



**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA.  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS HUMANAS.  
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA.**

**A EVOLUÇÃO DO NÚMERO DE PIVÔS CENTRAIS DE IRRIGAÇÃO NA BACIA DO SÃO  
MARCOS:  
O Desenvolvimento da Agricultura Irrigada.**

**Jéssica Bastos Pantaleão.**

**BRASÍLIA – DF, JULHO DE 2015.**



**JÉSSICA BASTOS PANTALEÃO.**

**A EVOLUÇÃO DO NÚMERO DE PIVÔS CENTRAIS DE IRRIGAÇÃO NA BACIA DO SÃO  
MARCOS:  
O Desenvolvimento da Agricultura Irrigada.**

Monografia apresentada como requisito parcial para  
obtenção do título de Bacharel em Geografia ao  
Departamento de Geografia pela Universidade de  
Brasília.

Orientador: Prof. Dr. Renato  
Fontes Guimarães.

**BANCA EXAMINADORA.**

---

Prof. Dr. Renato Fontes Guimarães.  
Universidade de Brasília.

---

Prof. Dr. Roberto Arnaldo Trancoso Gomes.  
Universidade de Brasília.

---

Prof. Dr. Osmar Abílio de Carvalho Junior.  
Universidade de Brasília.

**BRASÍLIA, JULHO/2015.**

A Deus,

Por sua bondade inesgotável ter-me dado forças e iluminado meus caminhos  
para vencer os obstáculos;

Aos meus Pais (Maéres e João Bosco),

Por servirem de exemplo de dedicação, perseverança e amor.

## **AGRADECIMENTOS.**

“Porque nenhum ser humano é capaz sozinho.”

Ao meu orientador e colega, Renato Fontes Guimarães, por ter me conduzido com paciência e entusiasmo nessa jornada.

Ao meu chefe enquanto estagiária, Morris Scherer Warren, por ter acreditado e me encorajado na realização deste trabalho.

## SUMÁRIO.

RESUMO.....	7
ABSTRACT.....	8
1. INTRODUÇÃO.....	9
1.1 OBJETIVOS.....	10
2. REFERENCIAL TEÓRICO.....	11
2.1 O USO DA ÁGUA.....	11
2.2 ÁREA ESTUDADA.....	12
2.3 AGRICULTURA IRRIGADA.....	16
2.4 PIVÔS CENTRAIS DE IRRIGAÇÃO.....	19
3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	21
3.1 AQUISIÇÃO E TRATAMENTO DAS IMAGENS DE SATÉLITE.....	21
3.2 MAPEAMENTO DOS PIVÔS E DE PARÂMETROS MORFOMÉTRICOS.....	25
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	26
5. CONCLUSÕES.....	38
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	40

## **RESUMO:**

A agricultura irrigada de grãos está em amplo crescimento no país com importante geração de renda. Desta maneira é importante avaliar os recursos que sustentam essa atividade, e um dos principais deles, é o uso dos recursos hídricos. Atividades tecnológicas envolvendo a instalação de pivôs centrais estão ganhando espaço na agricultura brasileira, o que gera também crescente demanda hídrica nessas localidades. A Bacia de São Marcos é um bom exemplo dessas atividades, porque utiliza tecnologias voltadas para campos de irrigação que beneficiam o trabalho da agricultura irrigada da região, impulsionando a economia regional. Neste contexto, o trabalho teve como objetivo, a partir de imagens orbitais, mapear os pivôs centrais da bacia de São Marcos no período de 2000 a 2014, bem como avaliar o seu posicionamento no relevo. Os resultados indicam que o número de pivôs quadruplicou no período estudado e que se encontram nas porções mais planas do relevo e em solos como o latossolo. Existem ainda várias áreas com esta característica na bacia, o que permite acolher muitos pivôs, já que há um viés de expansão, observado ao longo do período estudado. Desta forma as agências reguladoras têm papel fundamental para a elaboração de um planejamento que promova ações mitigadoras para que tal atividade tenha um mínimo de impacto ambiental.

**ABSTRACT:**

Irrigated agriculture is growing in the country with important generating income. Thus, it is important to evaluate the water resources maintain this activity. Technological activities such as the installation of central pivots have been increasing in Brazilian agricultural sector creating, a soaring demand for water. The Sao Marcos basin is a good example of these activities because technologies of irrigation that assist agricultures for irrigation of fields benefiting the task of irrigated agriculture in the region. This study aims to map the central pivots located in the Sao Marcos basin from 2000 to 2014, using orbital images analysis, as well as assessing their landscape position. The results indicated that the number of central pivots quadrupled in the given period and they are in the flatter portions of the landscape and in soils, such as oxisol. There are many areas with similar characteristics that can be used in the construction of new pivots attending the growth tendency, observed over the study period. Thus regulatory agencies have a key role in the development of a plan to promote mitigation actions. The Sao Marcos basin has great relevance to the regional economy. Technological processes towards irrigated fields benefits the activities of agriculture in the region aiming to establish sustainable practices to preserve the water supply.

**PALAVRAS-CHAVE:**

Pivô Central, Agricultura Irrigada, Análise Multitemporal, Sensoriamento Remoto.



## 1. INTRODUÇÃO.

A agricultura irrigada é um setor que constantemente está em crescimento no Brasil, mas sem planejamento pode motivar inúmeros conflitos negativos que envolvem o uso de recursos hídricos e setores diferenciados, tais como o abastecimento urbano e o uso pessoal, o consumo industrial, a agricultura, as hidrelétricas, o meio-ambiente, etc. (FERNANDEZ *et al*, 2013).

Neste contexto, é de fundamental importância que se conheça o setor de irrigação de um país e, conseqüentemente, o seu consumo. A partir desse conhecimento é possível analisar situações e fazer previsões para futuros usos de recursos hídricos. No que diz respeito a atividade de irrigação, pode-se gerar estimativas através da agricultura irrigada e do crescimento do número dos pivôs centrais de irrigação (FERNANDEZ *et al*, 2013).

Dentro deste contexto, o sensoriamento remoto é a ferramenta mais indicada para a atividade, pois executa com eficiência a proposta e a relação custo-benefício é positiva para o desenvolvimento. Para a identificação dessas áreas onde há a ocorrência de pivôs centrais e áreas irrigadas. O sensoriamento remoto se utiliza na maior parte, de suas técnicas como análise temporal e de índices de vegetação.

Desta maneira, teve como objetivo, a partir de imagens orbitais, mapear os pivôs centrais da bacia de São Marcos no período de 2000 a 2014, bem como avaliar o seu posicionamento no relevo. Esta bacia teve, nos últimos anos, um grande crescimento da agricultura irrigada na cultura de grãos, como milho, soja e feijão. O estudo do constante crescimento das áreas dominadas por pivôs centrais na bacia é também de interesse as agências reguladoras, pois estes órgãos são os competentes pela fiscalização de usuários irrigantes, e desta forma, os resultados obtidos podem ajudar na identificação de eventuais usuários que não estejam agindo de acordo com a lei e irrigando áreas maiores que o permitido.

## **1.1. OBJETIVOS:**

### **a) Gerais:**

- Realização de uma análise multitemporal das imagens de satélites no período de 2000 a 2014 para verificação do avanço da inserção de pivôs centrais na bacia do rio São Marcos.
- Analisar os principais processos que iniciaram a difusão dos pivôs centrais de irrigação ao longo da Bacia do São Marcos.
- Identificar a organização espacial dos pivôs centrais e os motivos para tal distribuição.

### **b) Específicos:**

- Identificar onde estão espacialmente distribuídos os pivôs centrais dentro da Bacia São Marcos e demarcar seus limites.
- Análise multitemporal do posicionamento dos pivôs centrais no relevo através de dados provenientes do Shuttle Radar Topographic Mission (SRTM).
- Análise morfométrica (altimetria e declividade) dos pivôs centrais ao longo da bacia.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO.

### 2.1. O Uso da Água.

A água é o bem natural utilizado da maneira mais essencial para a vida, necessária a múltiplos usos; desde o doméstico, fundamental a sobrevivência básica até a produção de energia, uso industrial e mesmo como elemento componente da paisagem ou a agricultura, irrigação e saneamento básico (BRAGA e OLIVEIRA, 2005).

Desde a existência da humanidade civilizada já foram constatados inúmeras crises decorrentes de diversas causas e elementos, tais como a crise da falta de petróleo e até mesmo alimentos, sendo que, a previsão para as próximas crises mundiais será da privação de energia e a significativa diminuição da disponibilidade de água potável (PRUSKI e SILVA, 1997). O uso dos recursos hídricos se compromete cada vez mais pela alta taxa de procura e exploração. Do restante de água disponível para uso no mundo, 69% se dirige a agricultura, 23% são direcionados para a indústria e apenas 8% para o uso doméstico. O Brasil por sua vez exerce vantagem sobre os demais países, em seu território. Há cerca de quase 43% de mananciais de água doce disponíveis no mundo (BRAGA e OLIVEIRA, 2005). Muitos países podem entrar em guerra por causa dos recursos hidráulicos, pois estudos indicam que o consumo mundial de água dobra a cada 20 anos. A água tem sido considerada, no final deste século, um recurso escasso e estratégico, por questão de segurança nacional e por seus valores social, econômico e ecológico (MAIA NETO, 1997).

Com a preocupação latente do uso da água nas últimas décadas, a Constituição Federal de 1998, (Art. 20 e 25), atribuiu aos Estados e a União o encargo da legislação sobre os recursos hídricos da nação. A Nova Lei das Águas (1997, Lei número 9.433) decreta a água como elemento que carrega valor monetário.

Os incontáveis setores da sociedade competem cada vez mais entre si para ter acesso ao uso dos recursos hídricos, associados a movimentos ecológicos que buscam uma maior preservação do ambiente de uma forma mais saudável, procurando conscientizar a população para conservar e proteger o mesmo. Desta forma, as áreas irrigadas deverão ser dirigidas com mais cautela e de maneira mais adequada ao que se refere ao potencial hídrico de cada região, conduzindo a uma

maior eficiência e reduzindo os impactos ambientais no que diz respeito a qualidade e disponibilidade de água para seus inumeráveis propósitos (PRUSKI e SILVA, 1997).

O aumento rápido e significativo da demanda por água para a irrigação nacional tem sido objeto de bastante preocupação para os órgãos gestores dos recursos hídricos no país. Para que a conciliação do uso desses recursos seja consolidada, o conhecimento da oferta e da demanda hídrica em cada região de interesse é fundamental. Lidando com esses fatores com base em estudos e estatísticas é possível avaliar a disponibilidade dos recursos.

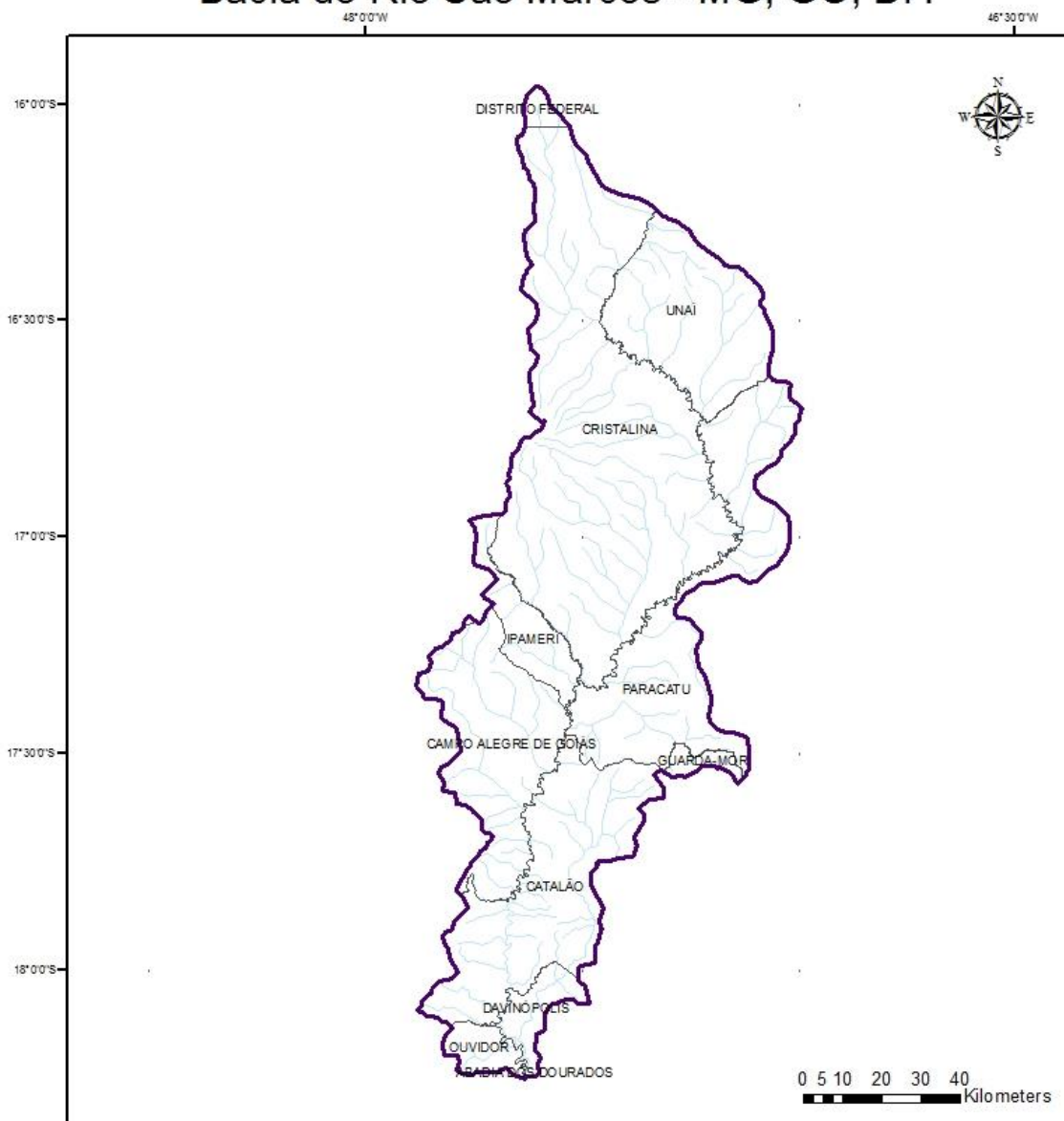
No decorrer da década de 1990 a população nacional aumentou e esse rápido crescimento levou a uma dimensão maior no consumo de água para o ser humano e ainda promoveu a demanda por alimentos o que incentivou a irrigação, que é uma atividade que requer grande solicitação de água.

Uma forma de reduzir custos, trabalho e tempo para o levantamento de dados sobre disponibilidade de recursos hídricos, é utilizar geotecnologias como o uso de imagens de satélites e ferramentas do geoprocessamento (MOREIRA, 2001; MENDES & CIRILO, 2001).

## **2.2. Área Estudada.**

A Bacia do São Marcos localiza-se entre os paralelos 16° e 18° de latitude Sul e entre os meridianos 47° e 48° de longitude Oeste (COBRAPE, 2011). A bacia hidrográfica do Rio São Marcos, possui aproximadamente uma área de 12.150.350 Km<sup>2</sup> e cerca de 27% de sua área está localizada no estado de Minas Gerais, 72% no estado do Goiás e apenas 1% no Distrito Federal. Os municípios ocupados pela bacia são os seguintes: Guarda-Mor, Paracatu e Unaí (MG), Catalão, Ouidor, Davinópolis, Campo Alegre de Goiás, Ipameri, Cristalina, (GO) e uma pequena porção na região ao sul do Distrito Federal, onde é representada pelo Córrego Samambaia (FERNANDEZ *et al*, 2013) (Figura 1). Possui duas Unidades Hidrelétricas (UHE) em funcionamento (Serra do Facão) no baixo São Marcos e a recente UHE inaugurada em 2014 (Batalha), na porção média. A região possui farta produção agrícola e pastagens, destacando-se o município de Cristalina como o maior produtor goiano de trigo, feijão, milho irrigado, algodão irrigado, alho, batata inglesa e cebola e o segundo na produção de milho de sequeiro (Goiás, 2009).

# Bacia do Rio São Marcos - MG, GO, DF.



**Legenda:**

- Limite da Bacia São Marcos
- Municípios Brasileiros
- Hidrografia

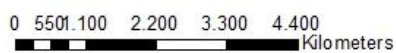


Figura 1 - Mapa de Localização da Bacia do Rio São Marcos.

A Bacia do São Marcos, por se tratar de uma unidade importante de planejamento territorial, captação e drenagem e por ser área de nascentes, é de extrema importância e necessidade para a qualidade de vida e sustentabilidade ambiental. Localizada na região central do Brasil, o tipo de vegetação predominante nesta bacia, enquadra-se nos domínios do cerrado (FLORÊNCIO *et al*, 2009). Segundo Ab'Saber (2003), o relevo das áreas de cerrado, são compostos por maciços planaltos e chapadões com superfícies aplainadas de comera com vertentes suaves. A vegetação é composta de cerrados e cerradões e diversos tipos de mata de galeria. Ainda para Ab'Saber (2003) sabe-se que predominam nos cerrados, drenagens perenes para os cursos d'água principais e secundários, com influência da sazonalidade para os casos de intermitência. Golden e Fahma (2004), Relatam que a porção alta da bacia, conta com 6.710 km<sup>2</sup> e é menos acidentada, concentra a maior parte da área agrícola irrigada.

Os latossolos são predominantes em toda a área da bacia, tanto nas áreas sedimentares, quanto nos terrenos cristalinos. Nos lugares onde as lateritas inexistem, estão localizadas as melhores condições para as atividades agrícolas. A definição e a caracterização do clima regional, vigente na área em estudo, se fazem necessárias ao entendimento das características da vegetação e dos solos, além, de auxiliar na compreensão da dinâmica hidrológica e da organização da produção agrícola. As condições climáticas da bacia hidrográfica do Rio São Marcos, contribuinte do Rio Paranaíba, assemelham-se mais as encontradas no Centro-Oeste, resultado das características do relevo com chapadas e chapadões (FLORÊNCIO *et al*, 2009).

Barbosa (2010) chamou a atenção para localidades que associadas aos recursos hídricos, se fragilizam, como por exemplo, o Planalto Central brasileiro, que apresenta água de boa qualidade por serem naturais de cabeceiras de rios, porém, suas vazões são reduzidas. Para Wehrmann e Oliveira (2005) nesta região, o conflito do uso da água estão em função principalmente do crescimento da demanda pela carência da qualidade da água e pela degradação dos recursos hídricos naturais, tais como a poluição. O controle do uso da água, medidas preventivas quanto a contaminação dos rios por agrotóxicos, assim como a preservação das matas ciliares, são medidas importantes para a manutenção da quantidade e qualidade das águas na bacia (INSTITUTO BRASILEIRO AMBIENTAL, 2012). Porém, os motivos citados acima não são

os únicos motivos a serem temidos: a vasta produção agrícola somada a relevante geração de energia hidráulica e o fornecimento de água para abastecimento humano também são fatores fortes para a preocupação (COMITÊ DA BACIA DO RIO PARANOÁ, 2014).

Florêncio *et al* (2009) alertam sobre o uso eficaz dos recursos hídricos na Bacia do São Marcos de modo que, retrocedam-se os impactos causados pela agricultura irrigada sobre o represamento e os impactos que geram ao meio ambiente.

A irrigação agrícola, o abastecimento urbano, a geração de energia pelas represas e a recém-construída usina de Batalha, geram uma alta demanda do uso da água. Diante do conflito estabelecido pelo uso dos recursos hídricos destinados principalmente para a irrigação a montante da UHE Batalha a Agência Nacional de Águas (ANA) interveio e promoveu o debate entre os interessados, através da formação de um Grupo Técnico, visando buscar uma solução para o conflito e garantir a disponibilidade hídrica e o equilíbrio ambiental da região. Entretanto, nem todas as concessionárias das usinas hidrelétricas a jusante de Batalha, que também são afetadas, foram convidadas a participar da discussão (SILVA, 2012).

Segundo Hora (2012), grandes atividades como a produção alimentícia do país é a principal alegação dos irrigantes para legitimar a expansão da irrigação em suas propriedades, tais como as condições favoráveis em que se encontram a bacia de São Marcos que servem de apoio para o crescimento da fronteira agrícola nessa região. Depois da aprovação da Nova Política Nacional de Irrigação para o País, em 2012, os irrigantes receberam incentivos políticos para a ampliação das áreas irrigadas e da produtividade agrícola. Entre os incentivos, o maior deles é ampliar os descontos nas tarifas de energia elétrica que são cobradas em atividades voltadas a irrigação.

Fatores como a sazonalidade é um agravante, principalmente quando o período de maior demanda de água para a irrigação coincide com o de menor disponibilidade hídrica, de maio a setembro, o que amplia os riscos de ocorrência de conflitos pelo uso da água (SANO *et al*, 2005).

O abastecimento urbano e a irrigação agrícola somados à geração de energia vindas das UHE Serra do Falcão em 2010 e a mais recente construída Batalha, na bacia de São Marcos, geram uma forte e crescente demanda do uso da água para a região. Buscando diminuir os conflitos pelo uso da água na bacia entre diferentes setores e até mesmo entre setores iguais, a Agência Nacional de Água (ANA) instituiu o marco regulatório pelo uso do recurso. Nele contém regras básicas voltadas e pactuadas pelos usuários da água e os órgãos gestores dos recursos hídricos, onde são necessárias para as melhorias tanto da gestão quanto consumo (GUIMARÃES *et al*, 2014).

### **2.3. Agricultura Irrigada.**

"No Brasil, quase metade da água consumida destina-se a agricultura irrigada." (CARDOSO *et al*, 1998). Apesar do grande consumo de água, a irrigação representa a maneira mais eficiente de aumento da produção de alimentos. Estima-se que, em nível mundial, no ano de 2020 os índices de consumo de água para a produção agrícola sejam mais elevados na América do Sul, África e Austrália. Pode-se prever um incremento maior da produção agrícola no hemisfério Sul, especialmente pela possibilidade de elevação da intensidade de uso do solo que, sob irrigação, produz até três cultivos por ano (PAZ *et al*, 2000).

O autor Letey (1991) discute sobre a dificuldade de relacionar elementos como a produtividade das culturas com as propriedades físicas do solo. Para ele, unidades como a temperatura, água, nutrientes, oxigênio e a resistência a penetração podem ser prejudiciais a semente assim como o crescimento das raízes, o que afeta diretamente o crescimento da planta. Entretanto, a estrutura do solo unicamente separada das demais não afeta diretamente o desenvolvimento das culturas. Esses fatores independem um do outro e variam no tempo e no espaço. Atividades que aumentam a retenção da água como a prática do manejo de um solo podem contribuir para uma redução do oxigênio necessário para as plantas, caso a drenagem do solo não seja adequada ou suficiente (MATA *et al*, 1999).



No Brasil, a modernização e a tecnificação da agricultura tiveram início na década de 1950, mas apresentaram resultados efetivos a partir da década de 1970, quando o Estado instituiu uma agenda de políticas de investimentos para o campo. Assim, conciliou os interesses entre o setor agrário, em particular os grandes e médios produtores, e o industrial, formado pelo capital nacional e internacional. A agricultura e a indústria vêm se articulando e se associando cada vez mais, e uma das principais atividades envolvidas nessa junção é agricultura tecnificada, o que é possível graças à integração de equipamentos modernos de território e o interior. Essa ampla rede de infraestruturas capacita complexos da indústria e agricultura e permitem a expansão da fronteira agrícola no país. Neste processo, encontra-se principalmente a ocupação da Amazônia e do Cerrado (SILVA e CIDADE, 2008).

Nas regiões que foram contempladas com investimentos na área de irrigação, ocorreu desenvolvimento tanto econômico quanto social e, conseqüentemente redução de pobreza da população que ali vive (SALASSIER, 1992).

Porém, torna-se preocupante para todos a expansão desenfreada da agricultura irrigada devido ao seu principal elemento, consumido em larga escala e em decrescente disponibilidade para o uso: a água. Projetos avaliam que a irrigação, quando executada de forma inadequada em todo o mundo, perde-se grande quantidade da água antes mesmo de alcançar a zona dos cultivos.

Considerando a larga dimensão do território brasileiro e suas amplas diversidades como os elementos climáticos, os tipos de solo, os recursos hídricos, etc., fazem com que o desenvolvimento da agricultura irrigada se adapte segundo as capacidades e vantagens de cada região. Pode-se citar como exemplo a cultura arrozeira na região Sul do país, grãos e cereais na porção Sudeste e Centro-Oeste e ainda, na região Nordeste, o crescimento da fruticultura irrigada. Mundialmente, a agricultura sem irrigação é limitada, uma vez que encontram-se muitas dificuldades nos solos que podem apresentar riscos ambientais ou até mesmo pela inexistência de solos adequados. Devido à restrição de disponibilidade de recursos hídricos, a expansão da agricultura irrigada tornou-se mais árdua em qualquer canto do mundo. As condições ambientais e a degradação do solo são fatores que agravam a não expansão das atividades que envolvem irrigação em todo o mundo (PAZ *et al*, 2000).

Aos que são viáveis como no caso do Brasil, os níveis crescentes de produtividade atual são os responsáveis pela intensificação das áreas irrigadas no país. Diante da melhoria e atualização das técnicas e práticas de irrigação ao longo do tempo, a construção de sistema de drenagens nos locais necessários, dentre outras medidas, é possível controlar o risco de degradação do solo assim como reduzir quaisquer efeitos sobre o plantio, obtendo aumentos significativos nos níveis de produtividade preservando as condições naturais do ambiente. O manejo adequado da água na agricultura não pode ser considerado uma etapa independente do processo de produção agrícola, devendo ser analisado dentro do contexto de um sistema integrado (CARDOSO *et al*, 1998).

Dentro da região Centro-Oeste, existiu uma grande fronteira ocasionalmente pouco ocupada durante um longo período de tempo, porém, nas últimas três décadas tornou-se uma das regiões mais visadas quando relacionada ao desempenho econômico do país. A principal razão dessa consolidação ter sido obtida é o fato de a região ser diversa e moderna em sua agricultura, com uma base produtiva muito bem articulada, tal como a ocupação das grandes áreas desocupadas até então.

A região vem crescendo mais do que a média nacional durante as últimas décadas, a tal ponto que houve aumento expressivo do Produto Interno Bruto (PIB) do país. Esse bom desempenho deve-se, segundo dados do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada - IPEA, ao agronegócio. Em 2006, a região foi responsável por 33% da produção nacional de grãos (cereais, leguminosas e oleaginosas); (IPEA, 2007, p. 01).

A região Centro-Oeste por ser muito dinâmica e carregar consigo parte do percentual do crescimento anual do país vem gerando novos investimentos tais como novas instalações de agroindústrias. Sua rede de infraestrutura pode ser cada vez mais ampliada graças a sua organização territorial, pelo crescimento de novas atividades e de centros urbanos situados em suas localidades, pelo incremento de núcleos produtivos integrantes de complexos agroindustriais, expansão e consolidação da fronteira agrícola e desenvolvimento de sistemas logísticos, para facilitar o escoamento da produção, fazendo assim que tenha um transporte mais rápido para o restante do país. Porém, esse desenvolvimento regional traz consigo preocupações retratadas a sustentabilidade da região, tais como aspectos ambientais e sociais.

O largo crescimento econômico da região Centro-Oeste pode não ser interessante a médio e longo prazo, uma vez que as atividades da região geram cada vez mais impactos negativos. A falta de política regional de desenvolvimento dificulta o crescimento da produtividade agrícola e ainda correm risco de perda dessa produtividade para as próximas décadas. O desenvolvimento sustentável acaba se tornando a alternativa mais viável para a região (SILVA e CIDADE, 2008). Dentro do contexto, a agricultura irrigada também produz sérios riscos de impacto ambiental. Por ser uma atividade artificial que adere ao uso da água de maneira a introduzir o uso da tecnologia moderna no meio ambiente, acarretam também pontos negativos a essas áreas, como, por exemplo, tornar os terrenos impróprios para posteriores atividades agrícolas. Os impactos não são gerados somente pelo uso da água, mas também o do solo e muitas vezes colocam em risco a saúde pública, fauna e flora e condições socioeconômicas de quem vive no local (SALASSIER, 1992).

#### **2.4. Pivôs Centrais de Irrigação.**

Esse sistema de irrigação, por ser projetado em uma estrutura suspensa gerando uma área circular no solo, necessita de um terreno adaptado para a sua implantação. Áreas como do Cerrado são propícias para essa atividade; pelas seguintes características: terreno aplainado com drenagens perenes para os cursos d'água principais e secundários com influência da sazonalidade, fácil acesso a eletricidade e ao maquinário.

Os sistemas de irrigação por aspersão mecanizada mais popularmente conhecido como pivô central de irrigação surgiram com o objetivo de obter maior eficiência no uso de água enquanto irrigação e redução de mão-de-obra, uma vez que esse sistema é mecanizado. Atualmente, o pivô central é o sistema da agricultura irrigada mais automatizado que existe, e surgiu nos Estados Unidos da América na década de 50. Sua constituição é formada por uma linha lateral de aspersores montados sobre armações com rodas, denominadas de torres, tendo uma das extremidades fixada em uma estrutura piramidal (ponto-pivô), enquanto as outras torres se movem continuamente em torno desse ponto durante a aplicação de água (RAMOS & MANTOVANI *et al*, 1994).

O conhecimento prévio dos fatores climáticos das regiões onde haverá a instalação de pivôs centrais são primordiais para um manejo racional e uma irrigação adequada, assim como as características das culturas, solos e recursos hídricos. A percepção da distribuição dos pivôs e a quantidade da água aplicada é o que torna a atividade eficiente (FURUKAWA *et al*, 1994).

Os cerrados brasileiros ocupam principalmente os topos dos chapadões do Brasil central onde as regiões de planaltos são amplas e estruturalmente aplainadas pela erosão e intercaladas por uma rede de vales fluviais que contem matas galerias extensas ligadas aos canais de drenagem (AB'SÁBER, 2003). A região Centro-Oeste adotou o sistema de pivô-central como seu principal meio de irrigação devido suas funcionalidades. É um instrumento de fácil adaptação a diferentes condições de solo e ainda requer pouca demanda por mão-de-obra, sendo assim, a probabilidade da atividade dar certo é maior que as demais atividades do mesmo setor (SILVA & AZEVEDO, 1998).

A Bacia do São Marcos é uma região com grande produção agrícola que utiliza técnicas modernas de pivôs de irrigação. A situação atual pode ser atribuída ao processo de modernização da agricultura principalmente no Centro-Oeste do país, onde se encontram as áreas de Cerrado brasileiro, que foi intensificado principalmente na década de 1990, quando se desencadeou a expulsão do homem do campo para a cidade, promovendo a concentração fundiária. Outro fator importante para o vasto crescimento são os programas de incentivo a agricultura e a presença abundante de água, o que possibilita e garante o aumento na produção e conseqüentemente garante que haverá mercado consumidor e procura para estas demandas (FLORÊNCIO *et al*, 2009).

No Brasil, esse sistema tem sido utilizado principalmente para irrigação de cereais, mas, nos últimos anos, tem havido crescente aumento da sua utilização em fruticultura e pastagem (FOLEGATTI *et al*, 1998). Porém, as principais culturas produzidas sob pivô central na região do Centro-Oeste, mais especificamente na Bacia do São Marco são as de feijão, milho, soja e trigo.

### **3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.**

A característica circular das áreas irrigadas por pivô central, cuja extensão varia, em geral, de 10 a 120 hectares, permite a delimitação rápida e precisa desses equipamentos de irrigação nas imagens orbitais. Em princípio, os sistemas sensores que coletam dados multiespectrais com resoluções espaciais da ordem de algumas dezenas de metros, podem ser utilizados para a referida delimitação (MOREIRA, 2001).

A área da Bacia do São Marcos é uma das principais "cedes" de produção agrícola da região. Desta maneira, o trabalho aqui realizado objetivou avaliar o crescimento no uso de pivôs centrais ao longo do período de 2000 a 2014 utilizando-se imagens orbitais Landsat no site do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE. Em seguida, foi realizada uma análise do posicionamento dos pivôs centrais no relevo através de dados provenientes do Shuttle Radar Topographic Mission (SRTM).

#### **3.1. Aquisição e tratamento das imagens de satélite.**

Imagens orbitais do satélite Landsat TM5 e 8 foram as bases utilizadas para o mapeamento dos pivôs centrais, devido suas qualidades e suas disponibilidades, por serem distribuídas gratuitamente pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE e pelo Serviço Geológico dos Estados Unidos – USGS. A região da Bacia do São Marcos é coberta por quatro órbitas-ponto: 220\_71, 220\_72, 221\_71 e 221\_72. Essas imagens foram georreferenciadas no qual a imagem base foi retirada do acervo Global Land Cover para ser usada como referência e a partir da primeira data da primeira imagem, as demais imagens foram georeferenciadas. As cenas de cada ano foram trabalhadas separadamente na elaboração do mapeamento dos pivôs. Não foram feitos mosaicos para não correr o risco de perder a qualidade das imagens. A tabela 1 mostra a relação das imagens utilizadas.

	220_71		220_72		221_71		221_72
2000	15/05/2000	2000	29/04/2000	2000	06/05/2000	2000	06/05/2000
	31/05/2000		15/05/2000		07/06/2000		07/06/2000
	16/06/2000		03/08/2000		23/06/2000		23/06/2000
	18/07/2000		20/09/2000		09/07/2000		09/07/2000
	03/08/2000				25/07/2000		10/08/2000
	09/08/2000						26/08/2000
							13/10/2000
2001	26/01/2001	2001	16/04/2001	20001	02/02/2001	2001	22/03/2001
	11/02/2001		05/07/2001		22/03/2001		07/04/2001
	02/05/2001		06/08/2001		09/05/2001		23/04/2001
	05/07/2001		07/09/2001		10/06/2001		10/06/2001
	21/07/2001				26/06/2001		26/06/2001
	06/08/2001				12/07/2001		
					28/07/2001		
2003	11/07/2003	2003	11/07/2003	2003	16/06/2003	2003	02/07/2003
	13/09/2003		27/07/2003		02/07/2003		18/07/2003
	18/12/2003		12/08/2003		18/07/2003		19/08/2003
					20/09/2003		
2004	24/04/2004	2004	24/04/2004	2004	01/05/2004	2004	27/02/2004
	27/06/2004		27/06/2004		02/06/2004		05/08/2004
	14/08/2004		13/07/2004		18/06/2004		21/08/2004
	15/09/2004		14/08/2004		04/07/2004		06/09/2004
	01/10/2004		15/09/2004		05/08/2004		22/09/2004
			01/10/2004		06/09/2004		08/10/2004
2005	06/02/2005	2005	22/02/2005	2005	04/05/2005	2005	18/04/2005
	11/04/2005		11/04/2005		07/07/2005		04/05/2005
	13/05/2005		16/07/2005		24/08/2005		23/07/2005
	01/08/2005		01/08/2005		11/10/2005		08/08/2005
	17/08/2005		17/08/2005				09/09/2005
	02/09/2005		04/10/2005				11/10/2005
	18/09/2005						
	20/10/2005						

2006	24/01/2006	2006	09/02/2006	2006	23/05/2006	2006	24/06/2006
	09/02/2006		16/05/2006		24/06/2006		26/07/2006
	30/04/2006		17/06/2006		26/07/2006		11/08/2006
	16/05/2006		20/08/2006		12/09/2006		12/09/2006
	01/06/2006						30/10/2006
	17/06/2006						
	04/08/2006						
2007	01/04/2007	2007	03/05/2007	2007	07/03/2007	2007	23/03/2007
	03/05/2007		22/07/2007		23/03/2007		24/04/2007
	20/06/2007		24/09/2007		26/05/2007		26/05/2007
	22/07/2007				11/06/2007		11/06/2007
	07/08/2007				27/06/2007		27/06/2007
	23/08/2007				13/07/2007		13/07/2007
	08/09/2007				29/07/2007		14/08/2007
	24/09/2007				14/08/2007		30/08/2007
					15/09/2007		15/09/2007
2008	19/04/2008	2008	21/05/2008	2008	10/04/2008	2008	10/04/2008
	21/05/2008		06/06/2008		26/04/2008		26/04/2008
	06/06/2008		08/07/2008		28/05/2008		28/05/2008
	08/07/2008		24/07/2008		15/07/2008		15/07/2008
	24/07/2008		25/08/2008		31/07/2008		16/08/2008
	25/08/2008		28/10/2008		16/08/2008		01/09/2008
	10/09/2008				01/09/2008		
	12/10/2008				04/11/2008		
	28/10/2008						
	31/12/2008						
2009	01/02/2009	2009	03/05/2009	2009	12/03/2009	2009	12/03/2009
	08/05/2009		22/04/2009		02/07/2009		02/07/2009
	25/06/2009		08/05/2009		18/07/2009		18/07/2009
	11/07/2009		24/05/2009		03/08/2009		19/08/2009
	27/07/2009		25/06/2009		19/08/2009		
	12/08/2009		27/07/2009				
	13/09/2009		12/08/2009				
	29/09/2009		13/09/2009				
	15/10/2009		15/10/2009				
	18/12/2009						

2010	19/01/2010	2010	19/01/2010	2010	02/05/2010	2010	16/04/2010
	04/02/2010		04/02/2010		03/06/2010		02/05/2010
	09/04/2010		09/04/2010		19/06/2010		19/06/2010
	12/06/2010		25/04/2010		05/07/2010		05/07/2010
	14/07/2010		12/06/2010		06/08/2010		06/08/2010
	15/08/2010		14/07/2010		22/08/2010		07/09/2010
	16/09/2010		30/07/2010		07/09/2010		23/09/2010
	21/12/2010		15/08/2010		09/10/2010		
			16/09/2010				
2011	07/02/2011	2011	27/03/2011	2011	06/06/2011	2011	19/04/2011
	17/07/2011		12/04/2011		22/06/2011		06/06/2011
	18/08/2011		14/05/2011		08/07/2011		22/06/2011
			17/07/2011		24/07/2011		08/07/2011
			02/08/2011		09/08/2011		
			18/08/2011		25/08/2011		
			03/09/2011		10/09/2011		
			19/09/2011		28/10/2011		
2013	22/07/2013	2013	17/04/2013	2013	26/05/2013	2013	26/05/2013
	07/08/2013		20/06/2013		11/06/2013		11/06/2013
	23/08/2013		07/08/2013		27/06/2013		27/06/2013
	08/09/2013		23/08/2013		13/07/2013		13/07/2013
	24/09/2013				29/07/2013		29/07/2013
	26/10/2013				14/08/2013		14/08/2013
					30/08/2013		30/08/2013
					15/09/2013		15/09/2013
					02/11/2013		02/11/2013
					04/12/2013		
2014	06/05/2014	2014	22/05/2014	2014	05/01/2014	2014	05/01/2014
	22/05/2014		10/08/2014		13/05/2014		13/05/2014
	10/08/2014		26/08/2014		29/05/2014		29/05/2014
	26/08/2014				30/06/2014		30/06/2014
					16/07/2014		16/07/2014
					01/08/2014		01/08/2014
					17/08/2014		17/08/2014
					02/09/2014		02/09/2014

Tabela 1 – Relação das Imagens Utilizadas.



### **3.2. Mapeamento dos pivôs e de parâmetros morfométricos.**

Os pivôs foram mapeados ano a ano, para todos os meses disponíveis em cada ano, tentando adquirir o máximo de informações possível retiradas das imagens de satélite (dependendo da disponibilidade das imagens e da cobertura de nuvens, como foi o caso do ano de 2002). Outra dificuldade ocorreu no ano de 2012, quando problemas relacionados ao satélite não possibilitou a disponibilidade das imagens para este ano.

O trabalho de mapeamento foi feito em duas etapas: 1) Marcação dos pontos para cada pivô que foi observado nas imagens, e, 2) Delimitação dos pivôs de irrigação correspondentes. A marcação dos pontos para cada pivô teve como objetivo facilitar a identificação dos pivôs. Esse processo elaborado facilitou a realização de uma vistoria rigorosa com o intuito de eliminar os erros antes do mapeamento dos pivôs.

A delimitação dos pivôs foi feita cronologicamente, sempre aproveitando os pivôs mapeados no ano anterior, e sendo apenas acrescentados os novos, ou retirados aqueles que não existiam mais, este procedimento evita o desalinhamento descontrolado de polígonos e ainda diminuiu o trabalho de edição. Após o mapeamento foram calculadas as áreas dos polígonos ano a ano, a fim de quantificar a taxa de crescimento dos pivôs na bacia ao longo do período estudado, e também foram determinados os valores médios de declividade e altimetria para os limites de cada pivô para os anos de 2000 e 2014, utilizando-se os dados SRTM.

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.

As figuras 2 e 3 mostram o crescimento sequente do número de pivôs centrais na Bacia do São Marcos no período de 2000 a 2014. O cálculo da figura 2 foi feito através da subtração da quantidade total de pivôs do ano desejado pelo total do número de pivôs do ano anterior, dividido pelo mesmo,  $(T2-T1/T1)$ , onde T é o total do número de pivôs em cada ano. Quando não houve disponibilidade de dados como nos anos 2002 e 2012, foi feita uma média antes, entre os anos anteriores e posteriores:  $T1+T2/2$ . Verifica-se que a expansão dessas áreas dá-se principalmente entre os anos de 2000 a 2004, quando houve um intenso crescimento agrícola brasileiro, após, principalmente, a mudança da política cambial do país nos anos 90. O aumento dos pivôs neste período pode ser atribuído pelo aumento significativo das áreas plantadas com grãos, principalmente com a expansão da soja, o estímulo cambial e o dinamismo da agricultura brasileira.

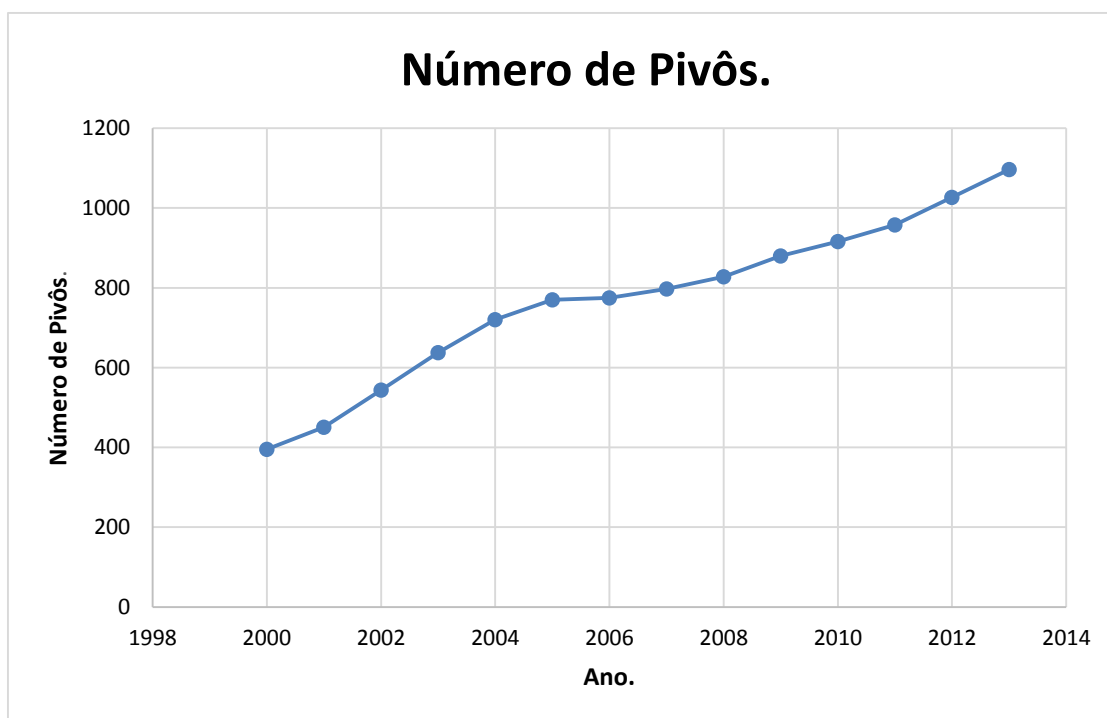


Figura 2 – Número de pivôs centrais implantados por ano na bacia São Marcos.

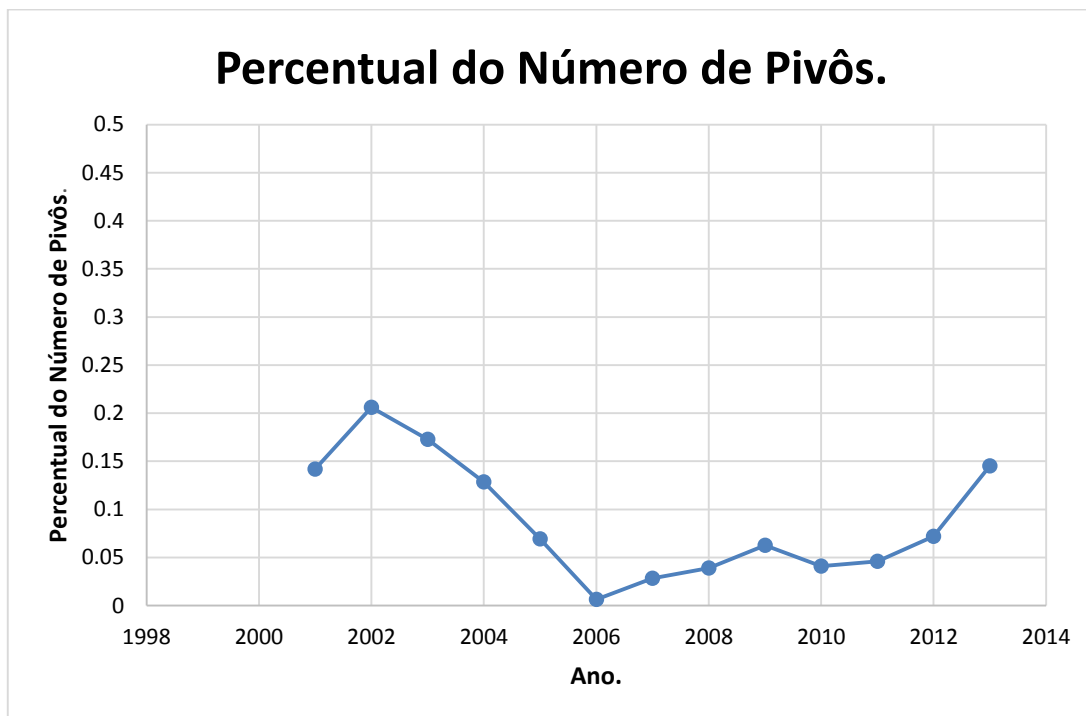


Figura 3 – Percentual de crescimento relativo ao ano anterior de pivôs centrais na bacia São Marcos.

A Bacia do São Marcos é muito propícia às atividades como a agricultura irrigada tecnificada. Sua localização é estratégica e suas características chamam a atenção de grandes produtores. A região localizada próxima às drenagens e com alta disponibilidade hídrica (o que diminui custos e gastos com equipamentos e instalação, como dos pivôs centrais) possibilita melhores resultados no ciclo das culturas.

O crescimento e distribuição dos pivôs centrais dão-se de maneira ordenada ao longo da bacia, ocupando as áreas de altitudes mais elevadas onde se formam os topos de chapadas e chapadões, áreas aplainadas com terrenos suscetíveis a instalação de pivôs centrais e a agricultura rasteira neles cultivados.

A concentração maior de pivôs mantém-se a montante da bacia, onde além dos mananciais, o solo é característica fundamental para bom desempenho da agricultura, formada em sua maior parte por latossolo.

Os dados Do quadro 1 mostram a quantificação feita ano a ano dos pivôs da bacia e suas respectivas áreas em expansão.

Quadro 1: Número de pivôs e evolução da área em hectares.

<b>ANO</b>	<b>Número De Pivôs</b>	<b>Área Dos Pivôs (ha)</b>
<b>2000</b>	395	31083,1308
<b>2001</b>	451	35006,2961
<b>2002</b>	-	-
<b>2003</b>	638	51308,5101
<b>2004</b>	720	57848,4756
<b>2005</b>	770	61267,5221
<b>2006</b>	775	61936,2804
<b>2007</b>	797	62738,7266
<b>2008</b>	828	65088,0357
<b>2009</b>	880	69369,4708
<b>2010</b>	916	72103,9549
<b>2011</b>	958	75661
<b>2012</b>	-	-
<b>2013</b>	1097	86612,954
<b>2014</b>	1172	91152,394

Para uma boa avaliação, foi importante o conhecimento da distribuição espacial dos pivôs nas instalações da bacia ao longo do período estudado. Os mapas das evoluções (Figuras 4, 5 e 6) conseguem detectar claramente as mudanças, permitindo fazer uma análise precisa da evolução das áreas irrigadas por meio de métodos como instalação e distribuição espacial dos pivôs centrais de 2000 a 2014. Observa-se que as instalações dos pivôs não são feitas de maneira aleatória, eles distribuem-se nas proximidades das drenagens, associando-se diretamente aos cursos d'água.

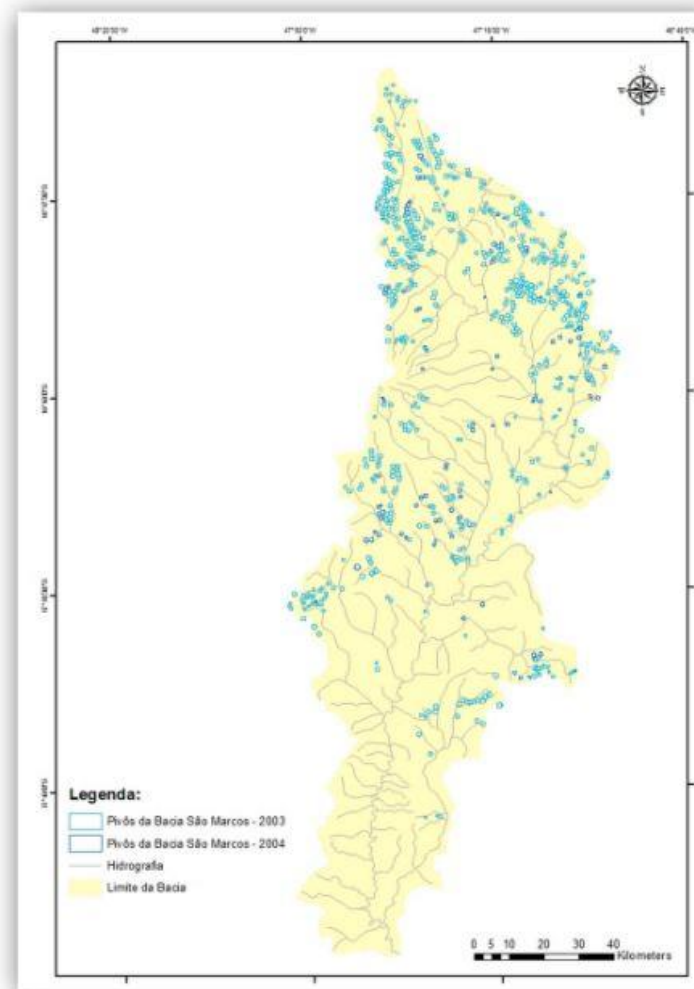
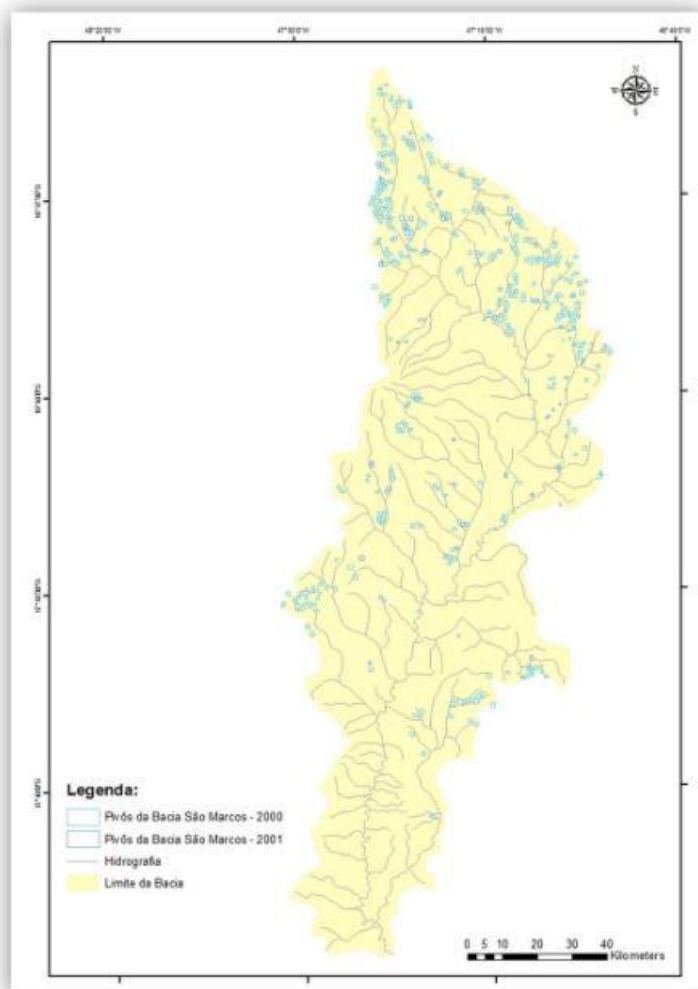


Figura 4 – Evolução dos pivôs centrais de irrigação na Bacia São Marcos nos anos de 2000 a 2004.

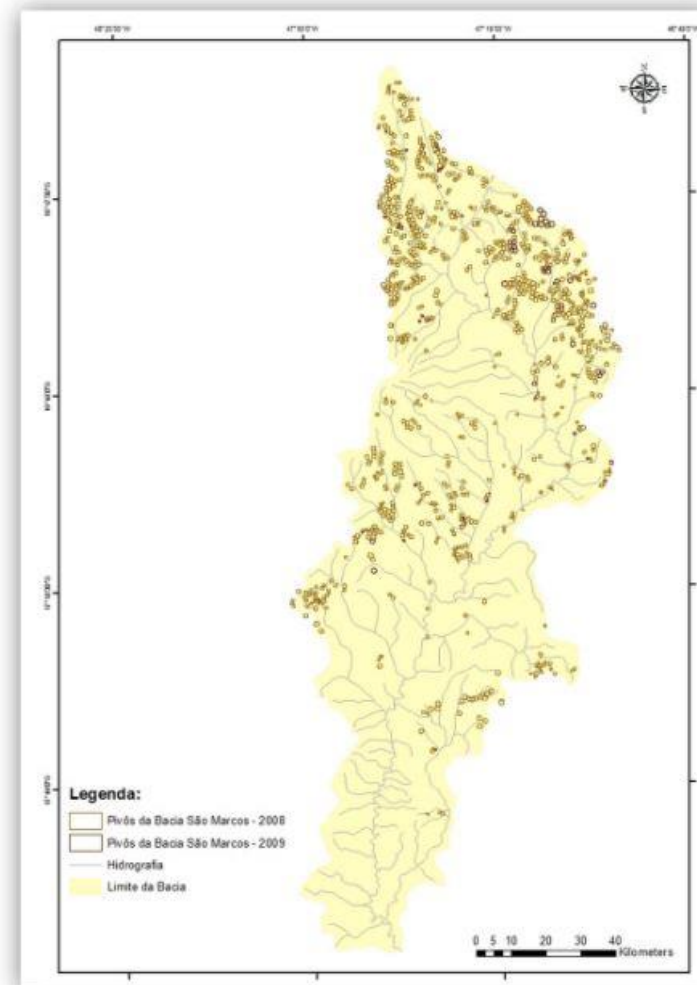
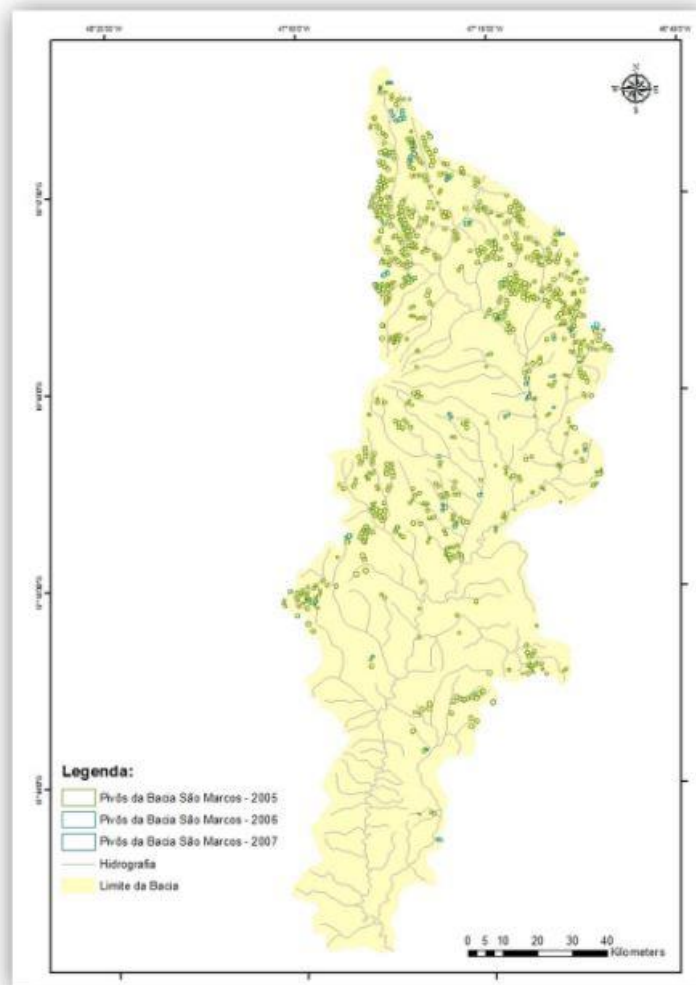


Figura 5 – Evolução dos pivôs centrais de irrigação na Bacia São Marcos nos anos de 2005 a 2009.

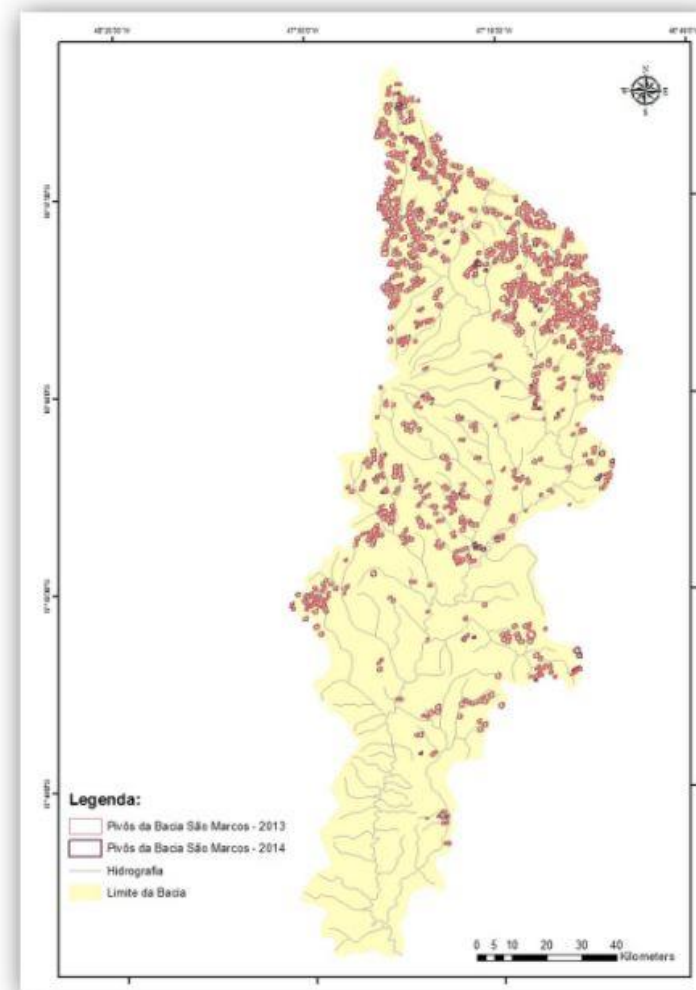
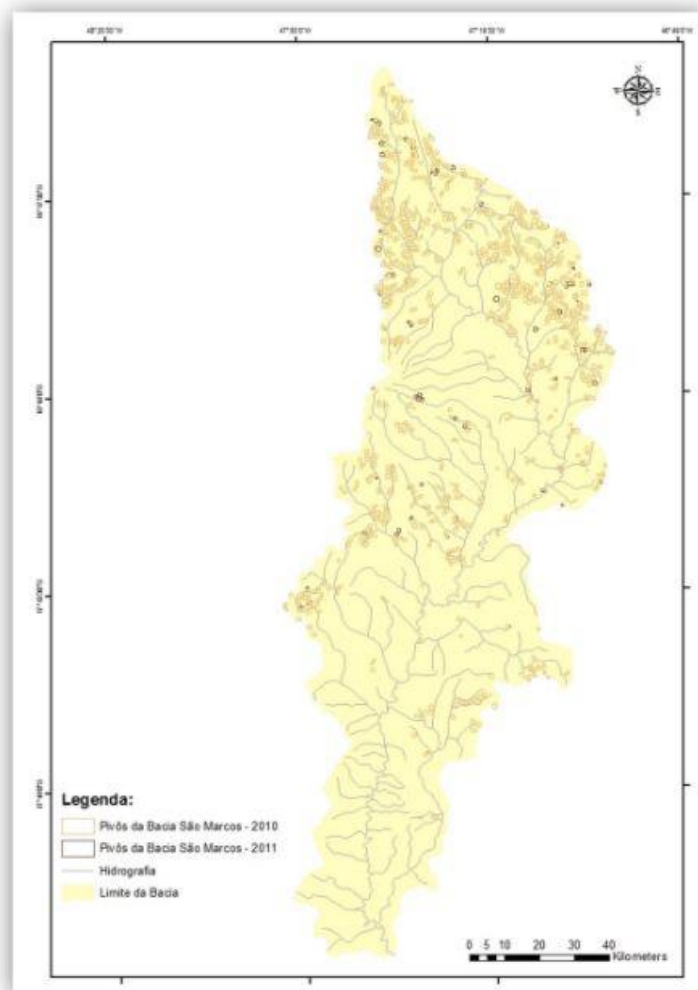


Figura 6 – Evolução dos pivôs centrais de irrigação na Bacia São Marcos nos anos de 2005 a 2009.

A figura 7 mostra o relevo da bacia em que as áreas de coloração mais claras sugerem as altitudes mais elevadas, como os topos das chapadas e chapadões existentes na bacia. Já as áreas de coloração mais escuras, são as caracterizadas como fundo de vales, onde não é interessante para a agricultura tecnificada se instalar, principalmente pelo difícil acesso a instalação de equipamentos e maquinário.

A maior densidade de ocupação de pivôs centrais manteve-se espalhados na porção norte da bacia hidrográfica, onde correspondem as principais áreas de nascentes que alimentam toda a Bacia do São Marcos.



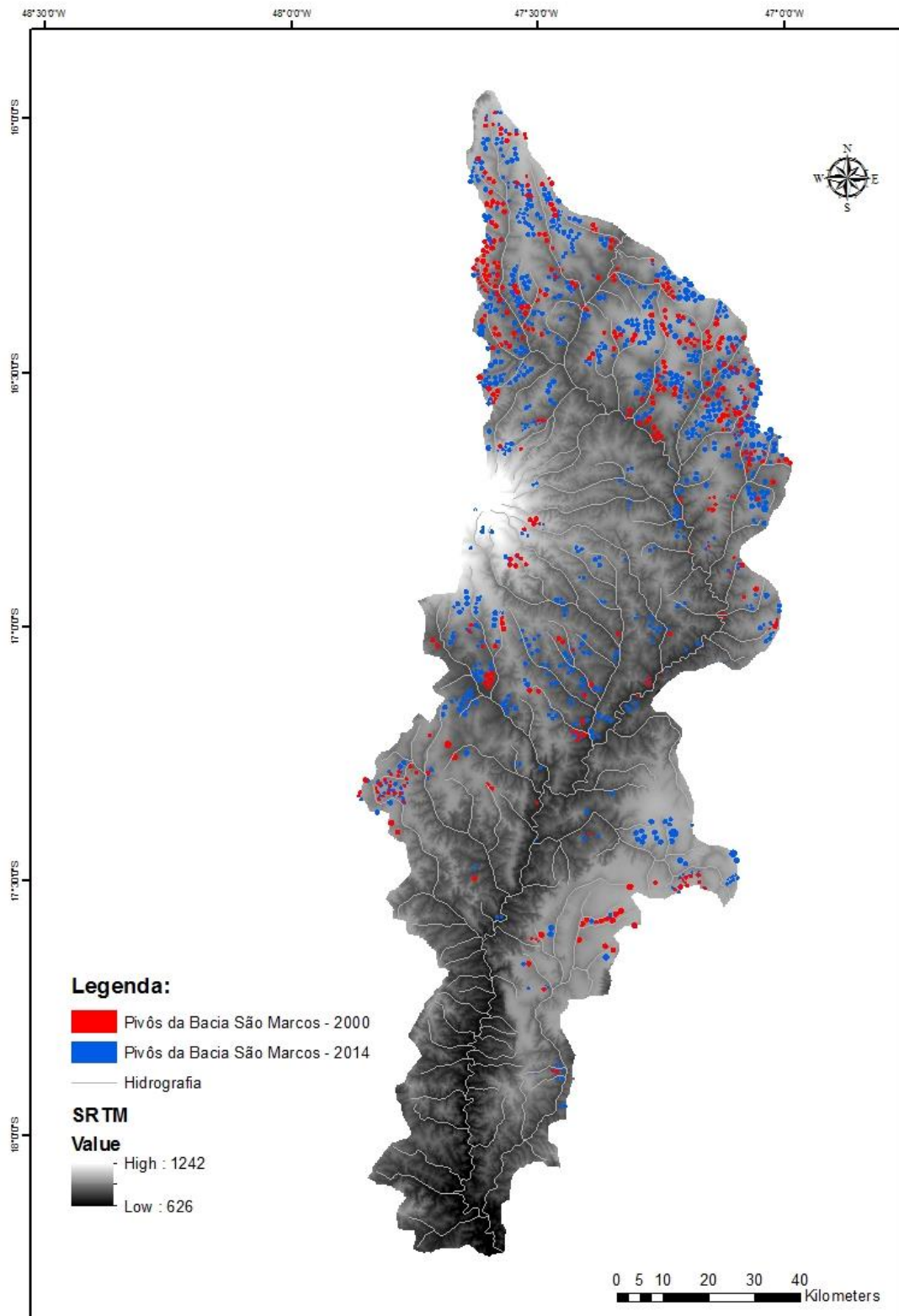


Figura 7 – Distribuição dos pivôs centrais da bacia São Marcos sobre o modelo digital de elevação (SRTM).

Afigura 8 mostra o valor da altimetria média de cada pivô ao longo da bacia. Observa-se que a maioria dos pivôs estão posicionados nas mais altas altitudes, representadas pelas cores vermelha, ciano e, principalmente amarela. A distribuição dos pivôs no ano de 2000 tinha um intervalo de altimetria compreendido 783 e 1058 e em 2014 este intervalo aumenta para 755 e 1205, ou seja, existe um aumento do número de pivôs nas porções das chapadas e chapadões que localizam-se nas cabeceiras dos afluentes do rio São Marcos.

Como aponta a figura 9, as áreas em declive onde os pivôs se encontram são zero ou próximas a isso. A expansão dos pivôs no período estudado mantém a ocupação nas áreas mais planas da bacia que são as áreas mais propícias para a ocupação dessa moderna parte da agricultura irrigada e as mais procuradas para tal.

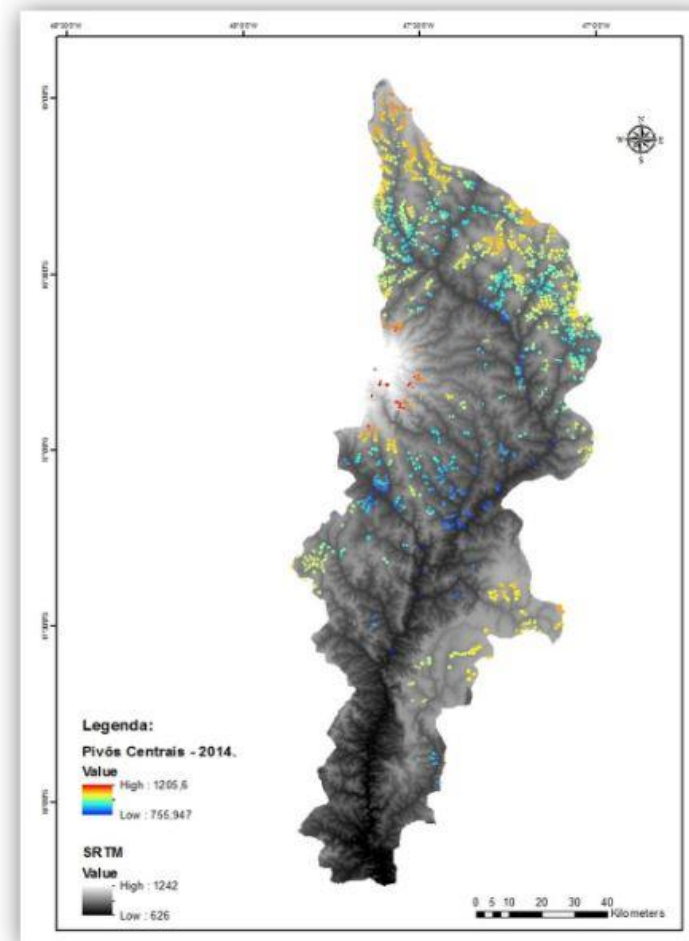
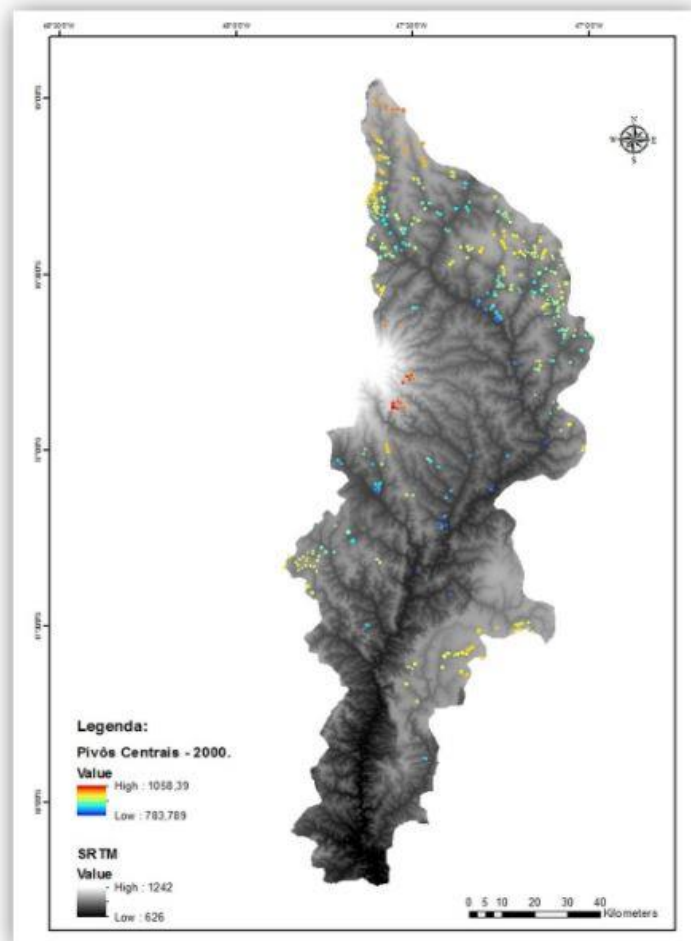


Figura 8 – Parâmetros morfométricos dos pivôs centrais (Altimetria).

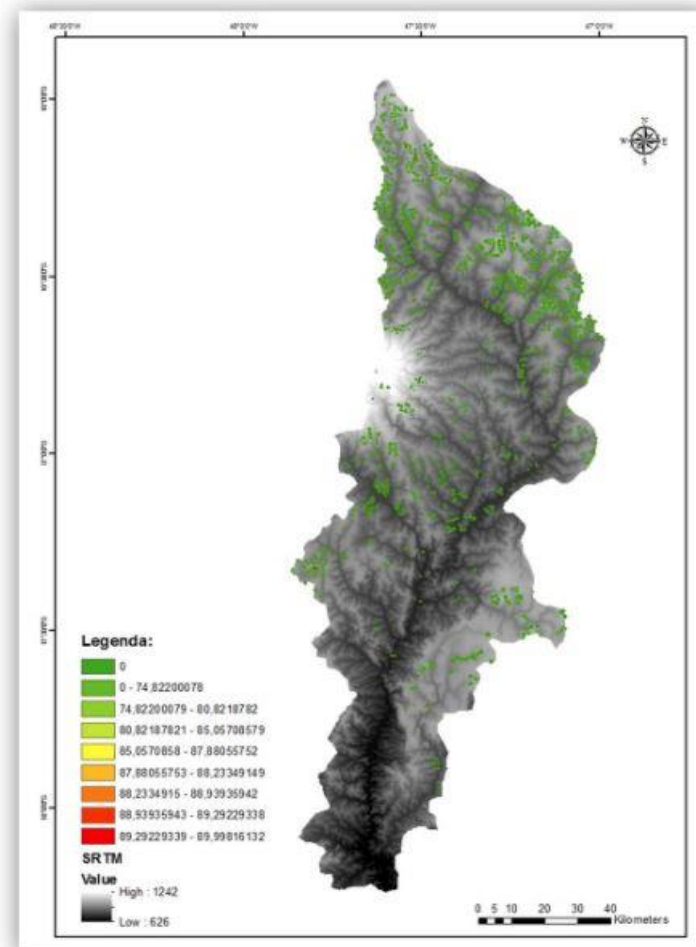
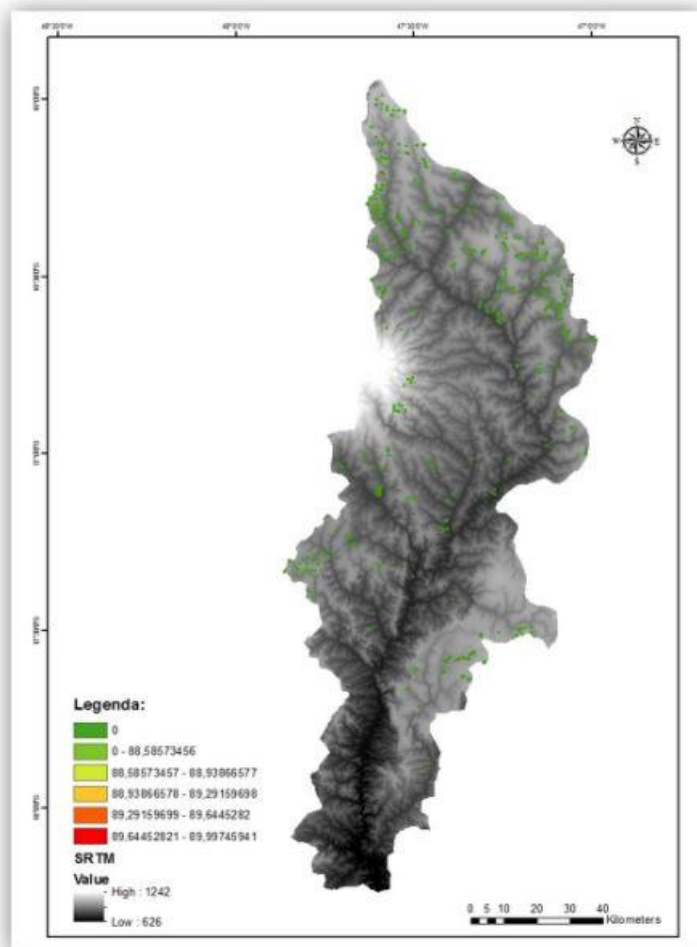


Figura 9 – Parâmetros morfométricos dos pivôs centrais dos anos 2000 e 2014 (Declividade).

No ano 2000 a bacia comportava 395 pivôs centrais e em quatorze anos o número de pivôs cresceu significativamente, passando para 1172 em 2014, aumentando o número de novos produtores rurais com alta capacidade tecnológica voltada a produção agrícola. O total da área irrigada por pivô central em 2000 era de 31083,1308 hectares, até o ano de 2014 essa área subiu para 91152,394 hectares. Em comparação ao trabalho de FERNANDEZ *et al* (2013) que estudou a mesma região, nota-se que as áreas totais dos pivôs em todos os anos comparáveis são sempre maiores que os apontados neste trabalho, o fato pode ser atribuído principalmente à forma como o mapeamento desses pivôs foram feitos, de maneira manual, onde cabe a interpretação individual de quem está encarregado em fazer este trabalho. Outro fator responsável pela diferença pode ser apontado pela quantidade de imagens utilizadas no processo, uma vez que no trabalho referido foram utilizadas até cinco imagens de cada ano e no presente trabalho foram adquiridas o maior número de imagens possíveis, visto que ao longo dos anos alguns pivôs deixaram de existir na bacia assim como foram acrescentados. Ao comparar os dois trabalhos, tenho como intuito apenas apontar as diferenças entre ambos, de modo que os resultados foram diferentes.

A medida que a área irrigada aumenta se agravam os conflitos pelo uso dos recursos hídricos, uma vez que a população se conscientiza sobre a escassez e em contra partida, sobre a importância da água de boa qualidade vindas dos mananciais que compõem a bacia.

Apesar da quantidade de pivôs ter crescido aproximadamente quatro vezes de 2000 até 2014, a distribuição espacial manteve-se a mesma. As áreas irrigadas continuam espalhadas em sua maior parte a montante da bacia, de modo que a densidade de pivôs centrais no local seja intensamente maior.

Nessa região as áreas são formadas em sua maior parte por latossolos, que por serem solos profundos e bem drenados, característico de áreas aplainadas como chapadas, que viabiliza a apropriação por culturas através de seu alto nível tecnológico da agricultura, como o pivô central de irrigação.

## 5. CONCLUSÕES.

A análise multitemporal por meio de imagens Landsat 5 e 8 permitiu detectar o grande aumento de pivôs centrais na bacia do rio São Marcos durante o período de 2000 a 2014. Desta maneira pode-se afirmar que a agricultura irrigada por meio de pivôs centrais na Bacia do São Marcos está em pleno vapor. A localização com todos os elementos favoráveis e grandes áreas ainda não exploradas demonstra um viés de aumento do número pivôs nos próximos anos conforme mostrados nos gráficos. Isto aquece a procura por novas áreas para investimentos cada vez mais pesados da agricultura. A capacidade de investimento na região é certa e consolidada, nos próximos anos é efetivo que as áreas agrícolas se expandam ainda mais. Os resultados estatísticos apontados mostram que a evolução do número de pivôs na bacia continua ocupando áreas planas posicionadas nas áreas de maior altitude nas cabeceiras dos afluentes.

Por outro lado o crescente desenvolvimento da agricultura necessita também de maior demanda do uso de recursos hídricos dessas localidades, o que de certa forma é o maior gerador de conflitos pelo uso da água no local. Porém, medidas incentivadoras da ampliação da produtividade na bacia recomendam também que os produtores instalem em suas propriedades estações tempo-pluviométricas para melhor desempenho do uso da água, uma vez que essas estações quantificarão e apontarão a real necessidade de reposição hídrica para as culturas, indicando o melhor uso da água, de maneira consciente e evitando desperdício. Mas, apesar de toda a tecnologia empregada, se os usuários não respeitam os limites impostos pelas agências reguladoras, os conflitos pelo uso da água na Bacia do São Marcos podem vir a se agravar.

Em relação ao plantio, a forma do manejo da terra para projetos diretamente relacionados a agricultura irrigada devem levar em conta aspectos sociais da região tais como os ecológicos, onde é necessário a procura da maximização da produtividade juntamente com o uso eficiente da água; minimizar os custos tanto da mão-de-obra quanto do capital, de forma que a utilização da irrigação seja produtiva mantendo as condições naturais da umidade do solo, para o bom desenvolvimento da cultura a ser irrigada. Assim como melhorar ou no mínimo manter as condições físicas, químicas e

biológicas do solo, para gerar vida longa e útil do projeto de agricultura, assim como a vida útil da sociedade inserida.

Um dos principais controladores de impactos ambientais gerados pela agricultura irrigada são as agências reguladoras. Os parâmetros que controlam a irrigação como uma política intensiva do manejo, por exemplo, são passos fundamentais para serem aplicados aos usuários. A fase do planejamento também é importante pois sua elaboração permite modificações necessárias a cada projeto em particular, diagnosticando possíveis impactos e demais efeitos negativos, possibilitando serem reparados antes de o projeto entrar em prática contribuindo para a utilização sustentável da bacia.

De forma geral, a agricultura continua a ser o carro chefe da economia brasileira, ganhando cada vez mais espaço e expandindo suas fronteiras, possibilitando novas técnicas de inovação e modernização para um uso efetivo e certamente mais potente com o passar dos anos. Maiores investimentos nesse setor pode se tornar um investimento para o futuro do país que já tem seu mercado agrícola consolidado no mundo.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

AB' SABER, Aziz Nacib. Os domínios de natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas. São Paulo: Ateliê Editorial, 2003. p. 159.

BARBOSA, R. P. Avaliação de Riscos Ambientais na Região de Sobradinho, Distrito Federal. Dissertação (Mestrado em Planejamento e Gestão Ambiental) - Universidade Católica de Brasília. Brasília: UCB, 2010.

BRAGA, A. L.; OLIVEIRA, J. C. Identificação e quantificação de áreas irrigadas por pivô central utilizando imagens CCD/CBERS. Anais XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Goiânia, Brasil, 16-21 de Abril. 2005, INPE p. 849-856.

CARDOSO, H.E.A.; MANTOVANI, E.C.; COSTA, L.C. As águas da agricultura. Agroanalysis. Instituto Brasileiro de Economia/Centro de Estudos Agrícolas. Rio de Janeiro. 1998. p.27-28.

COMITÊ DA BACIA DO RIO PARANOÁ. Bacia Hidrográfica do Rio São Marcos. Brasília, 2014. Disponível em: <[http://www.cbhparanoa.df.gov.br/bacia\\_saomarcos.asp](http://www.cbhparanoa.df.gov.br/bacia_saomarcos.asp)>. Acesso: 10 jun. 2014.

FERNANDEZ, G. A. V.; SCHERER-WARREN, M.; JUNIOR, C. B. Taxas de uso de uma série histórica de pivôs centrais em uma bacia do Cerrado. XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR, Foz do Iguaçu, PR, Brasil, 13 a 18 de abril de 2013, INPE.

FLORÊNCIO, B. A. B.; MALVINO, E. S.; PIMENTEL, M. R. S.; SOUSA, P. C.; ASSUNCAO, W. L. USO DA ÁGUA NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SÃO MARCOS - GOIÁS/BRASIL. In: 12 Encuentro de Geógrafos de América Latina, 2009, Montevideo. 12 Encuentro de Geógrafos da América Latina, 2009.

FOLEGATTI, M.V.; Pessoa, P.C.S.; Paz, V.P.S. 1998. Avaliação do desempenho de um pivô central de grande porte e baixa pressão. Scientia Agrícola. vol. 55 n.1 Piracicaba.

FURUKAWA, M.C.; BERNARDO, S.; SOARES, A.A.; RAMOS, M.M. Avaliação da irrigação por pivô central na região de Rio Verde - GO. *Ceres*, Viçosa, v.41, n.233, p.36-49, 1994.

GONÇALVES, A. C. A.; FOLEGATTI, M. V.; SILVA, A. P. Estabilidade temporal da distribuição espacial da umidade do solo em área irrigada por pivô central. R. Bras. Ci. Solo, 23: 155-164, 1999.

GUIMARÃES, D. P.; LANDAU, E. C.; REIS, R. J. Caracterização da bacia hidrográfica do Rio São Marcos. 2012.

INSTITUTO BRASÍLIA AMBIENTAL. Bacias do DF. Brasília, 2012.



LETEY, J. The Study of Soil Structure: Science or art. Aust. J. Soil. Res., 29:699-707. 1991.

LOEBMANN, D. G.; GUIMARÃES, R. F.; BETTIOL, G. M.; FREITAS, L. F.; REDIVO, A. L.; JÚNIOR, O. A. C. Análise multitemporal do uso da terra por sensoriamento remoto para as diferentes unidades pedológicas da bacia do rio Jardim, importante produção agrícola do Distrito Federal. Geosul, Florianópolis, v. 20, n. 39, p. 83-103, jan/jun. 2005.

MAIA NETO, R.F. Água para o desenvolvimento sustentável. A Água em Revista, Belo Horizonte, n.9, p.21-32, 1997.

MATA, J. D. V. et al. Relação entre produtividade e resistência à penetração em área irrigada por pivô central, sob dois sistemas de preparo. Acta Scientiarum. 21(3): 519-525, 1999. Disponível em: <<http://periodicos.uem.br/ojs/index.php/ActaSciAgron/article/view/4264/2942>> Acesso: 17 Nov. 2014.

MENDES, C.A.B.; CIRILO, J.A. Geoprocessamento em recursos hídricos: princípios, integração e aplicação. Porto Alegre: ABRH, 2001. p. 536.

MOREIRA, M.A. Fundamentos do sensoriamento remoto e metodologias de aplicação. São José dos Campos: INPE, 2001. p. 250.

OLIVEIRA, M. N. S.; WEHRMANN, M. E. S. de F. O conflito pelo uso da água no núcleo rural Santos Dumont: o caso da bacia do Ribeirão Pipiripau. In: Suzi Huff Theodoro. (Org.). Mediação de Conflitos Socioambientais. Rio de Janeiro: Garamond, 2005, v., p. 135-146.

PAZ, V. P. S.; TEODORO, R. E. F.; MENDONÇA, F. C. Recursos hídricos, agricultura irrigada e meio ambiente. Ver. Bras. Eng. Agríc. Amb. v. 4, n. 3. Campina Grande. Set/Dez. 2000. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1415-43662000000300025&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1415-43662000000300025&script=sci_arttext)> Acesso em: 20 Set. 2014.

PINTO, J. M.; SILVA, C.; OLIVEIRA, C. Influência de variáveis climáticas hidráulicas no desempenho da irrigação por um pivô central no Oeste Baiano. Eng. Agríc. Jaboticabal. v. 26, n. 1, p. 76-85, Jan/Abr, 2006.

PRUSKI, F.F.; SILVA, D.D. Comitês da Bacia Hidrográfica: A descentralização em busca da ciência. In: I Encontro para Conservação da Natureza, Viçosa - MG, Brasil, 21-24 de setembro 1997, Anais. Viçosa - UFV, p. 156-163.

RAMOS, M.M.; MANTOVANI, E.C. Sistemas de irrigação e seus componentes. In: COSTA, E.F. da; VIEIRA, R.F.; VIANA, P.A. (Ed.). Quimigação: aplicação de produtos químicos e biológicos via irrigação. Brasília: EMBRAPA-CNPMS-SPI, 1994. p. 41-84.

SALASSIER, B. Impacto ambiental da irrigação no Brasil. Ver. Brasileira de Engenharia da Agricultura - Série Irrigação e Drenagem. v.1, n.1. Viçosa, MG, Departamento de Engenharia Agrícola, p. 1-13. 1992.

SANO, E. E.; LIMA, J. E. F. W.; SILVA, E. M.; OLIVEIRA, E. C. Estimativa da variação da demanda de água para irrigação por pivô central no Distrito Federal entre 1992 e 2002. Eng. Agríc., Jaboticabal, v. 25, n. 2, p. 508-515, Maio/Ago. 2005.

SILVA, D.D.; PRUSKI, F.F. Recursos hídricos e desenvolvimento sustentável da agricultura. Brasília, DF: MMA; SRH; ABEAS; UFV, 1997. p. 252.

SILVA, E.M.; AZEVEDO, J.A. Dimensionamento da lateral de irrigação do pivô-central. Planaltina: Embrapa-CPAC, 1998. 54 p. (Documentos, 71).

SILVA, H. L.; CIDADE, L. C. F. Desenvolvimento agrícola, território e sustentabilidade no Brasil. Este trabalho representa uma análise a partir da Tese de Doutorado, com o título “Desenvolvimento Agrícola, Gestão do Território e Efeitos Sobre a Sustentabilidade na Região Centro-Oeste, Brasil”, do Centro de Desenvolvimento Sustentável – CDS, da Universidade de Brasília – UnB, defendida em maio de 2008.

SILVA, L. M. C.; HORA, M. A. G. M. Conflito pelo uso da água na bacia hidrográfica do rio São Marcos: o estudo de caso da UHE Batalha. ENGEVISTA, v. 17, n. 2, p. 166-174, Junho, 2015.

SPAGNOLO, T. F. O.; JUNIOR, A. F. C. Expansão da agricultura irrigada por pivô central no Centro-Oeste entre os anos de 1984 e 2008. Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Foz do Iguaçu, PR, Brasil, 13 a 18 de Abril de 2013, INPE.