} , são elas:

- Se $A_i > 2*A_{pi}$, indicativo de fiscalização prioritário;
- Se $A_{pi} \leq A_i \leq 2*A_{pi}$, indicativo de fiscalização não prioritário;

Também, pode-se ter a situação de não indicação do indicativo de fiscalização:

- Se $A_i < A_{pi}$, passando a averiguar se há parcela significativa de água sem uso, que em caso positivo, será acionado o indicativo de fiscalização prioritária;

5 – CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A bacia hidrográfica do rio Preto (BHRP), situada na porção leste do Distrito Federal (Figura 5.1), apresenta como características principais: área total de 133.763,41 ha; clima definido por um período chuvoso e quente (de outubro a abril) e por um período seco e frio (de maio a setembro); com precipitação variando de 1200 a 1500 mm; altitudes que variam de 750 a 1344 metros; predominância do latossolo vermelho e presença do latossolo amarelo; além de apresentar intensa utilização de agricultura irrigada por pivôs centrais. A Figura 5.1, também, apresenta as sub-bacias pertencentes a BHRP, sendo elas: ribeirão Santa Rita, Alto rio Preto, ribeirão Jacaré, ribeirão Extrema, rio Jardim, ribeirão Jardim e córrego São Bernardo, de modo, a abranger as regiões administrativas de Planaltina e Paranoá (DF), os municípios de Cristalina e Formosa (GO), além dos municípios de Unaí, Natalândia, Bonfinópolis, Dom Bosco e Brasilândia (MG) (Machado, 2009; ADASA, 2012; Alves, 2016).

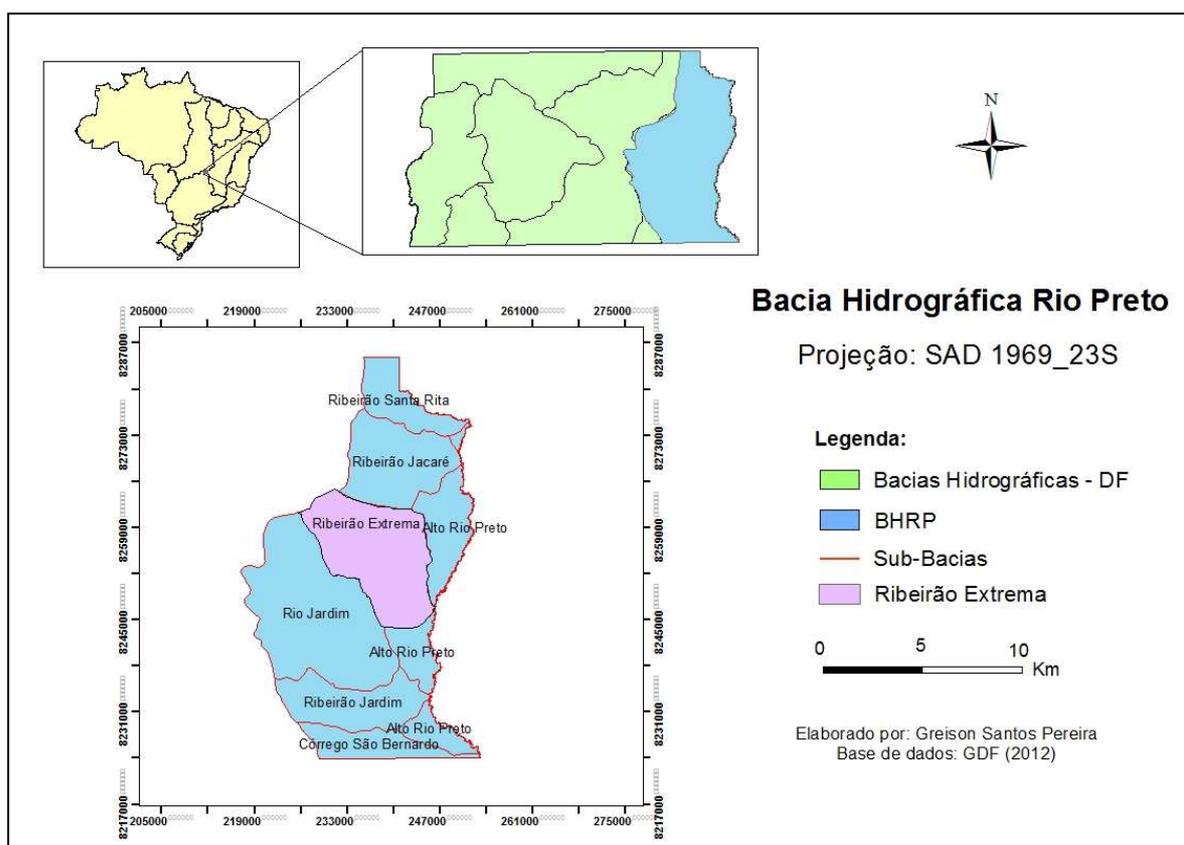


Figura 5.1 – Bacia Hidrográfica do Rio Preto.

Segundo o PGIRH – Plano de Gerenciamento Integrado de Recursos Hídricos do Distrito Federal (ADASA, 2012), as demandas por água na bacia do rio Preto são: 85% do

total retirado vai para irrigação, 10,4% para abastecimento urbano, 3,4% para abastecimento animal e 0,4% para abastecimento industrial. Sendo que, do total de outorgas superficiais, 73,1% (5,584 m³/s) são destinadas à irrigação, enquanto que, nas outorgas subterrâneas, os valores se distribuem em 47,3% para abastecimento humano, 30,5% para irrigação e 13,5% abastecimento industrial.

De acordo com a pesquisa de Pabón (2009), aproximadamente 10.822,44 ha na BHRP eram dedicados à agricultura por aspersão convencional, enquanto que cerca de 17.889,05 ha apresentavam irrigação por pivô central, justificando a significativa parcela do consumo de água total destinada à irrigação na bacia. A Figura 5.2 mostra o mapa de uso e ocupação do solo no ribeirão Extrema.

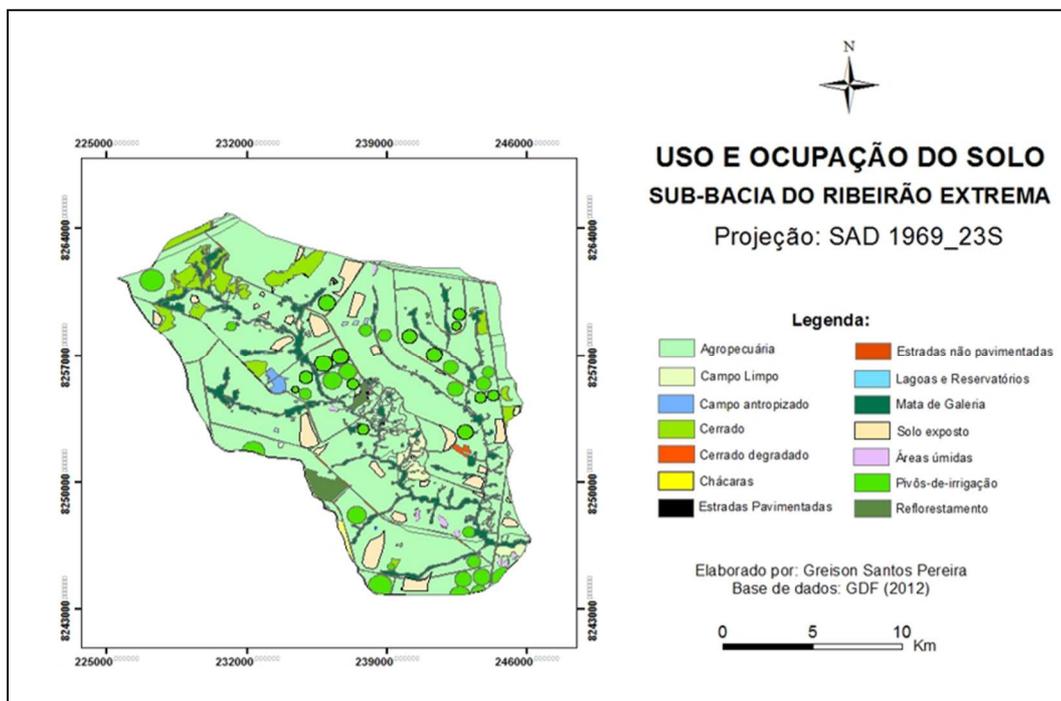


Figura 5.2 – Uso e ocupação do solo no ribeirão Extrema em 2017.

Na Figura 5.3, são apresentadas as principais culturas praticadas na bacia hidrográfica do rio Preto, descritas por Pabón (2009), destacando-se feijão, milho e trigo.

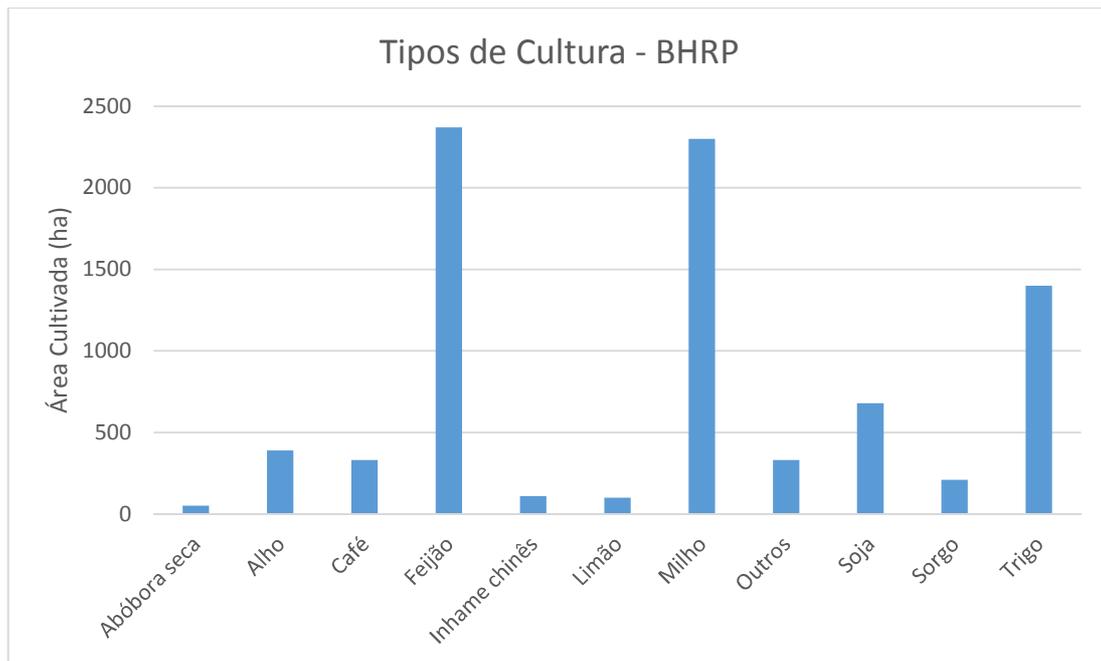


Figura 5.3 – Principais tipos de cultura na BHRP na área do DF (Pabón, 2009).

A sub-bacia do ribeirão Extrema (R.E.) apresenta área de 255,30 km² e, segundo o PGIRH, estima-se que, em 2015, detinha cerca de 30% da vazão outorgável na BHRP, o que corrobora com a forte tendência ao desenvolvimento de práticas de agricultura irrigada (ADASA, 2012). A Figuras 5.4 mostra a distribuição hidrográfica ao longo da R.E., de modo a favorecer o desenvolvimento de práticas agrícolas, em função da disponibilidade de água.

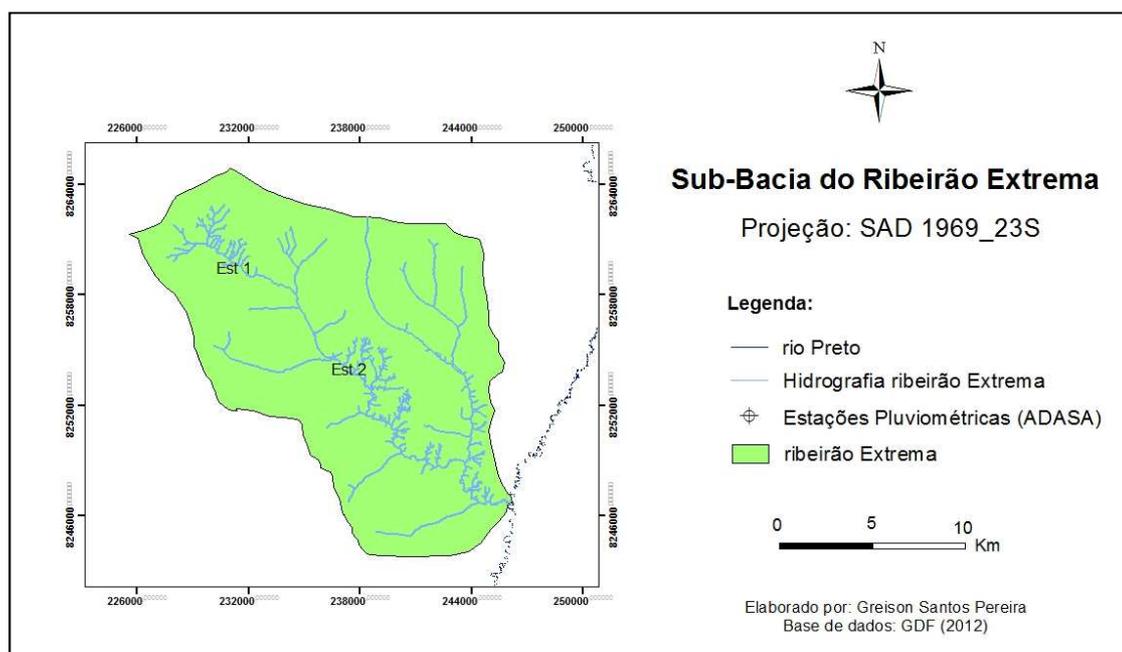


Figura 5.4 – Sub-bacia ribeirão Extrema.

A Figura 5.4, mostra a localização de duas estações pluviométricas, operadas pela ADASA, de numerações 1547061 (Estação 1, de coordenadas UTM: 231135.1279, 8259449.30697), e 1547062 (Estação 2, de coordenadas 237581.9067, 8253745.69249), que apresentam dados de chuva desde meados de 2009, que mostram a tendência da época de seca, a situar-se entre meados do mês de maio ao mês de agosto (Figuras 5.5 e 5.6).

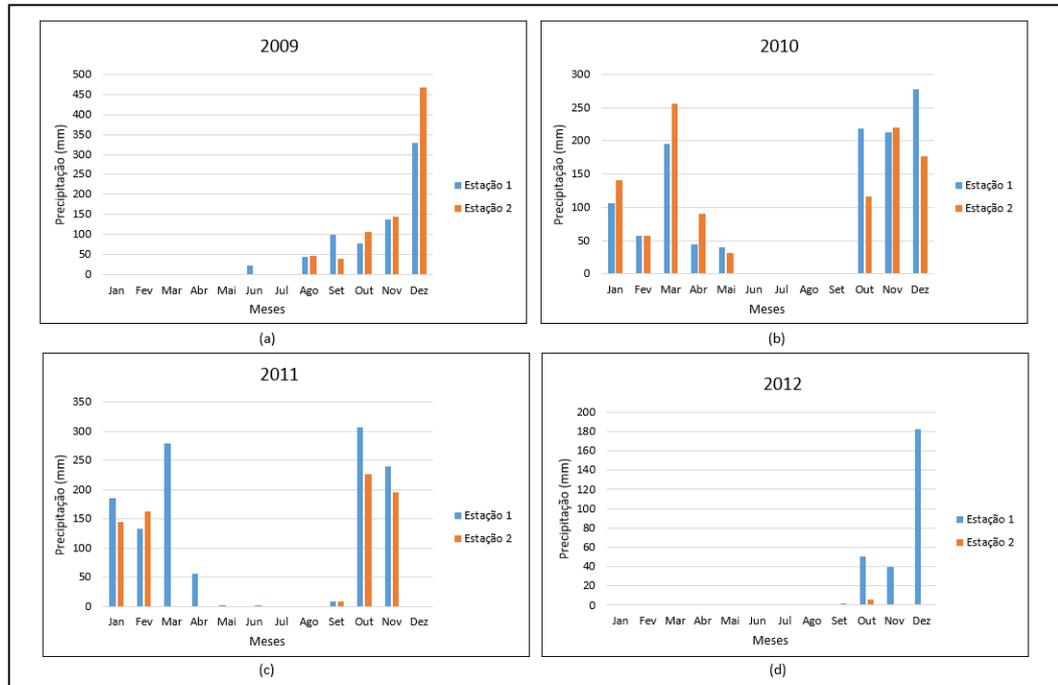


Figura 5.5 – Dados de pluviometria (2009-2012).

Fonte: Brasil, 2017.

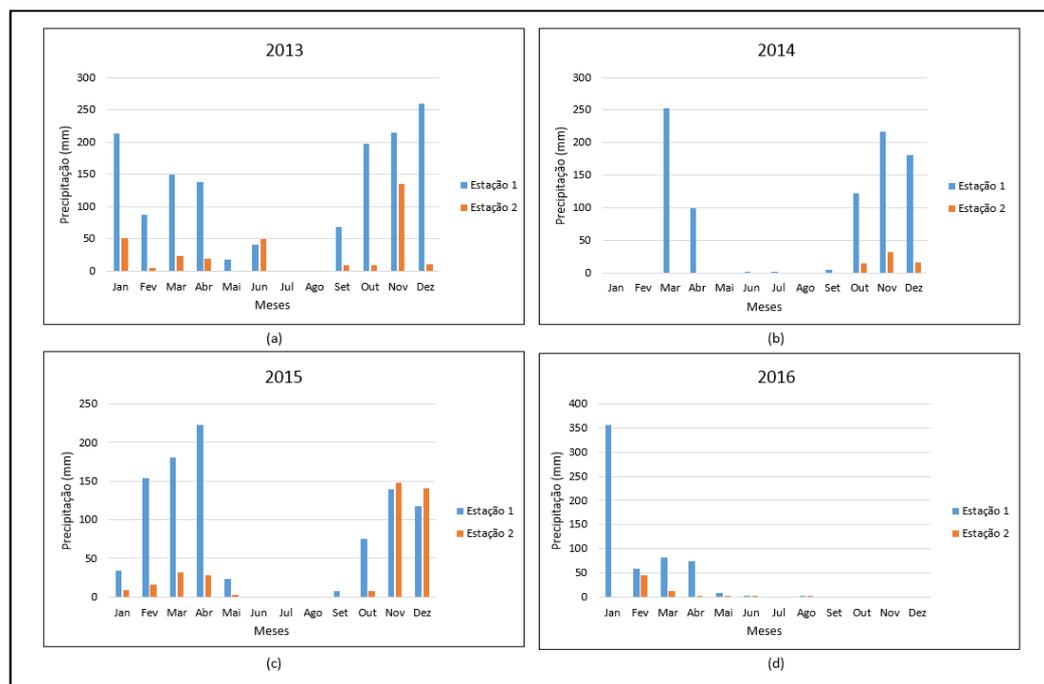


Figura 5.6 – Dados de pluviometria (2013-2016).

Fonte: Brasil, 2017.

Alves (2016) afirma, após análise dos dados da estação fluviométrica DF-100 – 42450510 (operada pela ADASA), que o ribeirão Extrema, no ponto mais próximo de sua foz, apresenta-se com uma vazão média de até 3100 l/s para o mês de abril (período chuvoso), enquanto que, no mês de outubro, a vazão média decresce para 800 l/s (fim do período de estiagem).

6 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com base na aplicação do procedimento à sub-bacia do ribeirão Extrema (R.E.), pôde-se construir um diagrama que caracteriza cada etapa do procedimento de auxílio à pleitos de outorga de recursos hídricos, representado na figura a seguir e melhor detalhado nos próximos tópicos deste capítulo.

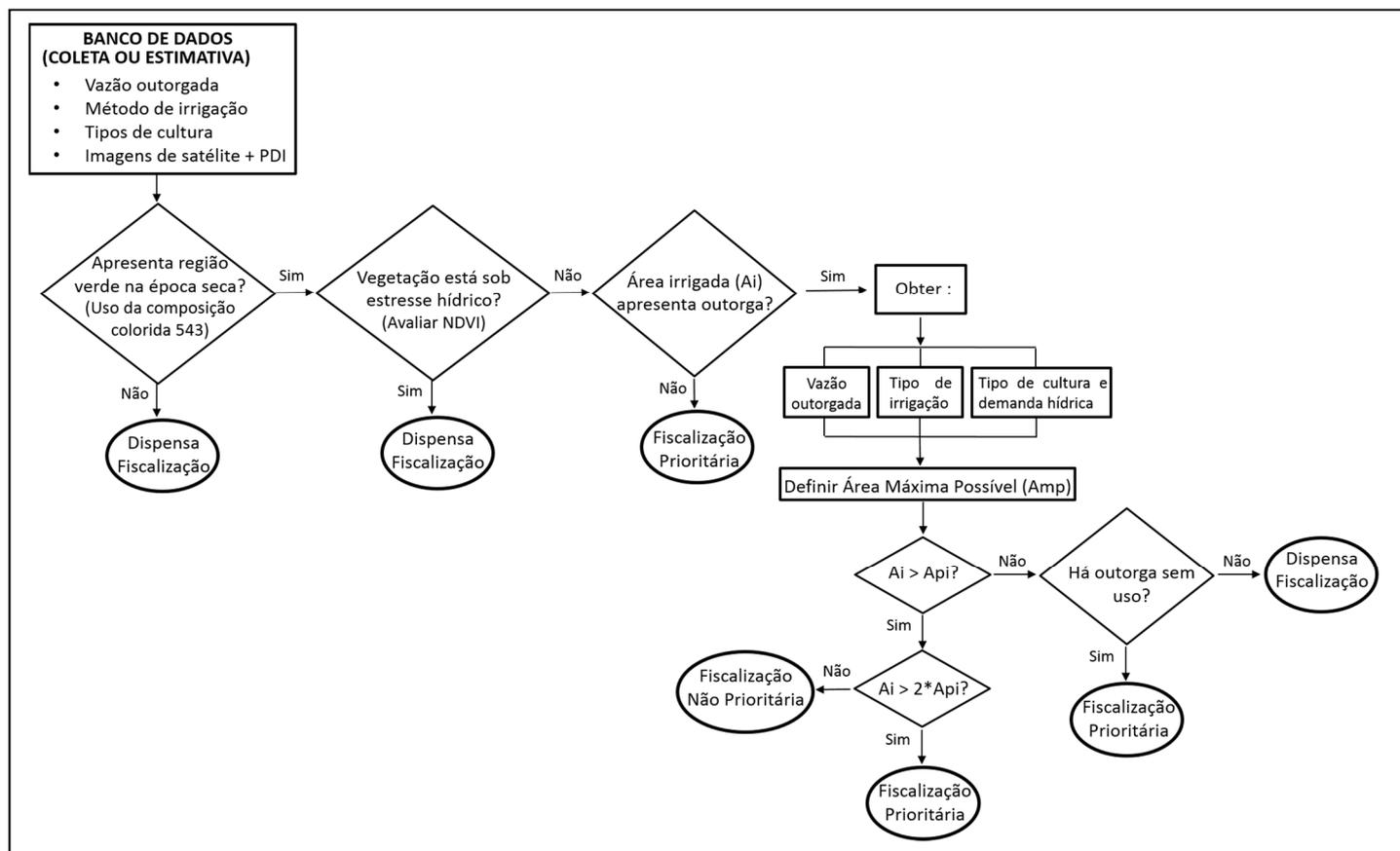


Figura 6.1 – Diagrama do procedimento de auxílio à fiscalização.

6.1 – ANÁLISE DAS COMPOSIÇÕES COLORIDAS

A Figura 6.2 mostra a composição colorida 652 para o mês de março de 2015, o qual se situa na época de chuvas do DF (corroborando com as Figuras 5.5 e 5.6). Essa composição diferencia regiões de vegetação com pouco teor de umidade em verde claro, que vai evoluindo até vegetação com alto teor de umidade, apresentando cor verde escuro. Há, também, a presença de solos com alterações antrópicas, como preparo de solo para plantio por exemplo. Aqui, já é possível identificar pivôs centrais com plantio em sua área total ou parcial. Porém, o que realmente evidencia o estado da planta de modo qualitativo é a composição colorida das bandas 543 (infravermelho), ilustrada na Figura 6.3, na qual são

evidenciadas vegetações em tons de vermelho, sendo que, quanto maior é o teor de água, a vegetação apresentar-se-á com tom de vermelho mais escuro.

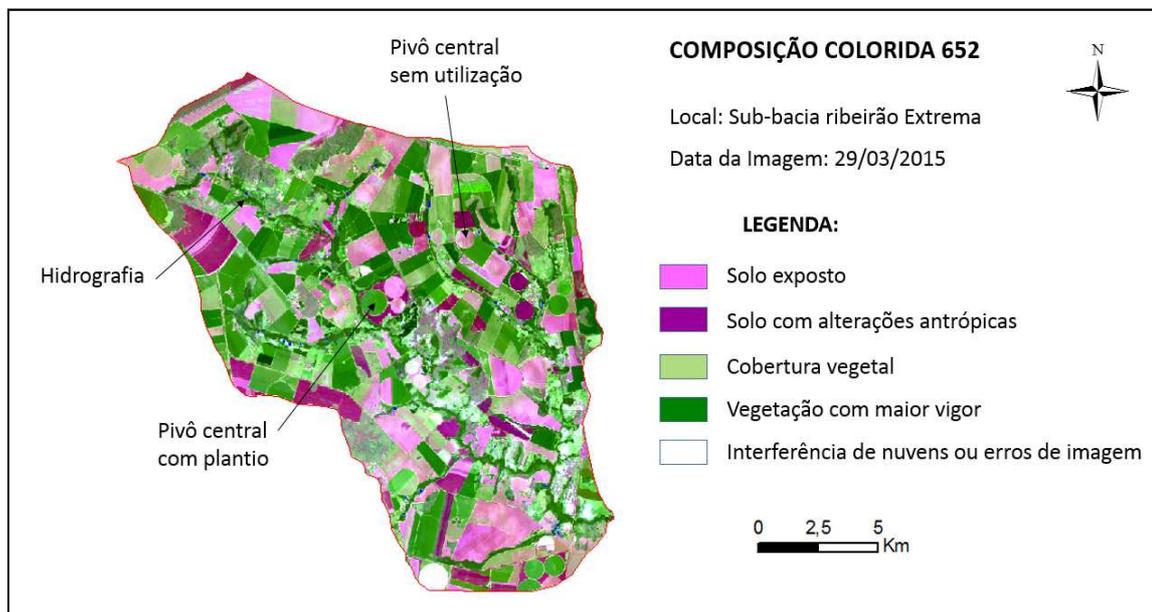


Figura 6.2 – Composição colorida 652 para o ribeirão Extrema em março de 2015.

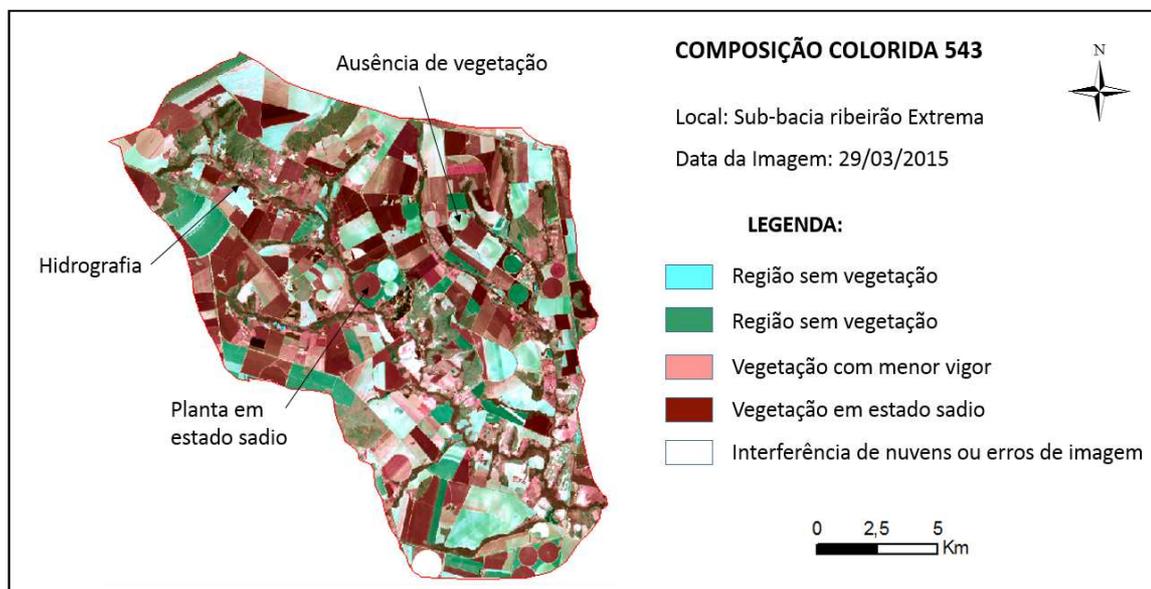


Figura 6.3 – Composição colorida 543 para o ribeirão Extrema em março de 2015.

As regiões identificadas como “vegetação com maior vigor”, na Figura 6.2, e como “vegetação em estado sadio”, na Figura 6.3, também, podem representar áreas de agricultura com cultivo de olericulturas, como as citadas no gráfico da Figura 5.3, mostrando agricultores que não fazem uso de pivôs centrais. Caso surja a necessidade de identificação dessas áreas, deve-se consultar o cadastro de outorga no banco de dados, ou analisar o

comportamento das curvas espectrais (a ser descrito no item 6.2 – Análise NDVI e Curvas Espectrais).

É importante ressaltar que o usuário deve saber identificar regiões com interferência de nuvens, que se apresentam na cor branca, ou mesmo possíveis erros de imagem, sendo inclusos erros no momento de aquisição da imagem pelo satélite ou algum erro advindo do processo de tratamento das imagens. Na Figura 6.4, são apresentadas duas imagens, nas quais as nuvens interferem de modo a impedir o seu uso.

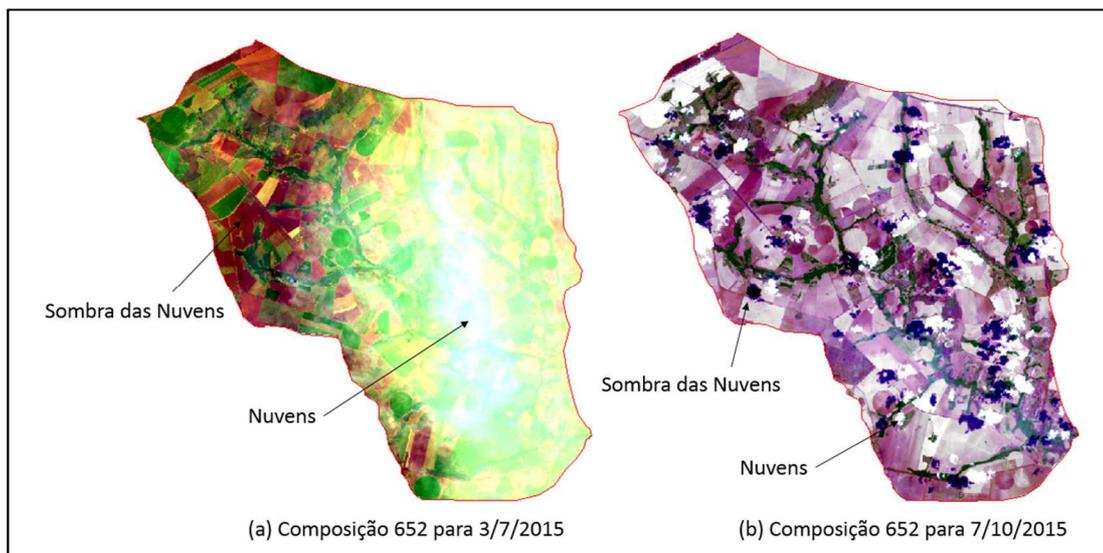


Figura 6.4 – Interferência de nuvens impossibilitando o uso das imagens.

Após o primeiro reconhecimento da região de estudo, na época de chuva, o usuário deve analisá-la para o período de estiagem. No caso do ribeirão Extrema, e para o ano de 2015, a melhor imagem foi do mês de agosto, representada na figura a seguir:

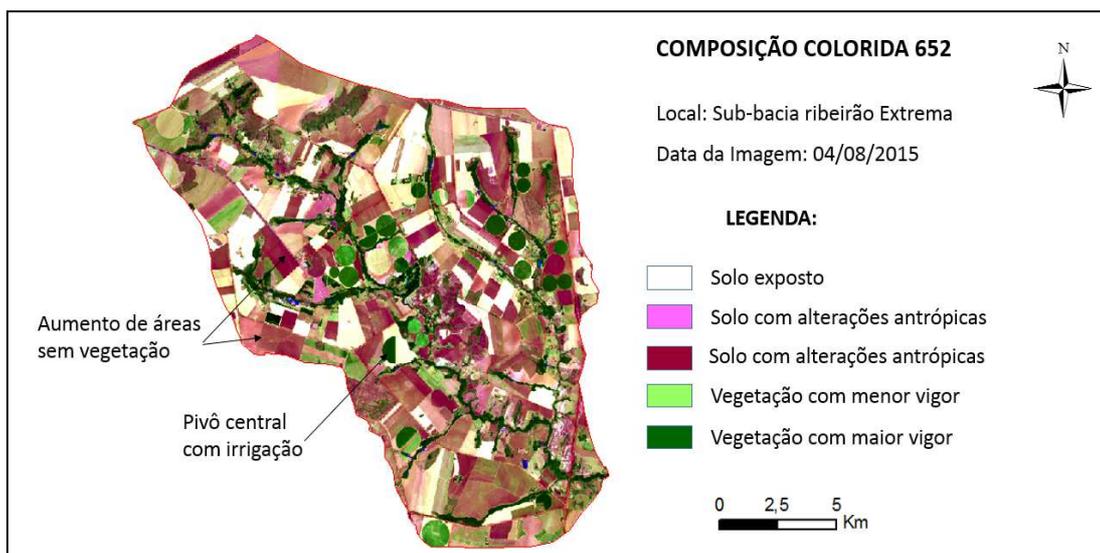


Figura 6.5 – Composição colorida 652 para o ribeirão Extrema em agosto de 2015.

Com a redução da chuva, se reduz a cobertura vegetal natural, de modo, a mostrar mais o solo ao longo da bacia. Contudo, caso haja irrigação nessa época, haverá regiões apresentando vegetação com verde escuro, como no caso dos pivôs centrais da Figura 6.5. A redução de áreas que apresentam “vegetação com maior vigor”, mostra que, agricultores de olericulturas ao longo da sub-bacia do ribeirão Extrema, não conseguem abastecer suas hortas, ficando na expectativa do retorno de chuvas, ou optando por não plantar nessa época.

A Figura 6.6 mostra a composição 543 para o mês de agosto:

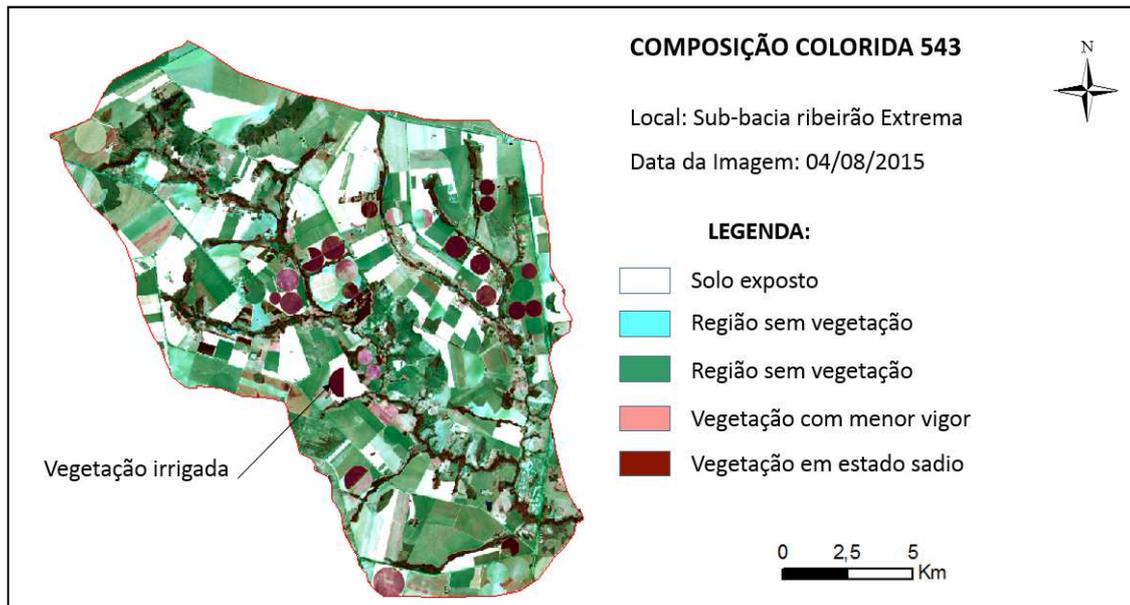


Figura 6.6 – Composição colorida 543 para o ribeirão Extrema em agosto de 2015.

Na Figura 6.6, são evidenciadas as regiões com vegetação em tons de vermelho, como comparativo à composição 543, aplicada à imagem de março (Figura 6.3), na qual se apresentam menos regiões vermelhas em função da menor quantidade de chuvas, nesse caso, ressaltando as atividades de irrigação em pivôs centrais.

Para uma análise mais detalhada, é necessário escolher uma região para verificação do procedimento dentro da sub-bacia. Para tanto, após analisar as composições coloridas da R.E, optou-se por uma área de verificação, que apresente intensa atividade de irrigação por pivôs centrais na época de estiagem.

A Figura 6.7 mostra a área escolhida para a aplicação do procedimento, limitada pelas seguintes coordenadas UTM: A (233500.000000, 8.259286.000000), B (244750.000000, 8.259286.000000), C (233500.000000), 8.252857.000000) e D (244750.000000, 8.252857.000000).

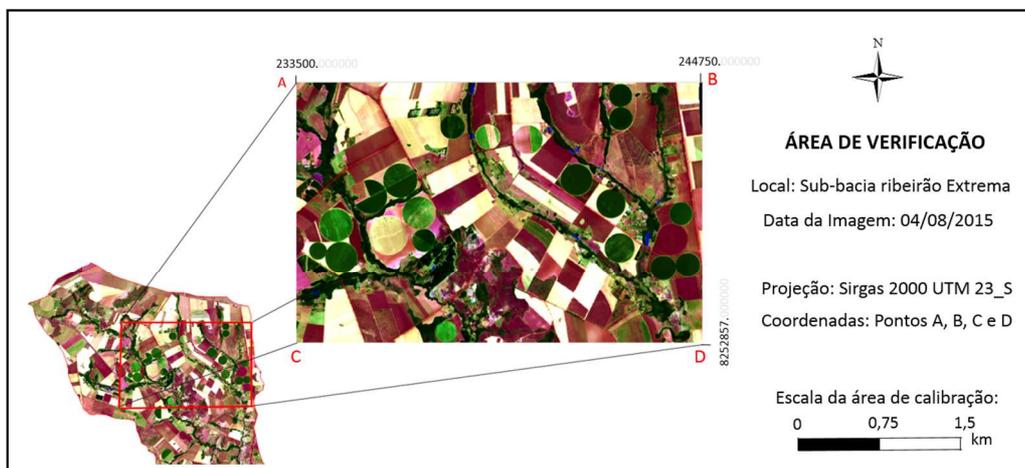


Figura 6.7 – Área de verificação dentro do ribeirão Extrema.

Então, para responder ao primeiro item do procedimento, descrito no diagrama da Figura 6.1, o qual questiona se a área de estudo (nesse caso área de verificação), apresenta áreas verdes em época de seca, utiliza-se a Figura 6.8, que mostra o comportamento da vegetação em quatro meses (março, junho, agosto e setembro) de 2015. Com uso da composição colorida 652, é evidenciado que, para a data de 4 de agosto, em função da estiagem, são apresentadas regiões verdes apenas nos pivôs centrais e no rio, caracterizando regiões com água em abundância, diferindo de março (mês chuvoso), junho (vegetação que ainda recebeu as últimas chuvas) e de setembro (a imagem começa a ter interferência de nuvens, pois aproxima-se, novamente, a época de chuvas), nos quais se apresentam vegetação sadia ao longo de toda a imagem. Caso não houvesse região verde onde se identificou como área de cultivo, dispensar-se-ia o indicativo de fiscalização.

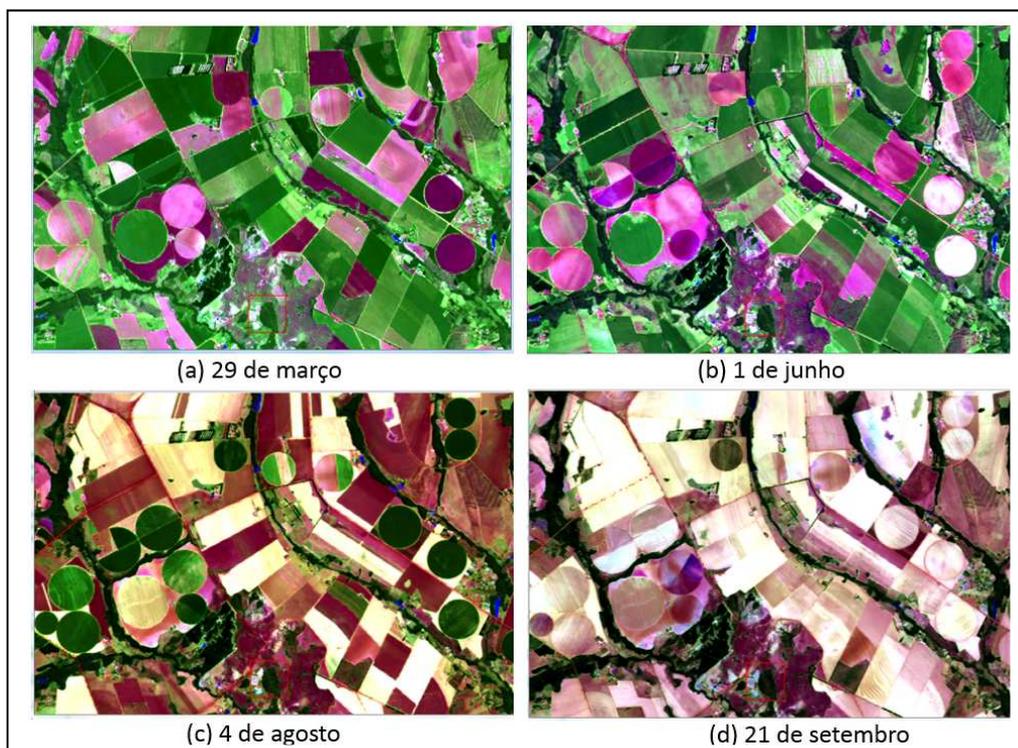


Figura 6.8 – Comparativo de áreas irrigadas para a área de verificação (composição 652).

Como complemento à Figura 6.8, foi aplicada a composição colorida 543 (infravermelho), que, de modo qualitativo, prova que as culturas são irrigadas nos pivôs centrais na época de estiagem, pois apresentam-se com tom vermelho mais forte no mês de agosto, como ilustrado na Figura 6.9, a seguir:

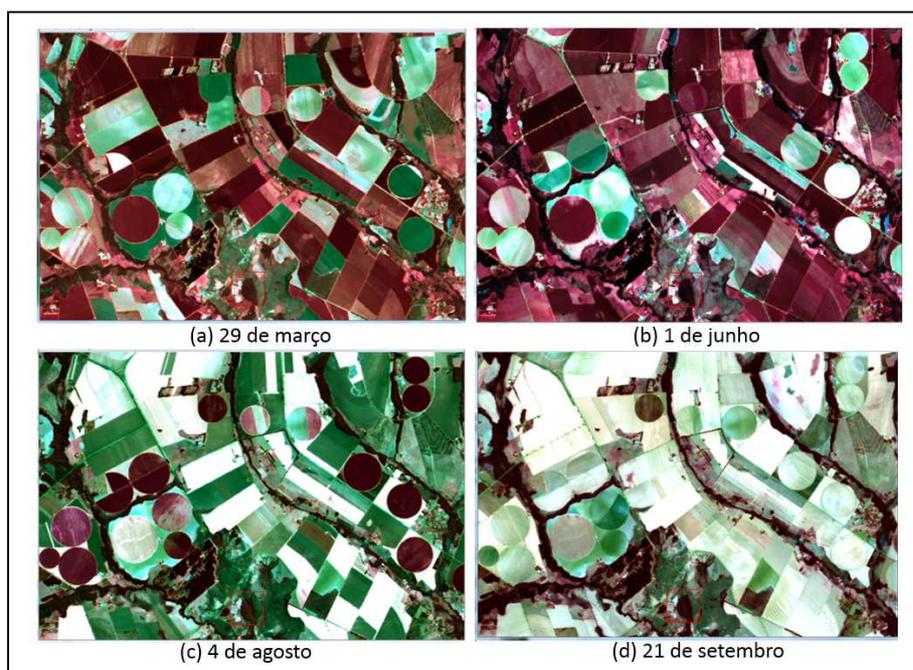


Figura 6.9 – Comparativo do estado da vegetação para a área de verificação (composição 543).

6.2 – ANÁLISE NDVI E CURVAS ESPECTRAIS

A Figura 6.10 mostra a aplicação do NDVI para o mês de agosto aplicado à área de verificação, correspondente à época de estiagem, mostrando, como saudas, somente as culturas presentes em pivôs centrais, sendo que, em alguns pontos isolados, como no canto inferior esquerdo da imagem, aparecem possíveis olericulturas com presença de água. Ambos os tons de verde (NDVI's iguais a 1 e a 2) na Figura 6.10, podem corresponder à vegetação em estado sadio, pois a cada tipo de planta corresponde a um percentual de absorção de água, não pertencendo a esse tipo de análise essa quantificação.

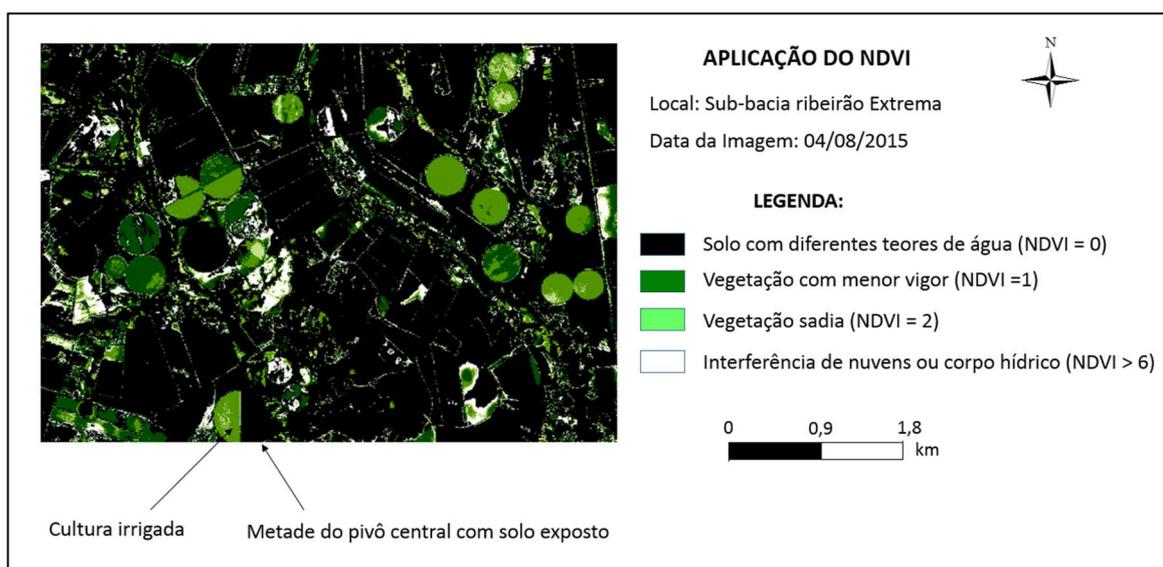


Figura 6.10 – Aplicação NDVI para a área de verificação.

Na Figura 6.11, são mostrados os resultados da aplicação do NDVI para a área de verificação em outros meses de 2015, de modo a ressaltar a influência do período de chuvas em março e junho, pois mostram mais regiões com vegetação apresentando maior teor de água, o que é reduzido para o mês de agosto, que corresponde ao período de seca, enquanto que, em setembro, aparecem inúmeras manchas brancas com NDVI altos representando o início da formação da época de chuvas no DF.

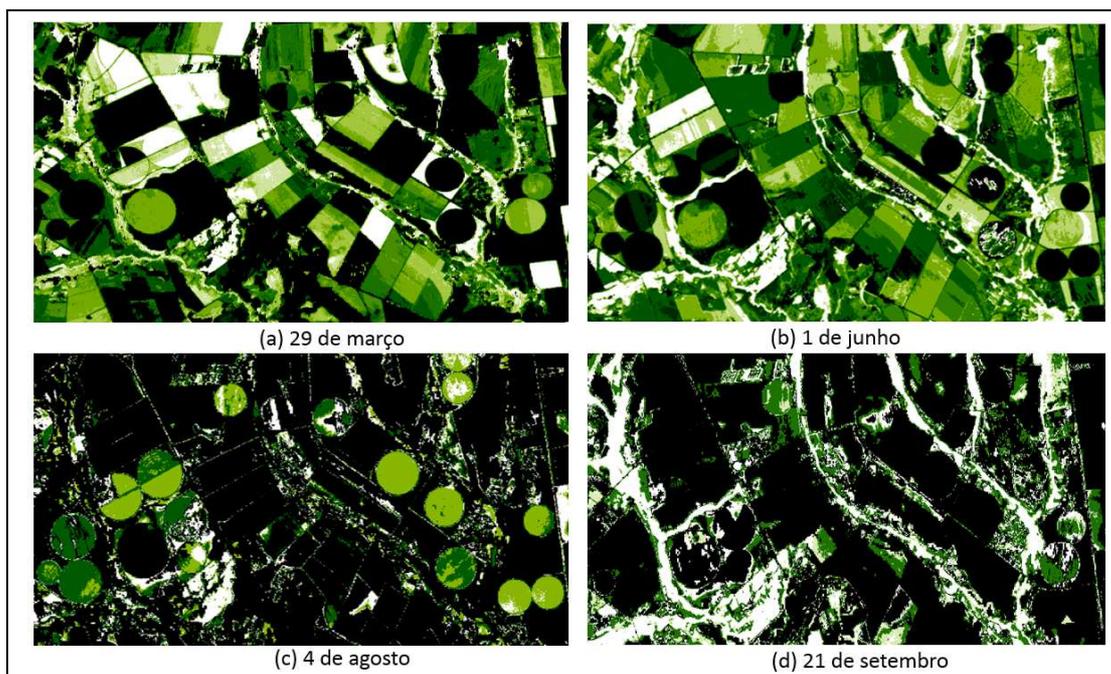


Figura 6.11 – Comparativo NDVI aplicado na área de verificação.

Caso não houvesse a presença de vegetação sadia, no caso em regiões identificadas como áreas de cultivo, dispensar-se-ia o indicativo de fiscalização.

Outra análise complementar que auxilia quantitativamente na indicação do estado da planta, e de monitoramento do comportamento da mesma ao longo dos meses, é a avaliação das curvas espectrais de cada área de cultivo, podendo-se identificar se há mais de um tipo de cultura no mesmo pivô central, ou na área com olericultura. Porém o usuário deve atentar-se de que as curvas espectrais mostradas para a área de estudo pelo programa ENVI 4.4, não foram calibradas em campo, de modo a servirem apenas como indicativo do estado da planta, assim como no caso do NDVI mencionado anteriormente.

A Figura 6.12 mostra dois pontos de coordenadas UTM, A1 (235750.000000, 8.257142.000000) e B1 ((236500.000000, 8.257500.000000), inseridos em um pivô central, referente à uma imagem de 04 de agosto de 2015, para se analisar o comportamento das curvas espectrais da cultura presente:



Figura 6.12 – Pontos para análise das curvas espectrais.

A avaliação se deu nas imagens de satélite correspondentes a três meses, sendo eles: 29 de março (época de chuva), 4 de agosto (época de seca) e 21 de setembro (início da época de chuva). Para a cultura referente ao pivô central (sem identificação), a qual se insere o ponto A1, sua curva espectral na época de seca (em vermelho na Figura 6.13), mostra maior nível de reflectância na banda do vermelho (V), o que é de se esperar, em função do recesso da época de chuva. Logo, decai a produção de clorofila e também a absorção de água, aumentando a reflectância, cujo o valor aproximado é de 180%. A curva de cor preta, correspondente ao mês de setembro (onde se inicia o período de chuvas), mostra que a produção de clorofila volta a aumentar, de modo a reduzir a reflectância, que se apresenta em torno de 100%, enquanto que a curva de cor verde, correspondente ao mês de março (época chuvosa), mostra um valor de reflectância para o ponto A1, de aproximadamente 130%. A curva para o mês de agosto, se mostra distante das demais em função de que a cultura pode não estar sendo irrigada ou estar sendo irrigada a pouco tempo, podendo ainda não estar em estado sadio, enquanto que a curva de setembro se aproxima da curva de março, em função da eficiência da irrigação e da proximidade com a época de chuvas, na qual haverá maior absorção da luz em função da produção de clorofila.

No mesmo pivô central, temos o ponto B1 (Figura 6.14), que apresenta curva vermelha (agosto) com reflectância de 125%, a curva preta (setembro) com reflectância de 100% e a curva verde (março) com reflectância de 125%. Ao apresentar reflectância da época de seca igual à da época de chuva, pode-se inferir que o estado sadio e com água em abundância para o ponto B1 (representando eficiência na irrigação), em relação à cultura presente no ponto A1 (podendo não ser a mesma cultura que a do ponto B1), apresentar-se com menor reflectância, ao menos até o momento de imageamento do satélite em 4 de agosto.

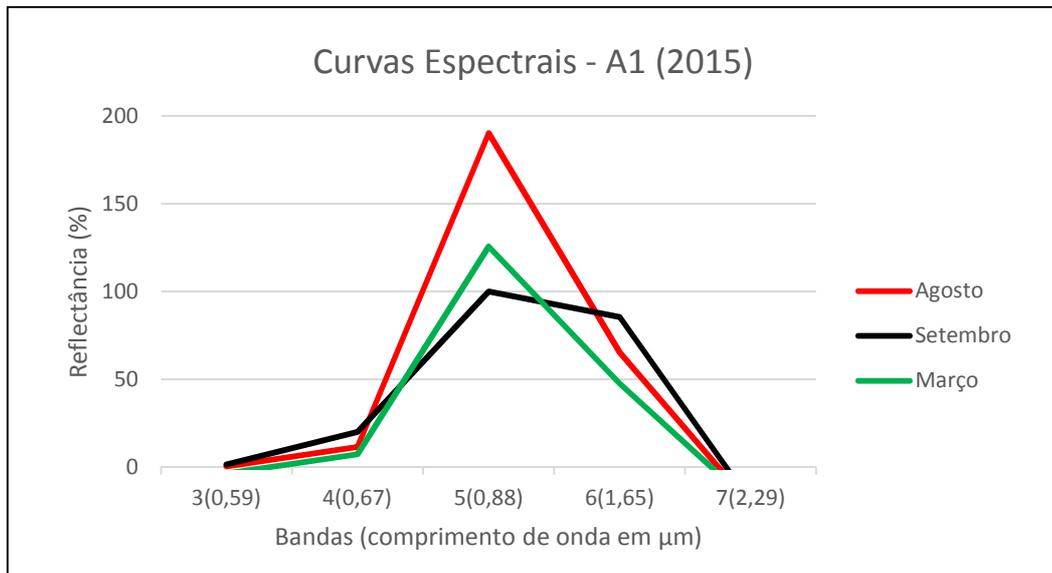


Figura 6.13 – Curvas espectrais para A1 em três meses de 2015.

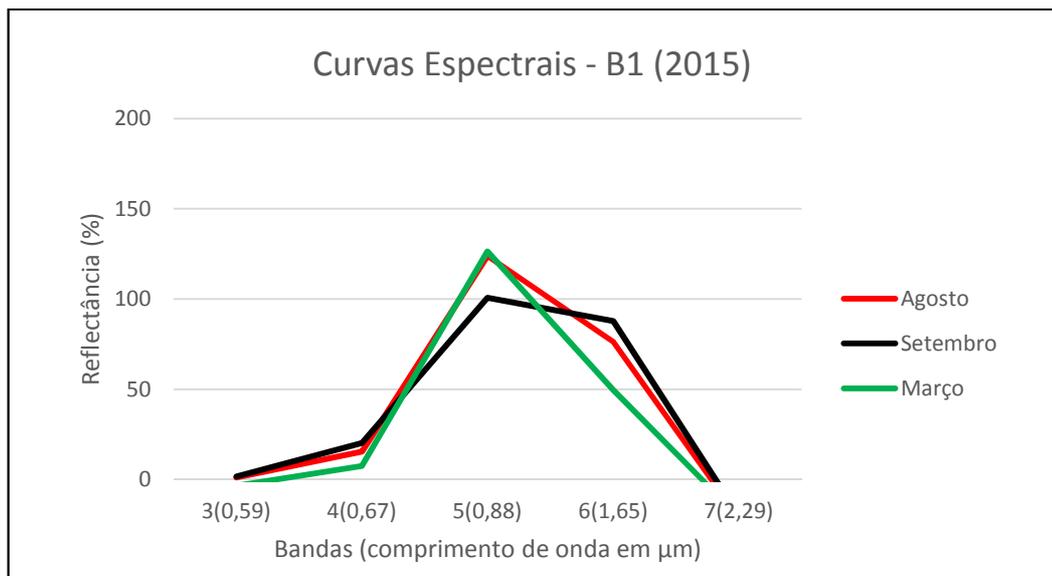


Figura 6.14 – Curvas espectrais para B1 em três meses de 2015.

Nos casos dos pontos A1 e B1, é razoável supor que o produtor privilegiou uma das regiões do pivô central para irrigar, ao menos até o momento do imageamento feito pelo satélite, pois, ao se analisarem as curvas de cor preta, mesmo com o início da formação de chuva, pode-se esperar que tenha sido compensada a irrigação entre os pontos de análise.

6.3 – ANÁLISE DO CADASTRO DE OUTORGAS

Para simulação dos tipos de cultura praticados na sub-bacia do ribeirão Extrema, foram utilizados os ciclos de produção avaliados por Pabón (2009), comumente praticados na bacia hidrográfica do rio Preto, que são dois: o primeiro começando com cultura de soja, compreendida no período de novembro até março, seguido de trigo, correspondente ao período de abril até agosto, e finalizando com feijão até setembro até dezembro. O segundo ciclo começa com cultura de milho (novembro até março), seguido do plantio de trigo (abril até agosto), e finalizando com o plantio de feijão (setembro até dezembro), a tabela a seguir resume os ciclos mencionados:

Tabela 6.1 – Simulação dos ciclos produtivos na sub-bacia do R.E.

MESES:	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
CICLO 1:	Soja	Soja	Soja	Trigo	Trigo	Trigo	Trigo	Trigo	Feijão	Feijão	Soja + Feijão	Soja + Feijão
CICLO 2:	Milho	Milho	Milho	Trigo	Trigo	Trigo	Trigo	Trigo	Feijão	Feijão	Milho + Feijão	Milho + Feijão

Fonte: Pabón (2009).

Com o uso da equação (3), Tabela 6.1, Tabela 3.2 – Consumo médio diário de água – Aspersão/ Pivô Central (item 3.2.3 - Irrigação no Distrito Federal) extraída da Resolução nº 02/2006 da ADASA e da consulta ao cadastro de outorgas fornecido pela ADASA, escolheu-se um produtor “P1”, de coordenadas em UTM (236635.070000; 8256746.470000), irrigante cadastrado e usuário de pivô central, para construção da Tabela 6.2 a seguir, na qual foi simulada a utilização do ciclo 1 de produção, de modo a determinar quais seriam as áreas máximas possíveis a serem irrigadas para o produtor ao longo do ano.

Tabela 6.2 – Cálculo de Api – Ciclo 1 – Produtor P1.

Mês	Vazão outorgada (L/s)	Tipo de Irrigação	Simulação dos Tipos de Cultura	Demanda Hídrica (L/s/ha)	Área Passível de Irrigação (ha)
Jan	0,00	pivô central	soja	0,7500	0,00
Fev	0,00	pivô central	soja	0,7500	0,00
Mar	0,00	pivô central	soja	0,7500	0,00
Abr	11,20	pivô central	trigo	0,6667	16,80
Mai	9,00	pivô central	trigo	0,6667	13,50
Jun	7,40	pivô central	trigo	0,6667	11,10
Jul	6,40	pivô central	trigo	0,6667	9,60
Ago	5,20	pivô central	trigo	0,6667	7,80
Set	4,40	pivô central	feijão	0,7500	5,87
Out	0,00	pivô central	feijão	0,7500	0,00
Nov	0,00	pivô central	soja - feijão	0,7500	0,00
Dez	0,00	pivô central	soja - feijão	0,7500	0,00

Sua propriedade encontra-se destacada em vermelho na Figura 6.15 a seguir, denominada Ai-vermelha, que para a qual foi adotado metade do pivô em função de apresentar diferentes tons de verde, de modo a ser assumido que a metade não escolhida pode ser outra cultura ou a mesma cultura em outro estágio fenológico, totalizando uma área irrigada de 32,873 ha. Reitera-se que os valores de demanda hídrica utilizados, correspondem a valores médios do ciclo de cada cultura (Tabela 3.2), que para uma análise mais criteriosa, os cálculos deveriam contemplar os valores de demanda hídrica correspondentes à cada etapa do ciclo de cada cultura, contudo, requer o acompanhamento e coleta dessas informações em campo durante o ciclo ou obter tais informações de algum órgão gestor que já tenha esses valores, não sendo obtidas tais informações no período dessa pesquisa.

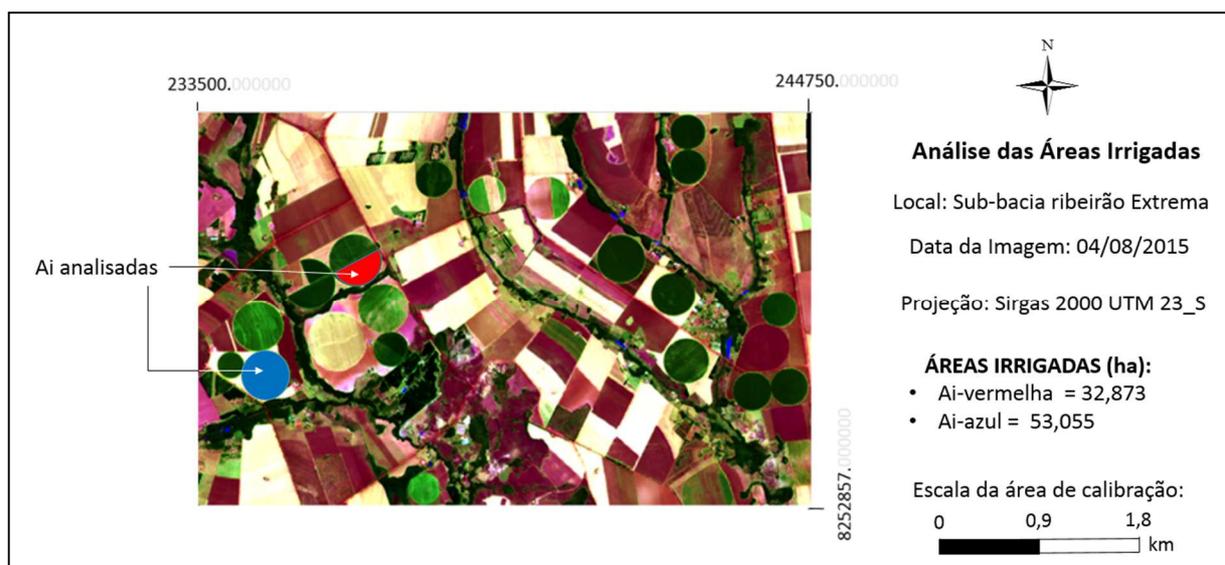


Figura 6.15 – Áreas irrigadas de análise.

Como Ai-vermelha apresenta-se com área irrigada maior do que as áreas passíveis de irrigação para a época de seca (junho = 11,10 ha; julho = 9,60 ha e agosto = 7,80 ha), caracterizando-se como maior que o dobro da área de junho (maior valor dentre os três meses), nesse caso, recebe-se o indicativo de fiscalização prioritária, recomendando ao órgão gestor que direcione maior atenção à situação.

A Figura 6.15 apresenta, ainda, um outro produtor “P2”, de coordenadas UTM (235041,850000; 8254806,910000), em destaque com área de pivô em azul, denominada Ai-azul, apresentando um total de 53,055 ha de área irrigada. A tabela, a seguir, mostra a simulação para P2, utilizando o ciclo 2:

Tabela 6.3 – Cálculo de Api – Ciclo 2 – Produtor P2.

Mês	Vazão outorgada (L/s)	Tipo de Irrigação	Simulação dos Tipos de Cultura	Demanda Hídrica (L/s/ha)	Área Passível de Irrigação (ha)
Jan	0,00	pivô central	milho	0,8194	0,00
Fev	0,00	pivô central	milho	0,8194	0,00
Mar	14,00	pivô central	milho	0,8194	17,09
Abr	14,00	pivô central	trigo	0,6667	21,00
Mai	11,30	pivô central	trigo	0,6667	16,95
Jun	9,30	pivô central	trigo	0,6667	13,95
Jul	6,50	pivô central	trigo	0,6667	9,75
Ago	5,50	pivô central	trigo	0,6667	8,25
Set	5,20	pivô central	feijão	0,7500	6,93
Out	0,00	pivô central	feijão	0,7500	0,00
Nov	0,00	pivô central	milho - feijão	0,7500	0,00
Dez	0,00	pivô central	milho - feijão	0,7500	0,00

Assim como no caso anterior, a área irrigada (53,055 ha nesse caso) apresenta-se com valor maior do que as Api's para a época de seca (junho = 13,95 ha; julho = 9,75 ha e agosto = 8,25 ha), caracterizando-se como maior que o dobro da área de junho, também recebendo o indicativo de fiscalização prioritário.

Quanto maior forem as áreas irrigadas em relação às Api's, maior será a possibilidade de que os produtores irrigantes estejam utilizando vazões além das outorgadas, situação que irá demandar maior fiscalização. Caso haja muitos produtores ao longo de uma sub-bacia utilizando vazões além das outorgadas, esta pode apresentar interferência em sua oferta de recursos hídricos, principalmente em épocas de estiagem mais severa.

Para a situação em que Api é maior do que Ai, dispensa-se o indicativo de fiscalização. Todavia, pode haver um indício de que o produtor analisado pode ter solicitado outorga e não a estar utilizando totalmente, de modo que havendo muitos produtores ao longo da sub-bacia nessa condição, esses podem estar impedindo a liberação para novos usuários por parte do órgão gestor.

Um importante questionamento é se a liberação da outorga deveria ser feita também em função da área irrigada, e não apenas por até 80% (oitenta por cento) das vazões de referência Q7,10, Q90, ou Q(média das mínimas mensais) - Resolução 350/2006 da ADASA, ao menos quanto à agricultura, de modo a estarem declarados os tipos de cultura, pois para uma determinada vazão uma vez outorgada, o produtor pode realizar diversos incrementos de área irrigada de tal forma que aos poucos ele tenha um consequente aumento da vazão utilizada, diferindo do valor cadastrado no órgão gestor.

Os valores de área irrigada levantados para as áreas estudadas, Ai-vermelho (32,873 ha) e Ai-azul (53,055 ha), podem não representar toda a área irrigada de seus respectivos produtores, pois no cadastro de outorga não consta o perímetro irrigado limitante para os mesmos, mas somente as coordenadas de localização. Desse modo, a fiscalização por imagem de satélite não poderá identificar se novos incrementos irregulares nas áreas de cultivos foram realizados.

O próximo item fará uma avaliação geral do procedimento de auxílio à fiscalização de pleitos de outorga, levantando os principais aspectos percebidos.

6.4 – AVALIAÇÃO DA APLICAÇÃO DO PROCEDIMENTO

Após a aplicação do procedimento proposto na sub-bacia do ribeirão Extrema, pode-se concluir com uma avaliação positiva, ou seja, o procedimento adotado pode ser julgado “Adequado”, na averiguação de compatibilização de áreas irrigadas com cadastro de outorga, por meio de análises de imagens de satélite.

A tabela, a seguir, mostra as principais condições de uso, pontos positivos e os pontos negativos do procedimento, levantados ao longo da pesquisa:

Tabela 6.4 – Avaliação do Procedimento.

Condições de Uso	Prós	Contras
Processamento de imagens de satélite atualizadas e sem presença de nuvens	Fácil aplicação e simples análise de resultados	Análise quantitativa necessitaria de calibração em campo para ser mais precisa
Cadastros de outorga	Boa análise qualitativa	Maior tempo para encontrar produtores irregulares, que não usam pivôs centrais
Informações sobre as culturas praticadas	Fácil identificação de produtores irregulares que usam pivôs centrais	-
Conhecimento dos métodos de irrigação da região	Possibilidade de identificação de usuários que não estão utilizando outorga totalmente	-

O procedimento desenvolvido nessa pesquisa lida, direta e unicamente, com o uso de outorgas destinadas às práticas de irrigação, não contemplando outros possíveis usos de recursos hídricos, passíveis de serem outorgados, como o caso de hidroeletricidade, abastecimento humano, etc.

Uma análise complementar ao procedimento se refere à necessidade de existir um equilíbrio entre a oferta de recursos hídricos na bacia hidrográfica e a sua demanda por atividades como as mencionadas, de modo que o uso deve respeitar a disponibilidade hídrica na bacia, principalmente em épocas de estiagem.

A Figura 6.16 mostra um diagrama contemplando o procedimento desenvolvido, associando-o com os demais usos de recursos hídricos, e também à um levantamento de informações sobre a disponibilidade hídrica na bacia hidrográfica estudada (como os níveis dos reservatórios ao longo dos períodos de chuva e estiagem, vazões outorgadas para os

diversos usos, entre outros), de modo que seja possível avaliar em caso de haver conflitos pelo uso da água (a partir da utilização de modelagem hidrológica), a criação de novos cenários de gestão das atividades, tais que deva se adequar à variação das reservas hídricas ao longo dos períodos de chuva e estiagem. Também se deve simular a implementação de novos instrumentos de gestão ainda não empregados na bacia, porém previstos na Lei da PNRH. A exemplo, tem-se o uso de cobrança por recursos hídricos, que além de incentivar o disciplinamento do uso da água, pode conseguir arrecadar fundos para investimento na própria bacia hidrográfica.

Outro importante fator é a definição de cotas de alocação dos usos de recursos hídricos, que devem considerar a variação dos níveis das reservas hídricas na bacia hidrográfica. Sua implementação pode vir a contribuir com a análise de cenários, nos quais se pode representar a oferta de recursos hídricos, alocadas para as demandas manifestadas, porém em função da disponibilidade hídrica.

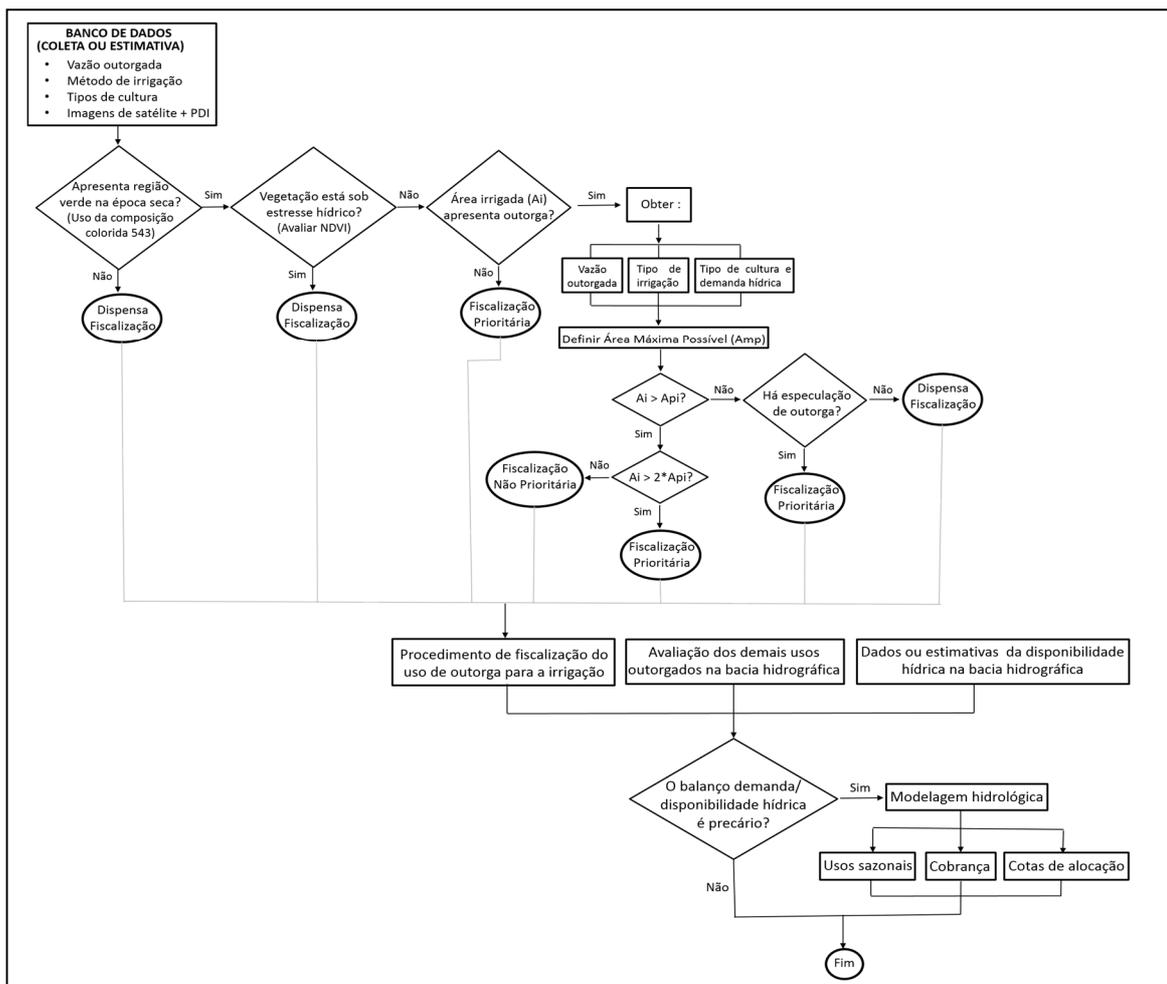


Figura 6.16 – Sugestão de complemento ao procedimento.

7 – CONCLUSÕES

Nesta pesquisa, foi elaborado um procedimento que visa auxiliar a fiscalização do uso de outorga, sendo dividido em duas partes. Na primeira, é realizada análise de imagens digitais do satélite LANDSAT 8. Na segunda parte, a análise é feita em conjunto com o banco de dados referentes às outorgas concedidas pela ADASA.

O procedimento desenvolvido mostrou aplicabilidade adequada para a compatibilização entre cadastro de outorgas e área irrigadas identificadas nas análises das imagens de satélite. De posse desses resultados, não se conseguiu identificar, ao menos entre os grandes produtores, a presença de usuários não cadastrados, de modo a concentrar a análise em áreas de pivô central, constatando assim, mediante informações sobre cadastro de outorga, demanda hídrica e simulação dos ciclos produtivos praticados na bacia hidrográfica do Rio Preto, a ocorrência de áreas irrigadas maiores do que as identificadas nas imagens de satélite para ao menos dois produtores, de modo a ser emitido o indicativo de fiscalização prioritária para ambos os casos, alertando o órgão gestor local, no caso, a ADASA, para que venha a intensificar o monitoramento dos produtores irrigantes na localidade estudada, priorizando-os em relação a produtores que não obteriam o mesmo indicativo, segundo resultado do procedimento.

Em sua primeira aplicação, o procedimento mostrou-se eficiente como instrumento de apoio às equipes de fiscalização, no que tange ao trabalho que antevê a ida à campo, pois as direciona para propriedades que requerem maior atenção quanto ao uso indevido de recursos hídricos.

Como principais vantagens, o procedimento apresenta fácil construção e aplicação, baixo custo de aquisição de informações, com relativa rapidez na execução e análise dos resultados obtidos. Quanto às desvantagens, destaca-se a necessidade de manter um banco de dados atualizado, preferencialmente com informações acerca dos tipos de cultura e suas respectivas demandas hídricas para a localidade estudada ou, então, com indicativos sobre as culturas praticadas na região, no caso dessa informação não estar disponível. Também, ressalta-se a necessidade do monitoramento do aumento de área irrigada praticado pelos produtores, o que operacionalmente não é feito com frequência, requerendo maior importância para esse cadastramento.

O estímulo ao uso racional e consciente dos recursos hídricos por parte dos usuários, principalmente em épocas de escassez, deve ser prioridade pelos órgãos gestores. O procedimento elaborado nessa pesquisa auxilia o processo de tomada de decisão, que se utilizado por técnicos em órgãos gestores, pode desenvolver um banco de informações sobre o comportamento de produtores ao longo das bacias hidrográficas analisadas, o que contribui com o direcionamento de esforços de equipes de fiscalização para evitar consumos sem cadastramento ou uso além do outorgado.

8 – RECOMENDAÇÕES

Para complementação do procedimento proposto, indica-se a aplicação com maior enfoque em áreas de olericultura e avaliar a sua contribuição da retirada de água ao longo da sub-bacia do ribeirão Extrema; aplicação em meses de seca em outros anos, por exemplo em 2014 e 2016 para avaliar se há algum padrão no comportamento de curvas espectrais; acompanhamento de demanda hídrica ao longo do ciclo de cultura para averiguar a área demandada, bem como a taxa de aplicação de nutrientes às culturas irrigadas pelos produtores, assim como a qualidade do solo utilizado, que são análises importantes para a determinação completa do estado da vegetação.

O procedimento deve ser aplicado em outras sub-bacias em diferentes condições hidrológicas, uso de solo, considerando situações em que produtores que fazem algum tipo de reservação de água, seja por tanque ou intervenção no corpo hídrico. Em bacias com balanço crítico entre demanda e disponibilidade hídrica, deve-se monitorar a utilização de vazões outorgadas e utilizar modelagem hidrológica para determinar o volume de água que entra e o que sai da sub-bacia do ribeirão Extrema, comparando com o somatório das outorgas para averiguar o balanço hidrológico.

REFERÊNCIAS

- ADASA - Agência Reguladora de Águas, Energia e Saneamento Básico do Distrito Federal. (2006). Resolução nº 02 - Estabelece valores de referência para outorga de uso de recursos hídricos em corpos de água de domínio do Distrito Federal e dá outras providências.
- ADASA - Agência Reguladora de Águas, Energia e Saneamento Básico do Distrito Federal. (2006). Resolução nº 163 - Estabelece os procedimentos gerais para a fiscalização, apuração de infrações e aplicação de penalidades pelo uso irregular dos recursos hídricos em corpos de água de domínio do Distrito Federal.
- ADASA - Agência Reguladora de Águas, Energia e Saneamento Básico do Distrito Federal. (2006). Resolução nº 350 - Estabelece os procedimentos gerais para requerimento e obtenção de outorga do direito de uso dos recursos hídricos em corpos de água de domínio do Distrito Federal e em corpos de água delegados pela União e Estados.
- ADASA - Agência Reguladora de Águas, Energia e Saneamento Básico do Distrito Federal. (2010). Resolução nº 004 - Instituir o Cadastro Eletrônico dos usuários de recursos hídricos em corpos de água de domínio do Distrito Federal e em corpos de água delegados pela União e Estados
- ADASA - Agência Reguladora de Águas, Energia e Saneamento Básico do Distrito Federal. (2016). Disponível em: <http://sistemas.adasa.df.gov.br/CadWeb/uiCadWeb/cadWeb.jsf>. Acesso em 04 de abril de 2016.
- ADASA - Agência Reguladora de Águas, Energia e Saneamento Básico do Distrito Federal. (2012). Plano de Gerenciamento Integrado de Recursos Hídricos do Distrito Federal. Volume II: Prognósticos e Planos de Ação.
- Almeida, L. F. R., Broch, S. O. e Sobrinho, T. A. (2011). A Cobrança Pelo Uso da Água em Mato Grosso do Sul. XIX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. Maceió – Alagoas.
- Alves, W. F., Campos, A. C. e Xavier, F. F. (2013). Monitoramento Quantitativo Como Instrumento de Gestão dos Recursos Hídricos Superficiais No Distrito Federal, Tendo O Geoprocessamento Como Ferramenta De Suporte. XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. Bento Gonçalves – Rio Grande do Sul.

- Alves, W. F. (2016). Estudo Comparativo de Métodos de Regionalização Hidrológica e Desenvolvimento de um Aplicativo para o Gerenciamento de Outorga de Águas Superficiais. Universidade de Brasília, Dissertação de Mestrado, 97p.
- Arjunan, K. e Nanthakumaran, A. (2016). “Identifying An Appropriate and Sustainable Irrigation Method Using Some Remotely Sensed Parameters for The Crop Cultivation in Vavuniya District”. *Procedia Food Science*, 6, 127 – 132.
- Azevedo, L. G., Rego, M. F., Baltar, A. M. e Porto, R. (2003). “Sistema de suporte à decisão para outorga de direito de uso da água no Brasil: uma análise da situação brasileira em alguns estados”. *Bahia Análise & Dados*, 13(Especial), 481 – 496.
- Borges, L. A., Pereira, R. M., Ferreira, A. e Dantas, A. A. (2009). Uso da Geoestática No Mapeamento da Evapotranspiração do Estado de Minas Gerais e Estimativa da Variação do Consumo de Água Por Pivô Central No Município de Unaí - MG, Entre 1998 E 2008. XVI Congresso Brasileiro de Agrometeorologia. Belo Horizonte – Minas Gerais.
- Brambilla, M., Souza, N. C. R., Fontes, A. S. e Medeiros, Y. D. (2015). Avaliação do Conflito Entre Os Usos Consuntivos E A Geração de Energia No Reservatório de Pedra – Rio de Contas. XXI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. Brasília – Distrito Federal.
- Brasil. (1997). Lei Federal 9.433 - Política Nacional de Recursos Hídricos. Brasília - DF.
- Brasil. (2000). Lei Federal nº 9.984. Agência Nacional de Águas. Brasília - DF.
- Brasil. (2008). Resolução CONAMA Nº396 – Dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências.
- Brasil. (2009). Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil. ANA - Agência Nacional de Águas. Disponível em: < <http://conjuntura.ana.gov.br/> > .Acesso em: 21 março de 2016.
- Brasil. (2013). Manual de Procedimentos Tecnicos E Administrativos de Outorga de Direito de Uso de Recursos Hídricos. ANA - Agência Nacional de Águas. Brasília – Distrito Federal.
- Brasil. (2015). Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil. ANA - Agência Nacional de Águas. Disponível em: < <http://conjuntura.ana.gov.br/> > . Acesso em: 21 março de 2016.

- Brasil. (2017). Sistema Nacional de Informações Sobre Recursos Hídricos. ANA – Agência Nacional de Águas. Disponível em:< <http://www.snirh.gov.br/hidroweb/>>. Acesso em: 25 de março de 2016.
- Camelo, A. P. S., Sanches, K. L., Souza, A. N. e Joaquim, M. S. (2013). “Quantificação e Valoração Econômica dos Passivos Ambientais da Bacia do Ribeirão Pípiripau”. *Enciclopédia Biosfera*, 9(7), 3666.
- Campos, S., Júnior, A. A., Barros, Z. X., Cardoso, L. G. e Piroli, E. L. (2004). “Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento Aplicados Ao Uso da Terra em Microbacias Hidrográficas, Botucatu – SP”. *Engenharia Agrícola*, 431 – 435.
- Carmo, M. S., Boaventura, G. R. e Oliveira, E. C. (2005). “Geoquímica das Águas da Bacia Hidrográfica do Rio Descoberto, Brasília/DF – Brasil”. *Química Nova*, 28(4), 565 – 574.
- Castro, C. M. S. N., Lopes, C. L. P., Mello, R. e Marques, V. G. (2011). Funções dos Órgãos Reguladores e Fiscalizadores: A Adasa No Contexto do Distrito Federal. II Congresso Intrenacional de Meio Ambiente Subterrâneo. São Paulo – SP.
- Cemin, G. (2009). Utilização do Sensoriamento Remoto para A Caracterização e Discriminação Espectral de Vinhedos em Diferentes *Terroirs*. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Dissertação de Mestrado, 96p.
- Coelho, E. F., Filho, M. A. C. e Oliveira, S. L. (2005). “Agricultura Irrigada: Eficiência de Irrigação e de Uso de Água”. *Bahia Agrícola*, 7(1), 57 – 60.
- Criado, R. C., Piroli, E. L. (2012). “Geoprocessamento Como Ferramenta Para A Análise do Uso da Terra Em Bacias Hidrográficas”. *Geonorte*, 3(4), 1010 – 1021.
- Dayube, S. O., Jesus, M. L., Viana, S. B. A., Junior, L. M. A., Silva, J. e Paranhos, S. B. S. (2015). Avaliação do Manejo de Irrigação em Pivô Central na Região Oeste da Bahia. XXV Congresso Nacional de Irrigação e Drenagem. São Cristóvão – Sergipe.
- Dutta, D., Kundu, A., Patel, N. R., Saha, S. K. e Siddiqui, A. R. (2015). “Assesment of Agricultural Drought in Rajasthan (India) Using Remote Sensing Derived Vegetation Condition Index (VCI) and Standardized Precipitation Index (SPI)”. *Elsevir*, 18, 53 – 63.

- ENVI (2007). Manual do Usuário: Guia Em Português – Versão 4.4, 141p.
- Governo do Distrito Federal – GDF (2004). Lei Distrital nº 3.365 – Cria A Agência Reguladora de Águas e Saneamento do Distrito Federal – ADASA.
- Governo do Distrito Federal – GDF (2008). Lei Distrital nº 4.285 – Reestrutura a Agência Reguladora de Águas e Saneamento do Distrito Federal – ADASA/DF, dispõe sobre recursos hídricos e serviços públicos no Distrito Federal e dá outras providências.
- Governo do Distrito Federal - GDF (2010). Zoneamento Ecológico Econômico - ZEE/DF, Subproduto 3.1 – Relatório do Meio Físico e Biótico. Brasília-DF.
- Governo do Distrito Federal - GDF (2012a). Revisão e Atualização Plano de Gerenciamento de Recursos Hídricos - Volume I: Diagnóstico. Brasília-DF, 830.
- Grah, V. F., Botrel, T. A., Ponciano, I. M., Damasceno, A. P. A. B., Salvador, C. A. e Alves, D. G. (2012). “Solução Alternativa para Bombeamento de Água e Automação da Irrigação Sem O Uso de Energia Elétrica”. *Irriga*, Edição Especial, 309 – 323.
- Fernandes, A. L. V., Izippato, F. J. e Oliveira, W. (2011). “Utilização de SIG e Técnicas de Geoprocessamento como Subsídio À Caracterização e Análise de Uso da Terra no Município de Água Clara/MS para Fins de Planejamento Ambiental”. *Forúm Ambiental da Alta Paulista*, 7(2), 314 – 325.
- Ferrigo, S. (2014). Análise de Consistência dos Parâmetros do Modelo SWAT Obtidos Por Calibração Automática – Estudo de Caso da Bacia do Lago Descoberto – DF. Universidade de Brasília, Dissertação de Mestrado, 166p.
- Ferrigo, S., Távora, B. E., Minoti, R. T., Lima, J. E. F. W. e Koide, S. (2014). Avaliação de Possíveis Impactos das Mudanças Climáticas e do Uso do Solo Sobre A Produção de Sedimentos em Bacia Hidrográfica no Distrito Federal. XI Encontro Nacional de Engenharia de Sedimentos. João Pessoa – Paraíba.
- IBGE. (2016). Acesso em 23 de Fevereiro de 2016, disponível em Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística: <http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?codmun=530010>.
- IBGE. (2016). Séries estatísticas / Estados@ / Distrito Federal@. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/estadosat/perfil.php?sigla=df> . Acesso em 14 de março de 2016.

- Jesus, M. L., Viana, S. B. A., Silva, M. A. V., Lima, J. S. S., Machado, L. V. e Carvalho, J. R. (2015). Estimativa de Eficiência de Irrigação em Sistemas de Microaspersão, nos Perímetros Irrigados da CODEVASF, Região Oeste da BA. XXV Congresso Nacional e Irrigação e Drenagem. São Cristóvão – Sergipe.
- Leite, D. V. B., Magalhães, D. M., Moura, A. C. M. e Parizzi, M. G. (2010). Análise de Expansão Urbana Através de Classificação de Imagens e Análise de Multicritérios como Apoio Ao Planejamento Urbano Municipal – Estudo de Caso de Ribeirão das Neves – MG. XXIV Congresso Brasileiro de Cartografia. Aracajú – Sergipe.
- Lima, J. E. F. W., Sano, E. E., Evangelista, B. A. e Lopes, T. S. S. (2015). Mapeamento da Área Irrigada por Pivô-Central No Cerrado em 2013 Como Subsídio À Gestão Integrada dos Recursos Hídricos. XXI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. Brasília – Distrito Federal.
- Ludmilson, R. S. e Cordeiro Neto, J. F. (2008). “A Sustentabilidade dos Recursos Hídricos do Distrito Federal”. *Univ. Hum*, 5(1/2), 77 – 107.
- Machado, G. G. F. (2009). Análise Econômica Aplicada À Decisão Sobre Alocação de Água Entre Os Usos Irrigação E Produção de Energia Elétrica: O Caso da Bacia do Rio Preto. Universidade de Brasília, Dissertação de Mestrado, 160p.
- Machado, B. G. F. e Cordeiro Netto, O. M. (2010). “Análise Econômica Aplicada À Decisão Sobre Alocação de Água Entre Os Usos Irrigação E Produção de Energia Elétrica: O Caso da Bacia do Rio Preto (DF/GO/MG)”. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, 15(4), 105 – 119.
- Mallmann, C. L., Prado, D. A. e Filho, W. P. (2015). “Índice de Vegetação por Diferença Normalizada para Caracterização da Dinâmica Florestal no Parque Estadual Quarta Colônia, Estado do Rio Grande do Sul – Brasil”. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 8(5), 1454 – 1469.
- Mondal, S., Jeganathan, C., Sinha, N. K., Rajan, H., Roy, T. e Kumar, P. (2014). “Extracting Season Croppong Patterns Using Multi-Temporal Vegetation Indices From IRS LISS-III Data in Muzaffarpur District of Bihar, India”. *Elsevier*, 17, 123 – 134.
- Moura, A. C. M., Freire, G. J. M., Oliveira, R. H., Santana, S. A., Pereira, M. F., Soares, A. M. E. e Voll, V. L. (2009). “Geoprocessamento no Apoio A Políticas do Programa Vila

Viva em Belo Horizonte – MG: Intervenções em Assentamentos Urbanos Precários”.
Revista Brasileira de Cartografia, 61(2), 177 – 188.

Moura, A. C. M., Freire, G. J. M., Oliveira, R. H. O. e Santana, S. A. (2010).
Geoprocessamento No Apoio A Políticas do Programa Vila Viva Em Belo Horizonte –
MG: Intervenções Em Assentamentos Urbanos Precários. VII Simpósio Brasileiro de
Cartografia Geotécnica e Geoambiental. Maringá - Paraná.

Oliveira, L. F., Moura, A. C. M., Saliba, L. e Ribeiro, S. (2011). Estudos de Conflitos de
Interesse Ambiental E Antrópico Na Ocupação da Paisagem do Quadrilátero Ferrífero
Com O Uso de Geotecnologias, Imagens Rapideye E DEM ASTER. XXV Congresso
Brasileiro de Cartografia. Curitiba – Paraná.

Pabón, D. A. R. (2009). Metodologia Multiobjetivo e Multicritério de Auxílio À Outorga de
Recursos Hídricos: O Caso da Bacia do Rio Preto. Universidade de Brasília, Dissertação
de Mestrado, 181p.

Pabón, D. A. R., Silva, W. T. P., Cordeiro Netto, O. M. e Souza, M. A. A. (2015).
Metodologia Multiobjetivo e Multicritério de Auxílio À Outorga de Recursos Hídricos:
O Caso da Bacia do Rio Preto. XXI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. Brasília
– Distrito Federal.

Papa, R. A. (2009). Comportamento Espectro-Temporal da Cultura do Feijão, Por Meio de
Dados Obtidos Por Espectroradiometris, Câmera Digital e Imagem Raster.
Universidade de Brasília, Dissertação de Mestrado, 146p.

Paulino, J., Folegatti, M. V., Zolin, C. A., Román, R. M. S. e José, J. V. (2011). “Situação
da Agricultura Irrigada no Brasil de Acordo com O Censo Agropecuário 2006”. *Irriga*,
16(2), 163 – 176.

Peixinho, F. C. (2010). Gestão Sustentável dos Recursos Hídricos. XVI Congresso Brasileiro
de Águas Subterrâneas. São Luis – Maranhão.

Pereira, E. A. e Netto, O. M. C. (2013). Bases para Sistemas Compatibilizados de Cadastro
de Usos da Água em Bacias com Rios de Domínio da União. XX Simpósio Brasileiro
de Recursos Hidricos. Bento Gonçalves – Rio Grande do Sul.

- Pereira, R. M. e Medeiros, R. (2009). “A Aplicação dos Instrumentos de Gestão e do Sistema de Gerenciamento dos Recursos Hídricos na Lagoa Rodrigo de Freitas, RJ, Brasil”. *Ambiente & Água*, 211 – 229.
- Perrotta, M. M. (2005). Processamento Digital Básico de Imagens de Sensores Remotos Ópticos Para Uso Em Mapeamento Geológico. CPRM - Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais, Fortaleza – Ceará, 43p.
- Pinheiro, M. I. T., Campos, J. N. B. e Studart, T. M. C. (2003). Conflitos Pelo Uso da Água No Estado do Ceará: Um Estado de Caso. XV Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. Porto Alegre – Rio Grande do Sul.
- Ramme, F. L. P., Lamparelli, R. A. e Rocha, J. V. (2010). “Perfis Temporais NDVI MODIS, Na Cana-Soca, de Maturação Tardia”. *Engenharia Agrícola*, (30)3, 480 – 494.
- Rebouças, A. C., Braga, B. e Tundisi, J. G. (2006). “Capítulo 20: A Reforma Institucional do Setor de Recursos Hídricos”. In: B. Braga, R. Flecha, D. Pereira e J. Kelman (eds.). *Águas Doces No Brasil: Capital Ecológico, Uso e Conservação*. Editora Escrituras, 3ª Ed, 639 – 677.
- Reis, A. M. e Lima, J. E. F. W. (2015). Mapeamento do Uso E Ocupação do Solo No Distrito Federal Por Unidade Hidrográfica de Gestão dos Recursos Hídricos. XXI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. Brasília – Distrito Federal.
- Risso, J., Rizzi, R., Epiphanyo, R. D. V., Rudorff, B. F. T., Formaggio, A. R., Shimabukuro, Y. E. e Fernandes, S. L. (2009). Potencialidade dos índices de vegetação EVI e NDVI dos produtos MODIS na separabilidade espectral de áreas de soja. XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. Natal – Rio Grande do Norte.
- Rovani, F. F. M., Dambros, G. e Cassol, R. (2012). Análise de Técnicas de Processamento Digital de Imagens Para Mapeamento de Uso E Ocupação da Terra. XVI Simpósio de Ensino, Pesquisa E Extensão. Santa Maria – Rio Grande do Sul.
- Sano, E. E., Lima, J. E., Silva, E. M. e Oliveira, E. C. (2005). “Estimativa da Variação na Demanda de Água para Irrigação por Pivô-Central no Distrito Federal Entre 1992 E 2002”. *Engenharia Agrícola*, 508 – 515.

- Santos, J. (2013). *Processamento Digital – LANDSAT 8: Download de Imagens Através dos Sites Earth Explorer e GLOVIS*. Geotecnologias e Software Livre, 7p.
- Silva, E. R. A. C., Morais, Y. C. B., Silva, J. F. e Galvêncio, J. D. (2015). “Consumo de Água na Irrigação para Cultivo da Bananeira nas Condições Edafoclimáticas na Bacia do Riacho do Pontal no Semiárido de Pernambuco”. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 8(3), 921 – 937.
- Silveira, J. M., Júnior, S. L., SakaI, E., Matura, E. E., Pires, R. C. e Rocha, A. M. (2013). “Identificação de Áreas Irrigadas Por Pivô Central Na Sub-Bacia Tambaú-Verde Utilizando Imagens CCD/CBERS”. *Irriga*, 712 – 729.
- Sholihah, R. I., Trisasongko, B. H., Shiddiq, D., Iman, L. O. S., Kusdaryanto, S. e Panuju, D. R. (2016). “Identification of Agricultural Drought Extent Based on Vegetation Health Indices of Landsat Data: Case of Subang and Karawang, Indonesia”. *Elsevier*, 33, 14 – 20.
- Sousa, E. G., Rocha, T., Uribe-Opazo, M. A. e Nóbrega, L. H. P. (2009). “Índices de Vegetação No Milho em Função da Hora do Dia E da Taxa de Nitrogênio Aplicada”. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 13, 865 – 872.
- Thiers, P. R. L. e Meireles, A. J. A. (2008). “Geotecnologias Aplicadas À Reestruturação Fundiária”. *Boletim Goiano de Geografia*, 28(2), 47 – 60.
- Tundisi, J. G. (2008). “Recursos Hídricos no Futuro: Problemas e Soluções”. *Estudos Avançados*, 22 (63), 7 – 16.
- Vilas Boas, J. Q., Souza, T. C., Barboza, K. G. e Mota, A. (2013). A Nova Natureza Jurídica da Água E Suas Consequências Ante O Planejamento E A Gestão Dos Recursos Hídricos. IV Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental. Salvador – Bahia.
- Warren, M. S., Teixeira, H. C., Rodrigues, L. N. Hernandez, F. B. T. (2014). “Utilização do Sensoriamento Remoto Termal na Gestão de Recursos Hídricos”. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 7(01), 65 – 82.

ANEXOS

I - Requerimento de Outorga do Direito de Uso de Água Superficial

01 – REQUERIMENTO

Nome: _____ CPF / CNPJ:

vem requerer junto à ADASA/DF: () Outorga de direito de uso de recursos hídricos; () Outorga prévia; () Registro;
() Modificação da Outorga; () Renovação da Outorga; () Transferência da Outorga; () Suspensão/Revogação da Outorga; conforme as especificações abaixo e de acordo com o disposto nas Leis Distritais n.º 3.365 de 16/06/04 e n.º 2.725 de 13/06/01, e na Resolução/ADASA n.º 350 de 23 de junho de 2006.

02 - DADOS CADASTRAIS

Endereço do Empreendimento:	
R.A./Núcleo Rural:	CEP:
Nome do Contato:	Telefone(s):
Endereço:	CEP:

03 – DADOS APLICÁVEIS A OUTORGA

Coordenadas:	Área atendida pela CAESB: () Sim () Não
Local da Captação: () Canal () Rio () Reservatório () Lago Natural () Nascente	
Manancial:	() Outro:
Forma: () Gravidade () Bomba: -Marca -Potência cv -Tempo: h/dia	
Em operação desde: ____/____/____	Área total da propriedade ha

04 – DESCRIÇÃO DAS FINALIDADES

- ABASTECIMENTO HUMANO

População: _____ hab.	Consumo diário por habitante: _____ l/dia	Total: _____ l/dia
-----------------------	---	--------------------

- CRIAÇÃO DE ANIMAIS

Criação 1		Criação 2		TOTAL (l/dia)
Espécie:		Espécie:		
Quantidade: _____ unid	Consumo: _____ l/dia	Quantidade: _____ unid	Consumo: _____ l/dia	

- IRRIGAÇÃO

Irrigação 1		Irrigação 2		TOTAL (l/dia)
Cultura:		Cultura:		
Área: _____ ha	Consumo: _____ l/dia	Área: _____ ha	Consumo: _____ l/dia	

-INDÚSTRIA

Produção 1		Produção 2		TOTAL (l/dia)
Produto:		Produto:		
Produção: _____ unid/dia	Consumo: _____ l/dia	Produção: _____ unid/dia	Consumo: _____ l/dia	

- OUTRAS FINALIDADES

Demonstrativo de cálculo das necessidades de água e fluxograma simplificado do processo indicando as fases em que é utilizada a água	TOTAL (l/dia)
--	---------------

DEMANDA TOTAL (l/dia)

Soma das demandas necessárias para atendimento das finalidades acima especificadas.



05 – DADOS DA CAPTAÇÃO

Mês	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
Vazão (l/dia) (*)												
Tempo (h/dia)												
Período (dia/mês)												

06 - DOCUMENTAÇÃO GERAL (FOTOCÓPIA): *Atenção! Em se tratando de procuração, autenticar em cartório.*

- Pessoa Física – CPF, Identidade / Pessoa Jurídica – CNPJ, Contrato Social, Estatuto da Empresa;
- Cópia do documento de posse ou de cessão de uso da área onde se instalará a captação;
- Descrição geral das estruturas de captação / Croqui do local / Anexo Fotográfico.

OBS: *As informações relacionadas acima deverão ser adaptadas de acordo com o tipo de empreendimento, podendo o requerente acrescentar*

outras, julgadas importantes, para análise do processo.

Declaro que as informações prestadas são a expressão da verdade, sujeitando-me às penas da Lei.

Brasília, _____ de _____ de 20__.

(Assinatura do Requerente ou de seu Representante Legal)

II - Requerimento de Outorga do Direito de Uso de Água Subterrânea

01 – REQUERIMENTO

Nome: _____ CPF / CNPJ:
 _____ vem requerer junto à ADASA: () Outorga de direito de uso de recursos hídricos; () Outorga prévia; () Registro; () Modificação da Outorga; () Renovação da Outorga; () Transferência da Outorga; () Suspensão/Revogação da Outorga, conforme as especificações abaixo e de acordo com o disposto nas Leis Distritais n.º 3.365 de 16/06/04 e n.º 2.725 de 13/06/01, e na Resolução ADASA N.º 350 de 23 de junho de 2006.

02 - DADOS CADASTRAIS

Endereço do Empreendimento:	
R.A./	CEP:
Nome do Contato:	Telefone(s):
Endereço:	CEP:

03 - DADOS DO POÇO

Tipo de Captação: () <i>Poço Tubular</i> () <i>Poço Manual</i>		Área atendida pela CAESB: () <i>Sim</i> () <i>Não</i>	
Vazão:	Nível Estático:	Nível Dinâmico: m	Profundidade: m
Coordenadas:		Em Operação desde: ____/____/____	

04 – DESCRIÇÃO DAS FINALIDADES

- ABASTECIMENTO HUMANO

População: _____ hab.	Consumo diário por habitante: _____ l/dia	Total: _____ l/dia
-----------------------	---	--------------------

- CRIAÇÃO DE ANIMAIS

<i>Criação 1</i>		<i>Criação 2</i>		TOTAL (l/dia)
Espécie:		Espécie:		
Quantidade: _____ unid	Consumo: _____ l/dia	Quantidade: _____ unid	Consumo: _____ l/dia	

- IRRIGAÇÃO

<i>Irrigação 1</i>		<i>Irrigação 2</i>		TOTAL (l/dia)
Cultura:		Cultura:		
Área: _____ ha	Consumo: _____ l/dia	Área: _____ ha	Consumo: _____ l/dia	

- INDÚSTRIA

<i>Produção 1</i>		<i>Produção 2</i>		TOTAL (l/dia)
Produto:		Produto:		
Produção: _____ TON/dia	Consumo: _____ l/dia	Produção: _____	Consumo: _____	

- OUTRAS FINALIDADES

Demonstrativo de cálculo das necessidades de água e fluxograma simplificado do processo indicando as fases em que é utilizada a água	TOTAL (l/dia)
--	---------------

DEMANDA TOTAL (l/dia)

Soma das demandas necessárias para atendimento das finalidades acima especificadas.



05 – DADOS DA CAPTAÇÃO

Mês	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
Vazão (l/dia) (*)												
Tempo (h/dia)												
Período (dia/mês)												

06 - DOCUMENTAÇÃO GERAL (FOTOCÓPIA): Atenção! Em se tratando de procuração, autenticar em cartório.

- Pessoa Física – CPF, Identidade / Pessoa Jurídica – CNPJ, Contrato Social, Estatuto da Empresa;
- Cópia do documento de posse ou de cessão de uso da área onde se instalará a captação;
- Descrição geral das estruturas de captação / Croqui do local / Anexo Fotográfico.
- Análise física-química e bacteriológica da água do poço conforme consta na Resolução/ADASA Nº. 350, de 23 de junho de 2006.
- Perfil Construtivo/Litológico, Ensaio de Bombeamento do(s) poço(s) e Anotação de Responsabilidade Técnica - ART.

OBS: As informações relacionadas acima deverão ser adaptadas de acordo com o tipo de empreendimento, podendo o requerente acrescentar outras, julgadas importantes, para análise do processo.

Declaro que as informações prestadas são a expressão da verdade, sujeitando-me às penas da Lei.

Brasília, _____ de _____ de 20__.

(Assinatura do Requerente ou de seu Representante Legal)