

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE ENGENHARIA
CAMPUS DE ILHA SOLTEIRA

EMANOELE CAROLINE AMENDOLA

**EVOLUÇÃO DA AGRICULTURA IRRIGADA POR PIVÔ CENTRAL NO
NOROESTE PAULISTA**

ILHA SOLTEIRA - SP
2016

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE ENGENHARIA
CAMPUS DE ILHA SOLTEIRA

EMANOELE CAROLINE AMENDOLA

**EVOLUÇÃO DA AGRICULTURA IRRIGADA POR PIVÔ CENTRAL NO
NOROESTE PAULISTA**

Trabalho de Graduação
apresentado à Faculdade de
Engenharia do Campus de Ilha
Solteira UNESP, como parte
dos requisitos para obtenção
do grau de Engenheiro
Agrônomo.

Orientador: Prof. Dr. Fernando Braz Tangerino Hernandez

ILHA SOLTEIRA - SP
2016

Dedico este trabalho aos meus familiares e amigos que sempre apoiaram minhas decisões e trajetória até aqui.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a todos os meus familiares, em especial as minhas irmãs Elisandra e Elaine e meus pais Isabel e Antonio, por me darem a vida, apoio emocional - financeiro e por sempre estarem em “minha retaguarda”, viabilizando a minha formação e a pessoa que sou.

Agradeço ao Professor Dr. Fernando Braz Tangerino Hernandez pela dedicação em me orientar neste - e em outros - trabalho durante três anos e meio da minha Graduação, oferecendo além de seus ensinamentos e oportunidades, valores morais como amizade e resiliência.

Agradeço a Turma XL de Agronomia, em especial os amigos Lucas, Milena, Camila e Orestes pela amizade, companheirismo e por se tornarem minha família em Ilha Solteira.

Agradeço a toda Equipe da Área de Hidráulica e Irrigação da UNESP Ilha Solteira, Daniel N. C. Nuñez, Diego G. Feitosa, Eric S. Araújo, Fernanda B. Costa, Isabela B. Américo, Jean Q. Mariano, Júlia T. da Silva, Lucicléia Romano, Paulo H. Pissolito, Renato A. M. Franco, Ronaldo C. Lima, Vitor F. Trinca e Yane F. Silva, que estiveram comigo durante os anos de iniciação científica, pela amizade, apoio e trabalho em equipe.

Agradeço a UNESP e todos os professores que contribuíram para minha formação e especialmente aos que criaram obstáculos para que eu os pudesse superar e assim engrandeceram a conquista de obtenção do grau de Engenheira Agrônoma.

Agradeço a todos os amigos que fiz, em todos os lugares que passei e me acolheram, assim como a vida pelas oportunidades que me foram acontecendo, independente de quem as proveu.

Mais uma vez, Obrigada!!!

“Por mais longe que seja
a caminhada, o
importante é dar o
primeiro passo. ”

(Vinicius de Moraes)

RESUMO

O noroeste paulista apresenta as maiores taxas de evapotranspiração do estado de São Paulo e também 8 meses de déficit hídrico, o que torna o uso de sistemas de irrigação fundamental para minimizar fatores de risco e aumentar a chance de obter a produtividade potencial das culturas agrícolas.

O uso de ferramentas de sensoriamento remoto está intensificando-se na agricultura, pois possibilita a gestão de grandes áreas sem necessariamente que o gestor esteja presente *in loco*, e desta forma, auxilia no planejamento e gerenciamento das áreas agricultáveis.

Neste trabalho utilizou-se do software ArcGIS para determinar a evolução da área irrigada por pivôs centrais nas Bacias Hidrográficas dos Rios Turvo/Grande, São José dos Dourados e a margem direita do Baixo Tietê entre os anos de 2000 a 2015, que quando analisados em conjunto com os dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística acerca de produção e área colhida, possibilitou-se verificar a importância da agricultura irrigada para a região denominada noroeste paulista.

O noroeste paulista saiu de uma área irrigada em 2000 de 6802 hectares possibilitados por 86 equipamentos e chegou a 2015 a uma área irrigada por pivô central de 13.331 hectares, possibilitado pela implantação de 116 novos equipamentos, um crescimento de 96 % na área irrigada, em média novos 408 hectares irrigados anualmente, e tendência de diminuição na área média dos equipamentos, que se concentram nas margens da área estudada.

No âmbito econômico, em média, a agricultura movimentou 14,6 milhões de reais em 2005 e 42 milhões de reais em 2013 em cada município do noroeste paulista, o que representou 8 e 12% do Produto Interno Bruto respectivamente.

Palavras-chave: Agricultura Irrigada. Pivô Central. Noroeste Paulista.

ABSTRACT

The northwestern region of Sao Paulo state has the highest evapotranspiration rates in the state of Sao Paulo, and eight months of drought. It makes the use of irrigation systems the key for reducing risk factors; besides, it increases the chance of getting the potential productivity of agricultural crops.

The use of remote sensing tools is getting more intense on agriculture. That is because it allows the management of large areas without necessarily a manager be present *in loco*. Thus, it helps on planning and managing a farm land.

In this work, we used the ArcGIS software to determine the evolution of the irrigated area by central pivots in the Turvo / Grande, Sao José dos Dourados and the right bank of the Baixo Tietê River Basin, between the years of 2000 - 2015. When we analyzed it along with datas related to production and harvested areas from the “Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística”, it was possible to verify the importance of irrigated agriculture in the northwest region of Sao Paulo state.

The northwestern region of Sao Paulo state left behind in 2000 an irrigated area of 6802 hectares, which was possible by using 86 equipments. In 2015, it reached an irrigated area by central pivot of 13,331 hectares. It was possible by the deployment of 116 new equipments, which means an increase of 96% in the irrigated area. Annually, an average area of new 408 hectares is implanted; it tends into a decrease of the equipments average area, which is concentrated on the banks of the studied area.

In the economic sphere, in average, agriculture made R\$14.6 million in 2005 and R\$ 42 million in 2013. That's on each county of northwestern Sao Paulo state region, which represents 8 to12% of the GDP from that region, respectively.

Keywords: Irrigated Agriculture. Central pivot. Northwestern Paulista.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Regiões hidrográficas do brasil. -----	17
Figura 2: Noroeste Paulista. -----	20
Figura 3: Etapas desenvolvidas em cada período. -----	22
Figura 4: Evolução da área irrigada e do número de equipamentos do tipo pivô central no noroeste paulista.-----	31
Figura 5: Incremento em área irrigada e equipamentos do tipo pivô central no noroeste paulista. -----	33
Figura 6: Distribuição dos pivôs centrais no noroeste paulista no ano 2000. -----	34
Figura 7: Distribuição dos pivôs centrais no noroeste paulista no ano 2005. -----	35
Figura 8: Distribuição dos pivôs centrais no noroeste paulista no ano 2010. -----	35
Figura 9: Distribuição dos pivôs centrais no noroeste paulista no ano 2015. -----	36
Figura 10: Expansão da agricultura irrigada por pivôs centrais no noroeste paulista. -----	37

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Eficiência dos sistemas de irrigação.-----	15
Tabela 2: Data das cenas utilizadas no estudo do satélite Resourcesat-1.-----	23
Tabela 3: Data das cenas utilizadas dos satélites da família Landsat.-----	24
Tabela 4: Composição de cores e satélites utilizados no estudo.-----	24
Tabela 5: Área irrigada por pivô central nas bacias hidrográficas do Baixo Tietê (margem direita) e do São José dos Dourados entre 2000 e 2015.-----	27
Tabela 6: Área irrigada por pivô central na bacia hidrográfica do Turvo e Grande de 2000 e 2015.-----	29
Tabela 7: Índice de área irrigada por pivô central nas bacias do noroeste paulista em 2015.-----	30
Tabela 8: Comparativo entre área irrigada, produtividade e valor da produção agropecuária em 9 municípios do noroeste paulista.-----	39

SUMÁRIO

SUMÁRIO	9
1. INTRODUÇÃO	11
2. DESENVOLVIMENTO	12
2.1. Irrigação no Brasil	12
2.2. Métodos e Sistemas de Irrigação	14
2.3. Sensoriamento Remoto na Agricultura	16
2.4. Bacias Hidrográficas	16
3. MATERIAL E MÉTODOS	20
3.1. Localização da Área de Estudo	20
3.2. Processamento	22
3.3. Identificação das Áreas Irrigadas	25
3.4. Dados Municipais	25
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	27
4.1. Expansão da agricultura irrigada	27
4.2. Produtividade por município	37
5. CONCLUSÕES	41
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	42
7. ANEXOS	48

1. INTRODUÇÃO

O uso de sensoriamento remoto tem sido muito benéfico para a agricultura. Segundo Rudorff e Moreira (2002), entre as vantagens da técnica estão: estimar a área das culturas agrícolas com alto grau de precisão, reduzir o tempo e o custo do levantamento das informações a campo.

Segundo o IBGE, no Censo Agropecuário de 2006, 6,3% dos estabelecimentos do País usavam sistemas de irrigação. A área irrigada neste mesmo estudo foi de 4,45 milhões de hectares ou 7,4% da área total das lavouras. Segundo Hernandez et al., 2006, o noroeste paulista apresenta em média oito meses de déficit hídrico e ainda os maiores índices de evapotranspiração do estado de São Paulo, o que, segundo Damião *et al.* (2010), torna a irrigação uma técnica imprescindível para garantir o máximo da produtividade das culturas. Segundo Amendola *et al.* (2015) em 2014 o noroeste paulista apresentava uma área irrigada por pivô central de aproximadamente 12800 hectares.

Ao investir em agricultura irrigada o produtor não somente faz o seu “seguro contra a seca” e se aproxima das altas produtividades, como também movimenta a economia ao empregar uma mão-de-obra, geralmente tecnificada e alcançar altas produtividades.

Segundo Heinze (2002) no perímetro irrigado de Gorutuba, nos municípios de Janaúba e Nova Porteirinha, em Minas Gerais, foi verificado que os salários pagos no perímetro eram maiores que os oferecidos aos trabalhadores da indústria e comércio local, outro impacto importante destacado pelo autor foram os efeitos multiplicadores decorrentes do aumento na demanda de bens de consumo e serviços, como aumento no número de estabelecimentos comerciais e industriais, gerando mais empregos e renda a população local.

Os objetivos deste trabalho foram identificar as áreas irrigadas por pivô central, confrontando-os com a estatística oficial, e assim avaliar a evolução da área irrigada por esses equipamentos e verificar a importância econômica da agricultura irrigada nos municípios e bacias hidrográficas do noroeste paulista, nos anos 2000 até 2015.

2. DESENVOLVIMENTO

2.1. Irrigação no Brasil

Segundo Bernardo *et al.* (2008) utilizando-se da agricultura irrigada, em regiões semiáridas, um hectare irrigado gera em torno de 0,8 a 1,2 emprego direto, enquanto no sequeiro esse valor é na ordem de 0,22 emprego por hectare e também possibilita aumento de produtividade na ordem de 2,5 a 3,0 e o lucro bruto em até cinco vezes que em áreas não irrigadas, pois os custos de produção também são minimizados.

Segundo a ABAG, 2002, citado por Testezlaf *et al.* (2002), um em cada quatro reais produzidos na economia tem raízes na agropecuária. O agronegócio também emprega 37 brasileiros em cada grupo de cem empregados e seus produtos compuseram 30,3 % das exportações brasileiras em 2000, quando a balança comercial apresentou déficit. “Naquele ano, o país comprou no exterior 700 milhões de dólares acima do que exportou. Tomado isoladamente, o complexo agroindustrial teve ótimo desempenho, pois vendeu lá fora muito mais do que comprou” cita Testezlaf (2002).

Segundo Pielou (1998) citado por Tundisi 2006, embora o ciclo hidrológico seja único para todo o planeta, o volume de cada um de seus componentes varia nas diferentes regiões do planeta e por bacia hidrográfica. Todas as atividades humanas no planeta Terra consomem aproximadamente 6.000 km³ /ano com tendência a aumentar. Esse aumento do consumo global e sua possível redução dependem do gerenciamento e da inovação tecnológica disponível para aperfeiçoar os mecanismos de gestão.

Ao utilizar-se as técnicas de irrigação para satisfazer as demandas ou necessidades hídricas das plantas, mesmo que falte chuva, o risco de quebra de safra é minimizado, oferecendo maior garantia de produção. A redução dos riscos de quebra de safras é um fator importante a ser considerado quando se pensa em investir, tanto em áreas já ocupadas por unidades produtivas, como em áreas agrícolas com baixa taxa de ocupação de terras. Desta forma, a irrigação pode ser

vista como um elemento ampliador da disponibilidade de áreas e produtos, além de facilitador de capitalização na agropecuária (Testezlaf, 2002).

O Brasil é o detentor de aproximadamente 12 % das águas doces do planeta, a maior parte (70 %) dessa água está na bacia Amazônica (FOLEGATTI *et al*, 201-), e os outros 30% disponíveis para consumo humano e demais usos. Segundo (LIMA *et al*, 200-), por muito tempo permaneceu sem dar a devida importância ao uso e à preservação de seus recursos hídricos e, conseqüentemente, muitas providências deixaram de ser tomadas. Busca-se agora recuperar as perdas e aproveitar de forma racional as enormes potencialidades hídricas de que o país dispõe.

Estima-se que a área irrigada no mundo ocupe cerca de 17% de toda a terra agricultável e que, apesar de em menor quantidade, responda pela produção de mais de 40% de todo o alimento consumido (PAULINO *et al*, 2011). Já segundo Christofidis (2002), no mundo são cerca de 275 milhões de hectares irrigados, que correspondem a 18% de área de colheita total no planeta, sendo, entretanto, responsáveis por cerca de 42% da produção total da agricultura.

Segundo a Agência Nacional de Águas (2015), a área irrigada brasileira em 2012 foi de 5,8 milhões de hectares, ou cerca de 20% do potencial nacional que é de 29,6 milhões de hectares (MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL, 2013) ou até 81 milhões de hectares potenciais quando não se considera fatores como logística, aptidão agrícola e relevo, como apontou um estudo de cooperação técnica entre o Instituto Interamericano de Cooperação para a Agricultura e o Ministério da Integração Nacional (FEALQ, 2014). Houve um aumento significativo da agricultura irrigada no Brasil nas últimas décadas, crescendo sempre a taxas superiores às do crescimento da área plantada total (AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS, 2015).

Segundo a FEALQ, 2014, a região sudeste do Brasil é a que apresenta a maior área irrigada do país com 2.197.829 hectares, ou 36% do total nacional de área irrigada, seguida pela região Nordeste (25%), Sul (21%), Centro-Oeste (14%) e por último o Norte (3%). Ainda segundo este estudo São Paulo e Minas Gerais são os Estados que mais irrigam no Brasil, com um percentual de 17 e 14 respectivamente. Os Estados do Acre, Amapá, Amazonas, Pará, Rondônia, Roraima, Sergipe e Distrito Federal não atingiram se quer 1% do total de área irrigada nacional.

De acordo com FOLLEGATTI *et al*, 2011-, em 2004 foi realizado uma pesquisa pelo Ibope, onde os resultados mostraram que 88 % dos brasileiros acreditam que o país enfrentaria problemas de abastecimento de água a médio ou longo prazo, sendo que 74 % dos entrevistados apoiariam projetos de lei que estipulassem o pagamento pelo volume de água consumida com o objetivo de criar programas de conscientização das pessoas sobre o uso eficiente da água e a recuperação e proteção das bacias, porém 70 % dos entrevistados disse jamais ter ouvido falar dos comitês de bacias hidrográficas; dos que ouviram falar deles 92 % não conhece ninguém que participe de um comitê de bacia hidrográfica, ou seja, os entrevistados possuem consciência dos problemas futuros que a escassez de água possa proporcionar, mas desconhecem o mecanismo poderoso de gestão que representam os Comitês de Bacia Hidrográfica (CBH).

2.2. Métodos e sistemas de irrigação

A irrigação assume papel primordial no desenvolvimento dos arranjos produtivos. Embora aumente o uso da água, os investimentos no setor resultam em aumento substancial da produtividade e do valor da produção, diminuindo a pressão pela incorporação de novas áreas para cultivo (AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS, 2015).

Os métodos de irrigação são definidos de maneira sucinta na forma como a água deverá ser aplicada, enquanto os sistemas de irrigação são os equipamentos que serão utilizados para este fim. Segundo Frizzone (2012) existem basicamente 4 métodos de irrigação sendo eles o subterrâneo, onde é criado ou controlado um lençol freático a profundidade de interesse, o método por superfície, onde a água é conduzida pela superfície como no sistema de sulcos, o método de irrigação localizada com os sistemas de gotejamento e microaspersão e por fim o método de irrigação por aspersão que a água é aplicada simulando uma chuva e também onde se encaixa o sistema de pivô central, que são sistemas pressurizados que possuem uma base e torres que giram ao seu redor ao aplicar a água. Os sistemas de irrigação possuem eficiência diferente, sendo o sistema de irrigação por gotejamento

o que apresenta a maior eficiência e menor custo de mão de obra se bem projetado e manejado, conforme ilustrado na Tabela 1.

Tabela 1 - Eficiência dos sistemas de irrigação.

Sistema	Eficiência (%)	Mão de obra (h/ha/irrigação)
Sulcos	40 - 70	1,0 - 4,0
Convencional portátil	60 - 75	1,5 - 3,0
Convencional semi-portátil	60 - 75	0,7 - 2,5
Convencional permanente	70 - 85	0,2 - 2,5
Carretel enrolador	60 - 70	0,5 - 1,0
Pivô central	75 - 90	0,1 - 0,7
Gotejamento	75 - 95	0,1 - 0,3

Fonte: Adaptado de EMBRAPA (2007).

Segundo Bernardo *et al* (2008), a economia de mão-de-obra e as altas produtividades estão entre as razões que viabilizam o uso do pivô central, mesmo este não sendo o mais eficiente, desde que ocorram irrigações com frequência adequada e boa uniformidade.

O sistema de irrigação por pivô central permitiu a automação de todo processo de aplicação de água de forma artificial. Normalmente são utilizados para uso em grandes áreas e assim, os primeiros sistemas foram projetados para ajustar-se ao terreno devido à capacidade da tubulação de fletir entre as torres. Além desta vantagem, podemos destacar também a possibilidade de aplicação da lâmina d'água lenta e frequentemente, na intensidade de aplicação desejada, grande vantagem em solos arenosos ou argilosos, e a baixa mão de obra demandada para operar o sistema (TESTEZLAF, 2012). Os pivôs, seja central ou linear, são os sistemas que permitem irrigar grandes áreas com menor custo de implantação e oferece maior tecnologia embarcada, como por exemplo o pivô descrito por Peters & Evett (2008), citado por Evangelista *et al* (2010), que descreveram um sistema pivô central com automação embarcada acionada pela temperatura foliar dos cultivos. O pivô central foi escolhido para este trabalho porque além de grande importância econômica é um sistema de irrigação facilmente identificado em imagens de satélite, devido ao seu formato circular e grande raio.

2.3. Sensoriamento remoto na agricultura

A atividade agrícola tornou-se, uma importante atividade empresarial caracterizada pelo uso de agroquímicos, insumos, irrigação, entre outros, visando à obtenção de altas produtividades por unidade de área. Com o intuito de se elevar a quantidade disponível de alimentos, o emprego intensivo de técnicas e tecnologias requer um gerenciamento cada vez mais sofisticado do sistema de produção (QUIRINO *et al*, 2011), de modo a racionalizar as operações e otimizar a utilização de recursos.

Atualmente, o desenvolvimento do Sensoriamento Remoto permite realizar estudos diferenciados sobre diversas áreas do mundo. Através desta técnica é possível conhecer informações sobre o objeto sem contato físico entre o sensor e o alvo a ser estudado, devido à captação da energia proveniente do objeto e convertida em informações possíveis de análise e interpretação dos alvos (SOUZA, 2013).

A tecnologia de sensoriamento remoto apresenta um grande potencial para ser utilizada na agricultura. Através desta técnica, é possível obter informações sobre: estimativa de área plantada, produção agrícola, vigor vegetativo das culturas, avaliar as alterações no uso e cobertura da terra, além de fornecer subsídios para o manejo agrícola em nível de país, estado, município ou ainda em nível de microbacia hidrográfica ou fazenda (RUDORFF e MOREIRA, 2002).

2.4. Bacias Hidrográficas

Ao longo da história recente foram propostos diversos conceitos sobre bacia hidrográfica (BH). Segundo Barrella *et al.* (2007) citado por Teodoro *et al.* (2007) a definição mais correta para BH seria um conjunto de terras drenadas por um rio e seus afluentes, formada nas regiões mais altas do relevo por divisores de água, onde as águas das chuvas, ou escoam superficialmente formando os riachos e rios, ou infiltram no solo para formação de nascentes e do lençol freático. As águas

superficiais escoam para a parte mais baixa do terreno, formando riachos e rios, sendo que as cabeceiras são formadas por riachos que brotam em terrenos íngremes das serras e montanhas e à medida que as águas dos riachos descem, juntam-se a outros riachos, aumentando o volume de água e formando os primeiros rios, esses pequenos rios continuam seus trajetos recebendo água de outros tributários, formando rios maiores até desembocar no oceano.

Para facilitar o gerenciamento das bacias hidrográficas o Brasil está dividido em 12 regiões hidrográficas, conforme ilustrado na figura 1, das quais 3 passam pelo estado de São Paulo, e possuem grande importância para o país, sendo elas: Bacia do Paraná, que atinge 32% da população brasileira e abrange a região de maior desenvolvimento econômico do país, a Bacia do Atlântico Sudeste, que abrange o maior polo econômico e industrial do país e por fim a Bacia do Atlântico Sul, que tem início na fronteira dos estados de São Paulo e Paraná e se estende até o Chuí no Rio Grande do Sul (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2009).

Figura 1: Regiões hidrográficas do Brasil.



Fonte: Projeto Brasil das Águas, 2013.

Além das bacias hidrográficas outros termos técnico-científico são de sub-bacia e microbacia hidrográfica, porém não apresentam uma convergência de conceito entre autores. Segundo Teodoro (2007) os autores utilizam diferentes unidades de medidas para definir a área de sub-bacias, que para o mesmo autor são áreas de drenagem de corpos d'água tributários de um rio principal.

Para gerir os recursos hídricos de uma bacia hidrográfica foram criados em 1998 os Comitês de Bacia Hidrográfica, sendo os participantes do órgão membros dos diversos setores de usuários da água, organizações da sociedade civil e do poder público. Suas principais competências¹ são: aprovar o Plano de Recursos Hídricos da Bacia, mediar e arbitrar conflitos pelo uso da água, em primeira instância administrativa, estabelecer mecanismos e sugerir os valores da cobrança pelo uso da água.

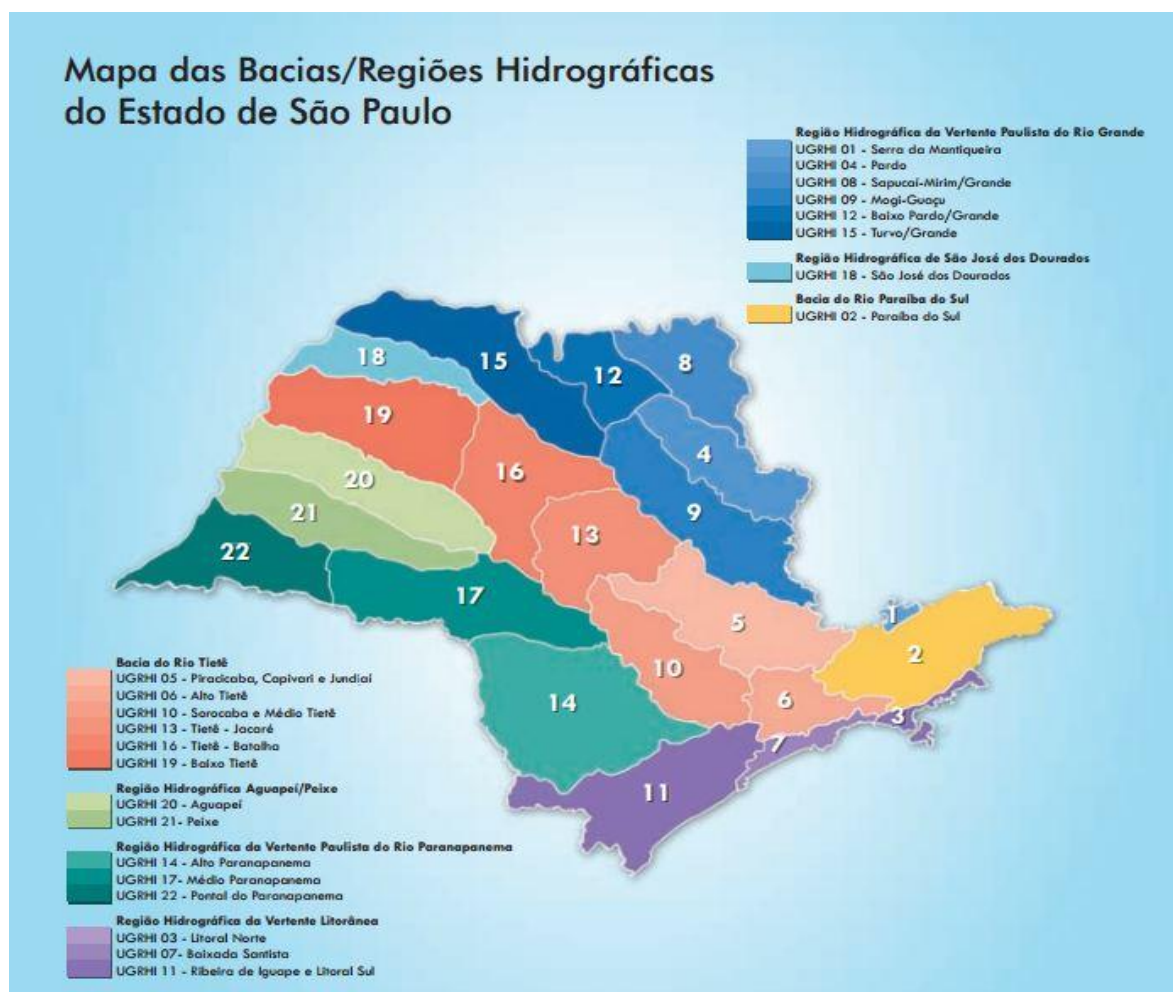
As decisões tomadas nas bacias hidrográficas do Estado de São Paulo são baseadas no Plano Estadual de Recursos Hídricos - PERH que estabelece as diretrizes e critérios de gerenciamento na escala estadual, e busca refletir as necessidades regionais nos planos de bacia (Sistema Integrado de Gerenciamento dos Recursos Hídricos do Estado de São Paulo). O plano de bacias tem como objeto de estudo não a BH propriamente dita, mas as Unidades de Gerenciamento dos Recursos Hídricos -UGRHs - que constituem unidades territoriais “com dimensões e características que permitam e justifiquem o gerenciamento descentralizado dos recursos hídricos” (art.20 da Lei Estadual 7663 de 30/12/1991²).

O Estado de São Paulo está dividido em 7 Regiões Hidrográficas e 22 Unidades de Gerenciamento dos Recursos Hídricos, conforme a figura 2.

¹ Comitê de Bacias Hidrográficas: <http://www.cbh.gov.br/ComoCriar.aspx>

² Art.20 da Lei Estadual 7663: http://www.socioambiental.org/esp/agua/doc/9866_1997.pdf

Figura 2: Mapa das bacias/ regiões hidrográficas do estado de São Paulo.



FONTE: DAAE, 2008.

Foram alvos deste estudo as Bacias Hidrográficas do Turvo/Grande (15), São José dos Dourados (18) e a Margem direita do rio Tietê (19), que caracterizam o chamado noroeste paulista, onde está localizado o município de Ilha Solteira e a Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira / UNESP.

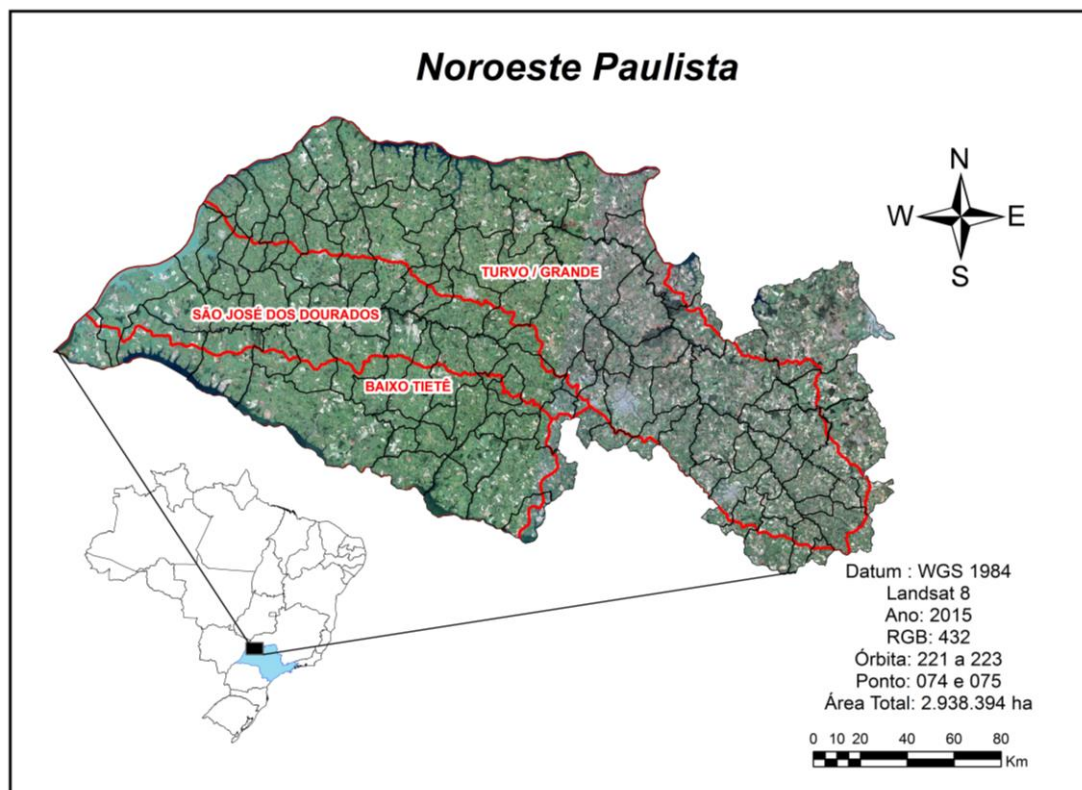
3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Localização da área de estudo

Foi considerado Noroeste Paulista as 113 cidades localizadas no Estado de São Paulo e nas bacias hidrográficas do Turvo/Grande, São José dos Dourados e a margem direita do Baixo Tietê, que somadas totalizam 2.938.394 (dois milhões novecentos e trinta e oito mil trezentos e noventa e quatro) hectares, conforme mostra a figura 3. Destes 1.594.884 hectares se localizam na Bacia Hidrográfica do Tuvo/Grande, 678.690 hectares na Bacia Hidrográfica do São José dos Dourados e 664.820 hectares na margem direita do Baixo Tietê.

O noroeste paulista é caracterizado por ter a maior taxa de evapotranspiração média do Estado (HERNANDES *et al*, 2006; SANTOS *et al*, 2010), tornando o uso da irrigação imprescindível para a região (DAMIÃO *et al*, 2010).

Figura 2: Noroeste Paulista.



Fonte: Próprio Autor.

Segundo o Comitê de Bacia Hidrográfica dos rios Turvo e Grande (CBH-TG), esta bacia abrange 89 municípios, dos quais 66 participam do órgão que gerencia os recursos hídricos locais. A bacia hidrográfica (BH) também se localiza sobre três aquíferos, sendo eles o Serra Geral, o Bauru e o Guarani e cerca de 79% dos municípios são totalmente abastecidos por água subterrânea, esta BH ainda possui uma disponibilidade hídrica superficial de $23,3 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$. Ainda segundo este órgão a BH sofre com problemas ambientais que contribuem para a degradação dos recursos hídricos locais. As principais atividades agrícolas desta BH são a cana-de-açúcar, laranja, seringueira e a fruticultura.

Segundo o Comitê de Bacias Hidrográficas do rio São José dos Dourados, esta BH possui uma disponibilidade hídrica superficial total de $10,72 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ e abrange 41 municípios, dos quais 19 são abastecidos exclusivamente por águas subterrâneas. As principais atividades agrícolas desta BH são a fruticultura e a pecuária leiteira.

A BH do Baixo Tiete foi estudada apenas a sua margem direita que incluiu 19 municípios, que somam 643.816 (seiscentos e quarenta e três mil oitocentos e dezesseis) hectares. Segundo o Comitê de Bacia Hidrográfica do Baixo Tietê essa BH tem na o setor sucroalcooleiro sua principal atividade agrícola juntamente com a agropecuária.

Para a realização deste estudo foi escolhido o sistema pivô central porque permite uma rápida visualização em uma imagem de satélite e assim ao verificar sua evolução em número e área no decorrer dos anos 2000 até 2015.

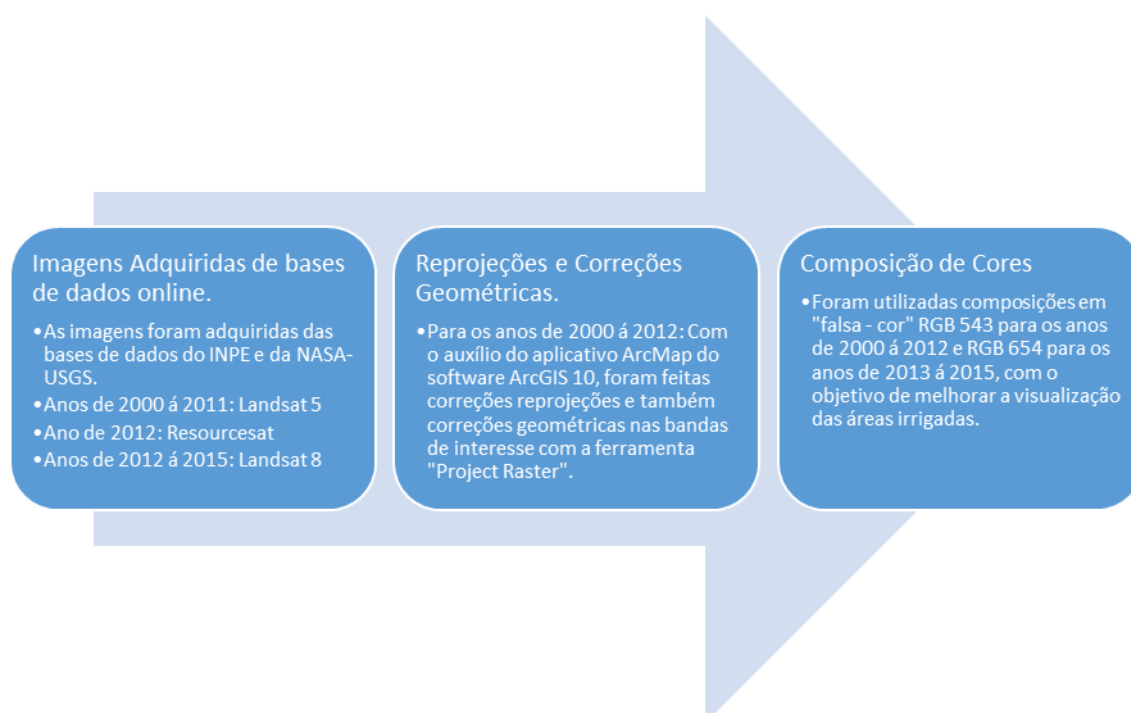
No noroeste paulista o sistema de pivô central é utilizado majoritariamente para o cultivo de cereais, e ocasionalmente pelo cultivo de frutícolas, com ênfase em culturas cítricas, e cana-de-açúcar. O aumento da área irrigada pode ocasionar maior demanda por recursos hídricos. Neste sentido torna-se importante conhecer a distribuição destas estruturas, no intuito de ordenar a ocupação e favorecer o uso racional dos recursos naturais (SPAGNOLO E COUTO JUNIOR, 2013).

3.2. Processamento

O processamento das imagens foi realizado no software ArcGIS, desenvolvido pela empresa norte americana ESRI, em sua versão 10.0 licenciada para o Laboratório de Hidráulica e Irrigação da UNESP de Ilha Solteira. O software foi escolhido por oferecer boa qualidade gráfica e ótimas ferramentas práticas para a realização deste trabalho.

O processamento das Imagens pode ser dividido em 3 períodos, divididos em etapas, de acordo com Figura 4, e o satélite utilizado sendo elas: a aquisição das imagens, re-projeções e correções geométricas e pôr fim a composição de cores.

Figura 3: Etapas desenvolvidas em cada período.



Fonte: Próprio Autor.

Para o primeiro período, de 2000 a 2011, foi utilizada imagens do satélite americano Landsat 5, conforme ilustrado na Tabela 3, que possuía 6 bandas espectrais, com resolução espacial de 30 metros e ainda uma banda termal com resolução espacial de 120 metros e cenas de 185 x 185 Km (INSTITUTO

NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS, 2009). Suas imagens são disponibilizadas gratuitamente pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), e neste estudo foram utilizadas as bandas 5,4 e 3, pois esta combinação define melhor os limites entre solo, água e vegetação. Neste período as imagens necessitaram de re-projeções e correções geométricas para coordenadas projetadas em UTM, sob o datum WGS 1984, hemisfério sul e zona 22 S, que podem ser feitas de maneira individual ou em lotes através da ferramenta “Project Raster”, porém este satélite teve sua missão encerrada em 2011, dando início a ao segundo período.

Durante o ano de 2012 foi necessário utilizar o satélite indiano ResourceSat, conforme ilustrado na Tabela 2, que oferece uma resolução espacial de 23,6 metros e cenas de 148 x 148 km (EMBRAPA MONITORAMENTO POR SATÉLITES, 2013) nas bandas 4, 3 e 2, que foi a composição de cores mais adequadas para este estudo. Para este ano foram feitas re-projeções e correções geométricas nos mesmos parâmetros do período de 2000 á 2011.

Tabela 2: Data das cenas utilizadas no estudo do satélite Resourcesat-1.

Satélite	Órbita	326		325		324	
	Ano\Ponto	092	091	092	091	092	091
Resourcesat - 1	2012	19-jul	19-jul	3-mai	3-mai	15-jun	15-jun

Fonte: Próprio autor.

Em 2013 entrou em operação o satélite americano Landsat 8, que possui até 8 bandas espectrais mais duas bandas termais com resolução espacial de 30 metros e cenas de 185 x 185 Km (EMBRAPA MONITORAMENTO POR SATÉLITES, 2013), sendo as imagens geradas as utilizadas nas análises (Tabela 3), na composição de cores 6, 5 e 4, que ofereceu uma ótima distinção entre solo, água e vegetação. As imagens deste satélite são disponibilizadas de forma gratuita pela *National Aeronautics and Space Administration* (NASA) e pela *U.S. Geological Survey* (USGS) e já possuem um pré-processamento quando disponibilizadas, dispensando assim correções geométricas.

Para melhor visualização das áreas irrigadas por pivô central, buscou-se sempre imagens livres de nuvens e preferencialmente as captadas nos meses de abril á agosto, conforme mostrado na tabela 3.

Tabela 3: Data das cenas utilizadas dos satélites da família Landsat.

Satélite	Órbita	223		222		221	
	Ano\Ponto	074	075	074	075	074	075
Landsat - 5	2000	2-abr	23-jun	13-mai	14-jun	23-jun	23-jun
	2001	11-ago	11-ago	3-jul	3-jul	13-ago	9-mai
	2002	11-ago	7-fev	12-jul	2-dez	3-set	7-fev
	2003	18-set	18-set	23-jun	23-jun	20-set	20-set
	2004	6-out	6-out	27-jul	27-jul	22-set	22-set
	2005	22-ago	22-ago	3-jul	15-ago	9-set	9-set
	2006	25-ago	25-ago	19-set	17-jul	12-set	12-set
	2007	12-ago	12-ago	21-ago	21-ago	15-set	15-set
	2008	17-out	29-jul	24-set	24-set	1-set	17-set
	2009	27-abr	2-set	27-set	26-ago	29-abr	29-abr
	2010	20-ago	17-jun	29-ago	29-ago	22-ago	22-ago
	2011	8-set	8-set	17-set	17-set	26-set	26-set
Landsat - 8	2013	-	-	18-jun	9-nov	29-jul	-
	2014	14-jul	30-jul	23-jul	-	2-set	-
	2015	-	-	8-jun	-	19-jul	4-ago

Fonte: Próprio autor.

No total foram utilizadas 88 imagens de três satélites diferente, conforme mostrado na tabela 4, sendo 72 duas do satélite Landsat 5, 6 do ResourceSat e 10 do Landsat 8.

Tabela 4: Composição de cores e satélites utilizados no estudo.

Satélite	Período	Imagens	Composição de Cor
Landsat 5	2000 a 2011	72	543 (falsa cor)
ResourceSat	2012	6	432 (falsa cor)
Landsat 8	2013 á 2015	10	654 (falsa cor)

Fonte: Próprio autor.

Após o processamento das imagens partiu-se para a identificação das áreas irrigadas e consolidação do banco de dados.

3.3. Identificação das áreas irrigadas

Para realizar a contagem das áreas irrigadas por pivô central no noroeste paulista inicialmente foi necessário criar, para cada ano, um *shapefile* do tipo polígono com coordenadas projetadas em UTM, sob o *datum* WGS 1984, Hemisfério Sul e Zona 22 S, para que estivessem alinhadas com as projeções das cenas dos satélites.

Admitindo o ano de 2000 como inicial e visando utilizar imagens preferencialmente do período de estiagem na região. Comparou-se ano a ano os *shapefiles* e assim foi possível identificar o ano em que os pivôs entraram em operação, ou seja, foi possível detectar o ano em que cada pivô central recebeu seu primeiro plantio.

Para realizar a identificação das áreas irrigadas por município foi usado um *shapefile* com os limites dos municípios disponibilizados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) de forma livre e gratuita em seu website (IBGE, 2010).

Além dos dados Ano de operação e município qual pertence, os pivôs também possuem referenciados os seus centros em coordenadas X e Y e a área de cada equipamento extraídos com o uso da ferramenta “*Calculate Geometry*”, o banco de dados ainda contém os campos Nome da Fazenda, Proprietário e cultura instalada.

3.4. Dados municipais

Os dados de produção total, valor da produção e área colhida por município foram obtidas do site oficial do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE),

que é o órgão oficial do governo responsável por coletar dados e estatísticas os municípios brasileiros e disponibilizar em sua plataforma online, de forma livre e gratuita. Para este estudo foi utilizado a ferramenta “informações sobre municípios brasileiros” localizada no site IBGE - Cidades (<http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/home.php>) que disponibiliza uma busca fácil pelo nome do município e os dados de Produção Agrícola Municipal divididos em lavouras de culturas permanentes e temporárias. As estimativas feitas pelos agentes do IBGE, através do preenchimento de formulários, resultam de contatos que os mesmos mantêm com técnicos do setor agrícola, com grandes produtores, e, ainda, do próprio conhecimento que o agente possui sobre as atividades agrícolas dos municípios ou região onde atua (IBGE, 2002).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Expansão da agricultura irrigada

De posse dos dados extraídos das 88 imagens de satélite e processados, tem-se a evolução da área irrigada no noroeste paulista - que é composto pelas bacias hidrográficas dos rios São José dos Dourados (SJD), da margem direita do Baixo Tietê e a bacia dos rios Turvo e Grande. Os dados foram comparados e assim segue a caracterização do noroeste paulista.

A Tabela 5 identifica o crescimento na área irrigada, no número de equipamentos, bem como a dinâmica na relação entre a área irrigada por pivô central e a área total de cada município nas bacias São José dos Dourados e na margem direita do Baixo Tietê. O município de Itapura destacou-se por ter 7,1% de sua área total irrigada por tipo pivô central e também obteve o maior crescimento na área irrigada durante os anos de 2000 e 2015 com 8 equipamentos e 383 hectares adicionados entre estes 16 anos, ou seja, uma área média de 48 hectares por pivô, alterando o perfil que se seguia de equipamentos irrigando áreas maiores. No Censo Agropecuário de 2006 (IBGE, 2009) constavam que os equipamentos deste sistema estavam distribuídos em 60 estabelecimentos e que estes somados apresentavam uma área total de 7.805 hectares, enquanto neste estudo, para o mesmo ano, foram identificados 164 equipamentos com uma área irrigada de 12.143 hectares.

Tabela 5: Área irrigada por pivô central nas bacias hidrográficas do Baixo Tietê (margem direita) e do São José dos Dourados entre 2000 e 2015.

Município	BH	ÁREA (ha)	2000			2015		
			Área Irrigada (ha)	Equipa - mentos	AI/AT (ha)	Área Irrigada (ha)	Equipa - mentos	AI/AT (ha)
Buritama	BT	32410	0	0	0,0	374	6	1,2
Itapura	BT	30436	1764	18	5,8	2147	26	7,1
Jose Bonifácio	BT	86319	299	3	0,3	394	4	0,5
Monções	BT	10561	0	0	0,0	48	1	0,5
Pereira Barreto	BT	57651	838	8	1,5	1036	10	1,8
Planalto	BT	28935	0	0	0,0	104	2	0,4
Santo Antonio do Aracanguá	BT	130774	35	1	0,0	319	3	0,2

Município	BH	AREA (ha)	2000			2015		
			Área Irrigada (ha)	Equipa - mentos	AI/AT (ha)	Área Irrigada (ha)	Equipa - mentos	AI/AT (ha)
Sud Mennucci	BT	58834	994	10	1,7	1320	13	2,2
Turiúba	BT	15333	0	0	0,0	250	4	1,6
Ilha Solteira	SJD	65163	197	2	0,3	264	3	0,4
Rubinéia	SJD	24142	0	0	0,0	97	1	0,4
Santa Fe do Sul	SJD	20672	93	2	0,4	112	2	0,5
Santana da Ponte Pensa	SJD	12842	46	1	0,4	32	1	0,2
Suzanópolis	SJD	32899	0	0	0,0	340	3	1,0
SUBTOTAL BT	BT	451252	3931	40	0,9	5992	69	1,3
SUBTOTAL SJD	SJD	155717	336	5	0,2	845	10	0,5
TOTAL		606969	4267	45	0,7	6837	79	1,1

Fonte: Próprio autor.

Já o município de Santana da Ponte Pensa, que já chegou a ter uma área irrigada de 78 hectares e 2 equipamentos em 2007, foi o único a apresentar decréscimo na área irrigada, porém não teve diminuição no número de equipamentos. Isso se deu porque naquele ano em que um pivô com 46 hectares localizado no sul da cidade foi identificado pela última vez enquanto, no mesmo ano, um pivô de 32 hectares, ao norte nas cenas estudadas, teve sua primeira identificação no município.

A Tabela 6 identifica o crescimento na área irrigada, no número de equipamentos, e a relação entre a área irrigada por pivô central e a área total de cada município na bacia dos rios Turvo e Grande, com o município de Riolândia se destacando como o maior crescimento entre os anos de 2000 a 2015, passando de 424 hectares em 2000, para 1354 hectares em 2015, ou seja, um crescimento de 219% na área irrigada ou 21 equipamentos com média de 44 hectares e 1,1% de sua área total irrigada por pivô central em 2015.

Tabela 6: Área Irrigada Por Pivô Central Na Bacia Hidrográfica Do Turvo E Grande De 2000 E 2015.

Município	AREA (ha)	2000			2015		
		Área Irrigada (ha)	Equipamentos	AI/AT (ha)	Área Irrigada (ha)	Equipamentos	AI/AT (ha)
Altair	31712	0	0	0,0	119	1	0,4
Alvares Florence	35970	0	0	0,0	202	5	0,6
Américo de Campos	24874	0	0	0,0	72	1	0,3
Cardoso	64052	442	8	0,7	1020	23	1,6
Cosmorama	44483	136	2	0,3	286	5	0,6
Estrela d'Oeste	29887	0	0	0,0	50	1	0,2
Fernandópolis	54709	0	0	0,0	118	2	0,2
Indiaporã	28595	97	1	0,3	0	0	0,0
Mesópolis	15264	0	0	0,0	79	1	0,5
Mira Estrela	21669	0	0	0,0	150	4	0,7
Mirassol	24837	0	0	0,0	40	1	0,2
Monte Alto	35046	124	5	0,4	64	2	0,2
Onda Verde	24511	45	1	0,2	137	2	0,6
Ouroeste	28777	0	0	0,0	177	2	0,6
Palestina	69470	80	1	0,1	254	4	0,4
Paranapuã	13027	52	1	0,4	89	2	0,7
Parisi	8506	0	0	0,0	77	5	0,9
Paulo de Faria	74668	403	6	0,5	590	10	0,8
Pedranópolis	26125	0	0	0,0	277	3	1,1
Pontes Gestal	21689	282	4	1,3	282	4	1,3
Populina	32639	265	3	0,8	365	4	1,1
Riolândia	63430	424	6	0,7	1354	27	2,1
Santa Rita d'Oeste	20815	0	0	0,0	202	4	1,0
Urânia	20566	0	0	0,0	117	2	0,6
Votuporanga	42371	30	1	0,1	372	8	0,9
TOTAL	857692	2380	39	0,2	6493	123	1,1

Fonte: Próprio autor.

Os destaques negativos de perda da área irrigada na Bacia Hidrográfica do Turvo e Grande ficaram com os municípios de Indiaporã e Monte Alto, sendo o primeiro porque perdeu 1 equipamento de porte grande (97 hectares) no período estudado e o segundo, porque, apesar de toda a dinâmica durante os anos de 2000 e 2015, terminou com 3 equipamentos a menos, porém apenas 60 hectares

deixaram de ser irrigados, o que representou uma queda de 0,2% na relação área total e área irrigada.

Em 2015 o noroeste paulista chegou a marca de 13.331 hectares irrigados por 202 equipamentos do tipo pivô central, representando apenas 0,4% de sua área total, demonstrando o grande potencial de crescimento que esta região pode oferecer para o mercado de irrigação e agrícola como um todo. A tabela 7 indica a relação entre área irrigada e área total, bem como o número de equipamentos em cada Bacia Hidrográfica estudada.

Tabela 7- Índice de área irrigada por pivô central nas bacias do noroeste paulista em 2015.

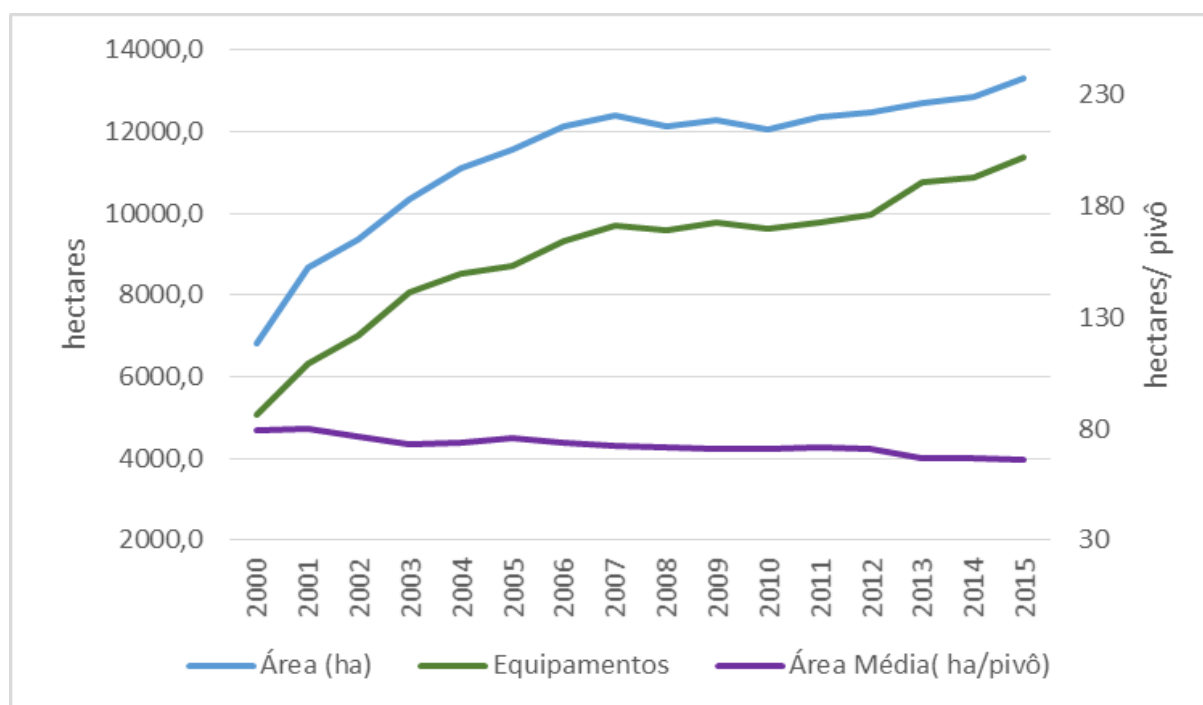
Bacia Hidrográfica	Área Total (ha)	Área Irrigada (ha)	Equipamentos	AI/AT (%)
Baixo Tietê (MD)	664820	5992	69	0,9
São José dos Dourados	678690	935	12	0,1
Turvo/ Grande	1594884	6403	121	0,4
Total	2938394	13331	202	0,45

Fonte: Próprio autor.

Segundo a tabela 7, a margem direita da bacia hidrográfica do Baixo Tietê foi a que apresentou a maior relação área irrigada por área total com 0,9 % e a segunda área irrigada com 5992 hectares irrigados. A BH com maior área irrigada foi a dos rios Turvo e Grande, com 6403 hectares e 121 equipamentos do tipo pivô central, porém representa apenas 0,4 % de uma área total de 3.051.598 hectares.

Conforme mostrado na figura 4, a área irrigada no noroeste paulista parte de pouco mais que 6.800 hectares irrigados por 86 equipamentos do tipo pivô central no ano de 2.000 e atingiu 13.331 hectares irrigados com 202 equipamentos em 2015, representando um aumento de 96% na área irrigada e de 134% no número de pivôs centrais em 15 anos.

Figura 4: Evolução da área irrigada e do número de equipamentos do tipo pivô central no noroeste paulista.



Fonte: Próprio autor.

A agricultura irrigada no noroeste paulista já vem sendo pesquisada há algum tempo, e os resultados apresentados aqui são comparáveis com o encontrado por Amendola *et al.* (2014), que verificou um aumento de 16% na área irrigada entre os anos de 2010 e 2012, e a evolução tanto em número quanto em área irrigada no mesmo período equivale ao encontrado Amendola *et al* (2015).

Segundo a Fealq (2014), a área irrigada no Brasil cresceu 32% entre os anos de 2006 (estudo realizado pelo IBGE) e 2013, durante o mesmo período o noroeste paulista apresentou um acréscimo de 2 %, indicando que a área irrigada por pivôs

centrais na região paulista cresce de forma muito menor que a área irrigada total nacional (aqui incluem-se todos os tipos de sistema de irrigação).

A região noroeste paulista apresenta um interesse muito mais significativo que a região oeste, se comparado estes resultados com os apresentados por Trinca *et al* (2015), que detectou um aumento de 145 % entre os anos de 2000 e 2014, mas apenas 35 pivôs foram adicionados no período estudado naquela região.

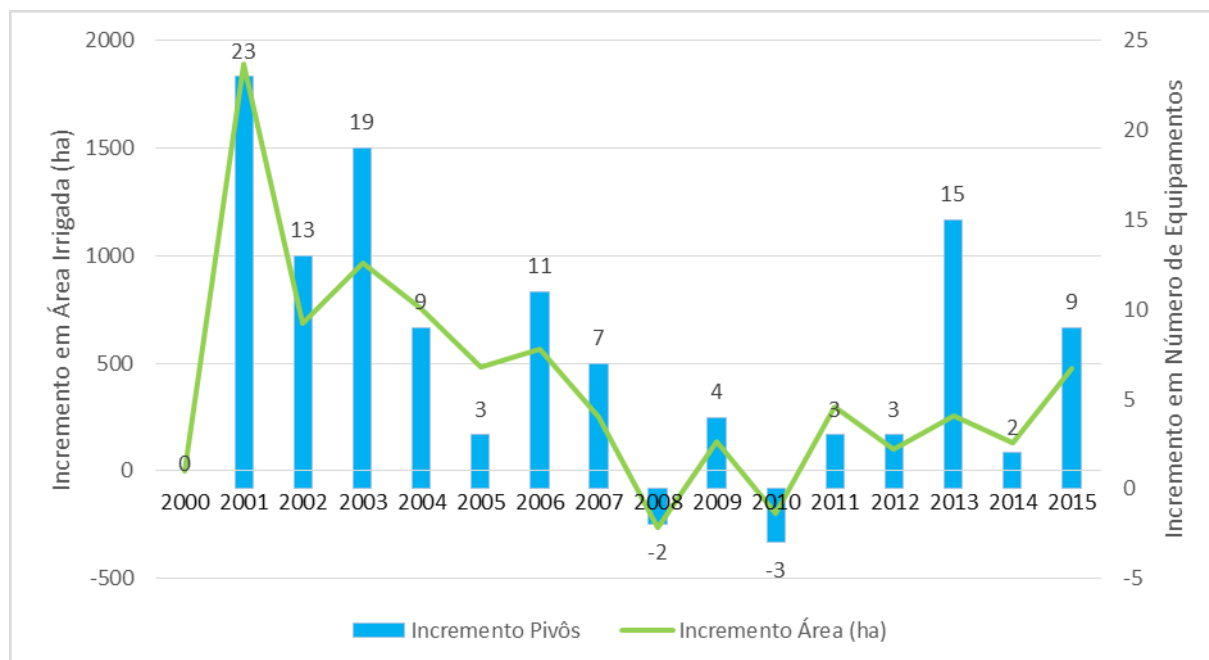
Através da Figura 6 também é possível notar uma queda na área média dos equipamentos pivôs centrais entre os anos de 2000 e 2015, obtendo-se a média de 79 hectares por pivô no ano 2000 e no 2015 esse valor foi de 66 hectares irrigados por cada equipamento do tipo pivô central. Essa queda na área média dos pivôs no noroeste paulista reflete uma tendência que, segundo a Agência Nacional de Águas (ANA), vem ocorrendo em todo o Brasil. A área média dos equipamentos encontrados neste estudo se aproxima da faixa indicada no estudo da parceria EMBRAPA - ANA que indicou que em 2013, os pivôs tinham, em média, de 65,96 a 40,67 ha (EMBRAPA, 2014).

A Embrapa e a Agência Nacional de Águas (ANA) no ano de 2013 identificaram 17.878 pivôs centrais no Brasil, ocupando uma área irrigada de 1.179.176 hectares. No Estado de São Paulo foram identificados 3.528 pivôs, que somados atingiam 168.674 hectares, identificando 189 pivôs centrais no noroeste paulista, que somados totalizavam aproximadamente 12.660 ha (AMENDOLA, 2015), ou seja, 70 ha/pivô, enquanto neste estudo foram detectados 12.722 hectares irrigados por 191 equipamentos, uma média de 67 ha/pivô, no mesmo ano.

HERNANDEZ *et al.* (2014) também citam uma variação na área média destes equipamentos, em âmbito nacional. Segundo estes autores a média 70 hectares por equipamento até 2008, 90 hectares em 2009, 80 em 2010, 75 ha em 2011, 70 ha em 2012 e 60 ha em 2013, enquanto neste estudo em 2008 a área média era 72 hectares por equipamento, 71 de 2009 a 2012 e 67 hectares em 2013.

A Figura 5 mostra o incremento em área irrigada e equipamentos do tipo pivô central no noroeste paulista e nota-se que os anos em que houve maior número aumento no número destes equipamentos foi 2001 quando 23 novos pivôs foram identificados, seguido por 2003 onde 19 foram identificados pela primeira vez.

Figura 5: Incremento em área irrigada e equipamentos do tipo pivô central no noroeste paulista.



Fonte: Próprio autor.

De acordo com a Figura 5, durante o período de 2000 a 2007 houve um crescimento acentuado na área irrigada e no número de pivôs centrais, seguido por um período de estagnação e a volta do crescimento nos anos de 2013 e 2015.

Hernandez *et al.* (2014) justifica o aumento na área irrigada, entre 2000 e 2013, a alta nos preços dos grãos e ainda a pastagem, que se mostra altamente produtiva quando sob irrigação, e assim, a aspersão, incluindo o pivô central, foi uma das melhores opções para sua irrigação, especialmente a de grandes áreas.

A diminuição do crescimento no incremento em área irrigada para o ano de 2014 foi menor que o incremento nos anos de 2013 e 2015, fato que HERNANDEZ (2014), levantou após informar que o tempo entre a entrada do pedido de financiamento no banco e a liberação dos recursos pelo BNDES aumentou entre o fim de 2013 e o ano de 2014.

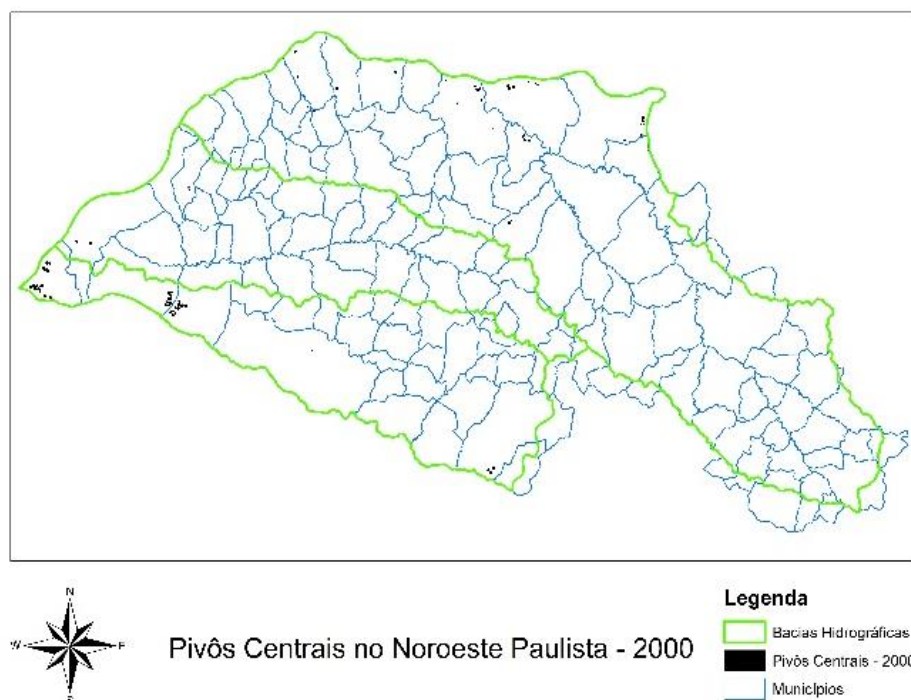
Segundo a CSEI - ABIMAQ (2014) citada por Hernandez *et al.* (2014), a área irrigada nacional, incluindo todos os sistemas de irrigação, cresceu 3,8 %

anualmente entre 2000 e 2013, enquanto no noroeste paulista este índice é de 5,2 % ao ano apenas em pivôs centrais.

A média do incremento de pivôs centrais no noroeste paulista é de 07 equipamentos de 56,3 hectares por ano, ou seja, em média, 408 hectares do noroeste paulista passam a ser irrigados por pivôs centrais a cada ano.

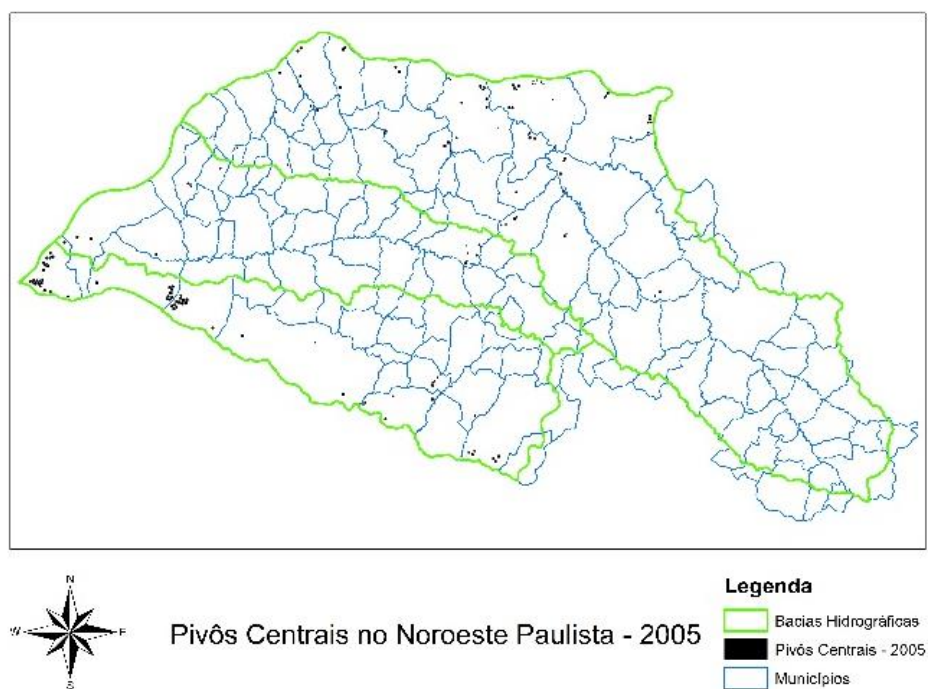
Quando o estudo foi iniciado a expectativa era de crescimento acentuado nas margens das Bacias Hidrográficas. Conforme observado nas figuras 6,7,8 e 9, no ano 2000 os pivôs centrais se concentravam nas margens dos rios Tietê e Grande, porém já a partir de 2005 observou-se o desenvolvimento das áreas irrigadas na BH do rio São José dos Dourados e em regiões mais internas das BH do Turvo/Grande e do Baixo Tietê, identificando assim que houve evolução na área irrigada por pivôs centrais.

Figura 6: Distribuição dos pivôs centrais no noroeste paulista no ano 2000.



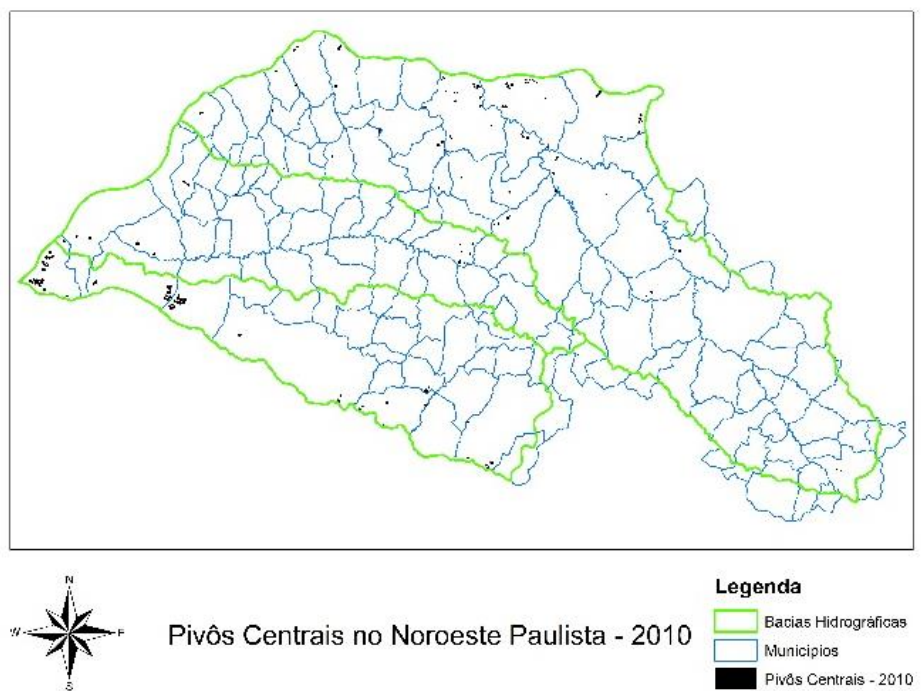
Fonte: Próprio autor.

Figura 7: Distribuição dos pivôs centrais no noroeste paulista no ano 2005.



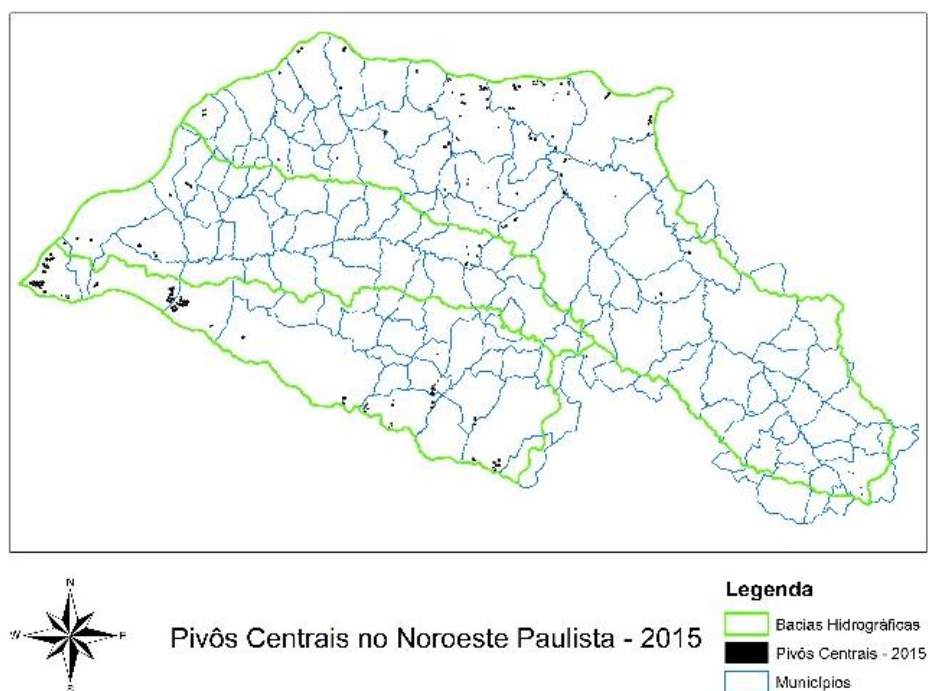
Fonte: Próprio autor.

Figura 8: Distribuição dos pivôs centrais no noroeste paulista no ano 2010.



Fonte: Próprio autor.

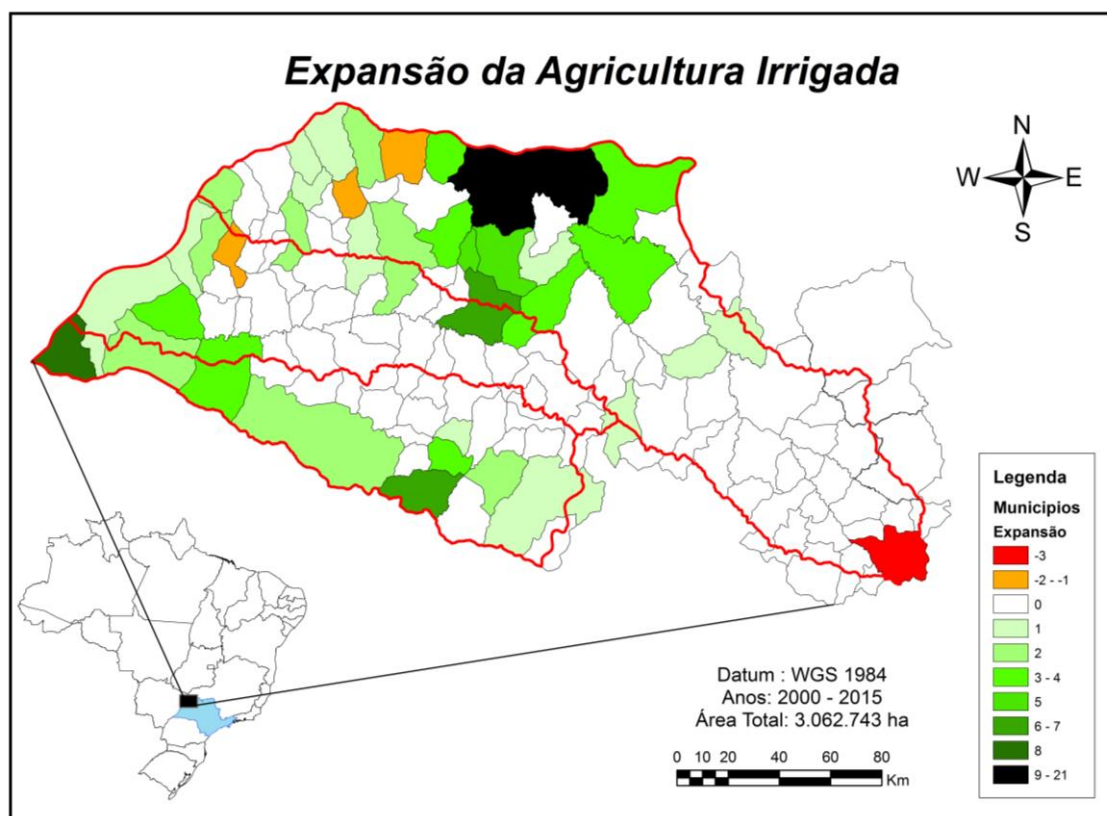
Figura 9: Distribuição dos pivôs centrais no noroeste paulista no ano 2015.



Fonte: Próprio autor.

A figura 10 ilustra a concentração dos pivôs centrais na expansão da agricultura irrigada por este sistema no noroeste paulista entre os anos 2000 e 2015. Destacam-se os municípios de Riolândia e Cardoso, com 21 e 15 novos pivôs neste período. De forma geral, a expectativa se realizou e os municípios localizados nas margens dos rios Turvo, Grande, São José dos Dourados, Paraná e Tietê obtiveram os maiores índices de expansão da agricultura irrigada por pivôs centrais, porém, os municípios localizados na área continental das Bacias Hidrográficas também representaram aumento no número de equipamentos e assim, dos 113 municípios estudados, 66 chegaram em 2015 sem nenhum equipamento do tipo pivô central instalado em seu território.

Figura 10: Expansão da agricultura irrigada por pivôs centrais no noroeste paulista.



Fonte: Próprio Autor.

4.2. Produtividade por município

Para avaliar a área irrigada e a produtividade foram selecionadas as cinco cidades com maior e as quatro com menor área irrigada por pivô central em 2015 e mesclada com dados de produção e área colhida por município, disponíveis na base de dados gratuita do IBGE. É importante salientar que pelo foco do órgão ser o país, os dados do IBGE podem não se mostrar eficientes quando analisados em uma amostra regional.

Observa-se na tabela 8 que entre 2005 e 2013 os nove municípios analisados aumentaram a área colhida, ou seja, novas áreas foram destinadas a agricultura. Também se verifica que a produtividade média das culturas produzidas (toneladas/hectare) aumentou em todos os municípios amostrados, destacando-se o município de Cardoso que passou de 4 em 2005 para 50 toneladas/hectare em 2013. Isto

indica que o produtor do noroeste paulista está investindo em novas técnicas que visem o aumento da produtividade, uma vez que, em média, o Valor da Produção Agropecuária municipal passou de 14,6 para 56 milhões de reais no período mencionado, o que equivale a 8 e 12% do Produto Interno Bruto municipal.

Para medir a importância da irrigação para estes municípios foi utilizado a relação entre área irrigada e a área total comparada com a produtividade do município e os resultados estão expressos na tabela 8.

De forma geral em 9 municípios, 4 tiveram aumento na relação entre área irrigada e área total e também aumento na produtividade média do município, sendo que em 2005 três destes municípios não apresentavam área irrigada por pivô central. Nos municípios amostrados a área colhida aumentou a uma taxa de 240% enquanto a área irrigada registrou aumento em 13% e a produtividade 130%.

Tabela 8: Comparativo entre área irrigada, produtividade e valor da produção agropecuária em 9 municípios do noroeste paulista.

Culturas Gerais														
Município	2005							2013						
	Área Irrigada AI (ha)	Área Colhida AC (ha)	AI/AC (%)	Produtividade (t/ha)	PIB Municipal (mil reais)	Valor da Produção Agropecuária (mil reais)	Participação (%)	Área Irrigada AI (ha)	Área Colhida AC (ha)	AI/AC (%)	Produtividade (t/ha)	PIB Municipal (mil reais)	Valor da Produção Agropecuária (mil reais)	Participação (%)
Itapura	2150	4239	50,7	23	37270	7624	20	2111	12637	16,71	47	68818	49567	72
Riolândia	767	15267	5,0	15	69008	29565	43	1122	20716	5,42	63	145443	20716	14
Sud Mennucci	1338	10114	13,2	61	191489	20351	11	1245	15137	8,23	67	191489	71966	38
Pereira Barreto	960	7405	13,0	14	282917	13084	5	1036	25524	4,06	62	570408	101789	18
Cardoso	677	6702	10,1	4	83647	13273	16	906	9307	9,74	50	151470	36595	24
Estrela d'Oeste	0	6636	0,0	37	281609	29890	11	50	7656	0,66	45	427714	37087	9
Monções	0	1300	0,0	7	16341	2975	18	48	4166	1,16	68	52467	16719	32
Mirassol	0	4896	0,0	35	570481	10374	2	40	8013	0,50	67	1456296	41528	3
Santana da Ponte Pensa	46	1231	3,7	9	12620	3915	31	32	81122	0,04	34	23339	2370	10
Média	660	6421	10	23	171709	14561	8	732	20475	3,58	56	343049	42037	12
Feijão, Milho, Soja, Sorgo														
Município	Área Irrigada (ha)	Área Colhida (ha)	AI/AC (%)	Produtividade (t/ha)	PIB Municipal (mil reais)	Valor da Produção Agropecuária (mil reais)	Participação (%)	Área Irrigada (ha)	Área Colhida (ha)	AI/AC (%)	Produtividade (t/ha)	PIB Municipal (mil reais)	Valor da Produção Agropecuária (mil reais)	Participação (%)
Itapura	2150	3350	64,2	4	37270	5209	14,0	2111	3948	53,5	4	68818	16956	25
Riolândia	767	8960	8,6	5	69008	13779	20,0	1122	4000	28,0	5	145443	11312	8
Sud Mennucci	1338	1700	78,7	3	191489	1674	0,9	1245	807	154,3	3	191489	1851	1
Pereira Barreto	960	4870	19,7	4	282917	7299	2,6	1036	4654	22,3	5	570408	11750	2
Cardoso	677	3250	20,8	3	83647	4249	5,1	906	2125	42,7	7	151470	6172	4
Estrela d'Oeste	0	835	0,0	3	281609	1007	0,4	50	399	12,6	3	427714	680	0,2
Monções	0	720	0,0	4	16341	966	5,9	48	865	5,6	4	52467	1793	3
Mirassol	0	1057	0,0	3	570481	1042	0,2	40	660	6,1	4	1456296	1132	0,1
Santana da Ponte Pensa	46	420	11,0	2	12620	299	2,4	32	1065	3,0	5	23339	5500	24
Média	660	2793	24	3	171709	3947	2	732	2048	35,6	4	343049	6350	2

Fonte: Adaptado de IBGE - Cidades.

Quando restringimos os índices municipais as culturas do feijão, milho e soja, que tradicionalmente são colocadas sob pivô central no noroeste paulista, somadas respondem, em média, por 2% do PIB municipal, ou 6,35 milhões de reais em 2013, porém estes índices são muito discrepantes entre os municípios amostrados. Mirassol tem apenas 3% do seu PIB baseado na agricultura e 0,1% do seu PIB baseado naquelas culturas, enquanto o município de Itapura obteve em 2013 72% do seu Produto Interno Bruto de atividades agrícolas, sendo 25 % do total, aproximadamente 17 milhões de reais, com a venda de feijão, milho, soja.

Nestas quatro culturas observa-se que a representatividade irrigação por pivô central se mostra muito mais significativa, passando de 24 para 36% das terras destinadas agricultura sob tal sistema de irrigação, destacando-se o município de Cardoso que passou de 21 para 43% das terras destinadas para plantio daqueles grãos sob pivô central. De forma geral, a áreas destinadas a estas culturas diminuiu 27%, enquanto a produtividade passou de 3 para 4 toneladas destes grãos por hectare e o Valor da Produção Agropecuária passou de 4 para 6 milhões de reais com a venda de feijão, milho, soja e sorgo.

5. CONCLUSÕES

Com base nos dados analisados conclui-se que:

- A metodologia utilizada neste trabalho para identificação e determinação das áreas irrigadas por pivô central no noroeste paulista foi adequada.
- A metodologia do IBGE, o órgão oficial da união para estatísticas municipais, utilizada para determinação da produção e produtividade não se mostrou eficaz para aplicação em estudos regionais como este.
- Apesar da região ainda oferecer grande oportunidade de crescimento na agricultura irrigada por pivôs centrais, foi identificado um incremento de 6.528 hectares irrigados por 116 pivôs centrais entre os anos de 2000 e 2015, sendo em média 07 equipamentos de 56,3 hectares por ano, ou 408 hectares a cada ano.
- A evolução da área irrigada por pivôs centrais se deu com maior intensidade nas margens dos cinco principais rios que cortam a região estudada, porém houveram avanços na região continental da área de estudo.
- A Agricultura movimentou em média 14,6 milhões de reais no ano de 2005 e 56 milhões em 2013, 8 e 12% do PIB municipal, sendo que feijão, milho e soja juntos movimentaram 4 milhões em 2005 e 6 milhões em 2013.
- Segundo a metodologia utilizada para determinar a importância da agricultura irrigada por pivô central, os equipamentos foram mais significativos quando se isolou as culturas do feijão, milho, soja e sorgo.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMENDOLA, E.C.; HERNANDEZ, F.B.T.; ARAÚJO, E.S. Análise Econômica e Área irrigada por Pivô Central no Noroeste Paulista entre 2010 e 2012. *In: Anais do XXIX CONIRD - Congresso Nacional de Irrigação e Drenagem*. Brasília - DF. 2014.

AMENDOLA, E.C.; HERNANDEZ, F.B.T.; COAGUILA, D.N.; FRANCO, R.A.M. Evolução da Área Irrigada por Pivô Central no Noroeste Paulista. *In: Anais do III INOVAGRI - International Meeting*. Fortaleza - CE. 2015. Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.12702/iii.inovagri.2015-a252> >. Acesso em 02 de fevereiro de 2016.

ANA - Agência Nacional de Águas. ANA divulga relatório de Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil - Informe 2014. 20 de março de 2015. Acesso em 17 de janeiro de 2016. Disponível em < http://www2.ana.gov.br/Paginas/imprensa/noticia.aspx?id_noticia=12683 >.

ANA & Embrapa/CNPMS, 2014. "Levantamento da Agricultura Irrigada por Pivôs Centrais no Brasil - ano 2013". Disponível em: <<http://metadados.ana.gov.br/geonetwork/>>. Acesso em 10 de fevereiro de 2016.

BERNARDO, S.; SOARES, A.A.; MANTOVANI, E.C. **Manual da irrigação**. 2008. Viçosa - MG. Editora UFV. 625 p.

CHRISTOFIDIS, Demetrios. Irrigação, a fronteira hídrica na produção de alimentos. *Revista ITEM - Irrigação & Tecnologia Moderna*, nº 54, 2º trimestre, 2002, p. 46-55. Acesso em 16 de dezembro de 2015. Disponível em: < http://www.abid.org.br/arquivo/revista/revista_pdf/item%2054.pdf >.

COMITÊ DE BACIA HIDROGRÁFICA DO BAIXO TIETÊ. Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Estado de São Paulo: Apresentação. Acesso em: 06 de janeiro de 2016. Disponível em: < <http://www.sigrh.sp.gov.br/cbhbt/apresentacao> >.

COMITÊ DE BACIA HIDROGRÁFICA DO SÃO JOSÉ DOS DOURADOS. Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Estado de São Paulo:

Apresentação. Acesso em: 06 de janeiro de 2016. Disponível em: <<http://www.sigrh.sp.gov.br/cbhsjd/apresentacao>>.

COMITÊ DE BACIA HIDROGRÁFICA DO TURVO GRANDE. Bacia Hidrográfica do Turvo Grande: Caracterização. Acesso em: 06 de janeiro de 2016. Disponível em: <<http://www.grande.cbh.gov.br/UGRHI15.aspx>>.

COMITÊ DE BACIAS HIDROGRÁFICAS. CBH's: Como Criar?. Acesso em: 06 de janeiro de 2016. Disponível em: <<http://www.cbh.gov.br/ComoCriar.aspx>>.

DAAE - Departamento Autônomo de Água e Esgoto. Situação das UGRHIS. 2008. Disponível em: <http://www.daae.sp.gov.br/acervoepesquisa/perh2204_2207/perh08.pdf>. Acesso em: 08 de fevereiro de 2016.

DAMIÃO, JO; HERNANDEZ, FBT; SANTOS, GO; ZOCOLER, JL. Balanço hídrico da região de Ilha Solteira, noroeste paulista. In: Anais XX CONIRD - Congresso Nacional de Irrigação e Drenagem. Uberaba - MG. 06 a 08 de dezembro de 2010. Disponível em: http://www.agr.feis.unesp.br/pdf/conird2010_damiao.pdf Damião 2010. Acesso em: 13 de Janeiro de 2016.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Novembro de 2007. Acesso em 16 de janeiro de 2016. Disponível em <https://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Pimenta/Pimenta_capsicum_spp/irrigacao.html>.

EMBRAPA MONITORAMENTO POR SATÉLITE. **Satélites de Monitoramento**. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2013. Disponível em: <<http://www.sat.cnpm.embrapa.br>>. Acesso em: 16 jan. 2016.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Mapeamento da Agricultura Irrigada do Brasil por Pivôs Centrais - 2013. 2014. Brasília - DF. Disponível em: < <https://www.embrapa.br/agua-na-agricultura/mapas-sobre-irrigacao> >. Acesso em: 04 de fevereiro 2016.

FEALQ - Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz. Análise Territorial para o Desenvolvimento da Agricultura Irrigada no Brasil. Dezembro de 2014. Piracicaba - SP. Acesso em 04 de fevereiro de 2016. Disponível em:

<<http://www.mi.gov.br/documents/1610141/3732769/An%C3%A1lise+Territorial+-+Relat%C3%B3rio+T%C3%A9cnico+Final.pdf>>.

FOLEGATTI, MV; SÁNCHEZ - ROMÁN RM; COELHO, RD; FRIZZONE, JA. Gestão dos Recursos Hídricos e Agricultura Irrigada no Brasil. 201?. Capítulo 1. p. 16. Disponível em: <<http://www.abc.org.br/IMG/pdf/doc-807.pdf>>. Acesso em 21 de Janeiro de 2016.

FRIZZONE, JA. OS MÉTODOS DE IRRIGAÇÃO. Disponível em: <http://www.leb.esalq.usp.br/disciplinas/Frizzone/LEB_1571/Texto%20complementar-Metodos%20de%20Irrigacao.pdf>. Acesso em 10 de janeiro de 2016.

HEINZE, B.C.L.B. A Importância da Agricultura Irrigada Para o Desenvolvimento da Região Nordeste do Brasil. Brasília - DF. 2002. Disponível em: <<http://www.iica.org.br/docs/publicacoes/publicacoesiica/braulioheinze.pdf>>. Acesso em 04 de fevereiro de 2016.

HERNANDES, A.; MEGDA, M.M; HERNANDEZ, F.B.T.; ALTIMARE, A.; ZOCOLER, J.L. Uso da água na Bacia Hidrográfica do Turvo/Grande - SP. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, XVI, Goiânia, 25 a 30 de julho de 2006. 8p. Anais eletrônicos. Disponível em: http://www.agr.feis.unesp.br/pdf/conird2006_diagnostico_uso_agua_turvogrande.pdf. Acesso em: 13 de janeiro de 2016.

HERNANDEZ, F.; FERREIRA, M.I.; MORENO – HIDALGO, M.A.; PLAYÁN,E.; PULIDO – CALVO, I, RODRÍGUEZ – SINOBAS, L.; TARJUELO, J.M.; SERRALHEIRO, R. Visión del Regadio. Revista Ingenieria del Agua. 2014. p. 39 – 53. Disponível em: < http://www.agr.feis.unesp.br/pdf/vision_of_irrigation_2014.pdf >. Acesso em 11 de fevereiro de 2016.

HERNANDEZ, F.B.T. Aula dez: Historicamente a agricultura sempre financiou a economia brasileira. 11 de maio de 2014. Disponível em: < <http://irrigacao.blogspot.com.br/2014/05/aula-dez-historicamente-agricultura.html> >. Acesso em 13 de fevereiro de 2016.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Bases e Referências cartográficas. 2010. Disponível em: < <http://mapas.ibge.gov.br/bases-e-referencias> >.

referenciais/bases-cartograficas/malhas-digitais.html >. Acesso em: 20 de agosto de 2013.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Censo Agropecuário de 2006. Rio de Janeiro - RJ. 2006. p. 1-777. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/agropecuaria/censoagro/brasil_2006/Brasil_censoagro2006.pdf>. Acesso em 02 de fevereiro de 2016.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Pesquisas Agropecuárias. 2ª edição. 2002. Acesso em 07 de janeiro de 2016. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/PesquisasAgropecuarias2002.pdf>>.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. Imagens LANDSAT TM e ETM. 2009. Acesso em: 17 de janeiro de 2016. Disponível em: <http://www.dgi.inpe.br/siteDgi/ATUS_LandSat.php>.

LIMA, JEFW; FERREIRA, RS; CHRISTOFIDIS. O Uso da Irrigação no Brasil. Acesso em 22 de janeiro de 2016. Disponível em: <https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/irrigacao_000fl7vsa7f02wyiv80i_spcrr5frxoq4.pdf>.

MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL. Retrato da irrigação no Brasil. Brasília, 15 de abril de 2013. Disponível em: <http://www.integracao.gov.br/> . Acesso em: 03 de fevereiro de 2015.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Rios e Bacias do Brasil formam uma das maiores redes fluviais do mundo. 2009. Acesso em 03 de janeiro de 2016. Disponível em: <<http://www.brasil.gov.br/meio-ambiente/2009/10/rios-e-bacias-do-brasil-formam-uma-das-maiores-redes-fluviais-do-mundo>>.

PAULINO, J; FOLEGATTI, MV; ZOLIN, CA; SÁNCHEZ-ROMÁN, RM; VIEIRA-JOSÉ, J. Situação da Agricultura Irrigada no Brasil de Acordo com o Senso Agropecuário 2006. Irriga, Botucatu, v. 16, n. 2, p. 163-176, abril-junho, 2011. Acesso em 05 de janeiro de 2016. Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/47913/1/2011AP16.pdf>>.

PROJETO BRASIL DAS ÁGUAS. Regiões Hidrográficas. 2013. Acesso em 06 de janeiro de 2016. Disponível em: < <http://brasildasaguas.com.br/educacional/regioes-hidrograficas/> >.

QUIRINO, D.T.; SALES, L.F.P.; SILVA, O.F. Aplicação do sensoriamento remoto para análise temporal em agriculturas irrigadas por pivô central no município de Cristalina - GO. Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Curitiba, PR, Brasil, 30 de abril a 05 de maio de 2011, INPE p.0154. Acesso em 26 de janeiro de 2016. Disponível em : < <http://www.dsr.inpe.br/sbsr2011/files/p1282.pdf> >.

RUDORFF, BFT E MOREIRA MA. Sensoriamento Remoto Aplicado à Agricultura. 2002. São José dos Campos, INPE. Acesso em 23 de janeiro de 2016. Disponível em: < http://mtc-m12.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/sergio/2005/06.14.13.14/doc/CAP9_MAMoreira.pdf >.

SANTOS, G.O.; HERNANDEZ, F.B.T.; ROSSETTI, J.C. Balanço Hídrico Como Ferramenta Ao Planejamento Agropecuário Para A Região De Marinópolis, Noroeste Do Estado De São Paulo. Revista Brasileira de Agricultura Irrigada. 2010. v. 4, nº3, p. 142-149. Fortaleza – CE. Disponível em: < http://www.agr.feis.unesp.br/pdf/rbai_v4_n3_p142_149_bh.pdf >. Acesso em 12 de fevereiro de 2016.

SISTEMA INTEGRADO DE GERENCIAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DO ESTADO DE SÃO PAULO. Plano Estadual de Recursos Hídricos. Disponível em: < <http://www.sigrh.sp.gov.br/planoestadualderecursoshidricos> >. Acesso em: 06 de fevereiro de 2016.

SOUZA, V.A. Utilização De Técnicas De Sensoriamento Remoto Para A Estimativa Da Evapotranspiração Em Uma Cultura De Arroz Irrigado. 2013. Porto Alegre - RS. Acesso em 24 de janeiro de 2016. Disponível em: < http://www.ufrgs.br/srm/ppgsr/publicacoes/diss_Vanessa_Arruda.pdf >.

SPAGNOLO, TFO; COUTO-JUNIOR, AF. Expansão da Agricultura Irrigada por Pivô Central no Cerrado 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.

Acesso em: 10 de janeiro de 2016. Disponível em: < <http://www.dsr.inpe.br/sbsr2013/files/p1477.pdf> >.

TEODORO, V L I; TEIXEIRA, D; COSTA, D J L E FULLER, B B. **O Conceito De Bacia Hidrográfica E A Importância Da Caracterização Morfométrica Para O Entendimento Da Dinâmica Ambiental Local**. 2007. Revista UNIARA, n. 20, p 138.

TESTEZLAF, R.; MATSURA, E.E.; CARDOSO, J.L. Importância da Irrigação no Desenvolvimento da Agronegócio. Campinas - SP. Julho de 2002. Disponível em: < <http://www.agr.feis.unesp.br/csei.pdf> >. Acesso em 04 de fevereiro de 2016.

TRINCA, V.F.; AMENDOLA, E.C., HERNANDEZ, F.B.T.; COAGUILA, D.N.; FEITOSA, D.G. Evolução da Área Irrigada por Pivô Central no Oeste Paulista. In: Anais do III INOVAGRI - International Meeting. Fortaleza - CE. 2015. Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.12702/iii.inovagri.2015-a268> >. Acesso em 02 de fevereiro de 2016.

7. ANEXOS

Anexo 1: Evolução do número de pivôs centrais por município no noroeste Paulista.

MUNICÍPIOS	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
ALTAIR	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
ALVARES FLORENCE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	4	4	4	5
AMERICO DE CAMPOS	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
BURITAMA	0	0	1	2	3	4	5	5	5	6	6	7	7	6	6	6
CARDOSO	8	8	10	10	11	13	13	14	16	19	19	19	19	20	20	23
COSMORAMA	2	2	2	4	4	5	5	5	5	5	5	5	4	4	4	5
ESTRELA D OESTE	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
FERNANDÓPOLIS	0	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
ILHA SOLTEIRA	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3
INDIAPORA	1	2	2	3	2	2	3	3	2	2	0	0	0	0	0	0
ITAPURA	18	20	20	21	23	23	23	23	22	22	22	22	22	25	25	26
JOSE BONIFACIO	3	4	4	4	5	6	6	6	6	6	6	6	6	4	4	4
MERIDIANO	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0
MESOPOLIS	0	0	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
MACEDONIA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MIRA ESTRELA	0	0	0	1	1	0	1	1	1	1	1	2	2	4	4	4
MIRASSOL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1
MONCOES	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1
MONTE ALTO	5	5	5	8	4	0	0	2	2	2	2	0	2	2	2	2
ONDA VERDE	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
OUROESTE	0	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
PALESTINA	1	1	2	3	4	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4
PARANAPUA	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	2	2	2

MUNICÍPIOS	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
PARISI	0	0	1	1	1	1	2	3	3	3	3	3	3	5	5	5
PAULO DE FARIA	6	6	7	9	9	9	9	9	9	10	11	11	11	10	10	10
PEDRANAPOLIS	0	2	2	2	3	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
PEREIRA BARRETO	8	8	8	9	9	9	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
PIRANGI	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0
PLANALTO	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2
PONTES GESTAL	4	4	4	4	5	5	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
POPULINA	3	3	3	3	3	4	5	5	4	4	4	4	4	4	4	4
RIOLANDIA	6	8	10	12	13	13	15	15	16	16	16	16	16	24	25	27
RUBINÉIA	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
SANTA CLARA D OESTE	0	0	0	0	0	0	0	2	2	2	2	2	2	2	2	2
SANTA FE DO SUL	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4
SANTANA DA PONTE PENSE	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1
SANTO ANTONIO DO ARACANGUA	1	1	1	3	3	4	4	5	4	4	4	5	5	3	3	3
SUD MENNUCCI	10	13	13	13	13	13	13	13	13	13	12	12	12	12	13	13
SUZANAPOLIS	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	2	3	3	3	3	3
TAIUVA	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TANABI	0	2	2	2	2	2	2	2	2	2	0	0	0	0	0	0
TRÊS FRONTEIRAS	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0
TURIUBA	0	3	3	3	3	4	4	4	4	3	3	3	3	4	4	4
TURMALINA	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0
URANIA	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2
VOTUPORANGA	1	2	3	3	7	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
TOTAL	86	110	123	142	151	154	165	172	170	174	171	174	177	192	194	203

Fonte: Próprio Autor.

Anexo 2: Evolução da área irrigada por pivôs centrais por município no noroeste Paulista, em hectares.

MUNICÍPIOS	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
ALTAIR	0	0	0	0	0	0	119	119	119	119	119	119	119	119	119	119
ALVARES FLORENCE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	44	85	176	176	176	202
AMERICO DE CAMPOS	0	72	72	72	72	72	72	72	72	72	72	72	72	72	72	72
BURITAMA	0	0	78	134	246	285	343	343	343	409	409	452	452	374	374	374
CARDOSO	442	442	526	526	562	677	676	705	779	874	874	874	874	906	898	1020
COSMORAMA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ESTRELA D OESTE	136	136	136	227	227	311	311	311	311	311	311	311	256	256	256	286
FERNANDÓPOLIS	0	0	0	0	0	0	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
ILHA SOLTEIRA	0	71	118	118	118	118	118	118	118	118	118	118	118	118	118	118
INDIAPORA	197	197	197	197	197	197	197	197	197	197	197	264	264	264	264	264
ITAPURA	97	175	175	226	175	175	232	232	135	135	0	0	0	0	0	0
JOSE BONIFACIO	1764	1895	1895	1952	2150	2150	2150	2150	2040	2040	2040	2040	2040	2111	2111	2147
MERIDIANO	299	394	394	394	453	528	528	528	528	528	528	528	528	394	394	394
MESOPOLIS	0	0	0	0	0	0	33	33	33	33	33	0	0	0	0	0
MACEDONIA	0	0	79	79	79	160	79	79	79	79	79	79	79	79	79	79
MIRA ESTRELA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MIRASSOL	0	0	0	32	32	0	36	36	36	36	36	60	60	150	150	150
MONCOES	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	40	40	40	40	40	40
MONTE ALTO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	48	48	48
ONDA VERDE	124	123	123	149	49	0	0	40	40	40	40	0	64	64	64	64
OUROESTE	45	137	137	137	137	137	137	137	137	137	137	137	137	137	137	137
PALESTINA	0	177	177	177	177	177	177	177	177	177	177	177	177	177	177	177
PARANAPUA	80	61	138	235	319	224	224	224	224	224	243	243	243	254	254	254
PARISI	52	52	109	109	109	109	109	109	109	109	57	57	57	89	89	89
PAULO DE FARIA	0	0	24	24	24	24	43	60	60	60	60	60	60	77	77	77

MUNICÍPIOS	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
PEDRANAPOLIS	403	403	481	573	573	573	573	573	573	606	622	622	622	590	590	590
PEREIRA BARRETO	0	222	222	222	277	222	277	277	277	277	277	277	277	277	277	277
PIRANGI	838	838	838	960	960	960	1036	1036	1036	1036	1036	1036	1036	1036	1036	1036
PLANALTO	0	0	13	18	18	18	18	18	13	13	0	0	0	0	0	0
PONTES GESTAL	0	0	0	0	63	63	63	63	63	63	63	63	63	104	104	104
POPULINA	282	282	282	282	357	357	282	282	282	282	282	282	282	282	282	282
RIOLANDIA	265	265	265	265	265	356	437	437	365	365	365	365	365	365	365	365
RUBINÉIA	424	611	678	728	753	767	862	862	890	890	890	890	890	1122	1189	1354
SANTA CLARA D OESTE	0	0	0	0	0	0	43	0	0	0	0	0	0	0	0	97
SANTA FE DO SUL	0	0	0	0	0	0	0	112	112	112	112	112	112	112	112	112
SANTANA DA PONTE PENSA	93	93	93	154	154	154	154	154	154	154	202	202	202	202	202	202
SANTO ANTONIO DO ARACANGUA	46	46	46	46	46	46	46	78	32	32	32	32	32	32	32	32
SUD MENNUCCI	35	35	35	216	216	354	354	420	385	385	385	504	504	319	319	319
SUZANAPOLIS	994	1338	1338	1338	1338	1338	1338	1338	1338	1338	1245	1245	1245	1245	1320	1320
TAIUVA	0	0	0	0	0	84	84	84	84	84	265	340	340	340	340	340
TANABI	0	73	73	73	73	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TRÊS FRONTEIRAS	0	106	106	106	106	106	106	106	106	106	0	0	0	0	0	0
TURIUBA	68	62	62	62	62	62	62	62	62	62	0	0	0	0	0	0
TURMALINA	0	232	232	232	232	269	269	269	269	214	214	214	214	250	250	250
URANIA	86	86	86	86	86	86	86	86	86	86	0	0	0	0	0	0
VOTUPORANGA	30	67	148	148	345	372	372	372	372	372	372	372	372	372	372	372
TOTAL	6802	8693	9378	10344	11095	11577	12143	12395	12132	12271	12074	12369	12469	12723	12856	13331

Fonte: Próprio Autor.