



**SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL**  
**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE GOIÁS**  
**PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS GRADUAÇÃO**  
**IFG CAMPUS GOIÂNIA**  
**MESTRADO EM TECNOLOGIA DE PROCESSOS SUSTENTÁVEIS**

**ALBERTO JOSÉ REZENDE SILVA**

**SENSORIAMENTO REMOTO COMO SUBSÍDIO PARA A GESTÃO AGRÍCOLA:**  
**ESTUDO DE CASO DO PROJETO DE IRRIGAÇÃO RIO FORMOSO**  
**FORMOSO DO ARAGUAIA-TO**

**GOIÂNIA-GO, 2015.**

**SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL**  
**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE GOIÁS**  
**PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS GRADUACAO**  
**IFG CAMPUS GOIÂNIA**  
**MESTRADO EM TECNOLOGIA DE PROCESSOS SUSTENTÁVEIS**

**ALBERTO JOSÉ REZENDE SILVA**

**SENSORIAMENTO REMOTO COMO SUBSÍDIO PARA A GESTÃO AGRÍCOLA:**  
**ESTUDO DE CASO DO PROJETO DE IRRIGAÇÃO RIO FORMOSO**  
**FORMOSO DO ARAGUAIA-TO.**

Programa de Pós-Graduação stricto sensu em Tecnologia de Processos Sustentáveis do IFG (PPGTPS- IFG) - Dissertação de Mestrado Profissional. Área de Concentração: Tecnologia de Sistemas de Produção Limpa. Linha de Pesquisa: Modelagem de Sistema Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Sidney Rodrigues Valente

**GOIÂNIA-GO, 2015.**



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL  
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE GOIÁS  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
IFG CAMPUS GOIÂNIA  
MESTRADO EM TECNOLOGIA DE PROCESSOS SUSTENTÁVEIS

Nome

**“SENSORIAMENTO REMOTO COMO SUBSÍDIO PARA A GESTÃO  
AGRÍCOLA: ESTUDO DE CASO DO PROJETO DE IRRIGAÇÃO RIO  
FORMOSO – FORMOSO DO ARAGUAIA-TO”**

Programa de Pós-Graduação stricto sensu em  
Tecnologia de Processos Sustentáveis do IFG  
(PPGTPS - IFG) - Dissertação de Mestrado  
Profissional. Área de Concentração: Tecnologia de  
Sistemas de Produção Limpa. Linha de Pesquisa:  
Modelagem de Sistemas Ambientais.

Prof(a). Dr(a). MARIA CAROLINA CRUZ MIRANDA – IFG (presidente e avaliadora)

Assinatura Maria Carolina da Cruz Miranda

Prof. Dr. CIDNEY RODRIGUES VALENTE – IFG (orientador)

Assinatura \_\_\_\_\_

Prof. Dr. ALDO MURO JUNIOR – IFG (avaliador)

Assinatura Aldo Muro Junior

Prof. Dr. NILSON CLEMENTINO FERREIRA – IFG (avaliador)

Assinatura Nilson Clementino Ferreira

Prof(a) Dr(a). SIMONE SOUZA RAMALHO – IFG (suplente)

Assinatura Simone Souza Ramalho

Aprovado em: 14/09/2015

**SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL**  
**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE GOIÁS**  
**PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS GRADUACAO**  
**IFG CAMPUS GOIÂNIA**  
**MESTRADO EM TECNOLOGIA DE PROCESSOS SUSTENTÁVEIS**

**ALBERTO JOSÉ REZENDE SILVA**

**SENSORIAMENTO REMOTO COMO SUBSÍDIO PARA A GESTÃO AGRÍCOLA:**  
**ESTUDO DE CASO DO PROJETO DE IRRIGAÇÃO RIO FORMOSO**  
**FORMOSO DO ARAGUAIA-TO.**

Programa de Pós-Graduação stricto sensu em Tecnologia de Processos Sustentáveis do IFG (PPGTPS- IFG) - Dissertação de Mestrado Profissional. Área de Concentração: Tecnologia de Sistemas de Produção Limpa. Linha de Pesquisa: Modelagem de Sistema Ambiental

Prof. Dr. Sidney Rodrigues Valente, IFG

Prof. Dr. Aldo Muro - IFG

Prof. Dra. Maria Carolina da Cruz Miranda - IFG

Prof. Dr. Nilson Clementino Ferreira - UFG

Prof. Dra. Simone Souza Ramalho - IFG

Aprovado em: 14 / 09 / 2015.

## DEDICATÓRIA

Aos meus sagrados pais, ILDA e. *in memoriam* OSVALDO

### *SABER VIVER*

**Composição: Cora Coralina**

*Não sei... Se a vida é curta ou longa demais pra nós,*

*Mas sei que nada do que vivemos tem sentido,*

*Se não tocamos o coração das pessoas.*

*Muitas vezes basta ser:*

*Colo que acolhe,*

*Braço que envolve,*

*Palavra que conforta,*

*Silêncio que respeita,*

*Alegria que contagia,*

*Lágrima que corre,*

*Olhar que acaricia,*

*Desejo que sacia,*

*Amor que promove.*

*E isso não é coisa de outro mundo,*

*É o que dá sentido à vida.*

*É o que faz com que ela*

*Não seja nem curta,*

*Nem longa demais,*

*Mas que seja intensa,*

*Verdadeira, pura... Enquanto durar.*

Aos meus maravilhosos irmãos.

**VIDA BELA VIDA**

**Composição: Almir Sater**

*Intenções, orações, aflições, vamos repartir  
Pensando bem, quantos sonhos deixamos pra tras  
Outros porém, nós tornamos reais  
Vida bela linda vida, só quero viver  
Muito tempo ainda, junto com você  
Deve existir, um motivo pra continuar  
Aonde ir, ou pra onde voltar,  
Indecisões, com o tempo só vem aumentar  
Às desilusões, sempre tão fatais  
Nossos corações, quando podem ser felizes batem muito mais  
Vida bela linda vida, só quero viver  
Muito tempo ainda junto com você  
Vida bela linda vida  
Por que não viver  
Muito tempo aindo junto com você  
Junto com você.*

Aos meus familiares e amigos.

**ALGUÉM TOTAL**

**Composição: Danti Ozzetti**

*“Vem me abraçar, vem  
Vem reparar bem  
Quem é que abraçou quem  
Pois vou lhe abraçar também*

*Quem dá um abraço  
Não sabe se deu  
Ou se devolveu  
Ou se perdeu  
Quando o abraço sai alguém e não volta  
Não envolveu  
Anunciou  
Renunciou  
Dissolveu*

*Quem quer um pedaço  
Um pouco de alguém  
Abraçando tem  
E ainda mais  
Se o abraço for além de um minuto  
Aí é fatal  
Envolveu  
Você tem  
Um alguém Total”*

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço à Divindade Universal pela saúde e pela minha família, que sempre me apoiou nessa caminhada e desafio de buscar profissionalmente, espiritualmente e pessoalmente, um ideal de vida que respeite os seres vivos, e preserve, e melhore para as nossas futuras gerações a qualidade de vida.

Agradeço aos professores do Mestrado de Tecnologia de Processos Sustentáveis do IFG, de forma especial, ao Professor Dr. Sidney Rodrigues Valente, pela orientação, confiança, paciência, críticas e sugestões e ensinamentos durante o desenvolvimento do trabalho de Mestrado.

Agradeço à Professora Dra. Warde Antonieta da Fonseca Zang, pela dedicação, entusiasmo e atitudes proativas que possibilitaram o desenvolvimento deste trabalho de Mestrado.

Agradeço à Leila Ninon, secretária do Mestrado de Tecnologia de Processos Sustentáveis do IFG, pela amizade e auxílio nas questões burocráticas que envolveram o trabalho.

Agradeço a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Goiás (FAPEG), ao Instituto Federal de Goiás (IFG), pelo fomento à pesquisa científica, tecnológica e de inovação, contribuindo para o desenvolvimento socioeconômico e cultural no estado de Goiás; por intermédio da Coordenação do Mestrado em Tecnologia de Processos Sustentáveis, disponibilizaram os recursos necessários a execução deste trabalho.

Aos meus amigos, e todas as demais pessoas do Instituto Federal de Goiás e demais lugares que passei neste Brasil, repleto de Maravilhas!

A todas as pessoas que um dia cruzaram meu caminho, e conviveram comigo o aprendizado desta evolução terrestre do corpo físico, este campo de energia humana, através do qual criamos nossa experiência da realidade.

A todos vocês Muito Obrigado!

## **EPÍGRAFE**

### **VIDA DA TERRA**

A vida da terra depende da vontade humana. A terra será o que os homens nela farão. Nós vivemos, desde agora, este momento histórico decisivo da evolução terrestre.

Rudolf Steiner



Título: SENSORIAMENTO REMOTO COMO SUBSÍDIO PARA A GESTÃO AGRÍCOLA:

ESTUDO DE CASO DO PROJETO DE IRRIGAÇÃO RIO FORMOSO  
FORMOSO DO ARAGUAIA-TO.

Autor: Alberto José Rezende Silva

Orientador: Prof. Dr. Cidney Rodrigues Valente

## RESUMO

O Projeto de Irrigação Rio Formoso, área de estudo, é um dos projetos agrícolas mais importantes do Brasil e está inserido numa das maiores áreas de várzea contínua do mundo. Localiza-se na margem direita do rio Formoso (planície da Bacia Bananal, no vale do rio Araguaia), no município de Formoso do Araguaia, Estado do Tocantins. Construído entre o final da década de 70 e início da década de 80. O Projeto utiliza o método de irrigação por gravidade do tipo inundação e subirrigação, em uma área de cerca de 27 mil hectares para cultivo de arroz irrigado no período chuvoso e para soja (produção de semente) no período da seca. Os recursos hídricos utilizados para irrigação das culturas são provenientes dos reservatórios Taboca, Calumbi I, Calumbi II e do rio Formoso. A infraestrutura conta com canais de adução, coletores de drenagem, barragens de reservatórios, estações de bombeamento de adução e drenagem. Três Cooperativas agrícolas são responsáveis pela administração, de forma independente, da produção agrícola do Projeto. O objetivo geral deste trabalho foi utilizar o sensoriamento remoto como subsídio na gestão agrícola do Projeto, utilizando as imagens digitais de satélites obtidas durante o período de maio a outubro, dos anos de 1977, 1981, 2000, 2010, 2012, 2013 e 2015, dos satélites Landsat 2-MSS (Multispectral Scanner), Landsat 5-TM (Thematic Mapper), Landsat 7-ETM<sup>+</sup> (Enhanced Thematic Mapper Plus) e do satélite indiano IRS P6-LISS3 (Linear Imaging Self-Scanner) para avaliar a evolução e o desenvolvimento do Projeto de Irrigação Rio Formoso, em seus 34 anos de existência. A interpretação visual foi complementada com atividades de processamento digital de imagens usando o software ENVI (Environment for Visualizing Images). Os dados vetoriais (drenagem, estradas, canais de irrigação, lagos, reservatórios, área agrícola) foram extraídas usando o software ArcGIS 10.1 e os resultados foram comparados com dados de campo. Os resultados mostram principalmente que o volume de água nos reservatórios não é suficiente para a demanda necessária para a irrigação anual da produção de soja, com déficit a ser bombeado do rio Formoso. A demanda de água calculada pelas Cooperativas gestoras, para o cultivo das safras anuais, supera em mais de três vezes as vazões outorgáveis do rio Formoso, nos meses de julho e agosto, com evidente conflito do uso hídrico. Em adição, os resultados da série história de

precipitações, no período de 34 anos (1980 a 2014), mostraram uma evidente e contínua queda da precipitação de chuvas, sinalizando um cenário preocupante para o futuro do Projeto. As safras colhidas anualmente apresentam viabilidade econômica, mas há necessidade de investimentos para modernização e/ou mudança do modelo da produção irrigada que contemple menor consumo de água na produção agrícola no Projeto de Irrigação Rio Formoso. Áreas de conservação ambiental com potencial para reserva ecológica, podem transformar o sistema de produção agrícola atual, em modelo de produção sustentável e ecologicamente mais correto.

Palavras-Chave: Irrigação agrícola; Conflito hídrico, Sensoriamento remoto; Rio Formoso

Title: REMOTE SENSING AS ALLOWANCE FOR AGRICULTURAL MANAGEMENT:

IRRIGATION PROJECT CASE STUDY RIO FORMOSO  
FORMOSO DO ARAGUAIA-TO

Author: Alberto José Rezende Silva

Adviser: Prof. Dr. Cidney Rodrigues Valente

**ABSTRACT**

The Formoso River irrigation project, study area, is one of Brazil's most important agricultural projects and is one of the largest continuous lowland areas world. It is located on the right bank of the Formoso River (basin plain Bananal in Araguaia River), in the municipality of Formoso do Araguaia, Tocantins State. Built between the end of the Decade of 70 and early 80. The project uses the method of irrigation by gravity and flood type subirrigação, in an area of about 27 1000 hectares for cultivation of irrigated rice in the rainy season and for soya (seed production) in the dry period. Water resources used for crop irrigation reservoirs from Taboca, Calumbi I, Calumbi II and the Formoso River. The infrastructure counts with supply channels, drainage collectors, dams of reservoirs, pumping stations and drainage. Three agricultural cooperatives are responsible for Administration, independently, the agricultural production of the project. The general objective of this research was to use remote sensing as agricultural management project grant, using digital satellite images obtained during the period from May to October, the years of 1977, 1981, 2000, 2010, 2012, 2013 and 2015, of the satellites Landsat 2-MSS (Multispectral Scanner), Landsat-5 TM (Thematic Mapper), Landsat-7 ETM + (Enhanced Thematic Mapper Plus) and the Indian satellite IRS P6-LISS3 (Linear Imaging Self Scanner) to assess the evolution and development of the project of Rio Formoso, Irrigation in its 34 years of existence. The visual interpretation was complemented with activities of digital processing of images using ENVI software (Environment for Visualizing Images). The vector data (drainage, roads, irrigation canals, lakes, reservoirs, agriculture) were extracted using the software ArcGIS 10.1 and the results were compared with field data. The results show mainly that the volume of water in the reservoirs is not sufficient for the demand needed for irrigation annual soybean production, with the deficit being pumped from the rio Formoso. Water demand calculated by managing Cooperatives, for the cultivation of annual crops, outnumbered more than three times the outorgáveis flows of Formoso River, in July and August, with obvious conflict of water use. In addition, the results of the series history of rainfall in the period of 34 years (1980 to 2014), showed a clear and continuous fall of precipitation of rains, signaling a disturbing scenario for the future of the project. Crops harvested annually present economic viability, but there is need for investments for modernisation and/or change of irrigated production model which takes into account lower water consumption in agricultural production in the Formoso River

irrigation project. Environmental conservation areas with potential for ecological reserve, can transform the current agricultural production system, sustainable production and ecologically model more accurate.

**Keywords:** Agricultural irrigation; Hydric conflict; Remote sensing; Rio Formoso.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Mapa do município de Formoso do Araguaia com a localização do projeto de Irrigação Rio Formoso.....	27
Figura 2 - Mapa da produção agrícola do arroz no Brasil (conab, 2014). .....	35
Figura 3 - Mapa da produção agrícola de soja no Brasil (conab, 2014).....	36
Figura 4- Calendário agrícola para a cultura do arroz (conab, 2014).....	36
Figura 5 - Calendário agrícola para a cultura da soja (conab, 2014).....	37
Figura 6 - participação do município de Formoso do Araguaia dentro da bacia do rio Formoso (srhma/to, 2007). .....	39
Figura 7 - Imagem LISS-III do satélite IRS-P6, obtida em 14/07/2013. Em (a), banda 3; em (b), banda 4; em (c), banda 5. ....	43
Figura 8 – Recorte da imagem LISS-III da área de estudo. Em (a), banda 3 (verde); em (b), banda 4 (vermelho); em (c), banda 5 (infravermelho próximo). ....	43
Figura 9 – Composição colorida (RGB453) das imagens LISS-III do projeto Rio Formoso. ....	44
Figura 10 - Relevo sombreado de imagem de SRTM com a área do projeto Rio Formoso. ....	45
Figura 11 - Áreas agrícolas das três etapas, infraestrutura e classificação dos canais de drenagem da região do projeto de Irrigação Rio Formoso. ....	47
Figura 12 - Primeira etapa da área agrícola em imagem MSS-2 do satélite Landsat, obtida em 24/07/1980.....	48
Figura 13 - Segunda etapa da área agrícola em imagem MSS-2 do satélite Landsat, obtida em 05/08/1981.....	49
Figura 14- Terceira etapa da área agrícola em imagem ETM-7 do satélite Landsat, obtida em 19/06/2002.....	50
Figura 15 - Histograma de precipitação média mensal em Formoso do Araguaia.....	53
Figura 16 - Histograma de precipitação média anual em Formoso do Araguaia série histórica de 32 anos (1980 a 2012).....	54
Figura 17 - Histograma de precipitação média anual em Formoso do Araguaia por décadas. ....	54
Figura 18 – Áreas dos reservatórios obtidas em imagens temporais de sensoriamento remoto. ....	55
Figura 19 – Assoreamento por sedimentos e vegetação ao longo do dique da represa. Em (a), Calumbi i; em (b) e (c), Calumbi ii .....	56

Figura 20 – Variação temporal das áreas dos reservatórios. Em (a), imagem TM-5 obtida em 08/08/2000; em (b), imagem ETM-7, obtida em 19/06/2002; em (c), imagem TM-5, obtida em 21/09/2010; em (d), imagem LISS-III, obtida em 14/07/2013.....	57
Figura 21 - Canal de irrigação primário. Em (a), adutora Formoso; em (b), adutora Rodoarte.....	58
Figura 22 - Canal de irrigação secundário. Em (a), conexão do canal secundário; em (b), conexão canais principal com secundário e com terciário.....	59
Figura 23 - Entrada de água no modulo por declividade e capilaridade em a e b.....	59
Figura 24 - Coletores gerais de dreno. Em (a), coletor geral fase “a”; em (b), coletor geral fase "b" .....	60
Figura 25 - Sistemas de controle por guilhotinas já depreciados pelo tempo. ....	60
Figura 26 - Estações de bombeamento de canais de dreno. Em (a) dreno da 1ª etapa, 2ª etapa em (b) e 3ª etapa em (c). ....	61
Figura 27 - Modernização das estações de bombeamento. Em (a), moto-bomba a óleo diesel 1ª etapa em (b) subestação de energia elétrica na 3ª etapa. ....	62
Figura 28 - Coleta de amostra de solo. Em (a) amostra de solo de 0-20 cm de profundidade; em (b), armazenamento da amostra. ....	63
Figura 29 - Incorporação de matéria orgânica ao solo (palhada de arroz). Em (a), equipamento de grade leve; em (b), curva de nível no talhão de 1.000 m x 800 m (80 hectares em média). ....	63
Figura 30 - Insumos para plantio do arroz. Em (a), descarga de fertilizantes; em (b), equipamentos de plantio.....	64
Figura 31 - Destorroamento, nivelamento do solo e plantio do arroz. Em (a), sistema de rolos; em (b), nivelamento em talhão; em (c), plantio de arroz. ....	64
Figura 32 - Percentagem do consumo de água da cultura do arroz (SRHMA/TO, 2008).....	65
Figura 33 - Perfil de consumo hídrico da cultura do arroz por inundação. Onde: evaporação (e); transpiração (t); percolação (p) e fluxo lateral (fl) (adaptado de Santos <i>et al.</i> , 2006). ....	66
Figura 34 - Água no solo. Em (a), abertura de canal de dreno; em (b), fluxo lateral em solo saturado .....	66
Figura 35 - Calendário do desenvolvimento da cultura do arroz .....	67
Figura 36 - Sistema de queimadas. Em (a), início de fogo; em (b), soca de arroz queimado. ....	68
Figura 37 - Calendário da cultura de soja semente .....	69

Figura 38 - Preparo do solo para o plantio de soja semente. Em (a), preparo do solo; em (b), plantio em talhão. ....	70
Figura 39 - Plantio de soja semente. Em (a), soja com sete dias; em (b), soja com quinze dias; em (c), soja com trinta dias; em (d), soja com 60 dias. ....	70
Figura 40 - Área de cultivo de soja. Sensor LISS-III de 14/07/2013 .....	72
Figura 41 - Área de cultivo de soja com imagem da cobertura e uso do solo. Sensor LISS-III de 14/07/2013.....	73
Figura 42 - Área de cultivo de arroz. Sensor LISS-III de 29/01/2015. ....	74
Figura 43 - Área de cultivo de arroz com imagem da cobertura e uso do solo sensor LISS-III de 29/01/2015.....	75
Figura 44 - Degradação ambiental dos canais de irrigação. Em (a), adutora principal Formoso, sem revestimento, com 90m de largura e 1500m de comprimento; em (b), assoreamento do canal por sedimentos; em (c), assoreamento por sedimentos e crescimento da vegetação no canal; em (d), abertura de vala paralela ao canal preenchido por vegetação.....	78
Figura 45 - Colonização de aguapé nos canais de irrigação. Em (a), extensa e densa colonização de aguapé na superfície da água; em (b), aplicação de herbicida no controle do aguapé. ....	79
Figura 46 - Jacaré atropelado na br-242 (Transbananal) que corta o projeto.....	80
Figura 47 - Fisionomia da vegetação da área da terceira etapa do projeto.em (a), vegetação de Cerradão; em (b), vegetação de Campo Limpo (várzea).....	80
Figura 48- Exuberante fauna do projeto de irrigação rio formoso. Em (a), casal de Cervos campestres; em (b), Jacaré; em (c), Garças; em (d), Tuiuiú; em (e), Cabeça seca ou Jaburu moleque; em (f), Patos selvagens (Marrecos); em (g), Jacu. ....	81

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 - Imagens de satélites utilizadas no Projeto de Irrigação Rio Formoso.....	40
Tabela 2 - Vazões do rio Formoso no período de 1971 a 1994 (SRHMA/TO, 2007) .....	52
Tabela 3 - Vazões outorgáveis e ecológica das médias mensais do rio Formoso no período de 2007 (SRHMA/TO, 2007) .....	52

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

Al	Alumínio
ANA	Agência Nacional de Águas
ArcGis	Software para Sistemas de Informações Geográficas (SIG)
CIBRAZEM	Companhia Brasileira de Armazenagem
CNRH	Conselho Nacional de Recursos Hídricos
Conab	Companhia Nacional de Abastecimento
COOPERFORMOSO	Cooperativa Agroindustrial Rio Formoso Ltda
COOPERGRAN	Cooperativa Mista Rural Lagoa Grande Ltda
COOPERJAVA	Cooperativa Mista Rural Vale Javae Ltda
CPRM	Companhia de Pesquisa e Recursos Minerais
CT-Hidro	Fundo Setorial de Recursos Hídricos
DIRF	Distrito de Irrigação Rio Formoso
DNPM	Departamento Nacional de Produção Mineral
ELETRONORTE	Centrais Elétrica do Norte do Brasil
EMGOPA	Empresa Goiãna de Pesquisa Agropecuária
ENVI	Software para Processamento e Análise Geoespacial de Imagens
Fe	Ferro
GIRH	Gestão Integrada de Recursos Hídricos
GRB 345	Green Red Blue bandas 3,4 e 5
ha	Hectare
HC	Heteromórfico Cinzento
HL	Laterita Heteromórfica
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IFG	Instituto Federal de Goiás
INCRA	Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária
INMET	Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change

IRS	Indian Remote Sensing Satellite
LA	Latossolo Amarelo
LISS	Linear Imaging Self Scanning
MAPA	Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento
MCT	Ministério da Ciência e Tecnologia
MODIS	MOderate Resolution Imaging Spectroradiomete (Sensor)
MSS	Multispectral Scanner System (Sensor)
MMA	Ministério do Meio Ambiente
O&M	Organização e Métodos
OSL	Luminosência Opticamente Estimulada
ORTM	Obrigações Reajustáveis do Tesouro Nacional
PAC	Programa de Aceleração do Crescimento
PNRH	Plano Nacional de Recursos Hídricos
POLOCENTRO	Programa de Desenvolvimento dos Cerrados
PROTERRA	Programa de Redistribuição de Terras e Agroindústria do Norte e Nordeste,
PV	Podzólico Vermelho
SAU	Superfície Agrícola Útil
SEAGRO/TO	Secretaria de Agricultura e Pecuária do Estado do Tocantins
SEMADES/TO	Secretária de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável do Estado do Tocantins
SEPLAN/TO	Secretaria do Planejamento e Meio Ambiente do Estado do Tocantins.
SEINF/TO	Secretária de Infra-Estrutura do Estado do Tocantins
SINGREH	Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos
SNIRH	Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos
SRHMA/TO	Secretária de Recursos Hídricos e Meio Ambiente do Estado do Tocantins
SRHU	Secretária de Recursos Hídricos e Ambiente Urbano
SRTM	Shuttle Radar Topography Mission
SSD	Sistema de Suporte a Decisão
SUDECO	Superintendência para o desenvolvimento do Centro-Oeste brasileiro

TL	Termoluminoscência
TM	Thematic Mapper (Sensor)
UFG	Universidade Federal de Goiás
UNESCO	Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura.
UP	Unidade de Planejamento

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	22
2 OBJETIVOS.....	24
2.1 Objetivo Geral .....	24
2.2 Objetivos Específicos .....	24
3 DESENVOLVIMENTO.....	25
3.1 Histórico do Projeto de Irrigação Rio Formoso.....	25
3.2 Localização Geográfica .....	26
3.3 Geologia e Geomorfologia .....	27
3.4 Clima e Vegetação.....	27
3.5 Fauna .....	28
3.6 Recursos Hídricos Superficiais.....	29
3.7 Estudos Técnicos Financeiros do Projeto de Irrigação Rio Formoso.....	30
3.8 As Culturas Chaves do Planejamento Agrícola do Projeto .....	32
3.9 Plano Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) .....	37
3.10 Plano da Bacia Hidrográfica do Rio Formoso.....	38
4 MATERIAL e MÉTODO.....	40
4.1 Material.....	40
4.2 Método.....	41
4.2.1 Trabalho de Campo.....	41
4.2.2 Geração de Gráficos Pluviométricos e Vazão do Rio Formoso .....	42
4.2.3 Processamento de Imagens de Sensoriamento Remoto.....	42
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	46
5.1 Evolução Temporal do Projeto de Irrigação Rio Formoso.....	46
5.2 Características Hidrológicas .....	51
5.3 Precipitações.....	53
5.4 Recursos Hídricos Superficiais.....	55
5.4.1 Os Reservatórios.....	55

5.4.2 As Adutoras .....	58
5.4.3 Os Canais de Irrigação e Dreno .....	58
5.5 As Culturas do Arroz e da Soja .....	62
5.5.1 A Cultura do Arroz .....	62
5.5.2 A Cultura da Soja .....	68
5.6 Estimativa de Uso e Ocupação do Solo e Safras Agrícolas .....	71
5.7 Situação Ambiental .....	77
6 CONCLUSÃO E CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	82
REFERÊNCIAS .....	86

## 1 INTRODUÇÃO

O volume de água no Planeta, é estimado em 1 bilhão e 386 milhões de quilômetros cúbicos, desse total, 97,5% está sob a forma de água salgada, nos mares e oceanos; 68,9% da água doce encontra-se em geleiras e nas calotas polares, com apenas 0,78% (cerca de 11 milhões de quilômetros cúbicos) para aproveitamento, quantidade disponível em função da posição em que se encontra no ciclo hidrológico e do grau de degradação (poluição) a que está submetida (REBOUÇAS, 2002).

Aproximadamente 20% da população mundial não tem acesso a água potável e cerca de 40% não dispõe de água suficiente para uma estrutura adequada de saneamento básico e higiene (SILVA, 2012).

Em 20 anos, a quantidade média de água disponível para cada indivíduo será reduzida a um terço da atual. Em 2050, a depender das taxas de crescimento populacional e das iniciativas políticas tomadas para minorar a crise, a escassez de água afetará quase 3 bilhões de pessoas. Apesar do quadro de escassez verificado em âmbito mundial, avalia-se em 35% o desperdício médio de água no Brasil, no qual a demanda por água deverá crescer significativamente, em virtude do aumento populacional aliado às expansões industrial e agrícola. Nos países desenvolvidos, com maiores índices de consumo per capita, essa perda é de até 20% (SILVA, 2012).

O Brasil detém cerca de 12% da água doce superficial ou subterrânea disponível no Planeta e 28% da disponibilidade nas Américas. Entretanto, a distribuição geográfica desses recursos é bastante irregular (SILVA, 2012)

Gassen, (2010) descreve que a falta de água é destacada como ameaça futura para a humanidade e um dos indicadores importantes de qualidade ambiental na cadeia de produção de alimentos, descrevendo que para a cultura do arroz, nas décadas de 1980 e 1990, o consumo médio de água para irrigação era superior a 14 mil m<sup>3</sup> por hectare, no Rio Grande do Sul. Em algumas situações chegava a 18 e até 20 mil m<sup>3</sup>/ha em plantio inundado, caso do Projeto de Irrigação Rio Formoso, perfazendo um total de 3.900 litros por kg de grãos produzidos. Nas safras entre 2006 e 2010 o consumo de água avaliado foi entre 8 e 10 mil m<sup>3</sup>/ha, com base na produção média desse período, o consumo de água foi de 1.300 litros por kg de grãos de arroz. Para Gessen, em plantios orizicultores mais

eficientes no manejo da água e na produção de grãos, se produz 1 kg de arroz com menos de 1.000 litros de água na irrigação (GASSEN, 2010).

A escassez de água pode afetar a produção de arroz no Brasil, embora tenha ocorrido redução da área cultivada entre 1975 e 2005 em 26%, a produção aumentou em 69%, com um incremento de 128% na produtividade média. Isso permitiu ao País ser auto-suficiente em arroz, chegando a exportar aproximadamente 5% do que produz em alguns anos (ROSELEM, 2015). Igualmente pode afetar a safra de soja, com produção recorde segundo a Conab (2014) de 95,8 milhões de t em 2014/15, superando em 9,7 milhões de t ou 11,2% o volume da safra 2013/14, com a área plantada estimada em 31,7 milhões de ha, teve ampliação de 4,9% em relação ao período anterior. Segundo a Conab, a produtividade média foi estimada em 3,03 t/ha, o que significa um incremento de 6,0% em relação à safra 2013/14.

Segundo dados da Agencia Nacional de Águas (ANA), desde 2012 observa-se uma gradativa e intensa redução nos índices pluviométricos em algumas regiões do Brasil. Este fenômeno climático tem prejudicado de forma significativa a oferta de água. Este fenômeno afetou o Projeto de Irrigação Rio Formoso, implantado entre 1979 e 1982 no estado do Tocantins, sendo considerado o pioneiro e o maior projeto de agricultura irrigada em terras contínuas da América Latina. A escassez de água não é consequência apenas de fatores climáticos e geográficos, mas principalmente do uso irracional dos recursos hídricos. A expansão das fronteiras agrícolas tem, portanto, significativo impacto sobre a disponibilidade hídrica, onde a agricultura responde hoje por 70% do consumo mundial de água, para este setor tornando-se imprescindível o desenvolvimento e a aplicação de novas tecnologias que reduzam o consumo de água destinada à irrigação.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo Geral**

O objetivo geral do trabalho é utilizar dados de sensoriamento remoto como subsídio para a gestão dos recursos hídricos na produção agrícola das cooperativas gestoras do Projeto de Irrigação Rio Formoso.

### **2.2 Objetivos Específicos**

Utilizando as ferramentas do sensoriamento remoto, através de imagens sazonais dos satélites Landsat 2-MSS, Landsat 5-TM; Landsat 7-ETM<sup>+</sup> e IRS P6-LISS-III pretende-se, i) demonstrar a evolução temporal da implantação do pioneiro Projeto de Irrigação Rio Formoso, caminhando para sua quarta década de existência; ii) demonstrar, com dados pluviométricos de uma série histórica de 34 anos (1980 a 2014) ocorridos na região, a situação de recarga dos mananciais abastecedores dos reservatórios do projeto, impactando no uso racional dos recursos hídricos necessários as culturas agrícolas irrigadas do arroz e da soja semente implantada no projeto, assim como, suas consequências nas estruturas físicas dos reservatórios, afetando sua sustentabilidade e enquadramento ao Plano Nacional de Recursos Hídricos; e iii) demonstrar a situação ambiental vivida no projeto frente a ação antrópica, em uma região que já se encontra e propicia grande potencial para reserva ecológica.

### 3 DESENVOLVIMENTO

No Brasil, as décadas de 1960 a 1980 foram caracterizadas pela maior urbanização das Regiões Norte e Centro-Oeste do País. Simultaneamente, a migração passou a ser fortemente induzida e orientada pelo governo federal e foi acrescida de pequenos e médios produtores e de investidores do Sul que se destinaram também à Goiás, ao Mato Grosso e ao estado de Rondônia (Nascimento, 1980; Campos, 2002; Bueno, 2012).

O trabalho apresentou o histórico do desenvolvimento do pioneiro Projeto de Irrigação Rio Formoso, que utilizou sistemas de irrigação do tipo inundação e subirrigação, em uma área de mais de 27 mil hectares para cultivo de arroz irrigado, no período chuvoso, e para soja (produção de semente) no período da seca (entressafra) (SRHMA/TO, 2007).

O Projeto apresentou características peculiares que evidenciam a necessidade de uma reavaliação e de ações proativas ao modelo de gestão de seus recursos hídricos na produção agrícola, comparado a outros projetos tecnologicamente mais avançados e com melhor enquadrado no contexto do uso racional dos recursos hídricos segundo o Plano Nacional de Recursos Hídrico (PNRH), situação que motivou os objetivos deste trabalho. A situação ambiental atualmente vivenciada dentro do projeto é também descrita enfatizando suas características da fauna em resiliência, em contrapartida às ações antrópicas.

#### 3.1 Histórico do Projeto de Irrigação Rio Formoso

O Projeto de Irrigação Rio Formoso tem sua base ideológica concretizada nos anos finais do decênio de 1970. A iniciativa de abertura da nova fronteira agrícola foi fundamentada nos seguintes objetivos, i) uso adequado de imensa extensão territorial multiplicando a produtividade; ii) desencadeamento de um processo de desenvolvimento regional em consonância com a vocação evidenciada; iii) geração de empregos, muito deles em nível técnico, todos contribuindo substancialmente para a elevação do padrão social da região; e iv) contribuição, efetiva e substancial, para o refreamento à importação de alimentos principalmente de arroz (Nascimento, 1980; Arruda e Valdevino, 2014).

Consistiam ações transitórias do Governo do Estado da época, promover a implantação de uma Cooperativa Mista de Produtores Rurais, com intuito desta empresa como Cooperativa poder gerir a produção (Nascimento, 1980; Júnior, 2005).

O Projeto tinha a responsabilidade de ser o “embrião de um exemplo estimulador da emulação que resultasse na dinamização do desenvolvimento da região”. Foi considerado como a principal atividade a ser desenvolvida de cultura do arroz irrigado (variedades da época escolhida IR-22 e 841/63), principalmente no período chuvoso (novembro a março), aferindo a necessidade de uma nova cultura tropical menos exigente no uso da água em seu desenvolvimento, durante o período estival - abril a outubro (Nascimento, 1980; Fonseca 2002; Ferreira *et.al.*, 2005; Júnior. 2005; Arruda e Valdevino, 2014).

### **3.2 Localização Geográfica**

A Bacia do Bananal é a principal expressão geomorfológica da Bacia Sedimentar do Bananal e constitui uma grande planície tropical, sazonalmente inundada por precipitação e saturação do lençol freático. Essa várzea tropical da Planície do Bananal caracteriza-se por ser uma área plana, de baixa altitude, variando de 160 a 400m acima do nível do mar, que abrange parte dos Estados de Goiás, Tocantins e Mato Grosso (IBGE, 2014). Localiza-se na porção média da bacia do rio Araguaia e estende-se por aproximadamente 106.000km<sup>2</sup> (Valente e Latrubesse, 2012). Dentro desta várzea tropical encontra-se o Projeto de Irrigação Rio Formoso.

A área do Projeto de Irrigação Rio Formoso, se localiza no extremo leste da Bacia Bananal, no município da cidade de Formoso do Araguaia, na região sudoeste do estado do Tocantins (Figura 1). Contempla uma área irrigada de 27.784ha, sendo considerado o maior projeto de arroz irrigado, do tipo inundação, em área contínua do mundo, com a utilização também, do sistema de subinundação para produção de soja semente certificada no período seco (SRHMA/TO, 2007).

Formoso do Araguaia é o maior município em extensão territorial do Estado do Tocantins, com uma área territorial de 13.423,38km<sup>2</sup>. Possui as coordenadas geográficas 11° 47' 48" de latitude sul e 49° 31' 44" de longitude oeste, com altitude de 240m, possuindo uma população estimada, de acordo com os dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística no ano de 2014, de 18.773 habitantes, sendo que 13.258 residem em áreas urbanas (IBGE, 2014).

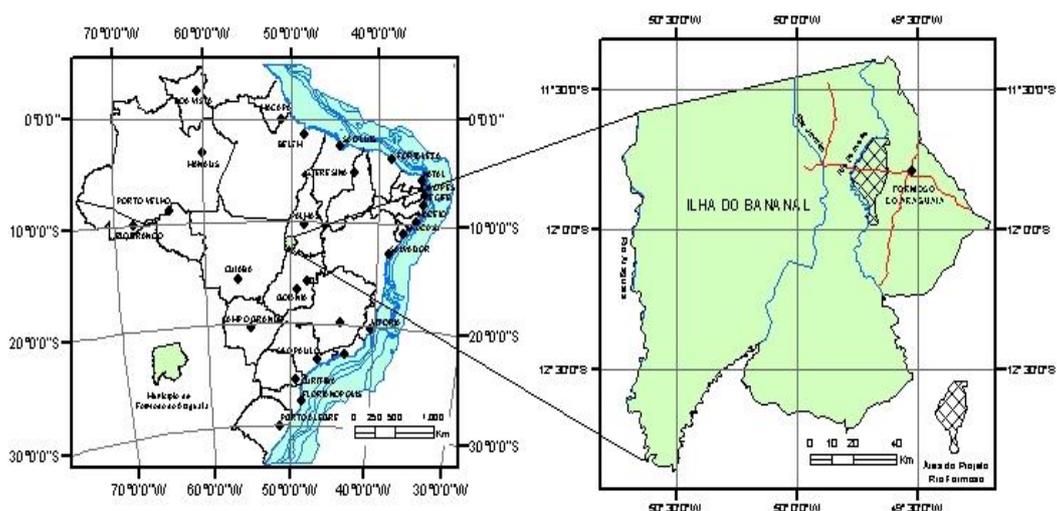


Figura 1 - Mapa do município de Formoso do Araguaia com a localização do Projeto de Irrigação Rio Formoso

### 3.3 Geologia e Geomorfologia

A geologia da Bacia do Bananal, definindo-a como constituída por sedimentos aluviais do Pleistoceno da formação Araguaia, sendo uma bacia de superfície plana de baixa inclinação, com uma área de cerca de 106.000km<sup>2</sup> (Valente *et al.*, 2013), corroboram trabalhos mais antigos como os de Peña *et al.* (1975) e Nascimento (1980) que descreveram a formação do Araguaia na área de implantação do Projeto, às margens do rio Formoso, com intercalações métricas a decimétricas de areias, siltes e argilas, normalmente de textura média a grosseira e coloração amarelada a avermelhada, com variações de cores branca e cinza, sendo compostos de assembleias de minerais com concreções ricas em óxidos de Fe-Al. Esta classificação define, segundo o Plano de Bacia Hidrográfica do Rio Formoso, o Projeto de Irrigação Rio Formoso como localizado em zona de alta utilização agrícola (SEPLAN/TO, 2000; Fageria *et al.*, 2003; SRHMA/TO, 2007).

As características litológicas, estruturais e as descargas hidrológicas conferem a região um reservatório de água subterrânea, que se desenvolveu em um ambiente climático mais seco do que o presente (Castro, 2005; Valente e Latrubesse, 2012).

### 3.4 Clima e Vegetação

O clima da região, local do Projeto, é definido como tropical seco e úmido, com duas estações bem definidas: uma estação seca e uma estação chuvosa que correspondem a classificação de climática Aw de Köppen (Valente *et al.*, 2013). No seu período normal de seca os índices de umidade do ar ficam baixos atingindo valores que variam de 12% a 20%, pelos padrões estabelecidos pela Organização Mundial da Saúde (OMS, 2014). A precipitação média anual varia entre 1.400 a 2.200mm/ano, predominante no verão, portanto, mais de 70% da precipitação total ocorre entre novembro e março. A temperatura média anual aumenta na direção norte da região, variando de 22°C a 26°C atingindo um máximo de 38°C em agosto e setembro. No entanto, durante o inverno, principalmente em junho, há uma redução de temperatura em torno de 15°C (Silva *et al.* 2003; Valente, 2007).

A área destinada ao Projeto apresentava vegetação bastante uniforme com algumas variações, sendo elas a Florestas subcaducifólia ciliar, Cerradão, Cerrado e Campos de Várzeas (SEPLAN/TO, 2013; Valente *et al.*, 2013). Dados da SEPLAN/TO, valendo-se de integração de dados multidisciplinares (vegetação, hidrologia, geomorfologia e geologia) corrobora o trabalho descrito por Nascimento (1980) das características que definiram a escolha do local para a implantação do Projeto na região, com base no clima e na vegetal, presente no local. O crescimento e a distribuição espacial das fitofisionomias do bioma Cerrado na região do Projeto, são controladas, principalmente, pelas pequenas variações altimétricas do relevo, com a influência da precipitação anual e prolongada inundação sazonal entre janeiro e maio (Valente *et al.*, 2013). As áreas pobremente drenadas e encharcadas nesse período favoreceram o crescimento de tipos de vegetação mais tolerantes à inundação, como as fisionomias mais herbáceas do bioma Cerrado (Campo Limpo e Campo Cerrado), enquanto as inundações por longo tempo inibem o crescimento dos tipos fisionômicos mais densos (Cerradão e Cerrado *stricto sensu*) (SEPLAN/TO, 2013).

### **3.5 Fauna**

Nas décadas de 1990 a 2010, os principais temas objeto de tratados ambientais internacionais estão relacionados a mudanças climáticas significativas ao sistema hídrico do planeta, afetando a fauna e a flora (PBMC, 2014). Registros de mudanças climáticas estão sendo apresentados nas conferências globais e continentais, a exemplo do IPCC - *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC, 2014); e o PBMC - Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas (PBMC, 2014). O ponto chave dos tratados consiste em avaliar a

informação científica disponível sobre os efeitos das mudanças climáticas, destacar seus impactos ambientais e socioeconômicos e traçar estratégias para dar respostas adequadas ao fenômeno (PBMC, 2014).

Martins (2002), destaca a fragmentação florestal da região tocaninense em área de várzeas, na presença da crescente exploração agrícola da região. Esta fragmentação florestal proporciona a diminuição da diversidade biológica, o distúrbio do regime hidrológico das bacias hidrográficas, as mudanças climáticas, a degradação dos recursos naturais e a deterioração da qualidade de vida das populações tradicionais da região. Além disso, a fragmentação resulta em reminiscências de vegetação nativa que se avizinham a usos agrícolas e a outras formas de uso, e como resultado o fluxo de radiação, a água e os nutrientes dos solos que são alterados significativamente.

Em contrapartida ao citado pelo autor, o local do projeto de Irrigação Rio Formoso, segundo dados da SRHMA/TO, é considerado um dos santuários ecológicos mais importantes do país (SRHMA/TO, 2007), possui uma fauna riquíssima e bastante diversificada, com espécies comuns ao Pantanal Mato-Grossense, como a onça-pintada, boto, uirapuru, garça-azul e tartaruga-da-amazônia. A SRHMA/TO ressalta ainda que a diversidade das espécies de peixes existente é surpreendente: existem peixes imensos como a piraíba, pirarara, pintado, boto e pirarucu; peixes menores como tucunaré, apapá ou dourada, curvina e matrinhãs. Os animais silvestres mais comuns estão representados por: tartarugas, jacarés, capivaras, suçuaranas, macacos, emas, veados e lobos, além de aves, tais como: jaburus, marrecos, garças, martin pescadores e gaviões. Encontram-se também espécies ameaçadas e em extinção como o cervo do pantanal, dentro do complexo agrícola produtivo do Rio Formoso (Júnior, 2005; SRHMA/TO, 2007).

### **3.6 Recursos Hídricos Superficiais**

A abordagem hidrológica no estudo do rio Araguaia e da Planície do Bananal, na Bacia do Tocantins-Araguaia, com área de 757.000km<sup>2</sup> e uma descarga média anual de 12.000m<sup>3</sup>/s, é praticamente ignorada na literatura internacional sobre grandes rios (Latrubesse e Stevaux, 2002). O sistema Tocantins-Araguaia é o décimo primeiro do mundo em vazão; no entanto, pesquisas recentes de geomorfologia e hidrologia estão concentrados na parte superior e do médio Araguaia, e na Planície do Bananal (Prado e Latrubesse, 2001; Aquino *et al.*, 2000; Valente e Latrubesse, 2012).

Na região do Médio Araguaia, o rio Araguaia apresenta baixa sinuosidade (Valente, 2007). Essa região é caracterizada por uma planície que apresenta inundações sazonais com seis meses de seca e os outros seis com chuvas. As estações secas e chuvosas controlam as variações de descarga do rio Araguaia e seus afluentes, como o rio Formoso que margeia a face oeste do Projeto de Irrigação Rio Formos (Aquino *et al.*, 2005; Valente, 2007).

A descarga média anual do rio Araguaia é de cerca de 2.644m<sup>3</sup>/s e a descarga de transbordamento média é 6.654m<sup>3</sup>/s (Valente, 2007). A descarga do rio Araguaia começa a aumentar em novembro e se estende até abril, com máxima em março e abril de 1997, com valores anômalos de 8.680m<sup>3</sup>/s. A descarga em seguida diminui gradualmente até junho. O menor nível de fluxo foi registrado em 20 de setembro de 2001, com uma descarga mínima de 550 m<sup>3</sup>/s (Valente *et al.*, 2013). As características litológicas, estruturais e hidrológicas conferem a Bacia do Bananal, local do Projeto, o modelo de um grande reservatório de águas subterrâneas, ideais para a produção agrícola por irrigação (Barbosa *et.al.*, 2010; SEMADES/TO, 2011; Valente *et al.*, 2013).

Segundo o Plano Nacional de Recursos Hídricos do Tocantins (PERH-TO) as áreas do Estado com produção agrícola representativa em termos de impacto na demanda, apontam principalmente para o extremo sudoeste do Estado, concentrando-se nas cabeceiras do Rio Araguaia, nos municípios de Formoso do Araguaia e de Lagoa da Confusão. A demanda total de água para o setor agrícola (irrigação) considerando as culturas de arroz, feijão, milho e soja é de aproximadamente 28.173 L/s, ou seja 28,173 m<sup>3</sup>/s (Braga *et al.*, 2008; Barbosa *et. al.*, 2010; Farencena, 2011; SEMADES/TO, 2011).

### **3.7 Estudos Técnicos Financeiros do Projeto de Irrigação Rio Formoso**

Segundo Nascimento (1980); Marouelli, (2003); Silvia *et al.* (2008) a exploração das áreas de cerrado, igualmente as destinadas ao Projeto, foram consideradas como precárias e de baixíssimos rendimentos em pecuária e agricultura, apresentando índices médios de 0,8 cabeças de gado por alqueire e uma agricultura de subsistência.

A Assembléia Legislativa do Estado de Goiás concedeu por meio da Lei n<sup>o</sup> 3.746 de 27 de novembro de 1979 (Goiás, 1979), a autorização para a alienação das terras desapropriadas e preparadas aos cooperados ou cooperativa. Áreas loteadas e quase

totalmente tituladas foram declaradas de utilidade social e desapropriações foram realizadas, posteriormente as áreas foram transferidas à cooperativa (Nascimento, 1980).

A Cooperativa Agrícola Industrial do Rio Formoso - COOPERFORMOSO, foi a primeira cooperativa criada com o primeiro registro datado aos, 14 de dezembro de 1979, sob o número 2.845/79, na Junta Comercial do Estado de Goiás e no Instituto de Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA). Estatutariamente trouxe duplo significado de produtores e produção onde os cooperados, proprietários de quotas, foram, e serão, proprietários de uma gleba no limite mínimo de 150ha, e no máximo de 750ha, em condomínio proporcional ao valor de suas cotas. Os primeiros cooperados e os subsequentes deveriam apresentar um mínimo de vocação para a agricultura, principalmente a irrigada, e razoável pendor para o associativismo (cooperativismo), sendo beneficiários dos resultados nas mesmas proporções (Nascimento, 1980).

O Projeto de Irrigação Rio Formoso apresenta suas dimensões em eixos retilíneos sentidos norte-sul e leste-oeste de 40km e 16km, respectivamente, com topografia suave de planície, e declives e aclives variando de 15 a 25 centímetros por quilômetro (Nascimento, 1980). As obras seguiram a sistemática de três etapas, sendo a primeira nos anos 1979 a 1980, com investimentos governamentais em desapropriação, obras indispensáveis ao preparo e sistematização de parte da área destinada ao cultivo irrigado, com a confecção de diques, canais de irrigação e drenagem, destoca, limpeza, regularização e primeira aração. Executado o primeiro compartimento do reservatório d'água previsto no Projeto, aquisição de moto-bombas de adução e drenagem, grupos geradores, construção pela Companhia Brasileira de Armazéns (CIBRAZEM) do primeiro complexo de secadores e silos e projetos urbanísticos da primeira agrovila (Nascimento, 1980).

Neste período efetuou-se a transferência aos primeiros cooperados e cooperativa, respectivamente, 13.222ha e 160ha, reservados 50ha para acampamento da administração das obras, e de 290ha em áreas de pesquisas agropecuárias, realizadas pela Empresa Goiana de Pesquisa Agropecuária (EMGOPA). As demais etapas seguiram-se aos anos de 1980 e 1981, segunda etapa e entre 1981 a 1982, terceira etapa (Nascimento, 1980).

O aglomerado urbano de maior relevância com finalidade de apoio as atividades de implantação, localizou-se a 4km da área destinada ao Projeto. A pequena cidade de Formoso do Araguaia com seus 13.320 habitantes (1980) com certa autonomia e infraestrutura foi objeto de enfoque para o futuro promissor do Projeto, e tornou-se o

município de maior importância na produtividade agrícola do Estado (Nascimento, 1980; Arruda e Valdevino, 2014).

O projeto de Irrigação Rio Formoso teve seu investimento global financiado pelos programas PROTERRA (Programa de Redistribuição de Terras e Agroindústria do Norte e Nordeste, de 1971), e o POLOCENTRO (Programa de Desenvolvimento dos Cerrados, instituído em 1975 pela SUDECO, Superintendência para o desenvolvimento do Centro-Oeste brasileiro), no valor da moeda da época de Cr\$ 6.464.411.000,00 (seis bilhões e quatrocentos e sessenta e quatro milhões e quatrocentos e onze mil Cruzeiros) em dezembro de 1979 (Em 2014, valores próximos de R\$0,002351 ou US\$728.001,28)<sup>1</sup>, sendo considerado auto-financeável com resgate de capital no prazo de 15 anos, fundamentado e justificado pela i) expansão de fronteira agrícola, incorporando terras, antes de pouco rendimento; ii) geração de empregos que poderá polarizar fluxos migratórios; iii) aumento da produtividade agrícola; e iv) processo de desenvolvimento de todo o vale do médio Araguaia (Nascimento, 1980; Pires, 2000; Marouelli, 2003; Pires, 2009).

### **3.8 As Culturas Chaves do Planejamento Agrícola do Projeto**

A escassez de estudos hidrológicos à época, aprofundados em vazões de ribeirões, rios e bacias hidrográficas da região, incluindo o rio Formoso e seus afluentes, refletiu a necessidade de estudos comparativos com vazões conhecidas de unidades hidrológicas próximas, dados já conhecidos pela Centrais Elétricas do Norte do Brasil S/A (ELETRONORTE), como a do rio Javaés, braço direito do rio Araguaia, utilizados para efeito de cálculos de vazões do rio Formoso, rio Itaboca, e Calumbi (Nascimento, 1980). Estudos da época e outros mais recentes são de fundamental importância para as práticas agrícolas e para os coeficientes de cálculos de produtividade agrícola das culturas escolhidas para o Projeto, em seus respectivos períodos de safra (Oliveira Filho *et al*, 2001; Alencar *et al*, 2009; Wakim *et al*, 2012).

As culturas chaves inicialmente planejadas para cultivo no desenvolvimento das etapas do Projeto foram o arroz e posteriormente a soja no período de estiagem (Nascimento, 1980).

---

<sup>1</sup> Memorial de cálculo eletrônico em <http://www.dollartimes.com/calculators/inflation.htm>; <http://coinmill.com/sources.html> e Banco Central do Brasil.

A evolução da rizicultura no Brasil tem origens na Região Sul do país, nos meados dos anos de 1890 (Santos *et al.*, 2006). No início do século 20, no período pós primeira guerra o estado do Rio Grande do Sul, sendo maior produtor nacional da cultura do arroz, tornou-se exportador deste produto aos países do Prata. Esta evolução comercial inferior na melhoria da qualidade do arroz, quando da entrada de novas cultivares, principalmente a cultivar Japônica, muito apreciado na região do Prata (Ferreira *et al.*, 2005).

Durante a década de 1980, após anos de instabilidade e incertezas, o mercado e o sistema de produção para o arroz ajustaram-se às novas tendências, com o estado do Rio Grande do Sul abastecendo o mercado nacional na ordem de 46% (Ferreira *et al.*, 2005). Essa expressão de domínio produtivo na cultura irrigado do arroz é fator marcante na presença de pioneiros Rio-grandenses na implantação da primeira etapa do Projeto de Irrigação Rio Formoso, entre os anos 1979 a 1983 (Nascimento, 1980; Marouelli, 2003; Santos *et al.*, 2006).

Segundo Santos *et al.* (2006) o arroz é cultura de importância econômica e social no Brasil, sendo a terceira maior cultura em termos de produção de grãos, produzindo aproximadamente 84% de sua demanda interna de consumo, sendo o nono colado em produção mundial. Segundo a Companhia Nacional de Abastecimento (Conab) para a safra 2014/2015 a sua produção está estimada em valor superior a 12.400 mil toneladas de grãos, seguido pela cultura do milho estimada em valores superior a 84.700 mil toneladas e a soja estimada em valores superior a 96.200 mil toneladas (Conab, 2014). O estado do Rio Grande do Sul é responsável por mais de 50% da produção nacional, sendo o estado do Tocantins responsável por pouco mais de 3% da produção, onde nos últimos 5 anos o estado do Tocantins apresentou aumento da produção da cultura do arroz, na ordem de 0,5% (Santos *et al.*, 2006; Conab, 2014).

Segundo o MAPA (2015) a soja é uma das culturas agrícolas com maior valor socioeconômico intrínseco. A cadeia produtiva com o complexo agroindustrial que a envolve é responsável pela geração de uma economia crescente, impulsionando um potencial mercado direcionado à produção de alimentos e recentemente ao mercado de combustíveis de origem vegetal, denominados de biocombustíveis (MAPA, 2015).

O Brasil encontra-se entre os maiores produtores mundiais desta leguminosa, produção superior a 86 milhões de toneladas de grãos na safra 2013/2014, competindo diretamente com os Estados Unidos, com produção superior a 89 milhões de toneladas na

safra 2013/2014, pela liderança mundial deste setor agrícola, com suas extensas áreas de plantio e exponencial potencial de crescimento da cadeia produtiva, sendo responsável por geração de inúmeros empregos em diversos campos integrados a cultura da soja. A cadeia produtiva da soja é responsável direta pelos índices positivos da balança comercial, sendo a cultura agrícola brasileira, segundo o MAPA, que mais cresceu nas últimas três décadas, acompanhada pelo avanço tecnológico da sua produção, correspondendo a 49% da área plantada em grãos do país (Almeida *et al.*, 2011; MAPA, 2014).

A indústria nacional transforma, por ano, cerca de 30,7 milhões de toneladas de soja, produzindo 5,8 milhões de toneladas de óleo comestível e 23,5 milhões de toneladas de farelo protéico. Além disso, a soja e o farelo de soja brasileiros possuem alto teor de proteína e padrão de qualidade, o que permite sua entrada em mercados extremamente exigentes como os da União Europeia e do Japão. A soja também constitui como alternativa para a fabricação do biocombustível. (Bellorio *et al.*, 2013; Freitas *et al.*, 2013; Moura *et al.*, 2013; Silveira e Antoniosi Filho, 2013; Cavalcante *et al.*, 2014; MAPA, 2014; Soares *et al.*, 2014; Bezerra *et al.*, 2015; Menezes *et al.*, 2015; Silva *et al.*, 2015).

Conforme dados da Conab (2014) as regiões de maiores índices produtivos de arroz no Brasil se concentram a sul e sudoeste do estado do Rio Grande do Sul, oeste do estado do Tocantins (Região de localização do Projeto de Irrigação Rio Formoso e outros projetos de irrigação) e ao norte do país na fronteira entre os estados do Pará e do Maranhão. O mapa de plantio no Brasil da cultura do arroz e da soja pode ser visualizado na Figura 2. Todas as localidades enquadradas no calendário nacional para o plantio e a colheita da cultura do arroz (Conab, 2014), são visualizados na Figura 4.

Conforme dados da Conab (2014) as regiões de maiores índices produtivos de soja no Brasil concentram-se a Centro-Sul do estado de Mato Grosso, Sul do Mato Grosso do Sul, Oeste do estado da Bahia na divisa com Tocantins e Piauí, Sul do Maranhão, Leste do Pará e Sudoeste do estado de Goiás (Figura 3). O calendário nacional para a cultura da soja visto na Figura 5, obedece a legislação para o zoneamento e plantio da soja durante o ano agrícola, obedecendo a rigorosidade o vazio sanitário imposto para esta cultura (MAPA, 2014).

Entende-se por vazio sanitário o período de ausência total de plantas vivas de soja, excluindo-se as áreas de pesquisa científica e de produção de semente genética (situação em que se enquadra o Projeto de Irrigação Rio Formoso), devidamente monitorada e

controlada. A medida adotada pelo Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento é uma proteção que visa minimizar a presença da ferrugem asiática, doença causada pelo fungo *Phakopsora pachyrhizi* Sydow que provocou um prejuízo de 2 bilhões de dólares à sojicultura brasileira na safra 2005/2006 (MAPA, 2014). Durante o período do Vazio Sanitário, todas as plantas de soja existentes nas propriedades produtoras devem ser erradicadas, por meio de produtos químicos ou equipamentos (MAPA, 2014).

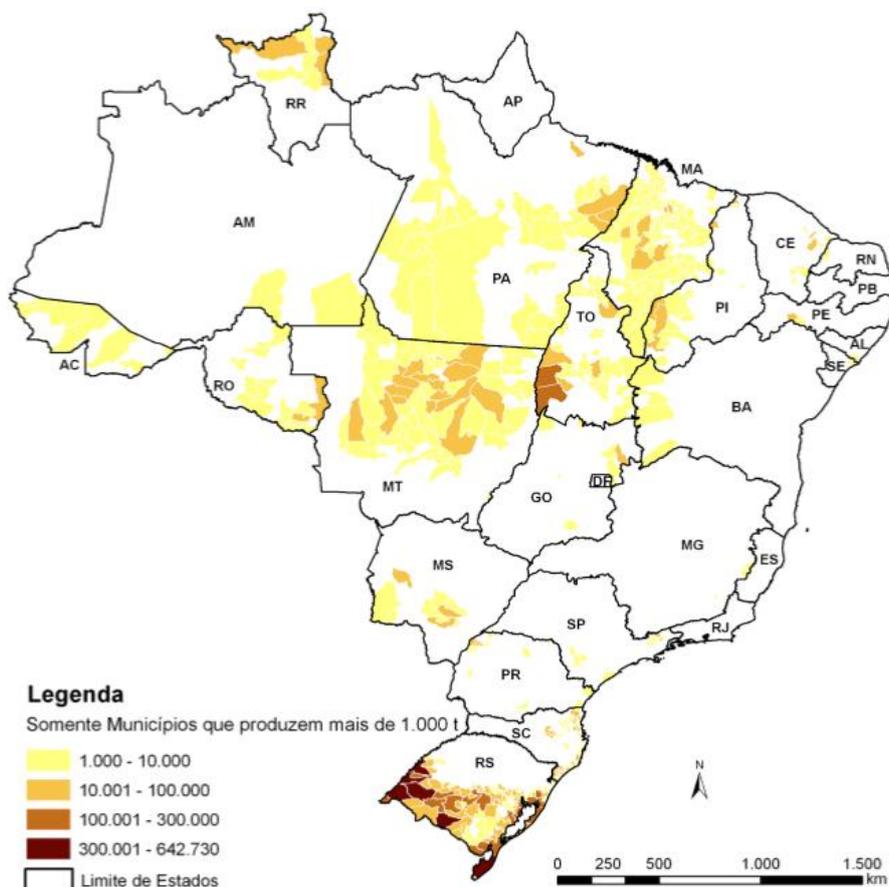


Figura 2 - Mapa da produção agrícola do arroz no Brasil (Conab, 2014).

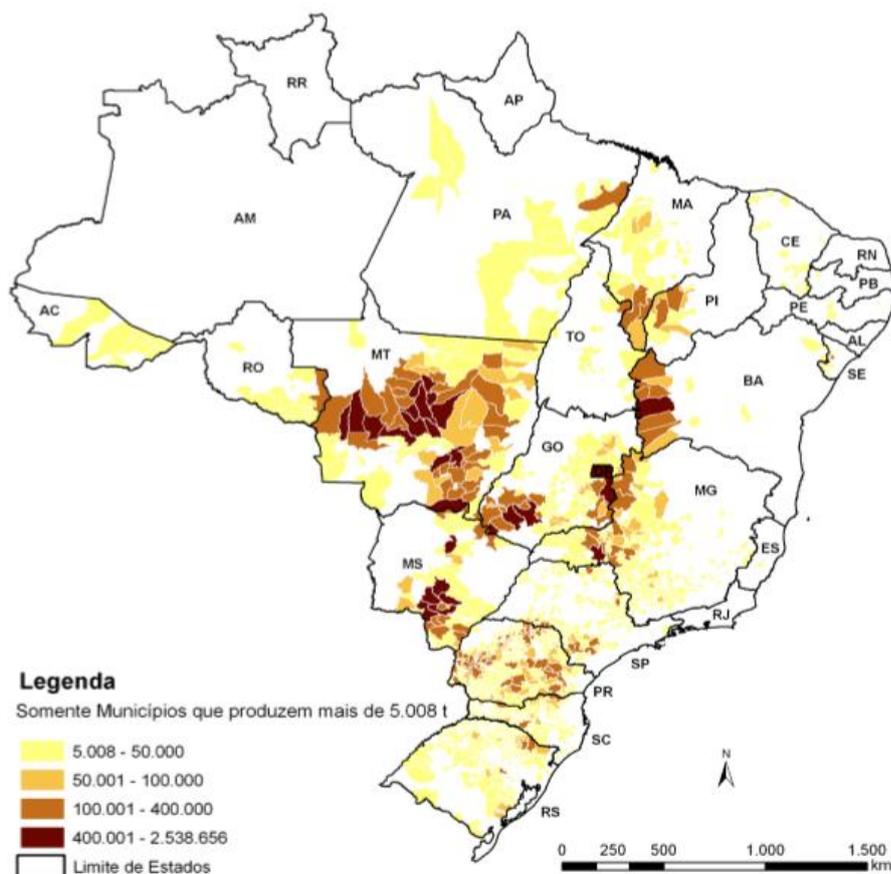


Figura 3 - Mapa da produção agrícola de soja no Brasil (Conab, 2014).

UF/Região	Arroz (plântio-colheita)											
	23/09 a 21/12			21/12 a 20/03			20/03 a 21/06			21/06 a 23/09		
	Primavera			Verão			Outono			Inverno		
	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set
<b>Norte</b>												
RO	P	P	P		C	C	C					
AC	P	P	P		C	C	C					
TO	P	P	P		C	C	C	C				
<b>Nordeste</b>												
MA		P	P	P	P	C	C	C	C			
PI		P	P	P	P	C	C	C	C			
CE				P	P	P	P	P/C	C	C	C	
PB				P	P			C	C			
PE						P	P		C	C	C	
BA	P	P	P		C	C	C	C				
<b>Centro-Oeste</b>												
MT	P	P	P		C	C	C	C				
MS	P	P	P		C	C	C	C				
GO	P	P	P		C	C	C	C				
<b>Sudeste</b>												
MG	P	P	P		C	C	C	C				
SP	P	P	P		C	C	C	C				P
<b>Sul</b>												
PR	P	P	P	C	C	C	C					P
SC	P	P		C	C	C	C	C			P	P
RS	P	P	P	C	C	C	C	C				P

Legenda: P - Plântio; C - Colheita; P/C - Plântio e Colheita

Figura 4- Calendário agrícola para a cultura do arroz (Conab, 2014).

**Soja (plantio-colheita)**

UF/Região	23/09 a 21/12			21/12 a 20/03			20/03 a 21/06			21/06 a 23/09		
	Primavera			Verão			Outono			Inverno		
	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set
<b>Norte</b>												
RO	P	P	P		C	C	C					
PA		P	P	P		C	C	C	C			
TO	P	P	P		C	C	C	C				
<b>Nordeste</b>												
MA		P	P	P	P	C	C	C	C			
PI		P	P	P		C	C	C				
BA	P	P	P		C	C	C	C				
<b>Centro-Oeste</b>												
MT	P	P	P	C	C	C	C					P
MS	P	P	P	C	C	C	C					P
GO	P	P	P	C	C	C	C					
DF	P	P	P		C	C	C					
<b>Sudeste</b>												
MG	P	P	P		C	C	C	C				
SP	P	P	P	C	C	C	C					
<b>Sul</b>												
PR	P	P	P	C	C	C	C	C				P
SC	P	P	P	P	C	C	C	C	C			
RS	P	P	P		C	C	C	C				

Legenda: P - Plantio; C - Colheita; P/C - Plantio e Colheita

Figura 5 - Calendário agrícola para a cultura da soja (Conab, 2014).

### 3.9 Plano Nacional de Recursos Hídricos (PNRH)

A Criado pela Lei 9.433 de 8 de janeiro de 1997 (Brasil, 1997), o Plano Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) é um instrumento orientador da Política Nacional de Recursos Hídricos, sendo fundamentado nos conceitos da descentralização, com a participação da sociedade presente nas 12 Regiões Hidrográficas brasileiras integradas à gestão dos recursos hídricos locais. Configura-se em um instrumento norteador da implementação e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH), aprovado em 2006 pelo Conselho Nacional de Recursos Hídricos, por meio da Resolução nº 58, de 30 de janeiro de 2006 (Brasil, 2006).

Essa norma estabelece a definição de diretrizes e políticas públicas voltadas para a melhoria da oferta de água, em qualidade e quantidade, gerenciando as demandas e considerando a água como elemento estruturante para implementação das políticas setoriais, sob a ótica do desenvolvimento sustentável (MMA, 2006; SRHMA/TO, 2007, ANA, 2014).

O PNRH é orientado por três objetivos estratégicos ou finalísticos, que devem ser alcançados por meio da implementação dos seus programas e subprogramas, para a i) melhoria das disponibilidades hídricas, superficiais e subterrâneas, em qualidade e em

quantidade; a ii) redução dos conflitos reais e potenciais de uso da água, bem como dos eventos hidrológicos críticos; e a iii) percepção da conservação da água como valor socioambiental relevante, PNRH (2011).

### **3.10 Plano da Bacia Hidrográfica do Rio Formoso**

Segundo Gama (2002); Tucci e Mendes (2006); Pires *et al.* (2008) e Filho *et al.* (2013), o uso da água pelas plantas se faz necessário para que realizem metabolismo para resultar em produção. A grande dependência dos processos fisiológicos e produtivos da planta a disponibilidade de água, aliada ao dinamismo na movimentação da água no sistema solo-planta-atmosfera, associados ao caráter incerto de chuvas e de perda de água para a atmosfera fazem com que seja necessário um planejamento e monitoramento diário das condições de disponibilidade hídrica.

Seguindo as orientações do PNRH, no ano de 2007 o governo do estado do Tocantins divulgou o relatório síntese do Plano da Bacia Hidrográfica do Rio Formoso (PBH - Formoso). O documento contemplou, i) estudos de diagnóstico e prognóstico da bacia hidrográfica, ii) alternativas para a compatibilização das disponibilidades e demandas hídricas, e iii) planos de ações em recursos hídricos que seriam implantados na bacia hidrográfica do rio Formoso. Situação que enquadrava o projeto de Irrigação Rio Formoso, com mais de 30 anos de existência e com sua implementação na transição das décadas de 1970 e 1980. (SRHMA/TO, 2007).

Nos estudos de diagnóstico e prognóstico da bacia hidrográfica estavam presentes os diagnósticos dos meios físicos e bióticos; os diagnósticos dos recursos hídricos; o diagnóstico integrado sobre a vulnerabilidade e potencialidade regionais. Contemplava ainda a caracterização hidrográfica e o balanço hídrico da bacia, assim como a identificação e quantificação dos usos dos recursos hídricos (Correa e Silva, Martins, 2004; Barbosa *et al.*, 2010, SRHMA/TO, 2007). O zoneamento da bacia visando o desenvolvimento sustentável foi parte integrante das alternativas de compatibilização das disponibilidades e demandas hídricas (SRHMA/TO, 2007).

Entre os planos de ações propostos, destacaram-se o i) incremento das disponibilidades hídricas através de reservatórios; ii) a reformulação e complementação da infra estrutura hídrica de uso comum do Projeto de Irrigação Rio Formoso; iii) a racionalização quantitativa das demandas hídricas para irrigação; iv) o desenvolvimento da

pesca e aquicultura; v) a estruturação do sistema de informação sobre recursos hídricos; e vi) a mobilização e comunicação social para a gestão participativa, entre outros (SRHMA/TO, 2007).

Quanto à importância da bacia do Rio Formoso, ela abrange parte do território de 21 (vinte e um) municípios, que apresentam percentuais distintos de inserção no domínio físico de cada sub bacia e, deste total, 7 (sete) tem sede municipal nela inserida, entre elas a cidade de Formoso do Araguaia, com 18% de participação na bacia, maior índice de participação (Figura 6) (MMA, 2006; SRHMA/TO, 2007; Marinho Filho, 2013).

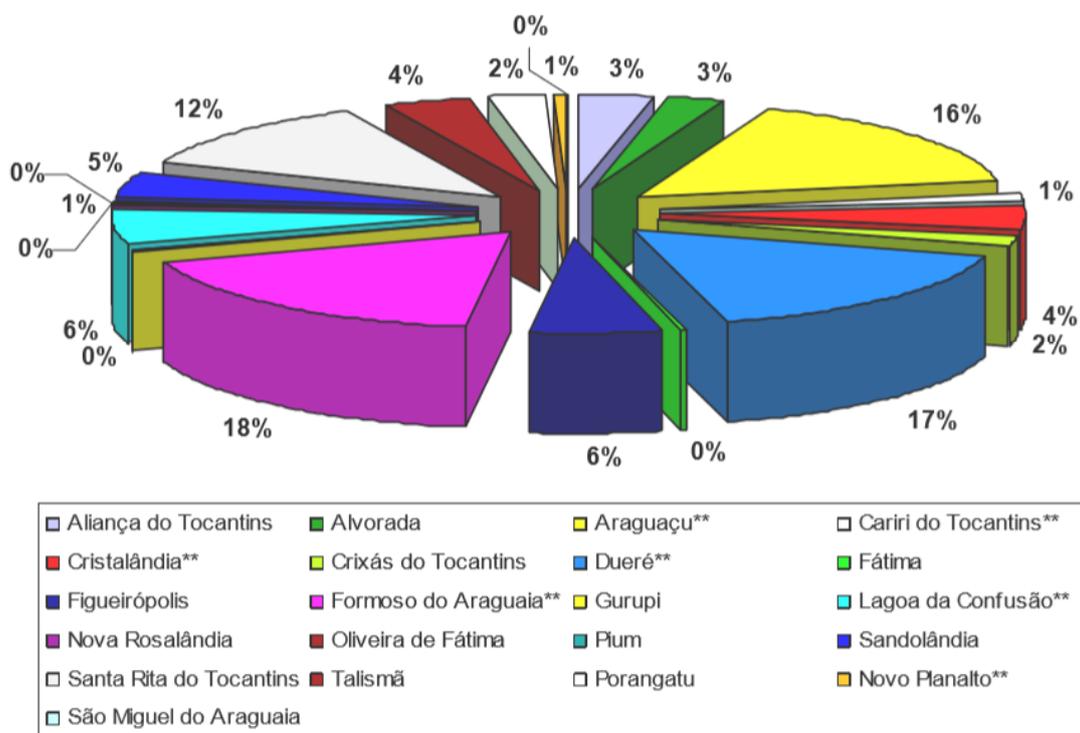


Figura 6 - Participação do município de Formoso do Araguaia dentro da bacia do rio Formoso (SRHMA/TO, 2007).

## 4 MATERIAL e MÉTODO

### 4.1 Material

Foram utilizados os seguintes equipamentos para os trabalhos de campo e escritório: Computador portátil core i7; Softwares ArcGIS 10.1 e ENVI 4.5; Termômetro digital portátil tipo espeto (modelo TM879 Equitherm); PHmetro portátil escala 0 a 14, modelo HI98103 (Checker); Máquina fotográfica (Nikon); GPS e-Trex (Garmim) e Equipamentos de Proteção Individual (EPI's).

Os dados da série histórica de precipitação e descarga ao longo do período de 1980 a 2013, foram obtidas na Estação Rio Formoso (Código 1149001), através do Serviço Geológico do Brasil/Agencia Nacional de Água (CPRM/ANA).

Os produtos de sensoriamento remoto utilizadas foram imagens digitais dos sensores dos satélites Landsat (MSS-2, TM-5, ETM<sup>+</sup>-7 ), do satélite IRS P6-LISS-III e imagens do sistemas SRTM (Shuttle Radar Topography Mission). As imagens da série Landsat foram obtidas na época da estação de seca, nos anos de 1980, 1981, 2000, 2002 e 2010, enquanto as cenas do IRS-6 foram adquiridas na estação chuvosa e seca, em 2012, 2013 e 2015 (Tabela 1). As imagens digitais destes satélites, da área do Projeto Rio Formoso, foram adquiridas no site ao Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE).

Tabela 1 - Imagens de satélites utilizadas no Projeto de Irrigação Rio Formoso.

Acervo	Data de Aquisição	Ponto	Órbita	Sensor	Satélite
INPE	24/07/1980 05/08/1981	68	239	MSS	LANDSAT 2
INPE	08/08/2000 21/09/2010	68	223	TM	LANDSAT 5
INPE	19/06/2002	68	223	ETM <sup>+</sup>	LANDSAT 7
INPE	10/12/2012 14/07/2013 29/01/2015	85	326	LIS-III	IRS-P6 (Resourcesat-I)

## 4.2 Método

### 4.2.1 Trabalho de Campo

O trabalho de campo no Projeto de Irrigação Rio Formoso foi desenvolvido em dois períodos, o primeiro de outubro/novembro de 2013 (cinco dias) e o segundo em maio/junho de 2014 (sete dias).

No período da primeira atividade de campo (estação chuvosa) foi realizado contato com representantes da cooperativa COOPERJAVA e da Empresa Talismã Sementes, para desenvolvimento de trabalhos dentro do Projeto de Irrigação Rio Formoso. A empresa Talismã Sementes é dotada de alta capacidade tecnológica, sendo representada por seu gerente de campo, responsável por todo o complexo produtivo da empresa dentro dos limites territoriais do Projeto.

Para o reconhecimento do contexto do projeto, uma entrevista foi realizada junto ao gerente de campo, na sede agrícola da Empresa Sementes Talismã, onde uma exposição detalhada do Projeto foi apresentada. As características do Projeto de Irrigação Rio Formoso foram abordados nesta entrevista, tais como; estrutura administrativa, sistema cooperativista, culturas realizadas e capacidade produtiva, sistema hídrico de abastecimento e funcionamento durante períodos de safra e entressafra, sistema comercial e logístico dos produtos cultivados, entre outros.

Uma segunda entrevista foi requisitada pelo pesquisador no sentido de elucidar detalhes sobre o sistema hídrico local, o regime pluviométrico da região, estudos recentes da gestão e da integridade técnica funcional do Projeto, assim como, dados de natureza histórica do Projeto. Informes em poder e sob a responsabilidade do gestor local da Secretaria de Recursos Hídricos e Meio Ambiente do Estado do Tocantins (SRHMA/TO), e localizados no escritório regional da Secretaria, local da entrevista.

No segundo período de atividade de campo (estação seca) os trabalhos constaram de: (i) Conhecer in loco as áreas agrícolas das três cooperativas (COOPERFORMOSO, COOPERJAVA E COOPERGRAN), inclusive os canais de irrigação (adutoras, canais secundário e terciário) e o preparo da terra para o plantio da soja; (ii) Visita aos três reservatórios do Projeto (Taboca, Calumbi I e Calumbi II) e obtidas as medidas dos níveis da lâmina de águas dos três reservatórios; (iii) Visitas as estações de bombeamento de

irrigação do rio Formoso, especificamente as estações EBI-IV e EBI-V, para conhecer as vazões de bombeamento de cada estação e o nível de água do rio Formoso; (iv) Visita à área ainda preservada do Projeto, a porção leste da Terceira Etapa com gestão da COOPERGRAN, onde o Cerrado ainda está preservado e concentra grande quantidade da fauna selvagem da planície do rio Araguaia. As informações obtidas nas duas atividades de campo foram registradas e fotografadas para a elaboração desta Dissertação.

#### **4.2.2 Geração de Gráficos Pluviométricos e Vazão do Rio Formoso**

Os dados de precipitações e descargas do rio Formoso na área do Projeto, obtidos junto a Secretaria de Recursos Hídricos e Meio Ambiente do Estado do Tocantins (SRHMA/TO) e o de Irrigação do Rio Formoso, foram formatados em planilhas (Microsoft Office Excel) para validação dos mesmos e composição de erros que possam inferir em significância tolerável ao modelo escolhido para o trabalho, assim como para a geração de gráficos.

Os dados que geraram os histogramas de precipitação (média mensal, anual e de décadas) foram obtidos no site da Agência Nacional de Águas (ANA). Em adição, os dados de balanço hídrico das Cooperativas (demandas totais, disponibilidades dos reservatórios e demandas a bombear do rio Formoso para cada safra anual) e vazões outorgáveis do rio Formoso foram obtidos de dados coletados na Secretaria de Recursos Hídricos e Meio Ambiente do Estado do Tocantins (SRHMA/TO) no ano de 2014.

#### **4.2.3 Processamento de Imagens de Sensoriamento Remoto**

O processamento dos dados das imagens digitais de sensoriamento remoto consistiu nas seguintes etapas: correção geométrica das imagens MSS-2, TM-5, ETM+7 e LISS-III; recorte da área de interesse (Figuras 7 e 8); realces das imagens; composição colorida (Figuras 9 e 10). Essas etapas foram processadas no software ENVI (Environment for Visualizing Images).

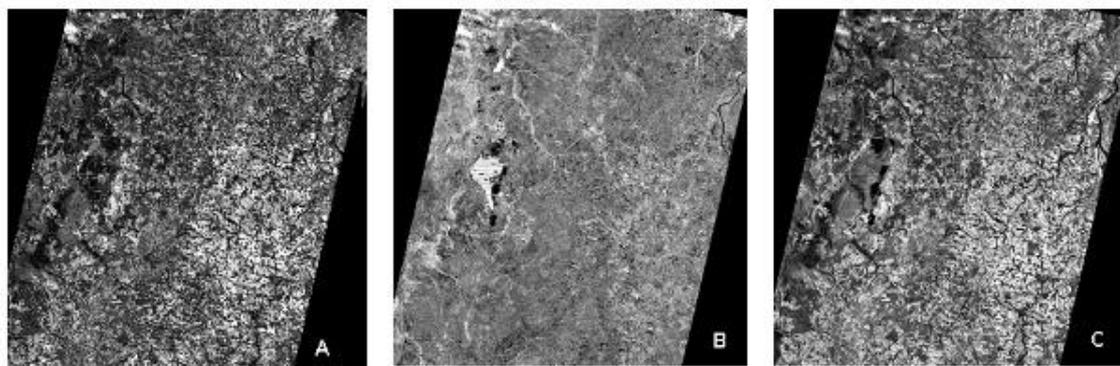


Figura 7 - Imagem LISS-III do satélite IRS-P6, obtida em 14/07/2013. Em (A), banda 3; Em (B), banda 4; Em (C), banda 5.

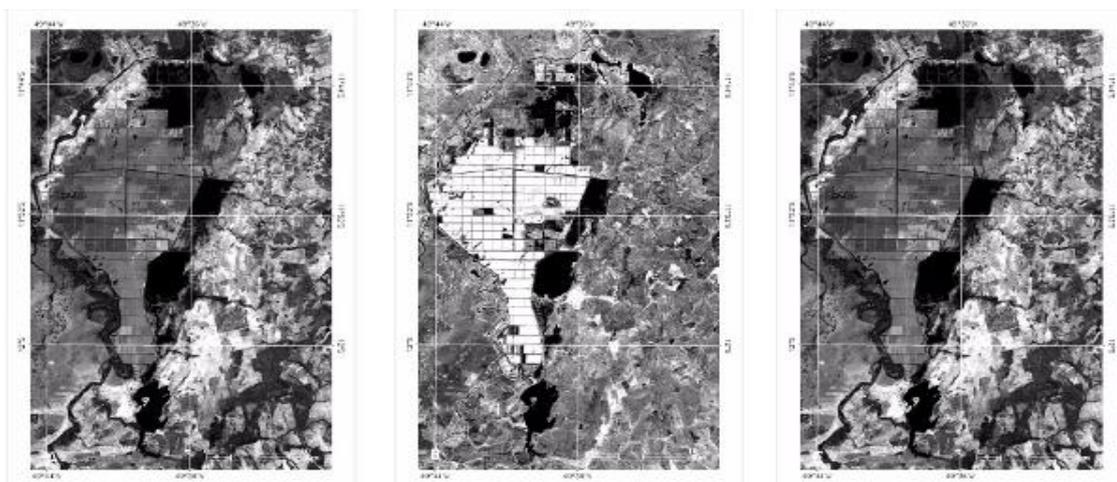


Figura 8 – Recorte da imagem LISS-III da área de estudo. Em (A), banda 3 (verde); Em (B), banda 4 (vermelho); Em (C), banda 5 (infravermelho próximo).

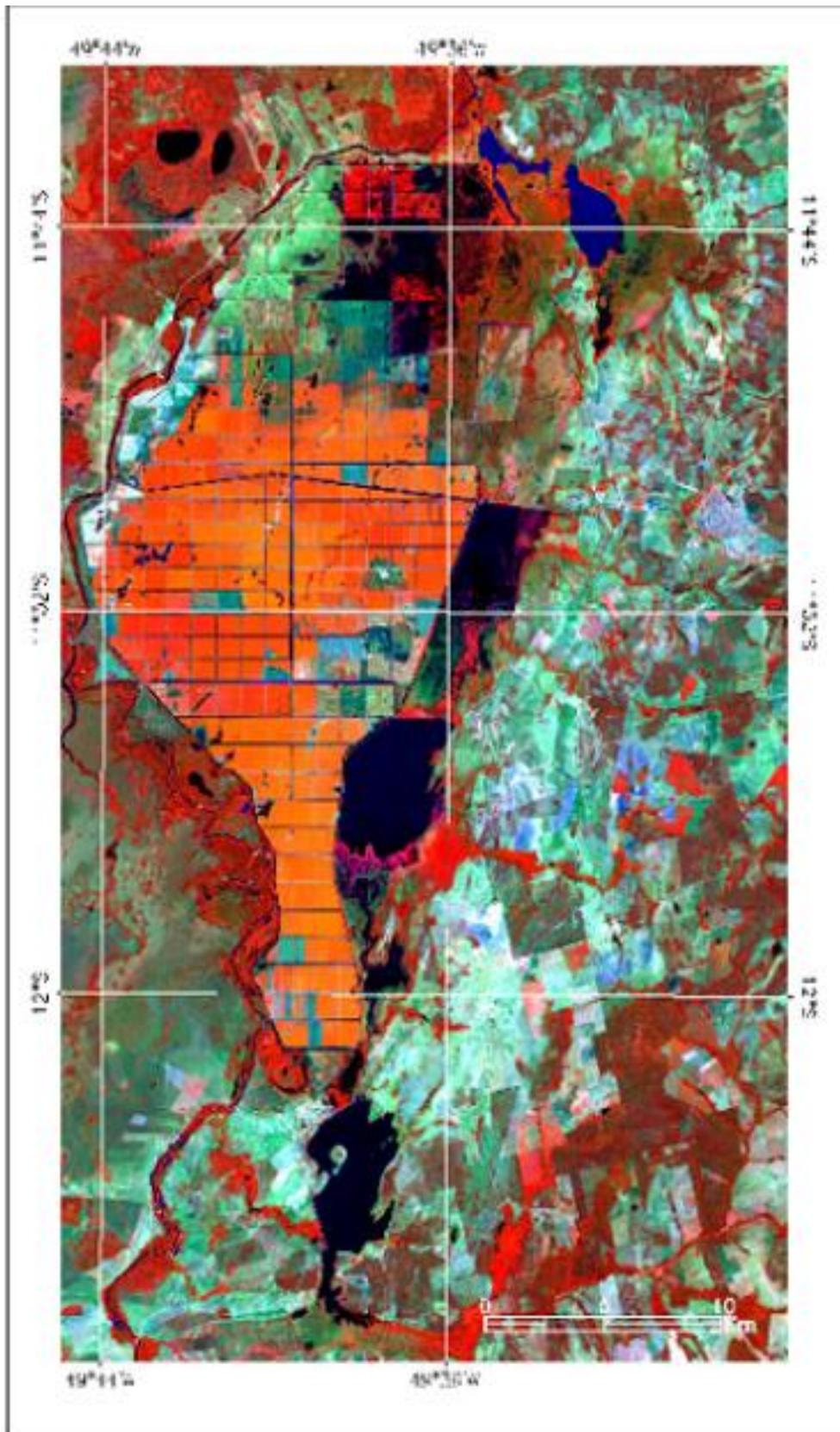


Figura 9 – Composição colorida (RGB453) das imagens LISS-III do Projeto Rio Formoso.

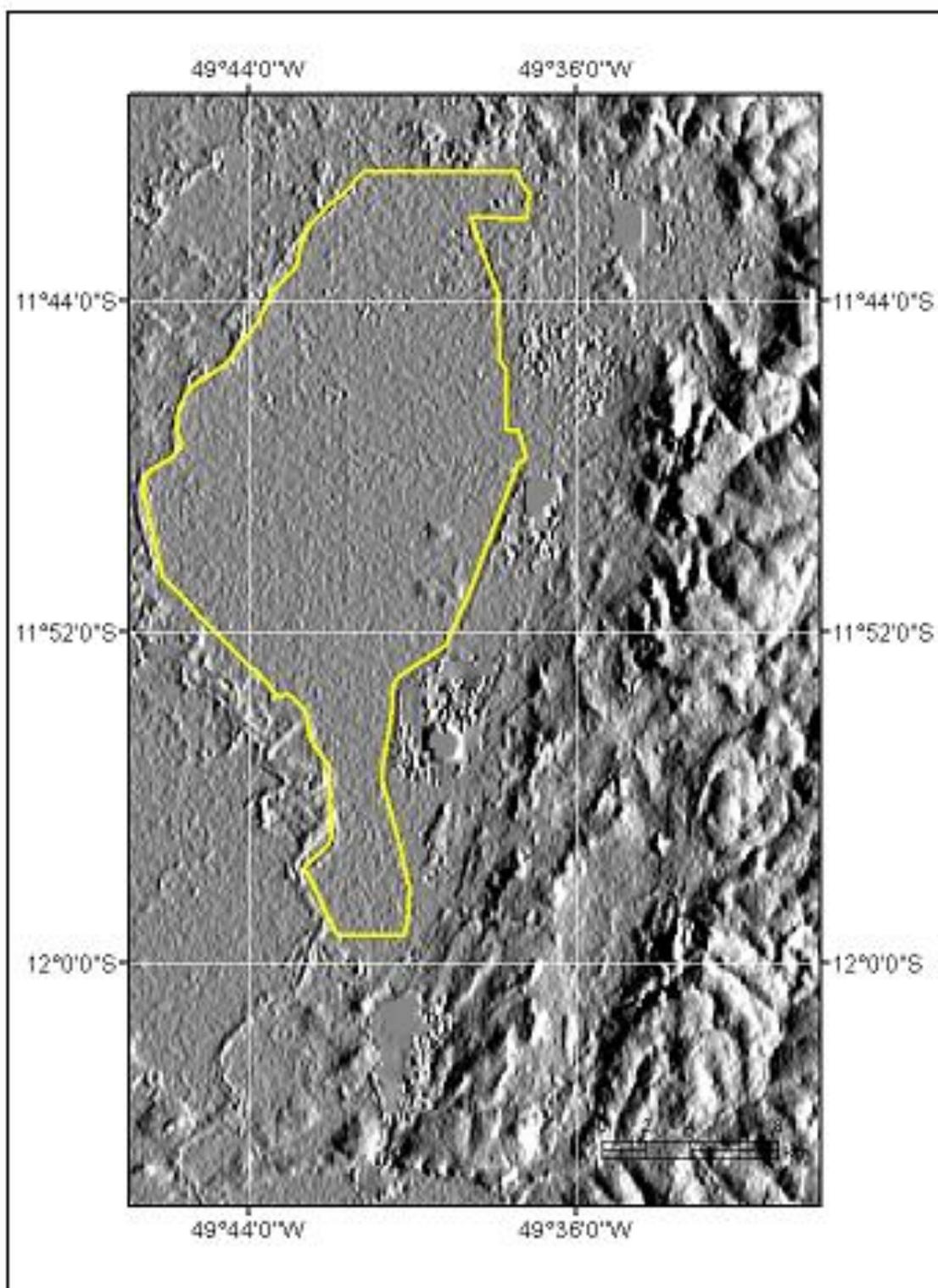


Figura 10 - Relevo sombreado de imagem DEM SRTM com a área do Projeto Rio Formoso.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 Evolução Temporal do Projeto de Irrigação Rio Formoso

O Projeto de Irrigação Rio Formoso idealizado em 27 de novembro de 1979, é pioneiro projeto na utilização de sistemas de irrigação do tipo inundação e subirrigação, em uma área de 27 mil hectares para cultivo de arroz irrigado, no período chuvoso e soja (produção de semente) no período da seca (entressafra). A COOPERFORMOSO, Cooperativa Agrícola Industrial do Rio Formoso, foi a primeira cooperativa criada em 14 de dezembro de 1979 para gerir a produção agrícola do projeto. A execução das obras de infraestruturas, tais como: diques, reservatórios, canais de adução e de irrigação de drenagem, grupos geradores, construção do primeiro complexo de secadores e silos seguiram a sistemática de três etapas consecutivas. A infraestrutura do Projeto com as três etapas das áreas agrícolas do Projeto (Figura 11) foram extraídas da imagem LISS-III do satélite IRS-P6, obtida em 14 de julho de 2013.

Área Agrícola da Primeira Etapa – Teve início em 1979 e conclusão em 1980. A imagem RGB654 do sensor MSS-2 do satélite Landsat, obtida em 24/07/1980, mostra que nessa data toda a infraestrutura da primeira etapa já estava concluída. Limitada a Oeste pelo rio Formoso, a Norte pela Adutora Rodarte e a Leste pelo Coletor Geral de Dreno (Figura 12).

Área Agrícola da Segunda Etapa – Possivelmente o início das obras dessa etapa ocorreu depois de julho de 1980. Conforme a imagem RGB654 do sensor MSS-2 do satélite Landsat, obtida em 05/08/1981, mostra que nessa data somente 50% das obras estavam concluídas (porção Oeste) e que provavelmente a conclusão desta Segunda Etapa ocorreu em 1982. A área agrícola da Segunda Etapa possui uma área total de 12.266 hectares, situada na porção média do Projeto. Esta limitada a Sul pela Adutora Rodarte, a Oeste pela Adutora Formoso, a norte pela Adutora Calumbi II e a Leste pelo Coletor Geral de Dreno (Figura 13). Em 05/08/1981 já encontra-se concluído o reservatório que limita a porção Leste da Primeira Etapa, que representa o reservatório Calumbi I. A área escura na porção norte da Figura 13 corresponde à lâmina de água (região encharcada ou alagada), local da futura área agrícola da Terceira Etapa.

Área Agrícola da Terceira Etapa – Não se tem informações precisas do início e fim das obras desta etapa. Tudo indica que as obras de infraestrutura tiveram início em 2003 e

conclusão possivelmente em 2004. Entre 1982 e 2001 não foram encontradas imagens de satélites, sem cobertura de nuvens no site do INPE, na área do Projeto. A imagem RGB345 do sensor ETM+-7 do satélite Landsat, obtida em 19/06/2002, mostra as obras das áreas das três Etapas já concluídas. A Terceira Etapa possui uma área total de 11.900 hectares, situada na porção Norte do Projeto. Esta limitada a Sul pela Adutora Calumbi II, a Oeste e Norte pela Adutora Formoso e a Leste pelo Coletor Geral de Dreno (Figura 14).

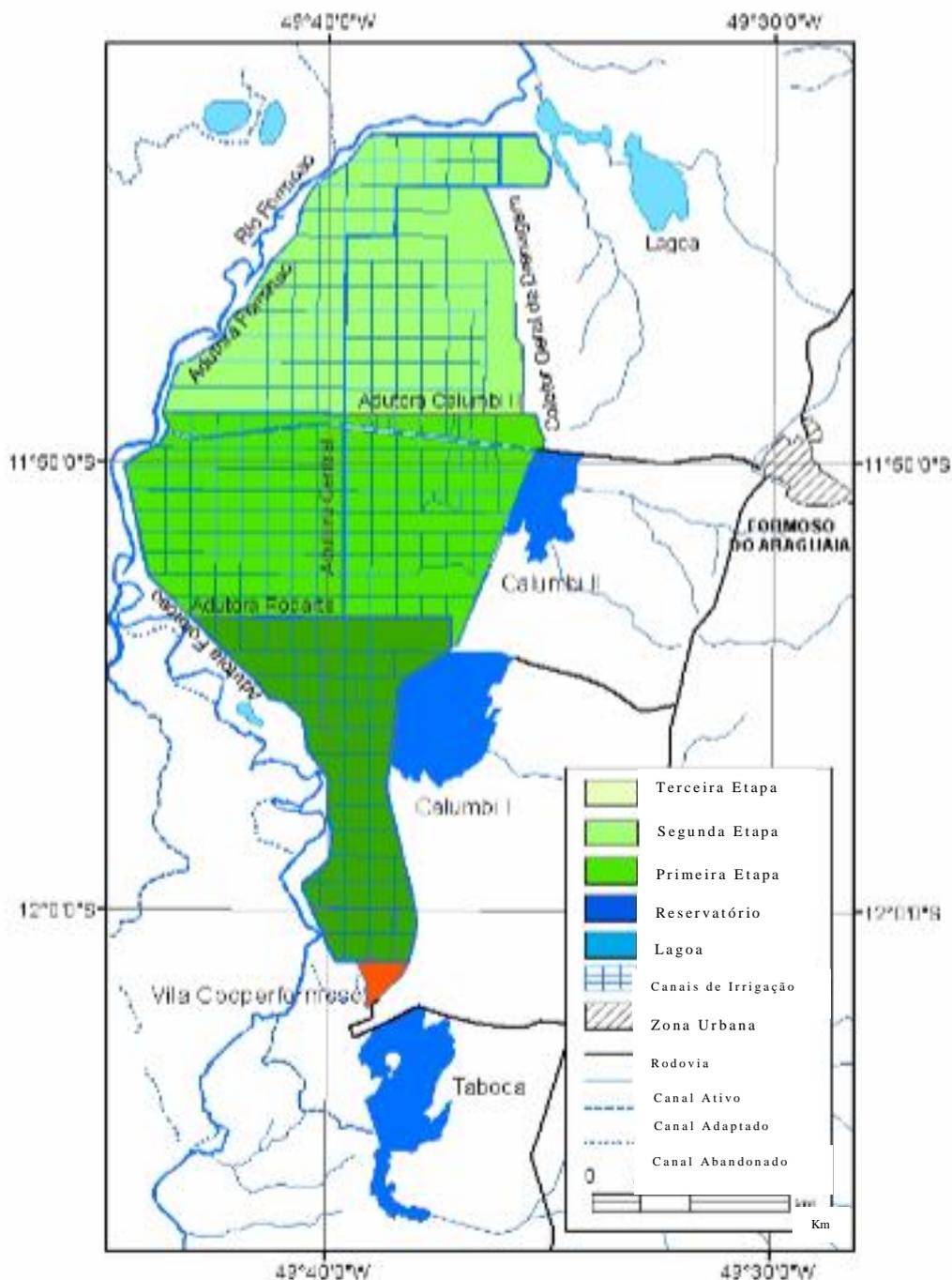


Figura 11 - Áreas agrícolas das três Etapas, infraestrutura e classificação dos canais de drenagem da região do Projeto de Irrigação Rio Formoso.

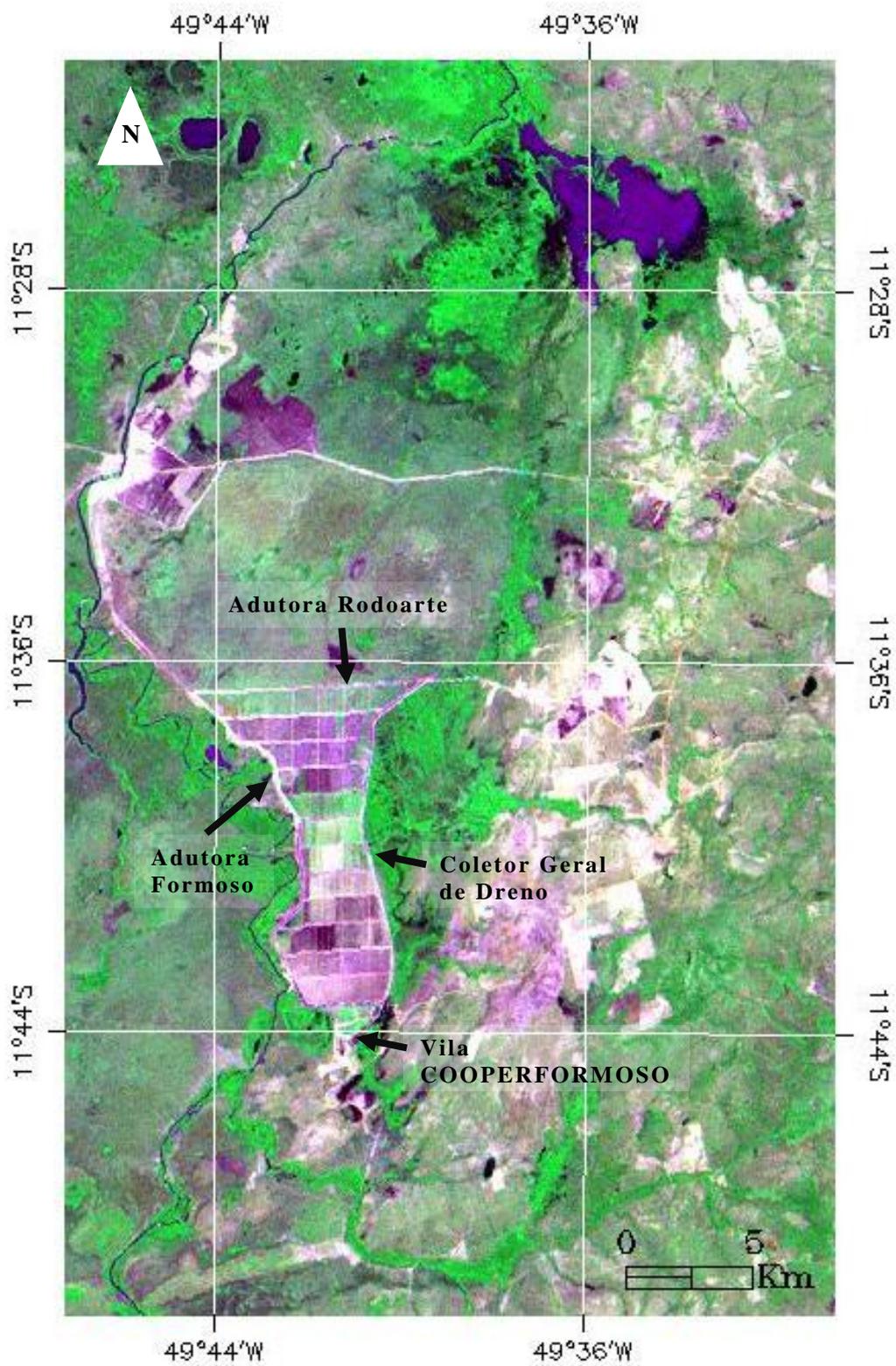


Figura 12 - Primeira Etapa da área agrícola em imagem MSS-2 do satélite Landsat, obtida em 24/07/1980.

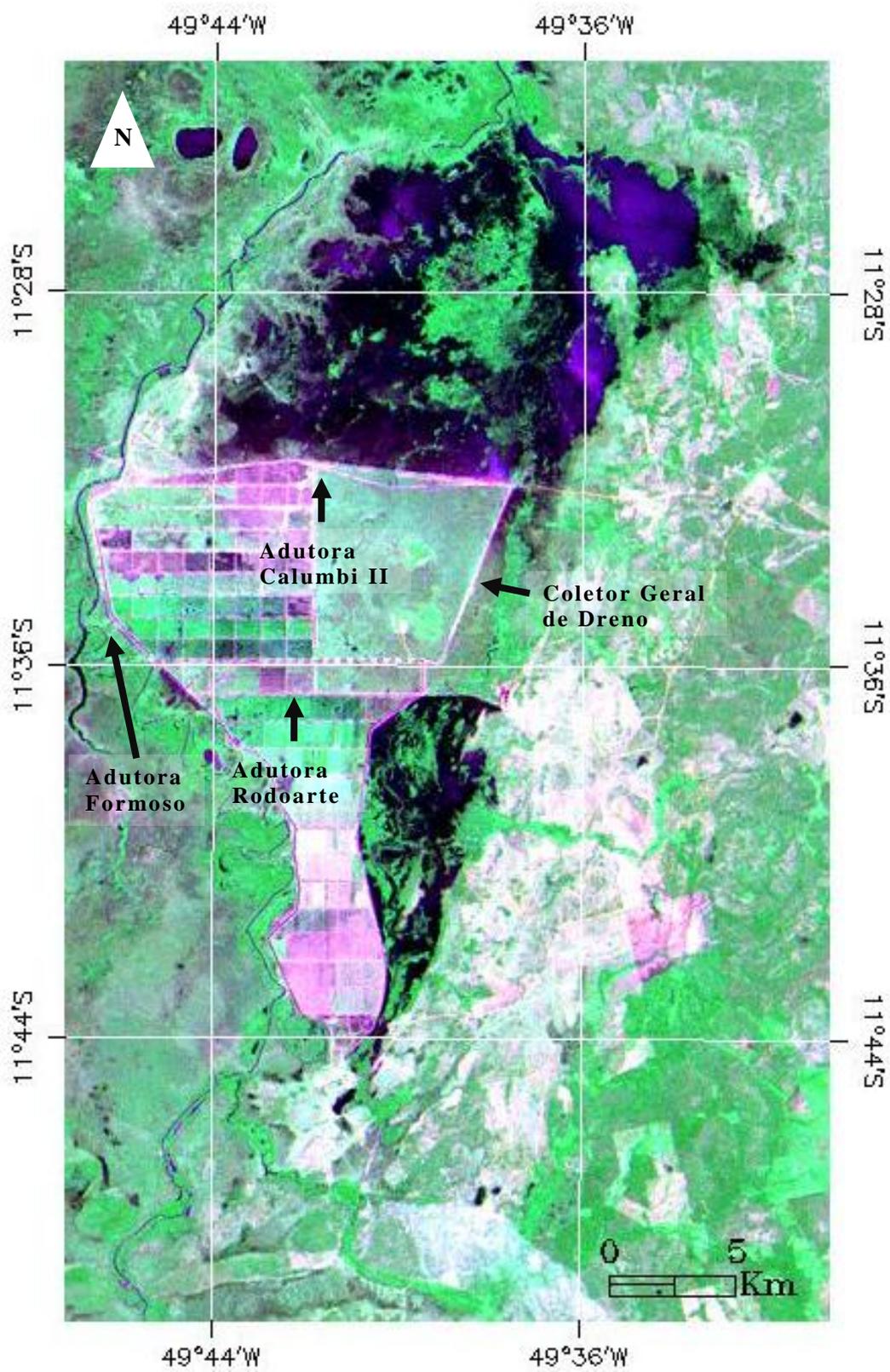


Figura 13 - Segunda Etapa da área agrícola em imagem MSS-2 do satélite Landsat, obtida em 05/08/1981.

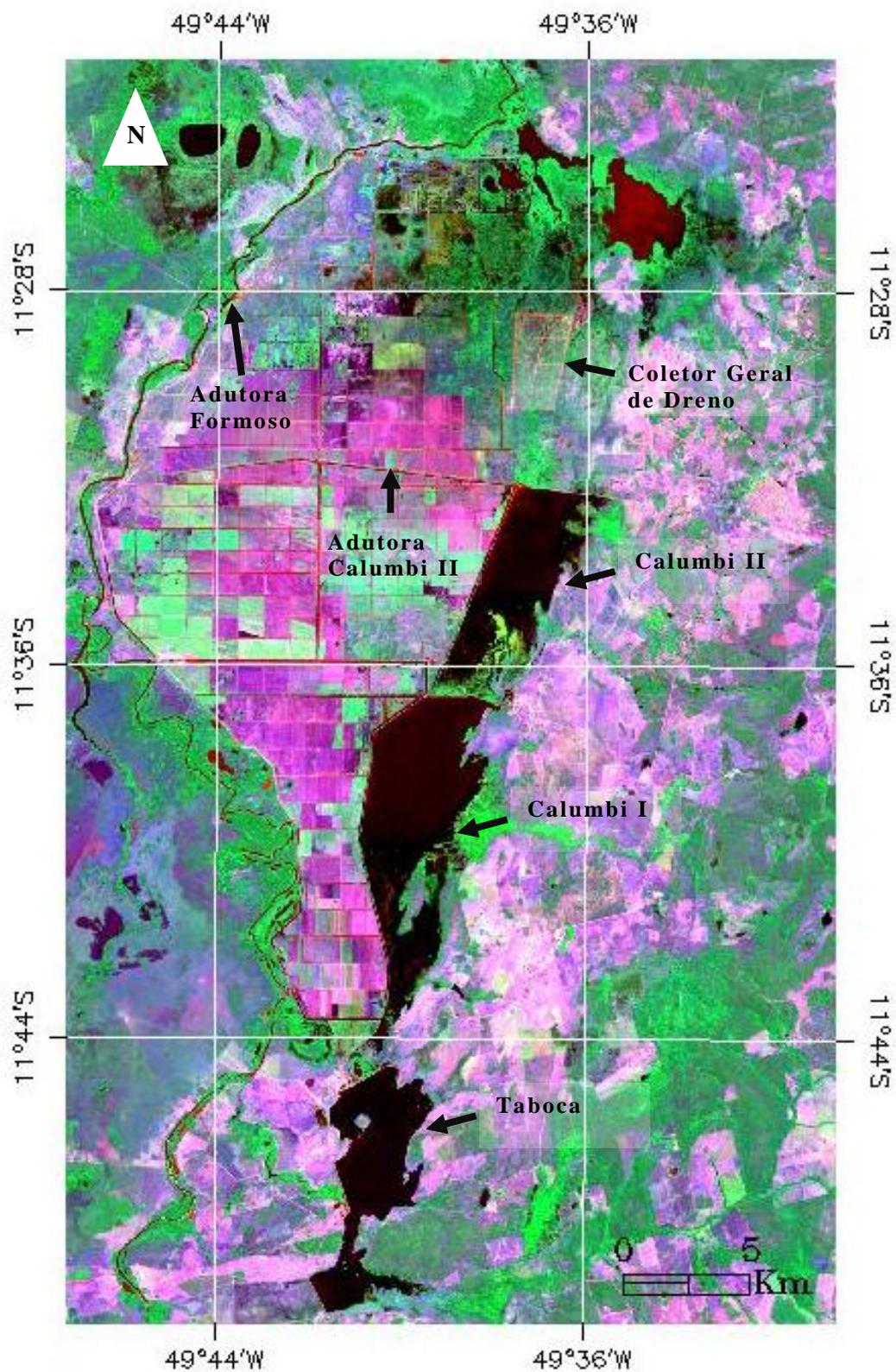


Figura 14- Terceira Etapa da área agrícola em Imagem ETM-7 do satélite Landsat, obtida em 19/06/2002.

A Figura 14, mostra os três reservatórios, de Norte para Sul, Calumbi II, Calumbi I e Taboca.

## 5.2 Características Hidrológicas

A descarga média anual ( $Q_{mean}$ ) do rio Araguaia, influencia a vazão de seus afluentes como o rio Javaés e rio Formoso. Em uma série histórica de 1975 a 2007, (32 anos) na estação de Rio Formoso São Félix, o valor de  $Q_{mean}$  foi de  $2.703\text{m}^3/\text{s}$ . A vazão começa a aumentar a partir de novembro e estende até Março/Abril. A descarga de inundação máxima foi registrada no mês de fevereiro de 1980, com valores de  $9.126\text{m}^3/\text{s}$ . Geralmente, a descarga diminui gradualmente até Junho a Setembro. O menor nível de fluxo foi registrado em 25 de setembro de 1975, com um valor mínimo de  $493\text{m}^3/\text{s}$  ( $Q_{min}$ ). A grande variabilidade sazonal da descarga anual mostrou que o índice ( $Q_{max}/Q_{min}$ ) variou de 10 a 14 (Valente *et al.*, 2013).

Influenciado pela descarga média anual do rio Araguaia o rio Formoso possui comportamento semelhante. No período de 1971 a 1994 (24 anos), as descargas máximas ( $Q_{max}$ ) atingiram valores de  $365\text{m}^3/\text{s}$  e ocorrem também no mês de fevereiro e as vazões mínimas ( $Q_{min}$ ) atingiram valores de 1,8 e  $3,6\text{m}^3/\text{s}$ , sendo consideradas muito baixas e se situam, respectivamente, nos meses de agosto e setembro, enquanto a média ( $Q_{med}$ ) no período foi de  $101,25\text{m}^3/\text{s}$  (Tabela 2).

Estudos realizados pela SMARH/TO para o ano de 2007, apresentaram os valores da vazão com 90% de permanência de captação ( $Q_{90}$ ), da vazão ecológica ( $Q_{Ecológica}$ ) e da vazão outorgável ( $Q_{Outorgável}$ ) do rio Formoso. Os dados estão registrados na Tabela 9 acompanhada de seu gráfico. Em função das vazões mínimas que ocorrem no período da seca, principalmente nos meses de agosto e setembro, conforme a Tabela 8 acompanhada de seu gráfico, as vazões outorgáveis nos meses de Agosto, Setembro e Outubro são baixíssimos e variam de cerca 2,0 a  $3,0\text{m}^3/\text{s}$  (Tabela 3).

Períodos longos de estiagem e a baixa precipitação em períodos chuvosos influenciam diretamente as vazões do rio Araguaia e conseqüentemente seu afluente o rio Formoso, apresentando como resultado a baixa recarga dos reservatórios do projeto, onde o volume máximo de recarga dos reservatórios não atingem suas marcas a mais de uma década. Dados que reforçam a necessidade de construção de represas ao longo do leito do rio, pensamento dominante entre as Cooperativas administradoras do Projeto. A sugestão de represamento do rio Formoso encontra-se presente no estudo técnico de implantação do projeto, elaborado em 1979.

Tabela 2 - Vazões do rio Formoso no período de 1971 a 1994 (SRHMA/TO, 2007)

Vazão / Período	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Média	203,22	247,48	240,07	211,67	72,04	21,06	16,39	13,41	17,36	21,43	36,07	114,78
Máxima	363,00	365,00	311,00	330,00	171,00	31,10	45,40	47,20	47,70	55,90	90,00	315,00
Mínima	37,30	80,70	94,10	151,00	33,40	10,90	6,00	1,80	3,60	4,80	5,90	18,50
m <sup>3</sup> /s	Mínima Absoluta = 1,80				Máxima Absoluta = 365				Média Compensada = 101,25			

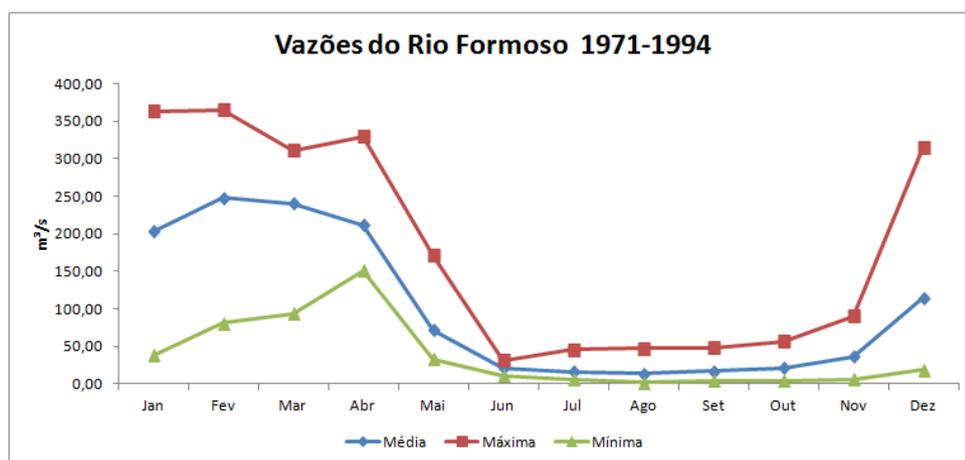
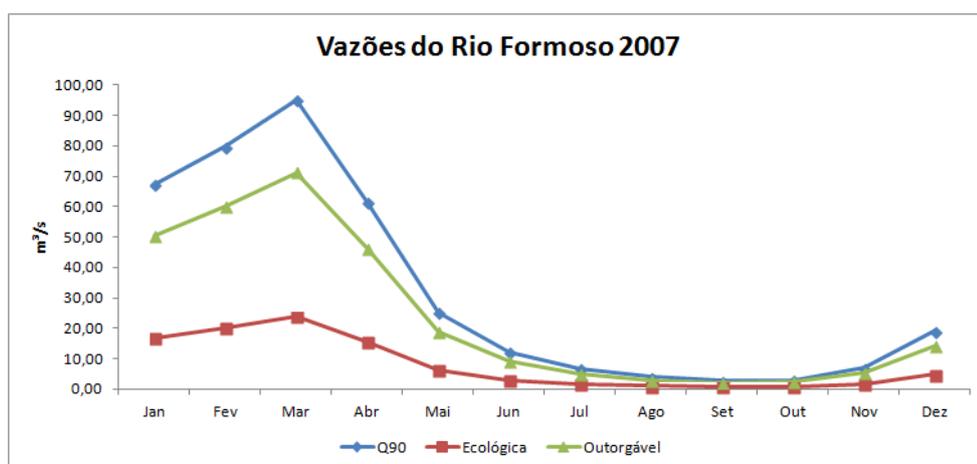


Tabela 3 - Vazões outorgáveis e ecológica das médias mensais do rio Formoso no período de 2007 (SRHMA/TO, 2007)

Vazão (m³/s)	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Q <sub>90</sub>	67,36	79,87	95,04	61,48	25,31	12,20	6,71	4,02	2,71	3,04	6,96	19,14
Ecológica	16,84	19,97	23,76	15,37	6,33	3,05	1,68	1,00	0,68	0,76	1,74	4,79
Outorgável	50,52	59,91	71,28	46,11	18,99	9,15	5,03	3,01	2,03	2,28	5,22	14,36



### 5.3 Precipitações

As precipitações registradas pela Estação Rio Formoso (Código 1149001) ao longo do período de 2003 a 2012 possui o mesmo controle pluviométrico da planície Bananal. Neste período os meses mais chuvosos ocorreram entre Dezembro a Março e o período mais seco corresponde aos meses de Maio a Setembro, enquanto os meses de Junho, Julho e Agosto a precipitação foi zero (Figura 15).

O histograma de precipitação média mensal neste período mostra que os anos mais secos foram 2002 e 2010, com seis meses com precipitação zero e em 2003 e 2008, com cinco meses também com precipitação nula. Também fica evidente que os picos de máxima precipitação apresentam uma queda gradual neste período, com 450mm de chuvas em 2003 reduzindo para 250mm em 2012, com redução de chuvas de cerca de 44,5%.

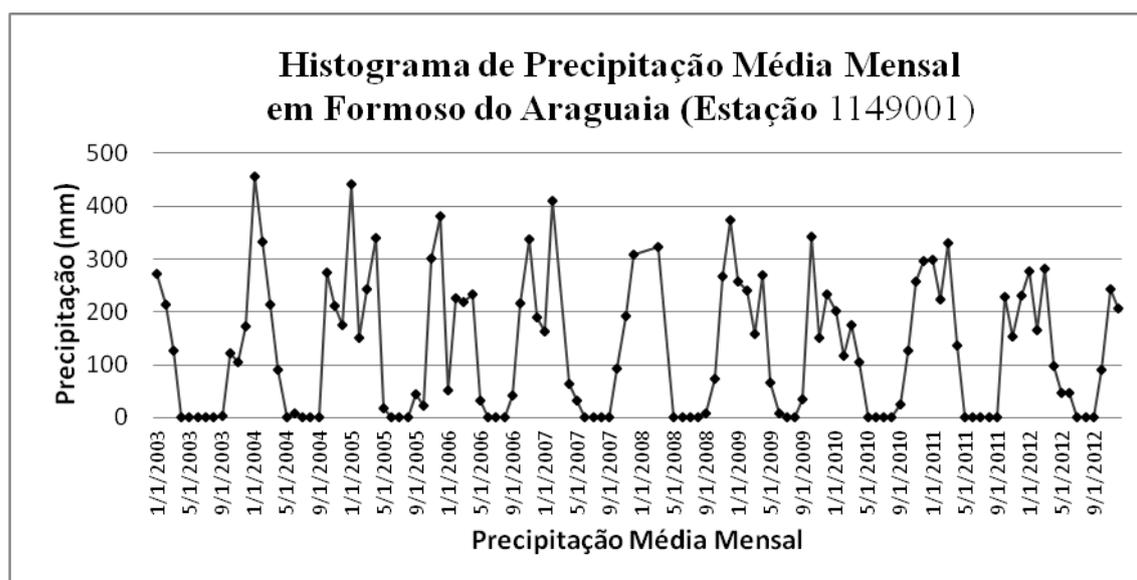


Figura 15 - Histograma de precipitação média mensal em Formoso do Araguaia.

A mesma tendência da redução das chuvas é mostrada na série histórica pluviométrica nesta área, compreendida entre 1980 a 2013, obtida na Estação 1149001. A Figura 16 apresenta uma evidente queda gradual da linha de precipitação, com valor médio de cerca de 1.700mm, ocorrido em 1980, com queda da precipitação para 1.400mm, em 2012. Os picos mínimos de precipitações, de cerca de 1.000mm, ocorreram em 1990, 1998, 1999, 2001, 2002, 2003 e 2008. O período compreendido entre 1998 a 2002 foram os seis anos mais secos, com precipitação média anual que variou entre 1.000mm a 1.450mm (Figura 16). Igualmente podemos visualizar o declínio das precipitações médias ao longo de três décadas, 1980, 1990 e 2000 (Figura 17).

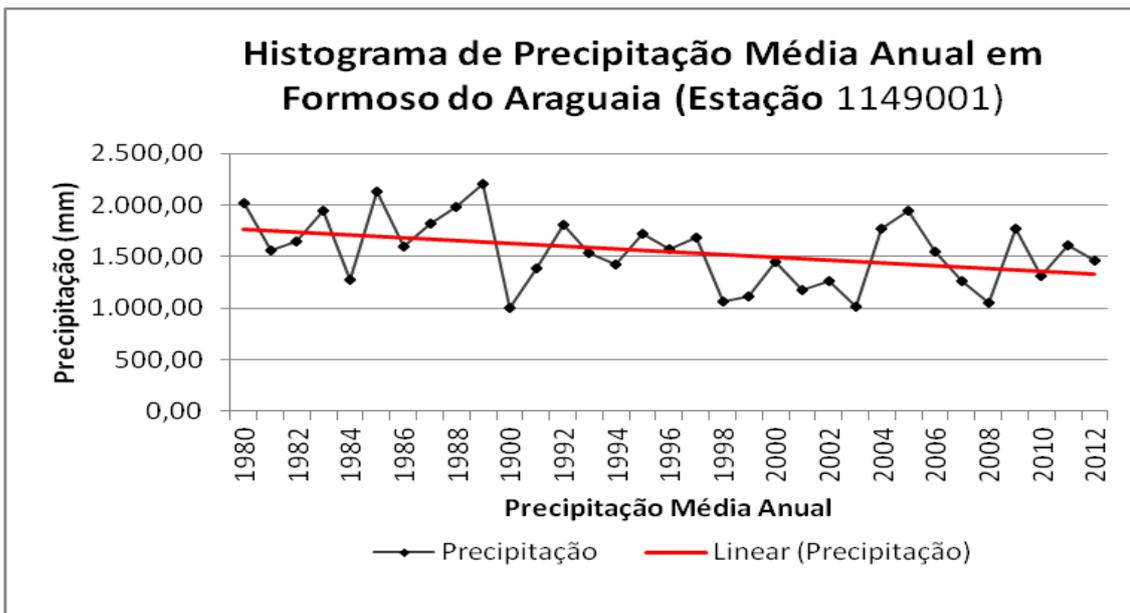


Figura 16 - Histograma de precipitação média anual em Formoso do Araguaia série histórica de 32 anos (1980 a 2012)

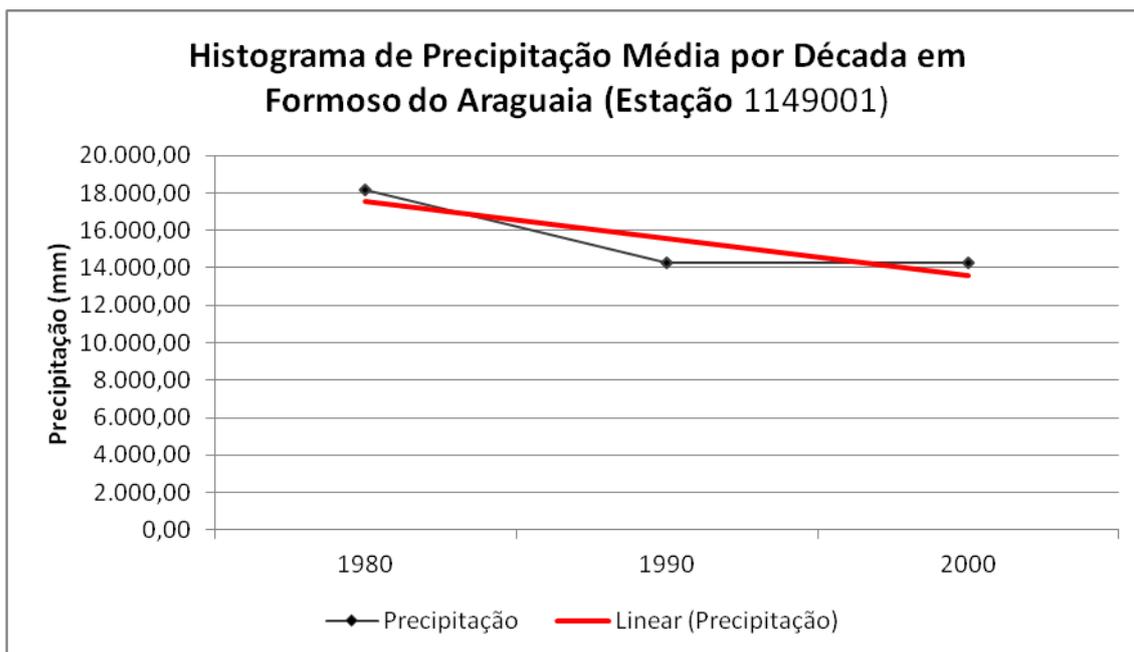


Figura 17 - Histograma de precipitação média anual em Formoso do Araguaia por décadas.

## 5.4 Recursos Hídricos Superficiais

### 5.4.1 Os Reservatórios

O Projeto de Irrigação Rio Formoso é alimentado pela água do rio Formoso, com volume médio de 101,25 m<sup>3</sup> e por quatro reservatórios assim constituídos: 1) Barragem Taboca, com área de 4.541 hectares e volume de 48.345.000 m<sup>3</sup>; 2) Barragem Calumbi I, com área de 4.175 hectares e volume de 47.789.957 m<sup>3</sup>; 3) Barragem Calumbi II com área de 3.000 hectares e volume de 30.688.680 m<sup>3</sup>.

As imagens de sensoriamento remoto utilizadas para o cálculo das áreas dos reservatórios, todas em períodos de estiagem, podem ser visualizadas e comparadas, conforme a Figura 18. A análise do gráfico da Figura 18 mostra que os reservatórios Calumbi I e Calumbi II reduziram suas áreas em 48% e 62%, respectivamente, em 2010 em comparação com as suas áreas registradas em 2002, no mesmo sentido, em 2013 a área do Calumbi I continuou a cair em cerca de 44% em relação a 2010. Já o reservatório Calumbi II, ao contrário, a sua área aumentou em cerca de 57% em 2013. O reservatório Taboca manteve uma queda quase linear de sua área entre 2000 e 2013, com redução de 16% em 2002 e 22% em 2010 e 2013.

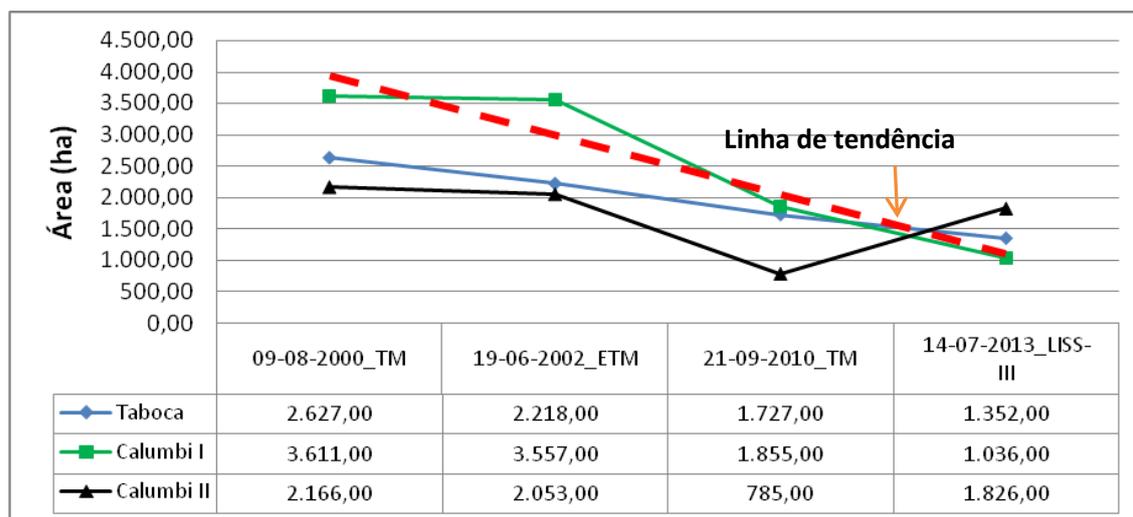


Figura 18 – Áreas dos reservatórios obtidas em imagens temporais de sensoriamento remoto.

O fato que chama a atenção é a redução das chuvas ao longo da série histórica. Observa-se a nítida tendência de queda do recurso hídrico na linha de tendência (cor vermelha) para as áreas dos reservatórios (Figura 18) em relação à queda da linha de

tendência da precipitação para uma série histórica de 32 anos, entre 1980 e 2012 (Figura 16).

O trabalho de campo detectou que os reservatórios também não possuem alcance máximo de cota de vazão, devido a estrutura comprometida dos diques de contenção por assoreamento de sedimentos e vegetação ao longo do dique das represas. Diques edificados com maciços de terras em dimensões variáveis e que atualmente apresenta a presença de vegetação em forma de mata ciliar em sua superfície, não podendo assim atingir as cotas máximas referidas sem danificar suas estruturas de contenção (Figura 19).



Figura 19 – Assoreamento por sedimentos e vegetação ao longo do dique da represa. Em (A), Calumbi I; Em (B) e (C), Calumbi II

Estes dados hidrológicos das variações temporais nas áreas dos reservatórios, aliada aos dados de campo e a análise e interpretação visual das imagens da Figura 20 podem inferir em algumas avaliações: (i) a redução das áreas dos reservatórios pode ter como a causa principal a queda gradual da precipitação ao longo da série histórica analisada; (ii) a diminuição das áreas dos reservatórios Calumbi I e Calumbi II, registrada na imagem TM-5 de 21/09/2010 (Figura 20C) e no Calumbi II da imagem LISS-III de 14/07/2013 (Figura

20D) pode ter sido originada por assoreamento de sedimentos e pelo crescimento da vegetação nas bordas e no interior dos reservatórios.

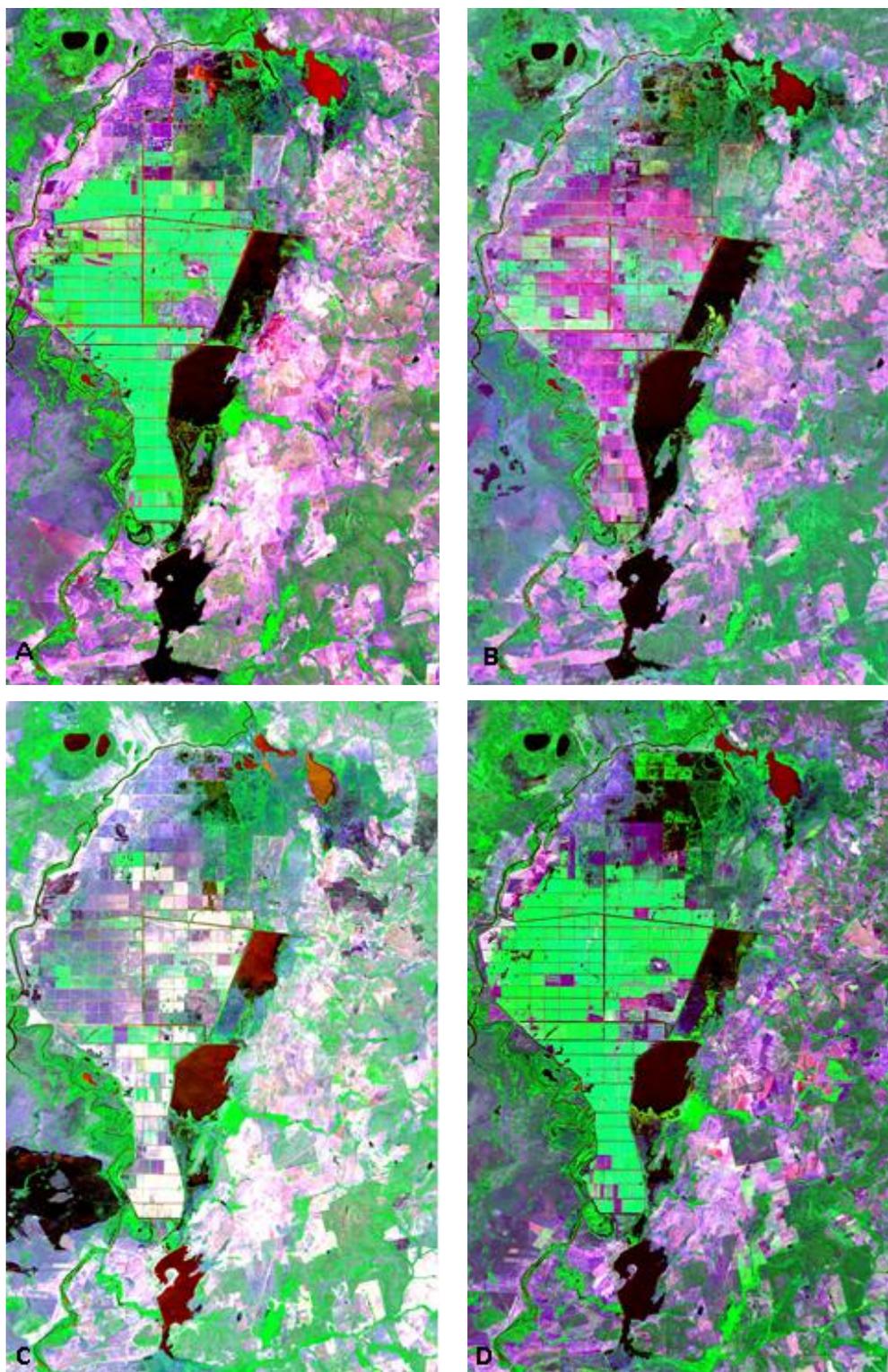


Figura 20 – Variação temporal das áreas dos reservatórios. Em (A), imagem TM-5 obtida em 08/08/2000; Em (B), imagem ETM-7, obtida em 19/06/2002; Em (C), imagem TM-5, obtida em 21/09/2010; Em (D), imagem LISS-III, obtida em 14/07/2013.

Estas inferências não levaram em consideração avaliações dos fenômenos El Niño ou La Niña, durante o período visualizado nas imagens de satélite, assim como possíveis distorções ocasionadas por calibração radiométrica de sensores. Outrossim não foram realizadas avaliações de campo para possível presença de macrofitas nos reservatórios, influenciando as áreas de imagens avaliadas.

#### 5.4.2 As Adutoras

Os canais de irrigação acompanham a classificação normalmente usual de principal e secundário. Atualmente em número de quatro, os canais de irrigação principais são denominados de Adutoras, estão nomeados em Adutora Formoso, Adutora Rodoarte (Figura 21) Adutora Central e Adutora Calumbi I. A Adutora Formoso é a maior adutora do Projeto, possuindo 150km de comprimento e 90m largura. O canal principal de distribuição obedece ao longo de todo o seu percurso declividade de 0,15%, a profundidade de um metro e largura correspondente a 65m.



Figura 21 - Canal de irrigação Primário. Em (A), Adutora Formoso; Em (B), Adutora Rodoarte

#### 5.4.3 Os Canais de Irrigação e Dreno

Os canais secundário de irrigação ao longo de seu perfil de caminhamento apresenta nível de água de 1,00m acima daquele do solo, a uma profundidade de 2,20m e largura de 47m. Os canais de drenagem (principal, secundário, terciário e complementar) apresentam dimensões variadas ao longo dos trechos do Projeto, aumentando da montante para a jusante e acompanham a declividade natural do terreno (Nascimento, 1980).

Os canais de secundários de irrigação alimentado pelas Adutoras, possuem nomenclatura alfanumérica, definidos com a letra "C" acrescido de numeral,

correspondente ao número do canal, com ou sem letras de subdivisão, sendo estes responsáveis pela entrada de água de irrigação em cada módulo e sub-módulos de produção, podendo em alguns módulos de produção apresentar um terceiro canal de irrigação, ou seja, um canal terciário alimentado pelo secundário (Figura 22). Todo o sistema de entrada de água nos módulos e sub-módulos de produção se concretiza por declividade e capilaridade do solo e do vegetal (Figura 23).

Os canais de drenagem seguem a mesma classificação dos canais de irrigação. Em número de três, os canais de dreno principais são denominados: Coletor Geral Fase "A", Coletor Geral Fase "B" e Dreno Coletor Principal (Figura 24). Os canais de dreno secundários, são os responsáveis pela alimentação de água de dreno aos coletores principais. Possuem nomenclatura alfanumérica, definidos com a letra "D" acrescido de numeral, correspondente ao número do canal, com ou sem letras de subdivisão. Cada módulo e sub-módulos de produção apresenta um canal de dreno, ou seja, um canal terciário, alimentador do canal secundário de dreno. Todo o sistema de saída de água nos módulos e sub-módulos de produção se concretiza por declividade e gravidade da água no solo, assim como o controle físico por intermédio de diques de contenção com respectivos sistemas de manobra de controle.

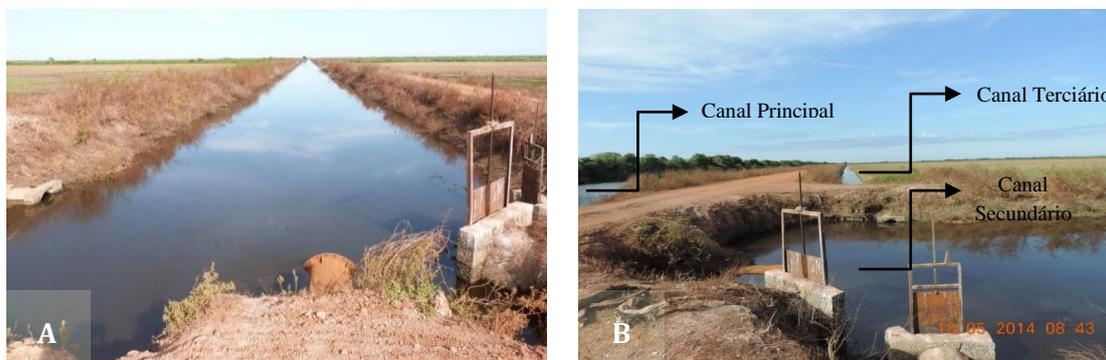


Figura 22 - Canal de irrigação Secundário. Em (A), conexão do canal Secundário; Em (B), conexão canais Principal com Secundário e com Terciário.



Figura 23 - Entrada de água no módulo por declividade e capilaridade em A e B.

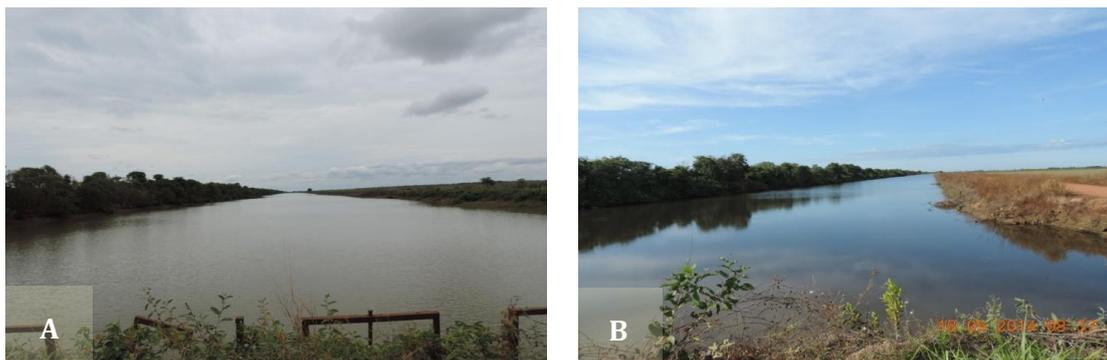


Figura 24 - Coletores gerais de dreno. Em (A), Coletor Geral Fase "A"; Em (B), Coletor Geral Fase "B"

A depreciação dos mecanismos mecânicos de controle hidráulico presentes nos sistemas de controles de vazões dos canais, apresentado na Figura 25, é recorrentes em todos os mecanismos de controle hidráulico instalados no Projeto. Mecanismos mecânicos originais de instalação com mais de trinta anos de funcionamento, não apresentam mais suas perfeitas condições de funcionamento.



Figura 25 - Sistemas de controle por guilhotinas já depreciados pelo tempo.

As estações de bombeamento entre canais são responsáveis pela transferência de vazões dos canais de dreno do Coletor Geral Fase "A" do Coletor Geral Fase "B" e do Dreno Coletor Principal para os reservatórios Calumbi I, Calumbi II e Lagoa do Jaburu respectivamente (Figura 26).

As estações são compostas por uma série de moto-bombas responsáveis por transporte do fluxo de água dos canais de dreno para os reservatórios Taboca, Calumbi I e Calumbi II. O Projeto recebeu nos anos 2013 e 2014 investimentos governamentais do Programa de Aceleração do Crescimento (PAC), destinados a modernização destas estações de bombeamento que inicialmente eram composta por moto-bombas movidas a

óleo diesel, sendo modernizada para moto-bombas movidas por motores elétricos (Figura 27).

Todas as dimensões de canais, sejam de irrigação ou dreno, possuem suas dimensões e profundidades estabelecidos em função da caixa de empréstimo de material de terraplanagem e compactação do solo, necessários a construção de seus diques laterais, preferindo não se aprofundar e sim ao alargamento como melhor solução ao empreendimento.

Ao longo de seus 30 anos de existência nenhuma ação de monitoramento e manutenção aos canais foi realizada. No contexto da ecologia a natureza de forma compensatória promove sua resiliência. A exuberância vegetal permeia as margens dos diques e fauna e flora se equilibram ao longo do tempo. Conseqüentemente são manifestos os conflitos da exuberância da fauna e da flora.



Figura 26 - Estações de bombeamento de canais de dreno. Em (A) dreno da 1ª Etapa, 2ª Etapa em (B) e 3ª Etapa em (C).



Figura 27 - Modernização das estações de bombeamento. Em (A), moto-bomba a óleo diesel 1ª Etapa em (B) subestação de energia elétrica na 3ª Etapa.

## 5.5 As Culturas do Arroz e da Soja

### 5.5.1 A Cultura do Arroz

A planície sedimentar da Bacia do Araguaia, no estado do Tocantins, com mais de 1,2 milhões de hectares apresenta menos de 10% desta área ao cultivo irrigado. O potencial de produção irrigado para a cultura do arroz compreende os municípios de Cristalândia, Dueré, Formoso do Araguaia, Lagoa da Confusão (com o projeto Javaés), Piun e o vale do rio Javaés. O vale do Javaés localizado entre o rio Araguaia e seus afluentes, o rio Urubu, o rio Javaés e o rio Formoso, local do Projeto de Irrigação Rio Formoso, possui mais de 500 mil hectares, sendo considerado a maior área contínua do mundo para sistemas de irrigação por gravidade. O Projeto de Irrigação Rio Formoso e o projeto Javaés somam aproximadamente 50 mil hectares em cultura de arroz irrigado (Santos *et al.*, 2006).

A disponibilidade de água e a facilidade de irrigação das áreas de várzeas permitem sua exploração intensiva, com dois e a três cultivos anuais, abrindo perspectivas de consideráveis aumentos de produção e produtividade (Fageria *et al.* 2003).

Dentro do Projeto o planejamento para o plantio de arroz, realizado pela Talismã Sementes, é definido junto aos cooperados das três cooperativas do Projeto para a empreitada da safra ano, em seus respectivos módulos de produção (talhões).

Após a conclusão da colheita da soja, uma análise de solo é realizada em cada módulo de produção a ser trabalhado para o plantio de arroz da safra seguinte (Figura 28). As necessidades de correções e fertilização do solo são calculadas acrescidas dos custos de insumos. Os custos operacionais são posteriormente mensurados ao fim da colheita. O

rateio dos custos é efetuado junto aos cooperados, cabendo a cada um o percentual igual à proporção de área plantada em hectares para a safra ano do arroz.

Inicialmente é realizada no módulo de produção a incorporação da matéria orgânica residual da cultura anterior (palhada de arroz) e formação das curvas de níveis, conforme visualizado na Figura 29.

Seguindo ao preparo de solos, os insumos de correção e fertilização são incrementados (Figura 30). Sistema de rolos é utilizado para destorroamento e nivelamento do solo para o plantio que vem em seguida (Figura 31). Para evitar que chuvas possam danificar o solo preparado, curvas de níveis são executadas ao longo dos módulos da produção. Pequenos canais de dreno também são executados quando do encharcamento do solo nas primeiras semanas após o plantio.



Figura 28 - Coleta de amostra de solo. Em (A) amostra de solo de 0-20 cm de profundidade; Em (B), armazenamento da amostra.



Figura 29 - Incorporação de matéria orgânica ao solo (palhada de arroz). Em (A), equipamento de grade leve; Em (B), curva de nível no talhão de 1.000 m x 800 m (80 hectares em média).



Figura 30 - Insumos para plantio do arroz. Em (A), descarga de fertilizantes; em (B), equipamentos de plantio.



Figura 31 - Destorroamento, nivelamento do solo e plantio do arroz. Em (A), sistema de rolos; Em (B), nivelamento em talhão; Em (C), plantio de arroz.

O ciclo biológico de desenvolvimento da planta de arroz, variam em termos de período, dependendo das características genéticas da planta e/ou das condições ambientais, entre 90 e 120 dias, podendo estender-se entre 100 e 135 dias. As relações entre os estágios de melhor potencial de desenvolvimento reprodutivo e a necessidade de água de irrigação pode ser definida em: a) estágio inicial de afilhamento - necessária; b) estágio de ativo afilhamento - necessária; c) estágio de máximo afilhamento - necessidade mínima; d) estágio de diferenciação da panícula - necessidade máxima; e) estágio de crescimento da

panícula (emborrachamento) - necessidade máxima; f) estágio de floração e granação - necessidade mínima, podendo ocorrer a supressão da água (Gomes, 1999).

O requerimento de água para a cultura do arroz irrigado, envolve a quantidade de água necessária para atender a demanda decorrente do uso consuntivo (resultado das perdas de água por evaporação e transpiração) e das perdas que ocorrem por infiltração lateral e por percolação profunda (Gomes, 1999).

Dados da SRHMA/TO (2007), referentes a pesquisas sobre a necessidade hídrica para a cultura do arroz irrigado, levou-se em conta a evapotranspiração da cultura, ou seja, a necessidade fisiológica da cultura (transpiração), a saturação do solo, formação da lâmina de água, percolação profunda e lateral e evaporação direta da superfície da água, apresentados na Figura 32.



Figura 32 - Percentagem do consumo de água da cultura do arroz (SRHMA/TO, 2008).

Em primeiro lugar, em consumo de água, destaca-se a percolação lateral com seus 32%, que representa alto percentual negativo a cultura, não revertendo energia positiva para o produto final da planta do arroz. Gomes (1999) cita estas perdas entre 15 a 60l/dia por metro de taipa. A percolação profunda (11%) depende das condições texturais, estruturais e topográficas do solo. Pode apresentar baixos valores menores que 10mm/dia em camadas impermeáveis de horizontes tipo B. Assumem caráter benéfico quando arrastam consigo substâncias tóxicas, oriunda de metabolismos microbianos anaeróbicos. Simultaneamente estas perdas podem variar entre 2 a 6mm/dia na estação seca, chegando a 20mm/dia em condições desfavoráveis.

A transpiração em segunda colocação com 27% assume papel importante no metabolismo da produção vegetal. É fator indicativo de alta capacidade de transporte hídrico dentro do vegetal, definindo a cultura do arroz como altamente exigente em

consumo hídrico, principalmente durante o dia em regiões de cerrado. Gomes (1999) cita estas perdas entre 3,3 a 6,6mm/dia.

A lâmina de água com seus 6% é o item com menor consumo hídrico. A lâmina de água se torna importante na cultura irrigada para o controle fitossanitário. Doenças de origem fúngica são controladas por altura de lâmina de água nos diversos estágios fonológicos da cultura do arroz.

A Figura 33 apresenta uma visão esquemática do Perfil de Consumo Hídrico da Cultura do Arroz por Inundação. Na Figura 34 pode se visualizar a abertura de canais em solo saturado e o fluxo lateral da água nos módulos, preparados para o plantio da cultura do arroz no Projeto.

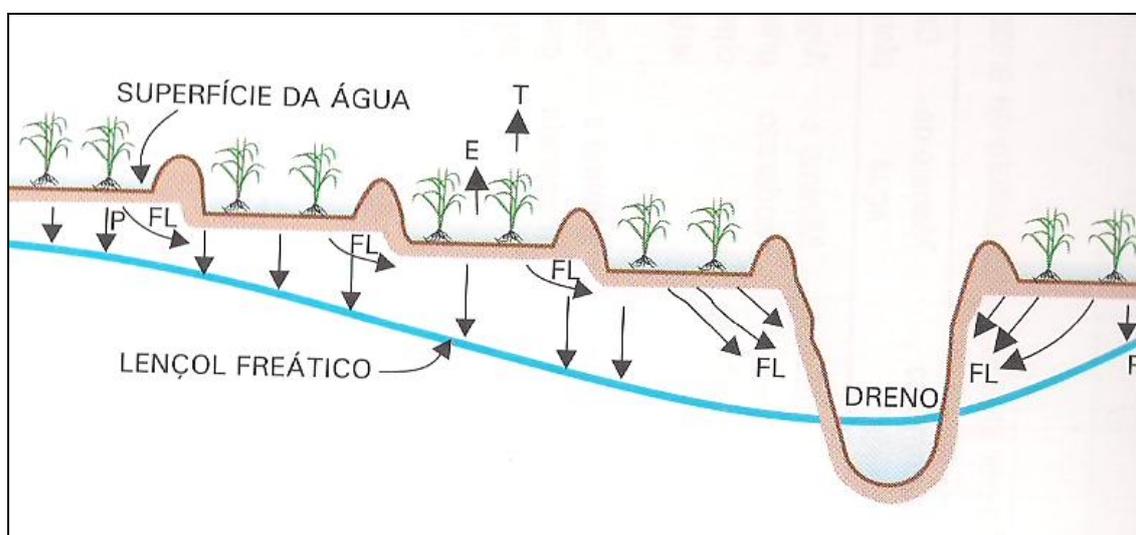


Figura 33 - Perfil de consumo hídrico da cultura do arroz por inundação. Onde: Evaporação (E); Transpiração (T); Percolação (P) e Fluxo Lateral (FL) (Adaptado de Santos *et al.*, 2006).

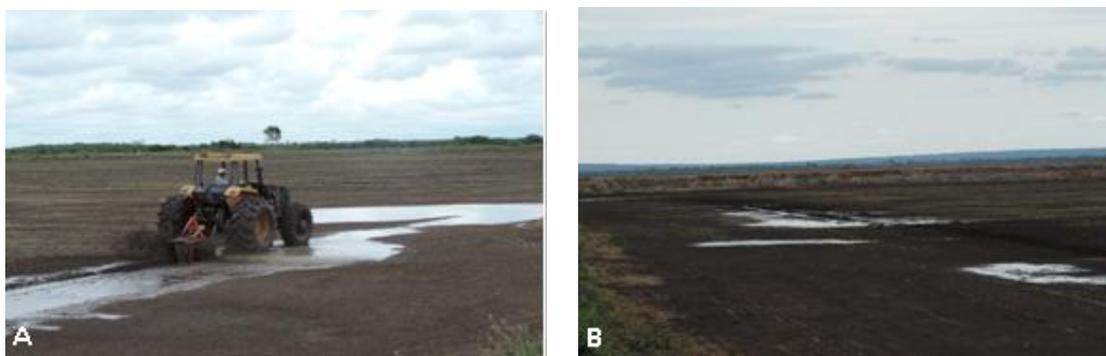


Figura 34 - Água no solo. Em (A), abertura de canal de drenagem; Em (B), fluxo lateral em solo saturado

A cultura do arroz tem seu calendário de plantio inserido nos períodos das águas. A Figura 35 apresenta a grade de desenvolvimento da cultura do arroz em seus estágios

fisiológicos, dentro do período do calendário de plantio da cultura do arroz no Projeto de Irrigação Rio Formoso. As diferenças de ciclos entre as cultivares são determinadas pela duração da fase vegetativa, que vai da emergência da plântula até a diferenciação do primórdio floral, fase que mais influenciada o ciclo da planta pelo efeito dos estresses ambientais. Estresses hídricos aumentam o ciclo de desenvolvimento das plantas (Fonseca, 2002).

Santos *et al.* (2006) cita o período de desenvolvimento à floração da cultura como o de maior necessidade hídrica da cultura do arroz. No Projeto de Irrigação Rio Formoso a cultura do arroz quando de sua maior necessidade hídrica encontra-se dentro do período chuvoso de novembro a março.

Estações	Chuva						Seca					
Cultura/Mês	OUT	NOV	DEZ	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET
Arroz I	Plt	DsFl	DsFl	DsFl	Mt/Cl							
Arroz II		Plt	DsFl	DsFl	DsFl	Mt/Cl						
Arroz III			Plt	DsFl	DsFl	DsFl	Mt/Cl					
Legenda	Plt	Plantio	DsFl	Desenvolvimento/Floração			Mt/Cl	Maturação/Colheita				

Figura 35 - Calendário do desenvolvimento da cultura do arroz

A cultura do arroz no Projeto de Irrigação Rio Formoso apresenta índices de produtividade dentro da média nacional, segundo dados Conab de 2014 de aproximadamente 5.000 kg/ha, elevando o índice de produtividade dos estados do Norte/Nordeste que baliza em torno da 2.300 kg/ha.

No processo evolutivo da tecnologia de produção de alimentos, encontramos a defesa ao meio ambiente na busca de alternativas que eliminem ou minimizem qualquer impacto ambiental causado pelo processo produtivo agrícola. Em diversas áreas do Projeto de Irrigação Rio Formoso é comum a presença do modelo utilizando-se de queimadas aos restos culturais (soca do arroz) como forma de limpeza de área para a cultura subsequente de soja semente (Figura 36). Este processo produtivo só deve ser utilizado em condições especiais e com aval de órgão oficial competente, justificado como fator de segurança ao sistema de produção.



Figura 36 - Sistema de queimadas. Em (A), início de fogo; Em (B), soça de arroz queimado.

### 5.5.2 A Cultura da Soja

O planejamento para o plantio da soja, realizado dentro do Projeto de Irrigação Rio Formoso, ocorre em conjunto com as empresas brasileiras e estrangeiras com foco na produção de sementes. As sementes desenvolvidas são destinadas a safras de anos seguintes a serem plantadas em zonas de altíssima produção de todo o Centro-Oeste e alguns estados do Norte e do Nordeste, para a produção agrícola da soja grão para consumo interno e para comércio Commodity exportação. O calendário de produção de soja para sementes no Projeto de Irrigação Rio Formoso ocorre no momento em que em todo o Brasil é obedecido o período do Vazio Sanitário, para esta cultura, que vai de 1º de julho a 30 de setembro. Por legislação federal todas as plantas de soja existentes nas propriedades produtoras devem ser erradicadas, por meio de produtos químicos ou equipamentos.

O Projeto contempla seu plantio de soja semente por ser considerado como área de pesquisa científica e de produção de semente genética, não havendo portanto a produção de grãos para a indústria de beneficiamento e sim para empresas que desenvolvem e comercializam sementes geneticamente melhoradas em pesquisa de campo.

A Figura 37 apresenta a grade de desenvolvimento da cultura da soja semente em seus estágios fisiológicos, dentro do período do calendário de plantio do Projeto de Irrigação Rio Formoso.

Estações	Chuva							Seca				
Cultura/Mês	OUT	NOV	DEZ	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET
Soja I							Plt	DsFl	DsFl	DsFl	Mt/Cl	
Soja II								Plt	DsFl	DsFl	DsFl	Mt/Cl
Legenda	Plt	Plantio		DsFl	Desenvolvimento/Floração		Mt/Cl	Maturação/Colheita				

Figura 37 - Calendário da cultura de soja semente

Almeida *et al.* (2011) cita que no Estado do Tocantins, a soja é a terceira cultura em termos de participação no valor bruto da produção, sendo cultivada no período de entressafra (maio-junho), em condições de várzea irrigada, sob regime de sub-irrigação (elevação do lençol freático), principalmente no município de em Formoso do Araguaia e no período de safra (novembro-dezembro), em condições de terras altas. Na entressafra, a ausência de chuvas, aliada à baixa umidade relativa do ar e à baixa temperatura noturna, tem possibilitado a obtenção de sementes de boa qualidade. Assim, a produção de soja, neste período, tem-se tornado altamente atrativa e compensador para os produtores e empresas de pesquisa, em virtude do preço da soja comercializada na forma de sementes.

Em contramão a exposição da importância da cultura da soja semente, desenvolvida dentro do Projeto de Irrigação Rio Formoso, segue o conflito da utilização dos recursos hídricos naturalmente disponíveis para esta produção agrícola, tão importante para a economia brasileira. Os meses de maior exigência de água pela cultura para seu ideal desenvolvimento e floração, enquadrados entre o mês de maio ao mês de agosto, coincide com os meses de menor índice pluviométrico da região. Dessa forma, os volumes dos reservatórios estão bastante reduzidos e as vazões do Rio Formoso estão baixíssimas para atender a demanda da cultura da soja semente dentro do Projeto.

Salinet (2009) cita que a cultura da soja é afetada diretamente por fatores bióticos e abióticos e que as perdas causadas por estresses abióticos, como a seca, causam em média mais de 50% das perdas mundiais, enquanto os prejuízos causados por estresses bióticos reduzem em média de 10 a 20% da produtividade da cultura.

Salinet (2009) ressalta que compreender como as plantas respondem ao déficit hídrico e os mecanismos de sua tolerância são de importância fundamental para prever os impactos na produção das culturas, sendo atualmente o estudo da fisiologia do estresse em planta é de grande importância dentro do setor de pesquisas agrícolas, vinculado principalmente as principais mudanças climáticas globais.

Os procedimentos para o início das atividades de produção de soja semente são semelhantes ao da cultura do arroz (Figura 38 e Figura 39). Inicialmente é realizada no módulo de produção a amostragem de solo para determinação de quantidades de nutrientes a ser utilizada, posteriormente a incorporação da matéria orgânica residual da cultura anterior (palhada) e formação das curvas de níveis. Seguindo ao preparo de solos, os insumos de correção e fertilização são incrementados. Sistema de rolos são utilizados para destorroamento e nivelamento do solo.



Figura 38 - Preparo do solo para o plantio de soja semente. Em (A), preparo do solo; Em (B), plantio em talhão.



Figura 39 - Plantio de soja semente. Em (A), soja com sete dias; Em (B), soja com quinze dias; Em (C), soja com trinta dias; Em (D), soja com 60 dias.

## 5.6 Estimativa de Uso e Ocupação do Solo e Safras Agrícolas

O estudo detalhado da interação da radiação solar com a vegetação ocorre principalmente nas folhas, local onde ocorre o processo da fotossíntese. Da energia incidente com o dossel são feitas as bases da análise das alterações apresentadas e as consequência desta interação são fundamentais para que o sensoriamento remoto possa ser utilizado para o monitoramento da vegetação de forma quantitativa e qualitativa, ilustrando as variações nas porções absorvida, transmitida e refletida em diferentes comprimentos de onda utilizados nos sensores remotos ópticos (Fonseca, 2002).

Segundo Sano *et al.* (1998) a utilização conjunta de modelos agrometeorológicos com as informações provenientes do sensoriamento remoto possibilita aos setores de planejamento uma tomada de decisão com base em informações mais precisas que as atualmente fornecidas pelos sistemas de previsão de safras, como é feito no projeto de Irrigação Rio Formoso, que são baseadas em levantamentos subjetivos, principalmente da área plantada.

Utilizando imagens do sensor LISS-III datadas de 14/07/2013 e 29/01/2015 (Figuras 40 e 41), foi possível inferir uma estimativa de cobertura e ocupação do solo nas safras de arroz e da soja para estes períodos. Atenção foi dada para a semelhança de informações a serem trabalhadas. As áreas plantadas tem um nível de refletância muito parecido com o da vegetação de rebrota, ou de áreas abandonadas ou sem uso mas com vegetação. O mesmo caso acontece com as áreas colhidas e as de terra nua, e entre áreas alagadas. Alguns alvos foram generalizados para se separar de outros e poder receber uma classificação (Figuras 42 e 43). Diante do exposto as áreas foram classificadas em coberturas de plantio, colheita, terra nua, água, alagada e outros, e a estimativa das áreas ocupadas com seus valores de ocupação apresentadas em porcentagem e hectares (Tabela 4), com os seguintes valores:

Tabela 4 - Estimativa de cobertura e uso do solo

Áreas de Plantio de Soja – Julho de 2013			Áreas de Plantio de Arroz – Janeiro de 2015		
Cobertura	Ocupação		Cobertura	Ocupação	
	(Hectares)	(%)		(Hectares)	(%)
<b>Plantio</b>	11.028,499	34,97	<b>Plantio</b>	9.501,408	30,13
<b>Palhada</b>	8.556,364	27,13	<b>Colhido</b>	2.512,224	7,69
<b>Água /Alagada</b>	1.380,268	4,37	<b>Terra Nua</b>	5.039,481	15,98
<b>Outros</b>	10.571,328	33,53	<b>Água /Alagada</b>	5.430,757	17,22
			<b>Outros</b>	9.052,588	28,98

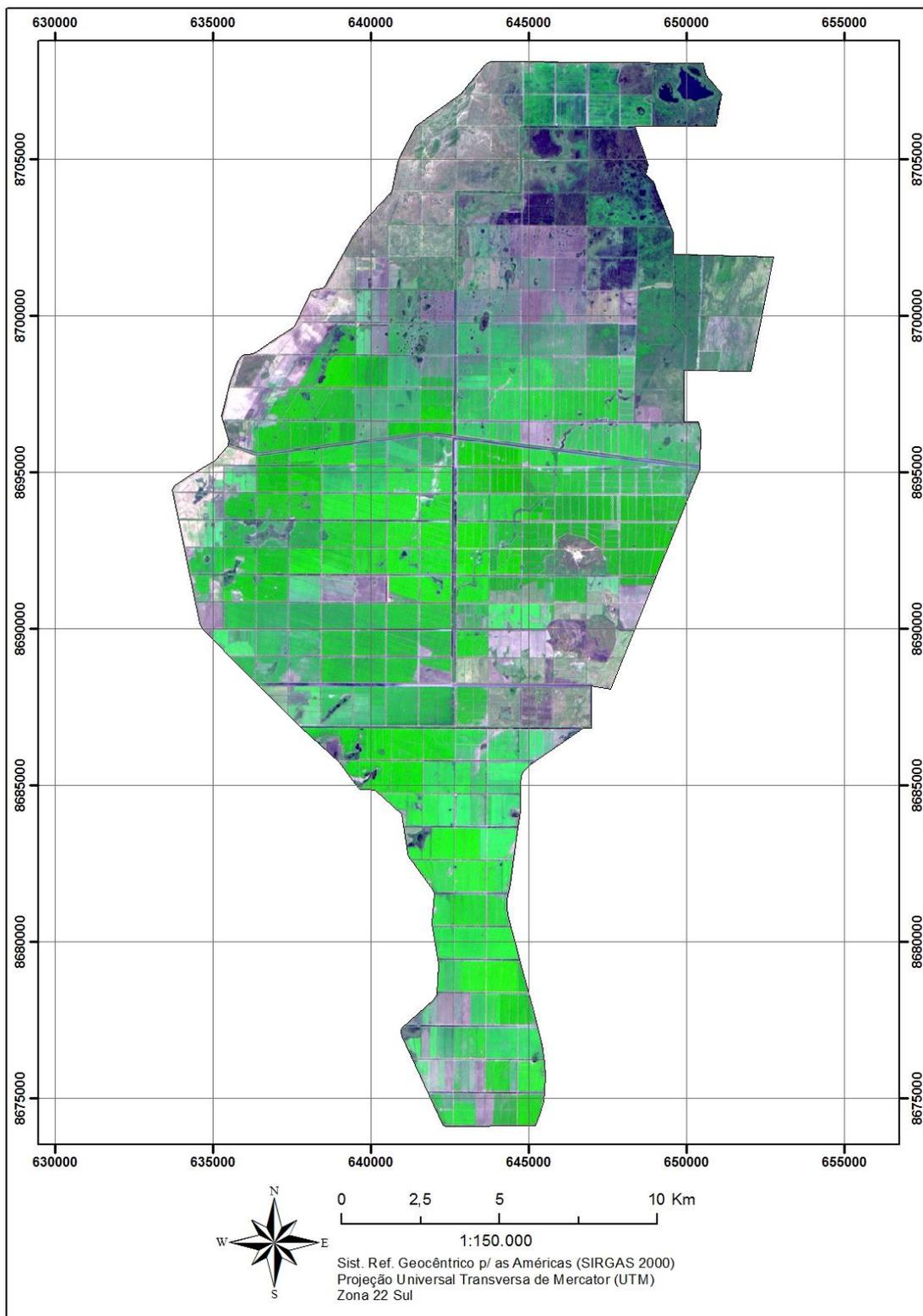


Figura 40 - Área de cultivo de soja. Sensor LISS-III de 14/07/2013

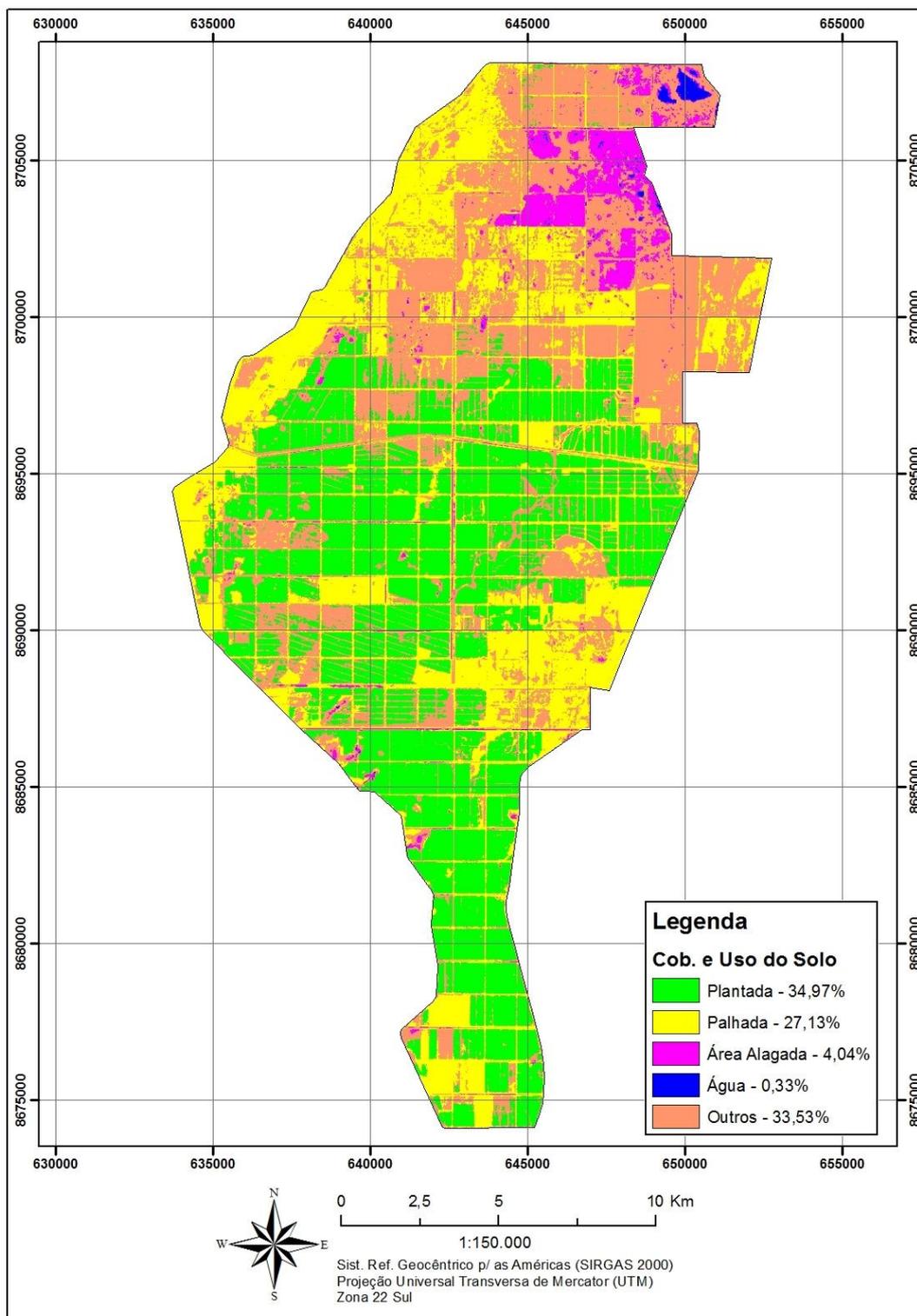


Figura 41 - Área de cultivo de soja com imagem da cobertura e uso do solo. Sensor LISS-III de 14/07/2013

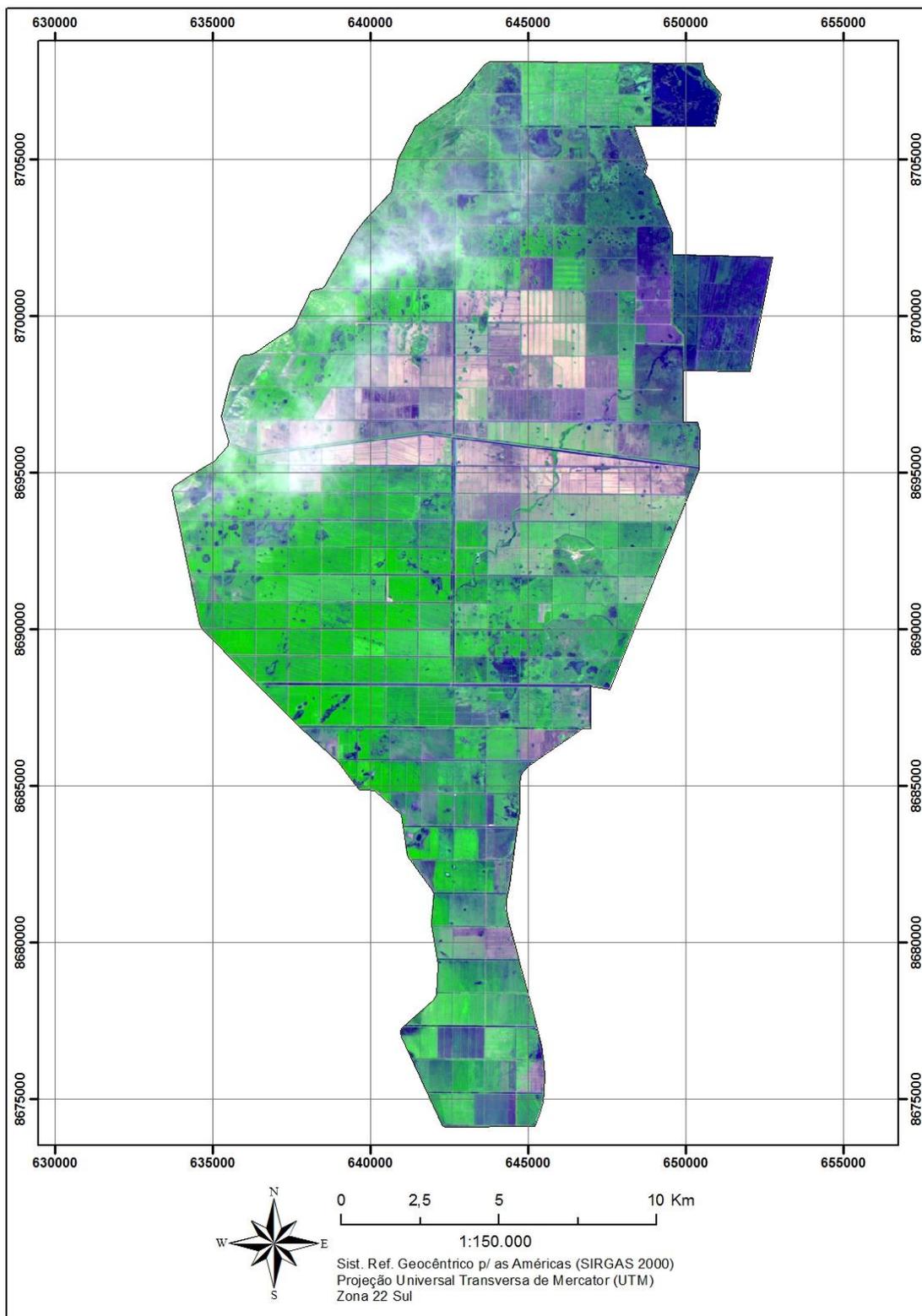


Figura 42 - Área de cultivo de arroz. Sensor LISS-III de 29/01/2015.

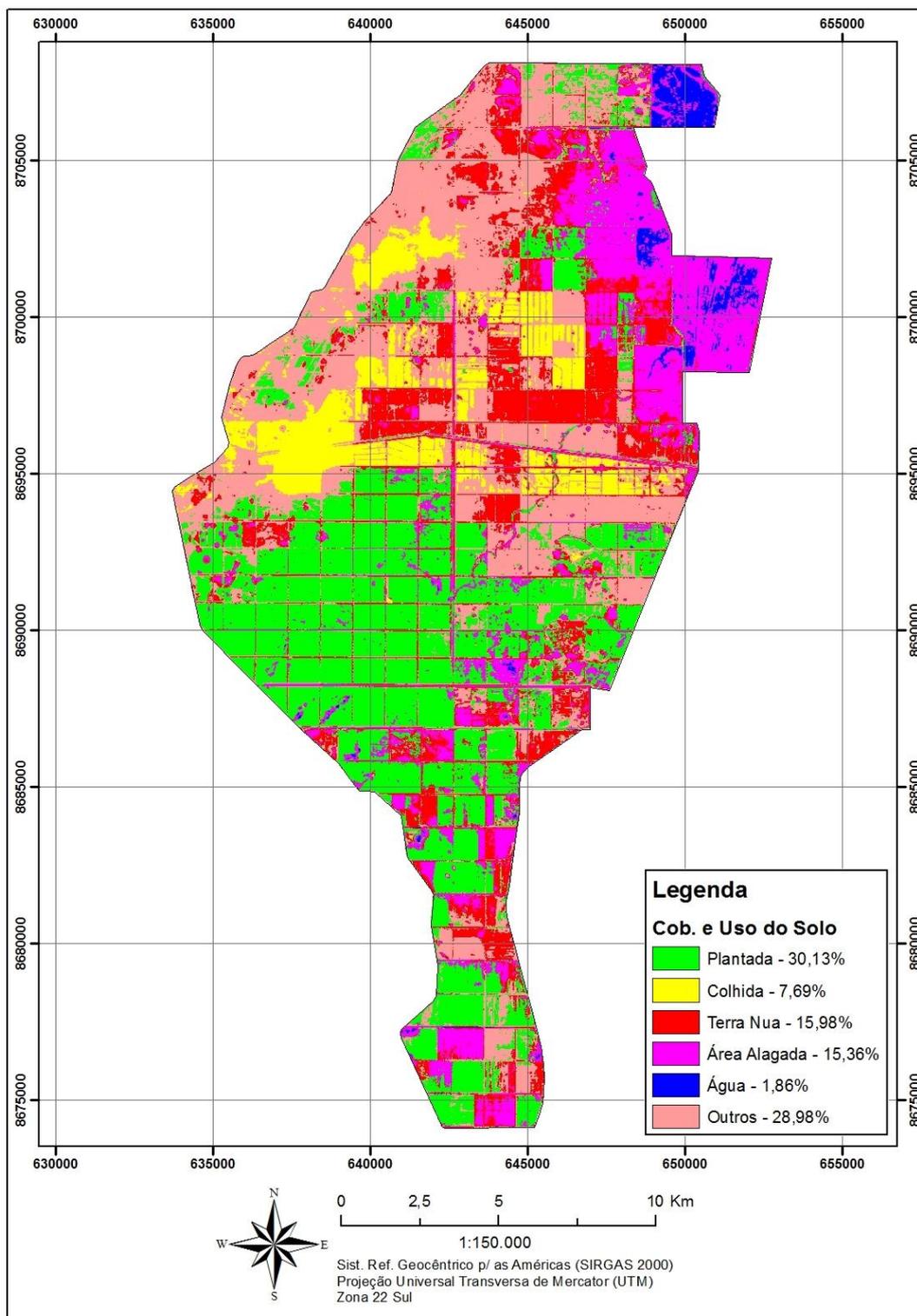


Figura 43 - Área de cultivo de arroz com imagem da cobertura e uso do solo Sensor LISS-III de 29/01/2015

Como não foram fornecidos dados precisos de safras, apresentados pelas três Cooperativas gestoras do Projeto, as informações obtidas junto a Conab, assim como as e

estimadas para este trabalho, serviram de base como ferramentas para cálculo da rentabilidade das culturas do arroz.

Para a estimativa de rentabilidade da safra da cultura do arroz no Projeto, foram utilizados dados comparativos da Conab, para o ano safra de 2013/2014, estimado em 5.000Kg/ha (83,33 sacas de 60kg/ha), com preço médio de R\$ 24,22 por saca de 60kg. Com área plantada de 9.501,408 hectares é área já colhida de 2.512,224 hectares, permite inferir uma estimativa de rentabilidade no Projeto para a cultura do arroz, não se levando em conta o custo de produção da cultura, valores na ordem de 1.001.135,83 de sacas de 60kg e R\$ 24.247.509,88 de rentabilidade bruta.

Soares *et al.* (2006); Santos *et al.* (2006); Fidelis (2011), por meio de estudos sobre a estimativa de custo de produção de arroz irrigado, e seus coeficientes técnicos, custos e rentabilidade, concluem que os coeficientes técnicos, custos de produção e rentabilidade da produção de arroz irrigado, apresentam lucro líquido de 30% com essa cultura, portanto sendo economicamente viável, corroborando para a afirmativa de viabilidade da cultura calculada pelo trabalho.

Wakim *et al.* (2012) apresentou trabalho com objetivo de mensurar o impacto na lucratividade da produção de arroz irrigado em Formoso do Araguaia, caso ocorram mudanças na disponibilidade hídrica. Os resultados apontam que o cenário otimista, após a simulação, obteve-se um lucro médio de R\$ 159,6 milhões de reais. Já no cenário pessimista, o lucro médio estimado ficou em torno de R\$ 36,1 milhões de reais.

Soares *et al.* (2006) apresenta o custo total por hectare para a produção de arroz irrigado no Projeto, em março de 2006, em torno de R\$ 1.578,00. O gasto com insumos representou mais de 55% da despesa total. As despesas com sementes, fertilizantes e óleo mineral, neste grupo de coeficientes, compreenderam 30%, sendo maiores com os fertilizantes, seguidos pelos herbicidas com 17%. Os gastos com fungicidas foram inferiores a 8% e com inseticidas em torno de 2% do custo total. As despesas com operações na lavoura de arroz irrigado foi de 32%. Neste grupo, o manejo fitossanitário foi responsável por 10% e os demais itens por 21,6%. Os gastos com pós colheita foi o que menos incidiu no custo total da lavoura. Considerando, segundo a Conab em 2006, o valor da saca de 60kg do arroz longo fino no estado do Tocantins ser de R\$ 25,50 e a produtividade ser de 80 sacas/ha, o custo da lavoura foi de 61,87 sacas por hectare. Os itens de despesas mais elevados foram, em ordem decrescente: fertilizante de cobertura (uréia), colheita, grade aradora e herbicida seletivo.

Entretanto, a receita bruta foi de 30% maior que o custo de implantação, condução e comercialização do arroz irrigado nesse local. O lucro foi de 18 sacas/ha. O preço médio do arroz (em grão) no Brasil, período de 1990 à 2004 foi de R\$ 36,23 e o preço em 2006 do arroz longo fino no estado do Tocantins ser 30% inferior à essa média nacional. Isso demonstra que, seguindo às tecnologias preconizadas, o cultivo do arroz é economicamente viável, concluíram Soares *et. al.* (2006). Formoso do Araguaia é o segundo maior produtor de arroz do Tocantins e tem 77% de sua área cultivada localizada no Projeto (SEAGRO/TO, 2014).

Igualmente a viabilidade se apresenta para a soja semente, que segundo dados da SFA (Superintendência Federal de Agricultura do Tocantins) os investimentos aplicados na produção de sementes de soja vem crescendo gradualmente a cada ano, ultrapassando os 800 mil hectares no estado (Safrá 2014/2015). Para as regiões Norte, Nordeste e parte do Centro-Oeste, o Projeto é tido como referência na produção de sementes e, principalmente, para pesquisas. Praticamente todas as instituições de pesquisas vêm para o Projeto. Toda a semente produzida no Brasil tem um direcionamento para ser multiplicada na região.

Diante de todo o cenário positivo a cidade de Formoso do Araguaia apresenta dificuldades em seu desenvolvimento sócio-econômico. Apesar de ser dotada de boa infraestrutura de apoio a agricultura, com Cooperativas com sistemas de armazenagem, secagem e tratamento de grãos, boa parte da arrecadação municipal é inviabilizada devido fomentos aplicados à agricultura de grãos, assim como o deslocamento da produção agrícola para outras localidades do país, para seu beneficiamento.

### **5.7 Situação Ambiental**

O Projeto de Irrigação Rio Formoso foi implantado no início da década de 1980, e não contemplava nenhum estudo com relação os impactos ambientais de médio e a longo prazo para o modelo agrícola e de irrigação adotado. O Projeto possui dimensões grandes, superior a 27.000ha de área, possui infraestrutura, com canais de irrigação ou dreno sem permeabilizações, com exposição da água a céu aberto com grande perda de água pela infiltração e pela elevada evaporação (Figura 44A). A falta de manutenção nos grandes canais e reservatórios permitiu a erosão e o assoreamento por sedimentos (Figura 44B) e crescimento de vegetação dentro de canais de irrigação (Figura 44C).

Atividades de desmatamento nas margens dos canais e aberturas mecanicamente de valas menores e profundas para que se possa circular água em quantidade suficiente à

requerida pela produção agrícola (Figura 44D), nem sempre são aprovadas ou discutidas entre membros gestores do Projeto. Normalmente, prevalece a opinião do interessado de maior influencia junto aos cooperados e/ou Cooperativas.



Figura 44 - Degradação ambiental dos canais de irrigação. Em (A), Adutora Principal Formoso, sem revestimento, com 90m de largura e 1500m de comprimento; Em (B), assoreamento do canal por sedimentos; Em (C), assoreamento por sedimentos e crescimento da vegetação no canal; Em (D), abertura de vala paralela ao canal preenchido por vegetação.

Outro fator degradante ao ambiente hídrico é a colonização densa de aguapé (*Eichhornia crassipes*) como visualizado na Figura 45A. Apesar da enorme importância na dinâmica do ambiente aquático, quando formam extensas e densas colonizações, promovem uma série de prejuízos ao ambiente dos recursos hídricos. Nessas situações, há necessidade de redução de seu tamanho populacional, seja reduzindo as condições favoráveis ao crescimento, seja por meio do controle direto das plantas. No entanto, o controle do aguapé no Projeto é realizado com a aplicação de herbicidas de ação foliar dessecante (Figura 45B).



Figura 45 - Colonização de aguapé nos canais de irrigação. Em (A), extensa e densa colonização de aguapé na superfície da água; Em (B), aplicação de herbicida no controle do aguapé.

Por ser constituído por talhões de grande dimensão normalmente de solos umedecidos, aplicações por meio aéreo se consolidam como de maior praticidade e rentabilidade. O uso de fertilizantes aplicados por aeronaves, juntamente com os fertilizantes percolados nos sistemas de drenagem conferem a natureza sua capacidade de resiliência. Não existindo controle ambiental eficiente dentro da área do Projeto podem-se notar conflitos frente à natureza em resiliência.

O problema de atropelamento de animais silvestres parece fazer parte de todas as rodovias do país, com pequenas exceções. Os projetos das rodovias são traçados de maneira improvisada, sem nenhuma preocupação com a fauna silvestre. Não há cercas de proteção nem túneis para facilitar o tráfego de animais de um lado para outro. A sinalização é precária e não se respeita os limites de velocidade. As vítimas por atropelamento na rodovia que corta o Projeto de Irrigação Rio Formoso são jacarés (Figura 46), capivaras e cervos, entre outros.

Apesar da pressão antrópica que a exuberante biodiversidade no Projeto de Irrigação Rio Formoso está exposta, observa que os animais silvestres dessa região estão extremamente adaptados ao complexo produtivo. É importante salientar que a terceira etapa do Projeto (área da cooperativa COOPERGRAN), que se situa na porção norte do Projeto, ocorre ainda a vegetação remanescente do Cerradão e área de várzea, habitat de aves aquáticas (Figura 47). Esta área constitui o refúgio para a reprodução dos animais silvestres, principalmente os répteis, peixes, aves e pássaros aquáticos, como o jacu que é uma ave em extinção que ocorre somente em áreas preservadas do bioma Cerrado.



Figura 46 - Jacaré atropelado na BR-242 (Transbananal) que corta o Projeto.

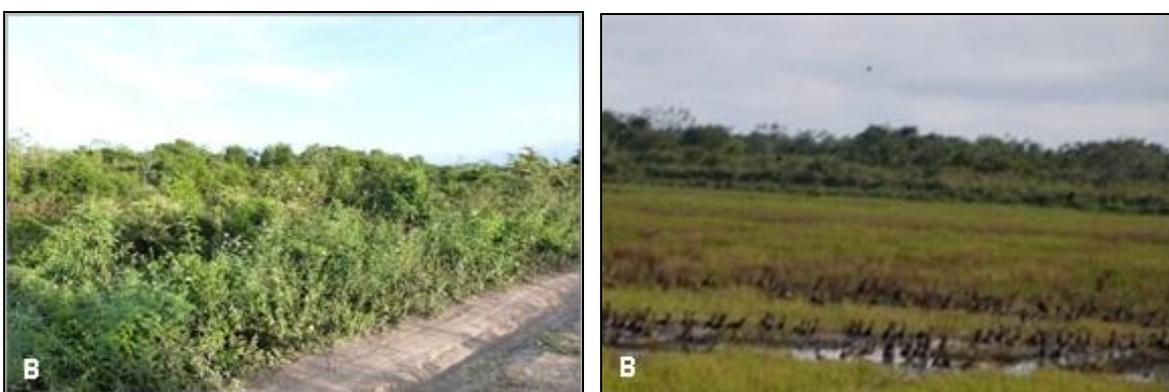


Figura 47 - Fisionomia da vegetação da área da terceira etapa do Projeto. Em (A), vegetação de Cerradão; Em (B), vegetação de Campo Limpo (várzea).

A área do Projeto de Irrigação Rio Formoso faz limite com a Ilha do Bananal. Essa região é considerada um dos mais importantes santuários ecológicos do Brasil, abriga em suas terras as riquezas da fauna e flora do bioma Cerrado. Veados, capivaras, cachorros do mato, tamanduás, tatus, jacarés, lontras, tartarugas, botos, emas, tuiuiús, garças e patos selvagens são os principais animais deste rico ecossistema natural. Abaixo são ilustrados alguns animais da fauna que ocorre na área do Projeto de Irrigação Rio Formoso (Figura 48).



Figura 48- Exuberante fauna do projeto de Irrigação Rio Formoso. Em (A), casal de cervos campestres; Em (B), jacaré; Em (C), garças; Em (D), tuiuiú; Em (E), cabeça seca ou jaburu moleque; Em (F), patos selvagens (marrecos); Em (G), jacu.

## 6 CONCLUSÃO E CONSIDERAÇÕES FINAIS

A evolução temporal do projeto de Irrigação Rio Formoso pode ser visualizada pela utilização do sensoriamento remoto. Imagens de satélites apresentam a evolução da implantação das infraestruturas de produção agrícola, com canais de irrigação, canais de dreno, reservatórios e agrovila. A evolução das etapas de implantação das infraestruturas são visualizadas entre os anos de 1979 a 2003. A primeira etapa foi edificada entre os anos de 1979 e 1980, a segunda entre os anos de 1980 e 1982 e a terceira etapa com início e fim não definidos. O Projeto apresenta visualização de estruturas concluídas em 2002, com imagens do satélite Landsat 7\_ETM<sup>+</sup>

Foram utilizadas as imagens da série Landsat dos sensores MSS-2 obtidas em 24/07/1980 e 05/08/1981, do sensor TM-5 obtidas em 08/08/2000 e 21/09/2010; do sensor ETM<sup>+</sup>-7, obtida em 19/06/2002 e imagem do sensor LISS-III, obtidas em 10/12/2012 14/07/2013 e 29/01/2015. Estas imagens refletem a redução de áreas dos reservatórios por assoreamento de sedimentos em áreas destinadas a armazenamento da água. Este fenômeno reflete o crescimento de vegetação nas bordas e no interior dos reservatórios, reduzindo o volume originalmente projetado. Imagens temporais de sensoriamento remoto podem ser utilizadas para cálculo das áreas e dos volumes dos reservatórios abastecedores do Projeto, assim como para a visualização da variação temporal das áreas dos reservatórios.

As vazões de descarga média anual ( $Q_{\text{mean}}$ ), a de descarga máxima ( $Q_{\text{max}}$ ) e a vazão mínima ( $Q_{\text{min}}$ ), assim como os valores de permanência de captação ( $Q_{90}$ ), os de vazão ecológica ( $Q_{\text{ecológica}}$ ) e os de vazão outorgável ( $Q_{\text{outorgável}}$ ) do rio Formoso, apresentam valores baixíssimos nos períodos críticos de estiagem, principalmente entre agosto e setembro. Valores, por vezes, abaixo da vazão outorgável e ecológica, inviabilizando a utilização do rio Formoso como complementador de vazões requeridas para cultivo. O sensoriamento remoto pode e deve ser utilizado como ferramenta de apoio às Cooperativas gestoras do projeto, obedecendo assim as diretrizes e normativas do PNRH, que solicita que haja estudos técnicos de viabilidade de uso na bacia hidrográfica de rios que apresentem situação semelhante ao demonstrado pelo rio Formoso.

Os dados da série história de precipitações, no período de 34 anos (1980 a 2014), mostram uma queda da precipitação com evidencia de uma contínua redução da

precipitação de chuvas, sinalizando um cenário preocupante para o futuro do Projeto. Estes resultados aliada aos dados de campo e a análise e interpretação visual das imagens mostram que: (i) a redução das áreas dos reservatórios pode ter como a causa principal a queda gradual da precipitação ao longo da série histórica analisada; (ii) e a diminuição das áreas dos reservatórios Calumbi I e Calumbi II, registrada nas imagens, sendo originadas por assoreamento de sedimentos. O sensoriamento remoto auxilia na análise da precipitação de chuvas ao longo das séries históricas, refletindo as tendências e as consequências dos fenômenos que afetam os recursos hídricos locais, possibilitando ações de gestão e gerenciamento dos recursos hídricos em tempo hábil.

O Projeto de Irrigação Rio Formoso com as dimensões gigantescas de suas estruturas, evidenciam a não visão crítica quanto ao uso racional do seu recurso hídrico. As cooperativas não apresentam mecanismos de controles para os fluxos das vazões dos recursos hídricos utilizados durante o ciclo de produção das culturas implantadas. Ao longo dos anos nenhuma ação ambiental ou de controle do recurso hídrico foi tomada, situação evidenciada pela depreciação dos mecanismos de controle hidráulico presentes no sistema de controle de fluxos das vazões dos canais e dos sistemas de bombeamento de água dos mesmos. O Projeto recebeu orçamento dos Governos Federal e Estadual (programa PAC) para revitalização e modernização dos sistemas de bombeamento de água, nos anos de 2013 a 2015.

As culturas de maior relevância econômica do projeto são o arroz e a soja semente. As três cooperativas administradoras do projeto (COOPERFORMOSO, COOPERJAVA E COOPERGRAN) atuam separadamente na gestão de suas produções agrícolas. Não existe informações centralizadas dos valores correspondente aos coeficientes das viabilidades técnico-econômicas das safras cultivadas durante o ano agrícola. A cultura do arroz irrigado é destinado ao mercado brasileiro, principalmente o centro/norte do país. A soja semente utilizada para abastecimento do mercado de grãos do centro oeste brasileiro. A cidade de Formoso do Araguaia cresce lentamente, não desfrutando integralmente dos valores econômicos auferidos pelas culturas implantadas no Projeto e dos valores necessários ao desenvolvimento social-econômico da região.

O sensoriamento remoto é ferramenta utilizada para avaliação de desenvolvimento de ciclos de produção agrícola, onde culturas são avaliadas morfológicamente em suas características de sanidade e produtividade, possibilitando inferências econômicas dentro de mercados, principalmente os de *commodities*, agrícola.

Utilizando sensoriamento remoto foi possível inferir uma estimativa de cobertura e ocupação do solo para safras de arroz e da soja, utilizando imagens do sensor LISS-III. Atenção foi dada para a semelhança de informações das áreas plantadas com nível de refletância muito parecido com o da vegetação de rebrota, ou de áreas abandonadas ou sem uso mas com vegetação. O mesmo fato acontece com as áreas colhidas e as de terra nua, e entre áreas alagadas.

Como não foram fornecidos dados precisos de safras, apresentados pelas três Cooperativas gestoras do Projeto, a estimativa de cobertura e ocupação do solo serviram de base e como ferramenta para o cálculo da rentabilidade da cultura do arroz, visto que o plantio da soja é exclusivo para sementes, não sendo possível cálculos de rentabilidade desta cultura, visto que são contratos de natureza sigilosa assinados com empresas de pesquisas de melhoramento genético. Para a cultura do arroz, não se levando em conta o custo de produção da cultura, obteve-se valores aproximados na ordem de 1.001.136 de sacas de 60kg e de R\$ 24.247.509,88 de rentabilidade bruta, em área plantada de 9.501,408 hectares e área já colhida de 2.512,224 hectares, preconizando que a cultura é economicamente viável, com base estimada de lucro segundo Soares *et. al.* (2006) de 18 sacas/ha, onde a cidade de Formoso do Araguaia é considerada a segunda maior produtora de arroz do Tocantins com 77% de sua área cultivada localizada no Projeto. Cidade que apresenta dificuldades em seu desenvolvimento sócio-econômico, devido boa parte da arrecadação municipal ser inviabilizada por fomentos aplicados à agricultura de grãos, assim como o deslocamento da produção agrícola para ser beneficiada em outras localidades do país.

O projeto de Irrigação Rio Formoso instituído nos anos de 1979/80, não contemplava estudos de caráter ambiental e suas possíveis consequências ao longo dos anos. As intervenções realizadas para solução dos conflitos se faz presente de forma paliativa e pontual. Nem sempre estudos de impacto ambiental são realizados de forma sustentável, mas em interpretações distintas e distorcidas do código ambiental.

Finalmente, não existe um controle ambiental, ou de outra natureza, de forma eficiente dentro da área do Projeto, podem-se notar conflitos frente à natureza em resiliência. Todavia, é notório visualizar uma exuberante biodiversidade da fauna (marrecos, garças, tuiuiús, jacarés, lontras, tartarugas, entre outros), tendo como habitat a terceira etapa do Projeto, área da cooperativa COOPERGRAN. Esta área possui, ainda,

vegetação remanescente do bioma Cerrado que representa o habitat ideal dessa rica fauna, indicando o equilíbrio de sistema ambiental.

O Sensoriamento Remoto e o Geoprocessamento são ciências com ferramentas indispensáveis no auxílio a gestão do Projeto em toda a sua complexidade produtiva. Tecnologias modernas de produção em sistema de irrigação, apoiadas por ferramentas das ciências que envolvem o sensoriamento remoto, podem ser aplicadas junto as cooperativas, na gestão agrícola do complexo de Irrigação Rio Formoso. As tecnologias podem ser utilizadas para controle e as ferramentas do sensoriamento remoto para representação espacial de dados hidrometeorológicos, geofísicos, geoquímicos, altimétricos, entre outros. Com os modelos digitais de elevação (MDE) é possível calcular o volume e a área da superfície; traçar perfil e seção transversal do terreno; gerar curva de nível; elaborar mapas de declividade, orientação de vertentes, sombreamento e visibilidade; e visualizar em perspectiva tridimensional. No mesmo sentido a utilização de modelos digitais podem auxiliar e integrar as informações da vegetação, obtidas a partir de sensores remotos orbitais integrado com os modelos agrometeorológicos de produtividade vegetal. Com base nas informações geradas pelos modelos digitais é possível estimar a ocupação do solo, a utilização racional dos recursos hídricos, a produtividade das culturas agrícolas e monitorar a vegetação nos diferentes estádios do seu ciclo fenológico, informando, também, a ocorrência de possíveis problemas durante o crescimento e desenvolvimento da mesma, que possam influenciar no rendimento final sem a necessidade de avaliações constantes em campo.

## REFERÊNCIAS

ALENCAR R. *et al.* Avaliação do NDVI como indicador climático para a região do Formoso do Araguaia-TO, através da utilização do sensor CCD (CBERS-2B). XVI Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, Set. 2009, Belo Horizonte, MG.

ALMEIDA, R. D.; PELUZIO, J. M.; AFFÉRI, F. S. Divergência genética entre cultivares de soja, sob condições de várzea irrigada, no sul do Estado Tocantins. *Revista Ciência Agronômica*, v. 42, n. 1, p. 108-115, jan-mar, Centro de Ciências Agrárias - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza., 2011

ANA. Sistema de Informações Hidrológicas Disponível em:

<<http://www2.ana.gov.br/Paginas/servicos/informacoeshidrologicas/redehidro.aspx>>.

Acesso em: 1 jul. 2014.

AQUINO, S.; STEVAUX, J. C.; LATRUBESSE, E. M. Regime hidrológico e aspectos do comportamento morfohidráulico do rio Araguaia. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, Ano 6, nº 2, 29-41p., 2005.

AQUINO, S.; LATRUBESSE, E.; SOUZA FILHO, E. Caracterização hidrológica e geomorfológica dos afluentes da bacia do Rio Araguaia, Brasil. *Revista Brasileira de Geomorfologia* 10 (1), 43 e 54. 2000.

ARRUDA, T. J.; VALDEVINO A. F. O polo agropecuário de Formoso do Araguaia/TO e sua relação espacial com os estados vizinhos. *Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional G&DR* v. 10, n. 4, p. 362-386, set-dez/2014, Taubaté, SP, Brasil

BARBOSA, L. B.; DOURADO, J. C.; JÚNIOR, J. L. C. S. Estimativa do balanço hídrico da bacia do rio Formoso do Araguaia: Um estudo de caso. *Anais [recurso eletrônico] / XVII Jornada de Iniciação Científica: Contribuições da ciência para o desenvolvimento sustentável*. CNPq/Unitins, Palmas, dez., 2010.

BELLORIO, K. B.; ALVES, M. I. R.; ANTONIOSI FILHO, N. R. Determination of ranitidine in human plasma by SPE and ESI-LC-MS/MS for use in bioequivalence studies. *ISRN Chromatography*, v. 2013, p. 1-7, 2013

BEZERRA, K. S.; ANTONIOSI FILHO, N. R. Comparative analysis of content in free steroids of different oils, fats and biodiesel by gas chromatography. *Química Nova* (Impresso), v. 38, p. 498-505, 2015.

BRAGA, B. P. F.; FLECHA, R.; PEÑA, G. S.; KELMAN, J. Pacto Federativo e Gestão de Águas. *Estudos avançados*, 22(63):17-42, 2008.

BRASIL. Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997.

BRASIL. Resolução nº 58, de 30 de janeiro de 2006.

BUENO, E. *Brasil uma história: cinco séculos de um país em construção*. Rio de Janeiro: Leya, 2012, 480p.

CAMPOS, André *et al.* *Atlas da Exclusão Social no Brasil*, v. 2, São Paulo: Cortez Editora, 2002, 167p.

CASTRO, S. S. Erosão hídrica na alta bacia do Rio Araguaia: distribuição, condicionantes, origem e dinâmica atual. *Revista do Departamento de Geografia*, n. 17, p. 38-60, 2005.

CAVALCANTE, K. S. B.; SOUZA, A. G.; FILHO, N. R. A.; SOARES, A. T.; MENDONÇA, S. J. R.; MACIEL, A. P.; SILVA, F. C. Qualitative and quantitative chromatographic methods for analysis of glycerol *tert*-butylation reaction product. *Revista Virtual de Química*, v. 6, p. 244-257, 2014.

CONAB. Acompanhamento da safra brasileira de grãos. SAFRA 2013/14, v.1, N-2 Segundo Levantamento - Intenção de Plantio, p. 1-66, Brasília, nov. 2013.

CONAB. Acompanhamento da safra brasileira de grãos. SAFRA 2014/15, Terceiro levantamento, Brasília, dez. 2014.

CORREA E SILVA, R. C.; MARTINS, A. K. E. O uso de imagens CBERS-2 para quantificar e qualificar áreas degradadas no Projeto Rio Formoso no município de Formoso do Araguaia – TO. Universidade Federal do Tocantins – UFT e Universidade do Tocantins – UNITINS, Palmas, 2004.

FAGERIA, N. K.; *et al.* Manejo da fertilidade do solo para o arroz irrigado. Embrapa Arroz e Feijão, 250p, Santo Antônio de Goiás, 2003.

FARENCENA, J. C. Análise da subirrigação em várzeas tropicais. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental), IPH - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 95p. Porto Alegre, 2011.

FERREIRA, C. M.; *et al.* Qualidade do arroz no Brasil evolução e padronização. Embrapa Arroz e Feijão, 61p, Santo Antônio de Goiás, 2005.

FIDELIS, R. R.; ROTILI, E. A.; DOS SANTOS, M. M.; BARROS, H. B.; DE MELO, A. V.; DOTTO, M. Eficiência no uso de nitrogênio em cultivares de arroz irrigado. Revista Brasileira de Ciências Agrárias, v. 6, n. 4, out-dez, 2011, pp. 622-626, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Pernambuco, Brasil.

FILHO, L. N. L. M.; FILHO, G. M. M.; FIGUEIROA, F. E. V.; REZENDE, C. S. A.; OLIVEIRA, L. M.; MACIEL, G. F.; CATALUNHA, M. J. Comparação de modelos de cobrança pelo uso da água: Uma abordagem entre exemplos europeus, do Brasil e sugestões para implementação na bacia do Rio Formoso TO. XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos - Água, Desenvolvimento Econômico e Socioambiental, Bento Gonçalves - RS, nov. 2013.

FONSECA, E. L. da Sensoriamento remoto como ferramenta auxiliar em um sistema de previsão de safras. Anais - I Simpósio Regional de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto, Aracaju, Sergipe, out. 2002.

FONSECA, J. R.; *et al.* Descritores morfo agrônômicos e fenológicos de cultivares comerciais de arroz de várzeas. Embrapa Arroz e Feijão, 24p, Santo Antônio de Goiás, 2002.

FREITAS, R. A.; CORREIA, K. M.; TAVARES, M. G. O.; CAVASIN, G. .M.; BRAGA, A. C.; SOUZA, H. R.; CUNHA, I. N.; ATAIDE, J. F.; ANTONIOSI FILHO, N. R. Avaliação das brânquias de Danio rerio expostos a diferentes concentrações de gasolina e diesel. Pesticidas (Online), v. 23, p. 59-66, 2013.

GAMA, I. Perfil Ambiental dos Recursos Hídricos no Centro-Oeste Expandido - Redistribuição Espacial da População e Meio Ambiente: São Paulo/Centro-Oeste. XIII Encontro da Associação Brasileira de Estudos Populacionais (UNICAMP/NEPO - PRONEX/CNPq), Ouro Preto, Minas Gerais, nov. 2002

GASSEN D.. Conselho Científico para Agricultura Sustentável - CCAS, Artigos-out/2015. Disponível em:

<<http://agriculturasustentavel.org.br/artigos/Os-desafios-socioambientais-para-o-agro-sustentavel>>. Acesso em: 15 out. 2015.

GOIÁS (Estado). Assembléia Legislativa do Estado de Goiás. Lei nº 3.746 de 27 de novembro de 1979.

GOMES, A. S.; PAULETTO, E. A. Manejo do solo e da água em áreas de várzea. Embrapa Clima temperado, 201p, Pelotas, 1999.

IBGE. Censo demográfico Disponível em:

<<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/default.shtm>>. Acesso em: 10 ago. 2014.

INPE. Dados de satélite - Catálogo de imagens Disponível em:

<<http://satelite.cptec.inpe.br/home/novoSite/index.jsp>>. Acesso em: 1 jun. 2014.

INMET. Estações automáticas Disponível em:

<<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=estacoes/estacoesautomaticas>>. Acesso em: 1 ago. 2014.

IPCC. Climate change 2014 synthesis report summary for policymakers. Disponível em:

<<http://www.ipcc.ch/>> Acesso em: 1 fev. 2015.

JÚNIOR, S. N. Avaliação ambiental estratégica do conjunto de projetos hidroagrícolas da planície do Araguaia, estado do Tocantins. Dissertação de mestrado, Universidade Federal do Tocantins - UFT, Palmas - TO, 2005.

LATRUBESSE, E. M.; STEVAUX, J. C. Geomorphology and environmental aspects of the Araguaia fluvial basin. Brazil. Zeitschrift für Geomorphologie. 129, 109 e 127, 2002.

LIMA, E. P. Princípios de hidrologia florestal para o manejo de bacias hidrográficas. São Paulo: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiros. 242p, 1986.

MARINHO FILHO, G. M ; MACIEL, G. F.; DIA S, R. R.; MAGALHÃES FILHO, L. N. L.; REZENDE, C. S. A.; FIGUEROA, F. E. V.; OLIVEIRA, L. M. Avaliação de Características Morfométricas da Bacia Hidrográfica do Rio Formoso-TO. Revista de Ciências Ambientais, Canoas, v.7, n 1, p.37 a 48, 2013.

MAGNA ENGENHARIA Ltda. Plano de irrigação do projeto rio Formoso. 1379-R-OEM-PAR-02-00, Contrato 092/2007, abr 2008.

MAPA. Anuário estatístico da agroenergia 2014. Secretaria de Produção e Agroenergia do MAPA, Brasília: MAPA/ACS, 2015. 205 p

MAPA. Safras e Estoques. Disponível em:

<<http://www.agricultura.gov.br/vegetal/safras-estoques>>. Acesso em: 11 nov. 2014.

MAROUELLI, R. P. O desenvolvimento sustentável da agricultura no cerrado brasileiro. ISEA-FGV/ ECOBUSINESS SCHOOL, Brasília, Distrito Federal - Brasil, 2003.

MARTINS, I. C. M.; *et al.* Diagnóstico ambiental no contexto da paisagem de fragmentos florestais naturais “Ipucas” no município de Lagoa da Confusão, Tocantins. Sociedade de Investigações Florestais, Revista Árvore, Viçosa-MG, v.26, n.3, p.299-309, 2002.

MENEZES, R. S.; SOARES, A. T.; LOPES, R. G.; MAGNOTTI, C.; DERNER, R. B.; MORI, C. C.; VIEIRA, A. A. H.; ANTONIOSI FILHO, N. R. Evaluation of fatty acid composition of the microalgae *Choricystis minor* var. *minor* according to two different nutrient feeding strategies. Journal of Renewable and Sustainable Energy, v. 7, p. 043117-043123, 2015.

MMA. Plano Nacional de Recursos Hídricos 2006. Disponível em:

<<http://www.mma.gov.br/agua/recursos-hidricos/plano-nacional-de-recursos-hidricos>>  
Acesso em: 1 fev. 2015.

MOURA, B. H. F.; ASSIS, R. H. B.; FRANCO, P. I. B. M.; ANTONIOSI FILHO, N. R.; RABELO, D. Synthesis and characterization of composites based on polyaniline and styrene-divinylbenzene copolymer using benzoyl peroxide as oxidant agent. Reactive & Functional Polymers (Print), v. 73, p. 1255-1261, 2013.

NASCIMENTO, O. Projeto Rio Formoso Irrigação - Estudo técnico financeiro. v 1, 162p, Secretaria do Planejamento e Coordenação do Estado de Goiás, Goiânia, 1980.

NASCIMENTO, O. Projeto Rio Formoso Irrigação - Estudo de solos. v 2, 112p, Secretaria do Planejamento e Coordenação do Estado de Goiás, Goiânia, 1980.

NASCIMENTO, O. Projeto Rio Formoso Irrigação - Desenhos e Plantas. v 4, 54p, Secretaria do Planejamento e Coordenação do Estado de Goiás, Goiânia, 1980.

OLIVEIRA FILHO, J. C.; PINTO, E. S.; SABOYA, L. M. F.; PERON, A. J.; CAETANO, G. F. Caracterização do regime pulviométrico. da região do projeto Rio Formoso na bacia do Araguaia, TO, Brasil. ACT Amazônia, 31 (2); 221-226, 2001.

PBMC. Base científica das mudanças climáticas. Contribuição do Grupo de Trabalho 1 do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas ao Primeiro Relatório da Avaliação Nacional sobre Mudanças Climáticas [Ambrizzi, T., Araujo, M. (eds.)]. COPPE. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 464 pp, 2014.

PEÑA, G. S.; PEREIRA, A. D. C.; TAKAHASHI, A. T.; *et al.* Projeto Goiânia II CPRM, v. 1. Relatório Final. Convênio CPRM/DNPM. Goiânia, 1975.

PIRES, M. J. S. Implicações do processo de modernização na estrutura e nas atividades agropecuárias da região centro-sul do estado de Goiás. Código JEL: R12 - Size and Spatial Distribution of Regional Economic Activity. UNICAMPE-IPEA/DF, 2009.

PIRES, M. O. Programas agrícolas na ocupação do cerrado. Sociedade e Cultura, v. 3, n. 1 e 2, p. 111-131, jan/dez. 2000.

PIRES, R. C. de M.; *et al.* Agricultura Irrigada, Revista Tecnologia & Inovação Agropecuária, Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios (APTA), Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo, Junho de 2008.

PNRH. Plano nacional de recursos hídricos. Ministério do Meio Ambiente (MMA), Secretaria de Recursos Hídricos, 135p., Brasília:, 2011.

PRADO, R.; LATRUBESSE, E. M. Dinâmica evolutiva dos processos de erosão e sedimentação canal do Rio Araguaia no trecho entre Barra do Garças (MT) e Ilha do Bananal entre as décadas de 60 e 90. VII Simpósio Nacional de Erosão - Associação Brasileira de Engenharia e Ambiental/IBGEA, UFG, Goiânia, 2001.

REBOUÇAS, A. C. Água doce no mundo e no Brasil. In: REBOUÇAS, A. C. et al. (orgs.) Águas Doces no Brasil – Capital Ecológico, Uso e Conservação. São Paulo: Escrituras, 2002. 2ª Ed. Revisada e ampliada,

ROSELEM C. A. A sustentabilidade na produção de grãos. Conselho Científico para Agricultura Sustentável - CCAS, Artigos-out/2015. Disponível em:

<<http://agriculturasustentavel.org.br/artigos/a-sustentabilidade-na-producao-de-graos>>. Acesso em: 15 out. 2015.

SALINET, L. H. Avaliação fisiológica e agrônômica de soja geneticamente modificada para maior tolerância à seca. Universidade de São Paulo - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2009.

SAMADES/TO. Elaboração do plano estadual de recursos hídricos do Tocantins. Consorcio COBRAPE, OIKOS e PCI, 208p., 2011. Disponível em:

<<http://semades.to.gov.br/conteudo/plano-estadual-de-recursos-hidricos/9>>. Acesso em: 1 jun. 2014.

SANO, E. E.; ASSAD, E. D.; ORIOLI, A. L. Monitoramento da ocupação agrícola. In: ASSAD, E. D.; SANO, E. E. ed. Sistemas de informações geográficas: aplicações na agricultura. Brasília, Embrapa CPAC, p.179-190, 1998.

SANTOS, A. B., RABELO, R. R. Cultivo de arroz irrigado no Estado do Tocantins. EMBRAPA Arroz e Feijão. Disponível em < <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FonteHTML/Arroz/ArrozIrigadoTocantins/index.htm>. > Acesso em: 14 fev. 2015.

SANTOS, A. B.; *et al.* A cultura do arroz no Brasil. Embrapa Arroz e Feijão, 1000 p, Santo Antônio de Goiás, 2006.

SEAGRO. Agronegócio/agricultura. Disponível em:

<<http://seagro.to.gov.br/agronegocios/agricultura/>>. Acesso em: 14 abr. 2014.

SEPLAN/TO. Projeto de desenvolvimento regional sustentável. Mapeamento das regiões fitoecológicas e inventário florestal do estado do Tocantins. Inventário florestal do Tocantins. Série Tocantins - Recursos Naturais/Vegetação - V 7/9, 156 p, Palmas, 2013.

SEPLAN/TO. Uma indicação de potencial de uso das terras do Tocantins. Secretaria do Planejamento e Meio Ambiente do Estado do Tocantins, Diretoria de Zoneamento Ecológico-Econômico (DZE). 14p., Palmas, 2000.

SILVA, M. A. A.; CORREA, R. A.; TAVARES, M. G. O.; ANTONIOSI FILHO, N. R. A new spectrophotometric method for determination of biodiesel content in biodiesel/diesel blends. Fuel (Guildford), v. 143, p. 16-20, 2015.

SILVA, C. H. R. T. Recursos hídricos e desenvolvimento sustentável no Brasil, Senado Federal, Consultoria Legislativa, Núcleo de Estudos e Pesquisas. Boletins do Legislativo, 2012. Disponíveis em: <[www.senado.gov.br/senado/conleg/boletim\\_do\\_legislativo.html](http://www.senado.gov.br/senado/conleg/boletim_do_legislativo.html)>. Acesso em: 14 set. 2015.

SILVA, O. F.; LANNA, A. C.; WANDER, A. E.; BARRIGOSI, J. A. F.; SANTOS, A. B. Impacto socioeconômico e ambiental da soca de arroz produzida na microrregião do Rio Formoso, Estado do Tocantins. REDES, Santa Cruz do Sul, v. 13, n. 1, p. 28 - 48, jan./abr. 2008.

SILVA, D. D.; PEREIRA, S. B.; PRUSKI, F. F.; FILHO, R. R. G.; LANA, A. M. Q.; BAENA, L. G. N. Equações de intensidade-duração-frequência da precipitação pluvial para o estado de Tocantins. Engenharia na Agricultura, Viçosa, v.11, n.1-4, Jan./Dez., 2003.

SILVEIRA, A. V. T.; ANTONIOSI FILHO, N. R. Proposta de alternativas menos tóxicas para ingredientes ativos de agrotóxicos no mercado brasileiro. Pesticidas (Online), v. 23, p. 11-24, 2013.

SOARES, A. T.; COSTA, D. C.; SILVA, B. F.; LOPES, R. G.; DERNER, R. B.; ANTONIOSI FILHO, N. R. . Comparative analysis of the fatty acid composition of microalgae obtained by different oil extraction methods and direct biomass transesterification. *BioEnergy Research*, v. 6, p. 1-10, 2014.

SOARES, D. M.; THUNG, M.; GAMA, F. R.; SANTIAGO, C. M.; MARTINS, E. C. Estimativa de custo de produção de arroz irrigado no projeto Rio Formoso, em 2006: coeficientes técnicos, custos e rentabilidade. Congresso Brasileiro da Cadeia Produtiva de Arroz, Reunião Nacional de Pesquisa de Arroz, Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, Brasília, DF, 2006.

SRHMA/TO. Plano de bacia hidrográfica do Rio Formoso - PHB Rio Formoso, no estado do Tocantins. Relatório Síntese. Consorcio Magma Eng. Ltda e ACL, 67p., 2007.

TALISMÃ. Talismã Sementes. Disponível em:

<<http://www.talisma.agr.br/>>. Acesso em: 1 jun. 2014.

TUCCI, C. E. M.; MENDES C. A. Avaliação ambiental integrada de bacia hidrográfica. Ministério do Meio Ambiente /SQA, 302 p. Brasília, 2006. ISBN 85-7738-047-5

VALENTE, C. R.; LATRUBESSE, E. M.; FERREIRA, L. G. Relationships among vegetation, geomorphology and hydrology in the Bananal Island tropical wetlands, Araguaia River basin, Central Brazil. *Journal of South American Earth Sciences*, v 46, p 150 a 160, 2013.

VALENTE, C. R.; LATRUBESSE, E. M. Fluvial archive of peculiar avulsive fluvial patterns in the largest Quaternary intracratonic basin of tropical South America: The Bananal Basin, Central-Brazil. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, p 62 a 74, 2012

VALENTE, C. R. Impacto do desmatamento do Cerrado nos recursos hídricos superficiais. Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, INPE, p.2804, Curitiba, PR, Brasil, 30 de abril a 05 de maio de 2011.

VALENTE, C. R. Controles físicos na evolução das unidades geoambientais da Bacia do Rio Araguaia, Brasil Central. 156p. Tese (Doutorado em Ciências Ambientais), CIAMB, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2007.

VILLELA, S. M.; MATTOS, A. Hidrologia Aplicada. McGraw-Hill do Brasil, São Paulo, 245p, 1975.

WAKIM, V. R.; VERGARA, F. E.; MAGALHÃES, E. A. O uso do método dose-resposta na mensuração de impactos na lucratividade da produção de arroz irrigado na microrregião de Formoso do Araguaia no estado do Tocantins. Revista em Agronegócios e Meio Ambiente, v.5, n. Edição Especial, p. 103-133, out. 2012.

Resumo do Currículo Lattes

Endereço para acessar (<http://lattes.cnpq.br/5828557382738180>)

Graduação em Agronomia pela União Pioneira de Integração Social (2006). Especialização em agricultura Orgânica sistema Biológico-Dinâmica pela UNIUBE e IBD (2010). Mestrado no IFG-Goiânia em Tecnologia e Processos sustentáveis (2015). Curso técnico em Eletrotécnica pela antiga Escola Técnica Federal de Goiás-ETFG (1984).

Como Eng. Agrônomo: Estágio no Ministério da Agricultura (MAPA) no departamento de sanidade vegetal (DSV) e no Banco de Brasília (BRB-DF) no credito rural. Atou no desenvolvimento de pesquisa e na responsabilidade técnica de vendas (RTVs) de fertilizante foliar a base de Silício e Potássio pela UNA-PROSIL. Consultor e responsável técnico pela capacitação de produtores rurais da APRRPA em produção de hortaliças em sistema de produção orgânica, pelo projeto Energia Social para Sustentabilidade Local em parceria com a Odebrecht Agroindustrial e prefeitura do município de Cachoeira Alta-GO. Responsável Técnico pela produção de hortaliças em 2.520 m<sup>2</sup> de área, no sistema de produção protegido em hidropônia, na fazenda Coqueiro do Rio Doce em Rio Verde-GO.

Como Eletrotécnico: Atuou na indústria do grupo Votorantim Cimentos (Cimento Tocantins-DF) e nas empresas, de prestação de serviços de manutenção elétrica em redes de alta e baixa tensão, CARVALHO JUNIOR, CONSTEL, COMAR, EPLAN e ELETRON.