

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”  
FACULDADE DE ENGENHARIA - CAMPUS DE ILHA SOLTEIRA  
**CURSO DE ENGENHARIA AGRONÔMICA**

**EVOLUÇÃO E IDENTIFICAÇÃO DA ÁREA IRRIGADA POR  
PIVÔ CENTRAL NO NOROESTE PAULISTA**

MARIELE SQUIZATO

Orientador: Prof. Dr. Fernando Braz Tangerino Hernandez

ILHA SOLTEIRA- SP  
JANEIRO – 2017

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”  
FACULDADE DE ENGENHARIA - CAMPUS DE ILHA SOLTEIRA  
**CURSO DE ENGENHARIA AGRONÔMICA**

**EVOLUÇÃO E IDENTIFICAÇÃO DA ÁREA IRRIGADA POR  
PIVÔ CENTRAL NO NOROESTE PAULISTA**

MARIELE SQUIZATO

Orientador: Prof. Dr. Fernando Braz Tangerino Hernandez

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado à Faculdade de  
Engenharia do Campus de Ilha  
Solteira - UNESP, como parte  
dos requisitos para obtenção do  
grau de Engenheira Agrônoma.

ILHA SOLTEIRA- SP

JANEIRO – 2017

*Dedico este trabalho aos meus pais que sempre tiveram fé em mim e que nunca me deixaram desanimar dos meus sonhos. Essa conquista é para eles que sempre batalharam para garantir o melhor para mim e para meus irmãos.*

## **AGRADECIMENTOS**

*Agradeço primeiramente a Deus por me dar a oportunidade de cursar uma universidade pública e por cuidar dos meus caminhos, me guiando para as melhores experiências.*

*Agradeço aos meus familiares e em especial aos meus pais Maria e Cláudio que sempre acreditaram em mim, que nunca duvidaram das minhas escolhas e pelo contrário sempre lutaram para que eu pudesse ter sucesso em tudo que faço, agradeço a eles por superarem as suas dificuldades, pois sei que não foi fácil, e por terem conseguido manter meus estudos longe de casa.*

*Agradeço ao meu companheiro de caminhada Danilo Istuque por ser meu porto seguro e me apoiar em cada passo, sempre me ajudando a enxergar minhas escolhas de todos os ângulos e por ressaltar as minhas fortalezas.*

*Agradeço aos meus amigos Eric Hiroki, Mayara Maggi, Beatriz Batello e Nadia Poloni por cada alegria e por cada dificuldade que passaram junto a mim e pela oportunidade de eu poder fazer parte de suas vidas.*

*Agradeço ao PET - Programa de Educação Tutorial, a área de Geoestatística aplicada à agricultura e Física do solo, a Empresa Júnior de Agronomia Ramo da Terra, ao GOU: Grupo de Oração Universitário e principalmente agradeço a Área de Hidráulica e Irrigação da UNESP Ilha Solteira por todas as experiências, por todos os aprendizados e por todos os integrantes que se tornaram grandes amigos e que sempre me apoiaram.*

*Agradeço a todos os docentes que me proporcionaram grandes aprendizados e principalmente ao Profº Dr Fernando Braz Tangerino Hernandez por tudo que me ensinou e principalmente por não deixar eu ser uma aluna mediana, mas sempre me incentivar a ser a melhor e a aproveitar todas as oportunidades.*

*Agradeço a empresa Monsanto do Brasil por ter me dado a oportunidade de realizar estágio e por ter investido tanto na minha formação profissional.*

*Agradeço à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo por ter me concedido bolsa de iniciação científica.*

*Por fim, agradeço à Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira - UNESP e a toda a sociedade do Estado de São Paulo que possibilitaram os meus estudos e a minha formação.*

*Muito obrigado a todos!*

*“Lute com determinação, abrace a vida com paixão, perca com classe e vença com ousadia, porque o mundo pertence a quem se atreve e a vida é muito bela para ser insignificante.”*

*Charles Chaplin*

## **RESUMO**

Esta pesquisa objetivou dar continuidade ao trabalho de identificação das áreas irrigadas por pivô central nas Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos (UGRHI) dos Rios Turvo/Grande, São José dos Dourados e a margem direita do Baixo Tietê, na região Noroeste Paulista, incorporando as novas áreas em relação a julho de 2015 até dezembro de 2016. Para cumprir com os objetivos foi utilizado o software ArcGIS como ferramenta de sensoriamento remoto para identificação das áreas e estabelecimento do banco de dados relacional. Esta proposta teve ainda como objetivo a identificação da agricultura irrigada a nível de município e microbacia.

O levantamento e a sistematização das áreas irrigadas, com revisão de dados anteriores foi concluído conjuntamente com o aprendizado das ferramentas computacionais, em que pôde-se obter como resultado a evolução de 22 novos equipamentos sistemas pivô central, com um acréscimo de 764 hectares irrigados na região Noroeste Paulista entre julho de 2015 e dezembro de 2016. No mesmo período, pode-se constatar que a UGRHI do Baixo Tietê foi a que obteve maior crescimento em área irrigada e em número de equipamentos, com 509 hectares e 11 equipamentos novos instalados. Constatou-se também, que houveram perdas de 3 equipamentos e 57 hectares irrigados na UGRHI Turvo Grande. Assim, se conclui que o total de área irrigada e de equipamentos contabilizados no final de 2016 foi de 16.501 hectares e 344 equipamentos. A nível de microbacia constatou-se que das 1349 microbacias que compõem a região Noroeste Paulista apenas 134 possuem área irrigada por sistema pivô central e que 48% são classificadas pela ANA (2013) como “Excelente” com relação ao balanço entre a vazão e a demanda de água. A microbacia com maior área irrigada é a de código 6118907 com 1171 hectares e localiza-se na UGRHI Turvo Grande, enquanto a microbacia com menor área irrigada é a de código 161864 com apenas 8 hectares.

**Palavra-chave:** Pivô central. Bacia Hidrográfica. Irrigação.

## ABSTRACT

This research aimed to continue the work of identifying the central pivot irrigated areas in the Water Resources Management Units (UGRHI) of the Turvo / Grande Rivers, São José dos Dourados and the right bank of the Baixo Tietê, in the Northwest region of São Paulo, incorporating the new areas in relation to July 2015 until December 2016. In order to comply with the objectives, ArcGIS software was used as a remote sensing tool to identify the areas and establishment of the relational database. This proposal also had the objective of identifying irrigated agriculture at the municipality and microbasin level. The survey and systematization of irrigated areas, with review of previous data, was completed in conjunction with the learning of computational tools, which resulted in the evolution of 22 new central pivot systems, with an increase of 764 hectares irrigated in the region between July 2015 and December 2016. During the same period, it can be seen that the UGRHI of Baixo Tietê was the one that obtained the highest growth in irrigated area and in number of equipment, with 509 hectares and 11 new equipment installed. It was also verified that there were losses of 3 equipment and 57 hectares irrigated at UGRHI Turvo Grande. Thus, it is concluded that the total irrigated area and equipment accounted for at the end of 2016 was 16,501 hectares and 344 equipment. At the microbasin level, it was observed that of the 1349 micro-basins that make up the Northwest region of São Paulo, only 134 have an area irrigated by a central pivot system, and 48% are classified by ANA (2013) as "Excellent" in relation to the balance between flow and water demand. The microbasin with the largest irrigated area is code 6118907 with 1171 hectares and is located at UGRHI Turvo Grande, while the microbasin with the smallest irrigated area is code 161864 with only 8 hectares.

**Keyword:** Pivot center. Watershed. Irrigation

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> - Incremento anual de área irrigada mecanizada, por grupos de sistemas (2000-2016) .....	<b>13</b>
<b>Figura 2</b> - Incremento de produtividade por meio do sistema pivô central (kg/ha). ....	<b>16</b>
<b>Figura 3</b> - Região de estudo denominada Noroeste Paulista.....	<b>17</b>
<b>Figura 4</b> - Evolução da área irrigada no Noroeste Paulista entre 2000 e 2016.....	<b>25</b>
<b>Figura 5</b> - Distribuição dos sistemas pivô central no Noroeste Paulista contabilizados por ANA & EMBRAPA (2016), no ano de 2014. ....	<b>26</b>
<b>Figura 6</b> - Distribuição dos sistemas pivô central no Noroeste Paulista contabilizados por Amendola et al (2016), no ano de 2014.....	<b>26</b>
<b>Figura 7</b> - Distribuição dos sistemas pivô central no Noroeste Paulista no ano de 2016.....	<b>27</b>
<b>Figura 8</b> - Localização dos 22 sistemas pivô central acrescentados no Noroeste Paulista no ano de 2016. ....	<b>27</b>
<b>Figura 9</b> - Situação hídrica das microbacias que compõem a região Noroeste Paulista. ....	<b>31</b>
<b>Figura 10</b> - Distribuição dos sistemas tipo pivô central nas microbacias que compõem a região Noroeste Paulista. ....	<b>34</b>
<b>Figura 11</b> - Distribuição dos sistemas pivô central nas microbacias que compõem a região Noroeste Paulista. ....	<b>34</b>

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> - Cenário da agricultura irrigada na região Noroeste Paulista em 2016.....	<b>20</b>
<b>Tabela 2</b> - Evolução da agricultura irrigada a nível de bacia, entre os anos de 2015 e 2016.....	<b>21</b>
<b>Tabela 3</b> - Evolução da agricultura irrigada por sistema pivô central na UGRHI Baixo Tietê (BT), entre 2015 e 2016.....	<b>22</b>
<b>Tabela 4</b> - Evolução da agricultura irrigada por pivô central na bacia São José dos Dourados (SJD), entre 2015 e 2016.....	<b>22</b>
<b>Tabela 5</b> - Evolução da agricultura irrigada por pivô central na bacia Turvo Grande (TG), entre 2015 e 2016.....	<b>24</b>
<b>Tabela 6</b> - Comparativo entre quantidade de pivô central e Valor da Produção Agropecuária (VPA) nos 5 municípios com maiores destaques e com menores destaques.....	<b>28</b>
<b>Tabela 7</b> - Quantidade de equipamentos nos municípios que possuem área irrigada no Noroeste Paulista, sendo os 5 com maior e os 5 com menos destaque. ....	<b>29</b>
<b>Tabela 8</b> - Quantidade do VBP nos municípios que possuem área irrigada no Noroeste Paulista, sendo os municípios destaques com relação ao número de pivôs.....	<b>29</b>
<b>Tabela 9</b> - Condição de criticidade das microbacias que compõem a região Noroeste Paulista..	<b>30</b>
<b>Tabela 10</b> - Condição de criticidade das microbacias que possuem áreas irrigadas por sistema pivô central e que compõem a região Noroeste Paulista.....	<b>30</b>
<b>Tabela 11</b> - Extração de dados relacionados as dez microbacias com maiores áreas irrigadas da região Noroeste Paulista.....	<b>32</b>
<b>Tabela 12</b> - Extração de dados relacionados as dez microbacias com menores áreas irrigadas da região Noroeste Paulista.....	<b>33</b>

# SUMÁRIO

## RESUMO

## ABSTRACT

LISTA DE TABELAS .....	9
1 INTRODUÇÃO .....	11
2 FUNDAMENTAÇÃO BIBLIOGRÁFICA .....	12
2.1 Métodos e Sistemas de Irrigação .....	12
2.2 Irrigação por sistema pivô central no Brasil .....	12
2.3 Irrigação por sistema pivô central no Noroeste Paulista.....	14
2.4 Bacias Hidrográficas .....	14
2.5 Irrigação e o aumento da produtividade das culturas.....	15
2.6 Sensoriamento Remoto na Agricultura.....	16
3 MATERIAL E MÉTODOS .....	16
3.1 Caracterização da área de Estudo .....	17
3.2 Coleta e Processamento das imagens.....	17
3.3 Composição do banco de dados relacional .....	18
3.4 Coleta de dados econômicos da região Noroeste Paulista .....	19
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	19
4.1 Identificação e evolução das áreas irrigadas a nível de UGRHI.....	20
4.2 Identificação e evolução das áreas irrigadas a nível de municípios.....	21
4.3 Relação do crescimento econômico com a agricultura irrigada .....	28
4.4 Identificação da área irrigada a nível de microbacia hidrográfica.....	29
5 CONCLUSÃO .....	35
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	35

## 1 INTRODUÇÃO

A água é um recurso essencial para o desenvolvimento e evolução da agricultura. Grande parte de toda água utilizada no setor agrícola é aplicada nas práticas de irrigação, prática esta que em muitas regiões torna-se imprescindível para suprir a grande demanda por alimentos, que é cada vez maior em decorrência do aumento das atividades humanas. Segundo a Agência Nacional de Águas, no Brasil cerca de 70 % das águas retiradas da natureza são utilizadas pela irrigação (1.270 m<sup>3</sup>/s) (ANA, 2012).

Ainda, dados levantados pela FAO indicam que o Brasil possui um potencial de irrigação estimado em 30 milhões de hectares, no entanto com ampliação de até 60 milhões de acordo com Leite et al, embora atualmente apresente uma área irrigada de apenas 6 milhões de hectares aproximadamente. De acordo com a Hernandez et al. (2014), o sistema de irrigação tipo pivô central representa mais de 40 % das novas áreas irrigadas no país.

O Noroeste Paulista tem um grande potencial para agricultura irrigada e segundo Amendola (2016), no ano 2000 esta região partiu de uma área irrigada por sistema pivô central de 6.802 hectares possibilitados por 86 equipamentos e até julho de 2015 eram contabilizadas uma área irrigada de 13.331 hectares, com crescimento de 96%, como resultado da implantação de 116 novos equipamentos. Porém, ainda é uma área pouco explorada, necessitando de maiores investimentos com relação a agricultura irrigada e com relação a gestão da utilização dos recursos hídricos, uma vez que está inserido na área chamada de Grandes Lagos possuindo assim um grande potencial para as práticas de irrigação (AMENDOLA et al, 2016).

Mesmo com precipitações anuais elevadas, a região Noroeste Paulista passa por 8 meses de déficit hídrico, causados, principalmente, pela distribuição irregular das chuvas, por isso esta é a região do estado de São Paulo que possui as maiores taxas evapotranspiratórias em decorrência das altas temperaturas (HERNANDEZ et al., 1995 e SANTOS et al., 2010) e assim, ter informações que auxiliem o agricultor irrigante no manejo da prática de irrigação é essencial para promover o uso sustentável da água assim como aumentar a produtividade nas lavouras de forma consciente e eficaz, sendo que lançar mão de técnicas de sensoriamento remoto é uma maneira de quantificar e possibilitar o levantamento de banco de dados relacionado a agricultura irrigada para um bom manejo da mesma (SILVA JUNIOR, 2017).

Desta forma, este projeto se propôs a realizar o levantamento das áreas irrigadas por sistema pivô central na região Noroeste Paulista, a nível de Bacia e Microbacia Hidrográfica e de municípios, constituindo assim um banco de dados relacional, verificando a evolução da área irrigada por pivô central nesta região e discutindo resultados a partir do confronto com dados da Agência Nacional de Águas - ANA, além de ser um trabalho base para novos trabalhos que verifiquem in loco a real criticidade das microbacias e o comprometimento da sua expansão ou

necessidade de gerenciamento imediato dos recursos hídricos. Sendo um trabalho que disponibiliza dados que podem ser utilizados para o melhor planejamento do uso dos recursos hídricos na agricultura, possibilitando o uso racional da água e a valorização deste recurso.

## **2 FUNDAMENTAÇÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1 Métodos e Sistemas de Irrigação**

O método de irrigação é a forma pela qual a água pode chegar até a cultura, não existindo o melhor método, mas sim aquele que melhor se adapta as condições do meio, viabilidade técnica, econômica e ambiental (BERNARDO et al, 2009). E, é considerado sistema de irrigação o conjunto de equipamentos que irá permitir o ato de irrigar, sendo composto em geral por uma estação de bombeamento, um sistema de transporte, um sistema de distribuição, um sistema de aplicação de campo e um sistema de drenagem (FAO, 2016).

A adequação do método dependerá de fatores como, tipo de cultura, tipo de tecnologia, custos e benefícios, em que cada método possui vantagens e desvantagens. Basicamente são quatro os métodos de irrigação aplicados atualmente, sendo eles o de superfície, aspersão, localizada e subirrigação (FAO, 2016), contudo, entre os sistemas de irrigação, são os pivôs centrais os responsáveis pelo maior crescimento das áreas irrigadas. Sendo a o sistema com a maior tecnologia embarcada, podendo ter inclusive seu controle e manejo feito remotamente, quanto maior a área irrigada, menor o investimento por hectare e assim, a área média irrigada por equipamento em 2015 foi de 60 hectares e representa 37% da área irrigada entre os sistemas pressurizados ou 16% da área total irrigada no Brasil (CSEI, 2016), por isso será a base deste trabalho, de fácil identificação através de sensoriamento remoto e representativo da área irrigada na região.

### **2.2 Irrigação por sistema pivô central no Brasil**

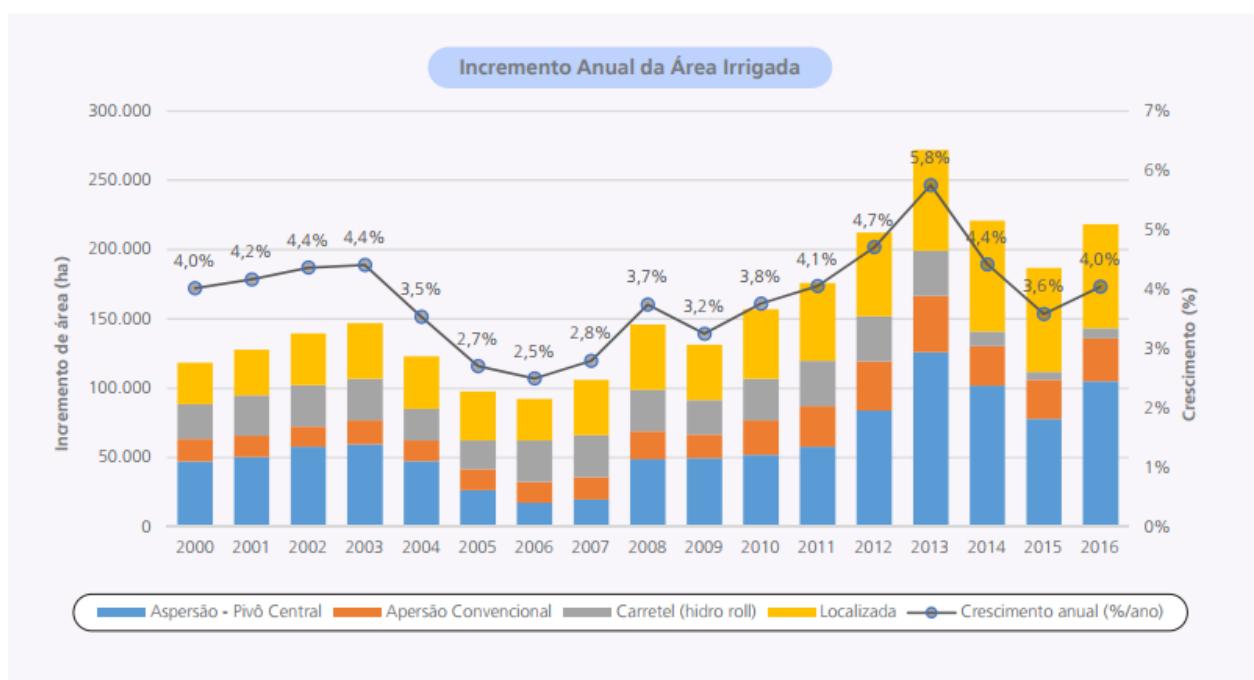
Os primeiros registros de agricultura irrigada existentes no mundo foram relatados cerca de 6000 a.C, no vale do rio Jordão, pela necessidade da expansão da agricultura (SOJKA; BJORNEBERG; ENTRY, 2002). A partir de então, começou a se tornar uma nova tendência mundial, porém no Brasil as práticas e técnicas de irrigação vieram de forma tardia, em que somente a partir do ano de 1900 tiveram os primeiros investimentos em métodos de irrigação, por iniciativa privada, tornando-se mais forte a partir de 1980 (BRASIL, 2008).

Atualmente, o Brasil está entre os dez países com maior área irrigada do planeta possuindo a nona posição, atrás somente, da Tailândia, México, Indonésia, Irã, Paquistão, Estados Unidos da América, Índia e China, tendo um potencial de expansão em área de 30 milhões de hectares (FAO, 2012), ampliado para 75 milhões de hectares de acordo com o IICA - Instituto Interamericano de

Cooperación para la Agricultura (2015) e área irrigada total de mais de 6 milhões de hectares (CSEI, 2016).

Segundo estudo realizado pela Agência Nacional de Águas (ANA), em parceria com a EMBRAPA, atualmente a agricultura irrigada brasileira possui um grande potencial de expansão, e mostra que em 2014 o país possuía cerca de 4.350 Outorgas de direito de uso de recursos hídricos válidas, totalizando 620 mil hectares irrigados, sendo o sistema pivô central o mais utilizado, com representatividade de 30,1% do total. Ainda, de acordo com a Agência Nacional de Águas (2017) a irrigação por sistema pivô central é uma das práticas de irrigação com maior eficiência do uso da água, representando cerca de 70% do incremento de área irrigada entre 2006 e 2016, assim como mostra na Figura 1.

**Figura 1** - Incremento anual de área irrigada mecanizada, por grupos de sistemas (2000-2016).



**Fonte:** CSEI/Abimaq (2017).

Entretanto, o Brasil ainda possui uma área irrigada considerada pequena frente à área agrícola total, à extensão territorial e ao conjunto de fatores físico-climáticos favoráveis, inclusive a boa disponibilidade hídrica. Por outro lado, os incrementos anuais de área irrigada têm se mantido elevados nos últimos anos, indicando que esse potencial tem sido aproveitado sobre áreas significativamente maiores a cada ano (ANA, 2014).

Na última operação censitária realizada em 2006, constatou-se que o método de irrigação mais utilizado no Brasil era aspersão por pivô central (38,0%), com uma área total de 840.048 hectares irrigados, deste total de área cerca de 194.238 hectares irrigados localizavam-se no Estado de São Paulo (IBGE, 2006). Segundo a ANA&EMBRAPA (2016), em 2014 o Brasil apresentava cerca de 1.275 milhão de hectares irrigados por sistemas pivô central, com 19,9 mil equipamentos,

tendo um aumento de 43% com relação ao censo agropecuário de 2006. Ainda, a ANA&EMBRAPA (2016) constataram área irrigada por sistema pivô central de 175.828 hectares no estado de São Paulo, sendo contabilizados 4.025 equipamentos, representando aproximadamente 21% do total.

### **2.3 Irrigação por sistema pivô central no Noroeste Paulista**

Segundo Amendola (2016) a média de incremento de sistemas pivô central no Noroeste Paulista é de 7 equipamentos por ano, com 56,3 hectares cada equipamento, totalizando um acréscimo médio de 408 hectares por ano. Ainda, Amendola (2016) constatou que no período de 2000 a 2015 houve incremento de 6.528 hectares irrigados e 116 novos sistemas pivô central instalados, em que em 2015 foi contabilizado um acúmulo de 202 pivôs. Já o estudo realizado pela ANA & EMPRAPA (2016), constatou um acúmulo de 322 sistemas pivô central na região Noroeste Paulista no ano de 2014, sendo uma diferença de 120 equipamentos quando comparado ao resultado encontrado por Amendola (2016).

Segundo Hernandez (2003), a região Noroeste Paulista apresenta cerca de oito meses de déficit hídrico e os maiores índices de evapotranspiração de todo o estado de São Paulo, assim as práticas de irrigação tornam-se indispensáveis para garantir o máximo da produtividade das culturas, principalmente aquelas que são pouco resistentes ao calor excessivo. Sendo assim, são necessárias maneiras de realizar o bom manejo da irrigação pelos produtores, para atingirem maiores produtividades e para realizarem o uso dos recursos hídricos de forma sustentável e eficiente (LIMA et al., 2015).

Segundo Ortega, Juan & Tarjuelo (2005), para que o manejo da irrigação realizado pelo produtor irrigante seja bem-sucedido, é necessário que o mesmo tenha acesso a informações que sejam aplicáveis ao cotidiano do campo, permitindo a gestão das variáveis que poderão afetar o quanto de água a planta necessita. Neste aspecto, o Noroeste Paulista destaca-se por possuir a Rede Agrometeorológica do Noroeste Paulista, que é monitorada pela Área de Hidráulica e Irrigação da UNESP Ilha Solteira, em que os dados obtidos são processados e disponibilizados de forma gratuita para todo o tipo de público, através do Canal Clima da UNESP Ilha Solteira.

### **2.4 Bacias Hidrográficas**

Atualmente a definição de Bacia Hidrográfica é dada pelo 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 (TEODORO et al, 2007). No entanto, também pode ser definida como uma unidade de planejamento estratégico, uma vez, que a preservação e uso adequado da mesma permite a expansão da agricultura sem que ocorra a degradação ambiental (FEITOSA, 2014).

Segundo o Ministério do Meio Ambiente, o Brasil está dividido em doze regiões hidrográficas, sendo que três importantes bacias, em parte, estão localizadas no estado de São Paulo, sendo elas: Bacia do Paraná, Bacia do Atlântico Sudeste e a Bacia do Atlântico Sul (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2009).

Para facilitar a gestão no Estado de São Paulo, as bacias hidrográficas foram divididas em vinte e duas Unidades de Gerenciamento de Recursos Hidrográficos, o que melhora o trabalho de planejamento dos recursos de cada bacia. Os comitês de Bacias Hidrográficas, são aqueles que fazem o gerenciamento dos recursos hídricos, sem que as decisões tomadas tomem por base o 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 (CBH, 2015).

As Bacias Hidrográficas são subdivididas em sub-bacias e microbacias, sendo que segundo Lima (2008) as microbacias são áreas mais sensíveis em que os fatores uso do solo e intensidade de precipitação podem ocasionar perdas mais intensas por degradação.

## **2.5 Irrigação e o aumento da produtividade das culturas**

A água é um recurso essencial para o bom desenvolvimento e crescimento da planta em campo, assim quando a planta supri suas necessidades hídricas consequentemente consegue ter melhor desempenho morfológico e fisiológico para competir com as demais plantas e para se adaptar adequadamente ao ambiente em que está inserida (PETRY, 1991). Por outro lado, quando a planta sofre estresse prolongado em decorrência do déficit hídrico ocorre em seu metabolismo a ativação de mecanismos que buscam a conservação da água, mecanismos estes que ocasionam o decréscimo da produção da área foliar, o fechamento estomático, a aceleração da senescênci a e da abscisão foliar, e como consequência ocorre a redução da produtividade (TAIZ & ZEIGER, 1991).

Por conta disso a irrigação é um fator que está extremamente ligado ao aumento da produtividade das culturas, segundo Gonzaga Neto (2000) a agricultura brasileira só irá ter aumentos significativos na produtividade se forem feitos maiores investimentos em irrigação, pois tal técnica possibilita maior produção em menor área. A Tabela 2, disponibilizada pelo Ministério da Agricultura (1989), compara as produtividades obtidas por diferentes culturas e confirma o incremento da produtividade nas áreas irrigadas por sistemas tipo pivô central.

Além do aumento da produtividade quando comparada a agricultura de sequeiro, a agricultura irrigada também ocasiona melhoria nas condições de competitividade no mercado nacional e internacional, uma vez que os produtos sofrem melhorias nas características que são importantes para o mercado, gerando aumento e regularidade na oferta de produtos agrícolas, e também é uma prática que permite a utilização do solo durante todo o ano e a geração de novos empregos, movimentando assim a economia do país (ANA, 2017). Segundo a Assessoria

Legislativa da Câmara Federal a agricultura gera de 2.000 a 20.000 empregos o que indica boa participação na economia brasileira e possibilita a visão empreendedora da agricultura irrigada no país.

**Figura 2** - Incremento de produtividade por meio do sistema pivô central (kg/ha).

Cultura	Não irrigado	Irrigado	Incremento
<i>Algodão</i>	848	2700	218%
<i>Arroz</i>	1739	3750	115%
<i>Feijão</i>	388	2300	492%
<i>Milho</i>	1985	5500	177%
<i>Soja</i>	1844	3000	62%
<i>Trigo</i>	1668	3400	104%
<i>Tomate</i>	25000	60000	140%

**Fonte:** Ministério da Agricultura (1989).

## 2.6 Sensoriamento Remoto na Agricultura

Segundo BUTLER et al (1990), foi durante a Segunda Guerra Mundial que o primeiro filme colorido infravermelho foi desenvolvido, e a partir de então foram surgindo cada vez mais tecnologias de imagem, até que em 1950 começou a ser desenvolvido sistemas de imagens térmicas infravermelhas, e em 1957 foi lançado o satélite Sputnik 1, pela antiga URSS revolucionando o modo de adquirir imagens de terreno.

Desde então, com o lançamento de mais satélites foram-se aprimorando as técnicas de sensoriamento remoto, oferecendo aos cientistas maior qualidade nos trabalhos realizados em larga escala da superfície terrestre (KIENASTBROWN; BOETTINGER, 2006). Para a agricultura o sensoriamento remoto tornou-se fonte de detalhamento da agricultura, principalmente relacionado aos aspectos climáticos e das culturas, como por exemplo, a obtenção de mediadas representativas de evapotranspiração atual em escala regional, de forma mais econômica e mais eficiente, revolucionando o modo de se realizar o planejamento agrícola (ZWART; BASTIAANSSEN, 2007). Para a agricultura irrigada o sensoriamento remoto permite realizar estudos que auxiliam na gestão de aspectos importantes, como por exemplo, na identificação das formas de utilização dos recursos hídricos dentro da agricultura, uma vez que possibilita a quantificação das áreas irrigadas, em que se pode desenvolver estudos de progresso econômico, tecnológico e ainda, de âmbito ambiental.

## 3 MATERIAL E MÉTODOS

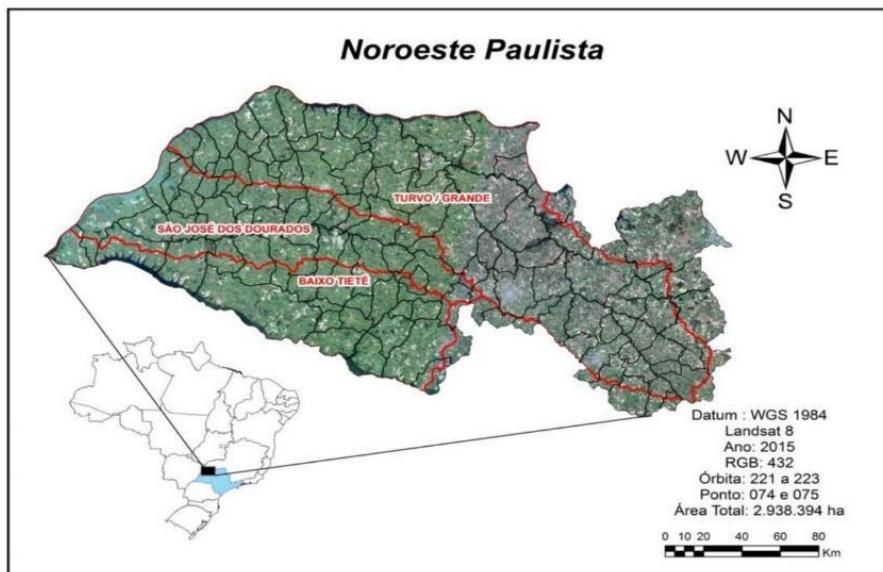
Foi alvo da pesquisa o sistema de irrigação tipo pivô central, por ser o mais utilizado nas

práticas de irrigação na região Noroeste Paulista e possivelmente por ser responsável pelas maiores demandas de água. Neste trabalho, foram utilizadas técnicas de sensoriamento remoto para identificação dos equipamentos e contagem das áreas irrigadas pelo sistema tipo pivô central. Em relação à expansão da área irrigada, este trabalho identificou as novas áreas acrescentadas entre julho de 2015 e dezembro de 2016, complementando o estudo iniciado por Amendola (2016) que identificou a implantação e a evolução destes sistemas a partir do ano de 2000. Houve a necessidade de revisão dos dados levantados por Amendola (2016), pois foi verificada a inadequada contagem especialmente nos sistemas tipo pivô central rebocáveis, que podem irrigar até três áreas consecutivas.

### **3.1 Caracterização da área de Estudo**

Este estudo teve como área de abrangência 113 cidades do Noroeste Paulista, localizadas nas Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos - UGRHI do Turvo/Grande, São José dos Dourados e a margem direita do Baixo Tietê (Figura 3), que somadas totalizam 2.938.394 hectares. Destes, 1.594.884 hectares localizam-se na Bacia Hidrográfica do Turvo/Grande, 678.690 hectares na Bacia Hidrográfica do São José dos Dourados e 664.820 hectares na margem direita do Baixo Tietê (CBH, 2015).

**Figura 3** - Região de estudo denominada Noroeste Paulista.



**Fonte:** Amendola (2016).

### **3.2 Coleta e Processamento das imagens**

As imagens que foram trabalhadas neste estudo foram adquiridas através das bases de dados do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) e da NASA (National Aeronautics and Space Administration), disponibilizadas gratuitamente. Para o período de julho de 2015 a dezembro de 2016 estão sendo utilizadas as imagens do satélite americano Landsat 8, que possui 8 bandas

multiespectrais com resolução espacial de 30 metros, 1 banda pancromática com resolução espacial de 15 metros e 2 bandas termais com resolução espacial de 100 metros. Este satélite oferece cenas de 185 x 185 Km, revisitando uma mesma área a cada 16 dias, está em órbita polar sincronizada com o sol, possui período de revolução de 14,5 órbitas/dia.

Para o processamento das imagens foi utilizado o software ArcGIS 10.0 (ESRI) que ofereceu boa qualidade gráfica e muitas ferramentas práticas, sendo licenciado para Área de Hidráulica e Irrigação da UNESP Ilha Solteira para utilização em pesquisa científica.

Para a composição de cores das imagens foram utilizadas as bandas que compõem a “falsacor”, para melhor visualização das áreas irrigadas. Após o processamento das imagens foi realizada a identificação das áreas irrigadas e a consolidação do banco de dados com informações detalhadas sobre a agricultura irrigada por sistema pivô central na região Noroeste Paulista.

Para realizar a verificação e contagem das áreas irrigadas por pivô central, foi necessário criar um shapefile do tipo polígono, no software ArcGis, que é um formato de dados vetoriais da empresa criadora do programa para armazenar a posição, formato e atributos de feições geográficas, para que as imagens estivessem corretamente alinhadas com as projeções das cenas de satélite. Para a identificação das áreas irrigadas a nível de Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos (UGRHI) e de municípios foi utilizado shapefile disponibilizado gratuitamente pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Já para a identificação das áreas irrigadas a nível de microbacia foi utilizado o shapefile disponibilizado no banco de dados da Agência Nacional de Águas (ANA), que através do trabalho denominado Balanço Hídrico Quantitativo disponibiliza para download o shapefile de microbacias no site [www.metadados.ana.gov.br](http://www.metadados.ana.gov.br).

### **3.3 Composição do banco de dados relacional**

O banco de dados foi constituído através do software Excel, em que foi composto por tabelas e gráficos. Realizou-se a contagem do número de sistemas pivô central e da quantidade de área irrigada existentes em toda região Noroeste Paulista, dando continuidade ao trabalho realizado por Amendola (2016), que realizou esta contagem até julho de 2015. Os dados coletados por Amendola (2016) passaram por uma revisão rigorosa, em que foram necessárias algumas correções para aumentar a confiabilidade dos dados e posteriormente dar continuidade a atualização dos mesmos. Então, contou-se e atualizou-se o número de sistemas pivô central e a quantidade de área irrigada existentes na região Noroeste Paulista no ano de 2016. Além disso, realizou-se também o cálculo da evolução da área irrigada por sistema pivô central a nível de município e de Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos - UGRHI.

Com relação a nomenclatura para identificação das microbacias foram utilizados os mesmos códigos presentes no shapefile das microbacias estipulados pela Agência Nacional de Águas -

ANA no trabalho intitulado Balanço Hídrico Quantitativo publicado em 2016, códigos estes chamados de Chave Estrangeira. Com relação a situação de criticidade relacionada ao balanço hídrico de cada microbacia, que tem como critério a relação entre a demanda consuntiva (vazão de retirada) e a disponibilidade hídrica dos rios, seguiu-se a classificação adotada pela ANA. Tal classificação foi dividida em confortável, preocupante, crítica e muito crítica.

Extraiu-se a área irrigada e o número de sistemas pivô central de cada microbacia e identificou-se dentro do banco de dados a localidade das mesmas, para possibilitar a posterior identificação fora do software ArcGIS. Realizou-se o cálculo da densidade de número de sistemas pivô por quilômetro quadrado de microbacia, assim como a relação, em porcentagem, da área irrigada total e da área total da microbacia, através das seguintes fórmulas:

$$\text{Densidade} = \frac{\text{nº de equipamentos}}{\text{área total}}$$

$$\% \text{ Área Irrigada} = \frac{\text{área irrigada}}{\text{área total}}$$

### **3.4 Coleta de dados econômicos da região Noroeste Paulista**

Para o levantamento dos dados econômicos de cada município acessou-se o site oficial do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), em que foi possível obter os seguintes dados: Produto Interno Bruto (PIB) e o Valor da Produção Agropecuária (VPA), referentes ao último ano atualizado, sendo 2014; e o Valor Bruto da Produção (VBP), obtido a partir da soma do valor total do cultivo de culturas permanentes e temporárias, e da pecuária, referente ao último ano atualizado, sendo 2015, que estão disponíveis em <http://www.cidades.ibge.gov.br>

Para a análise da relação entre o crescimento econômico e a agricultura irrigada foram levantados os dados dos 5 municípios que mais se destacaram no ano de 2015 com relação a quantidade de sistemas pivô central e dos 5 que menos se destacaram com relação ao mesmo aspecto. Foram levantados apenas os dados relacionados a esses municípios em decorrência da necessidade de se compilar os dados município a município.

## **4 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Após realizado o processamento das imagens e a identificação dos sistemas pivô central acrescentados desde julho de 2015 até dezembro de 2016, pôde-se realizar a análise da expansão da agricultura irrigada por pivô central no Noroeste Paulista. Assim, como mostrado na Tabela 1, constatou-se que durante o período citado houve a instalação de 22 novos sistemas pivô central no

Noroeste Paulista, acrescentando uma área irrigada de 764 hectares.

**Tabela 1** - Cenário da agricultura irrigada na região Noroeste Paulista em 2016.

2016	Área Total Municípios de Interesse	17.797,22 ha
	Área Total Irrigada	16.501 ha
	Total de Equipamentos	344
	AI/AT	0,90%
Evolução 2015 a 2016	Área Total Irrigada	764 ha
	Nº equipamentos incluídos	22
Perdas de 2015 a 2016	Nº equipamentos retirados	3
	Perda de área irrigada	57 ha

**Fonte:** Próprio Autor.

A Tabela 1 também mostra o cenário atual da agricultura irrigada no Noroeste Paulista, com dados relacionados a evolução e ao acúmulo de área irrigada e de equipamentos no ano de 2016, sendo que os dados dos anos anteriores a julho de 2015 foram extraídos com base no estudo publicado por Amendola (2016), confrontados com estudo publicado em 2016 pela Agência Nacional de Águas (ANA) em parceria com a EMBRAPA, sobre a situação da agricultura irrigada por pivô central no país, em 2014. Assim, pode-se verificar que a área total irrigada no Noroeste Paulista ao final do ano de 2016 foi contabilizada em 16.501 hectares, somando 344 equipamentos. Além dos acréscimos, no ano de 2016 também houveram perdas, em que foram retirados cerca de 3 sistemas pivô central, sendo 57 hectares irrigados perdidos.

#### **4.1 Identificação e evolução das áreas irrigadas a nível de UGRHI**

Com os dados obtidos foi possível analisar a situação da área irrigada no Noroeste Paulista a nível de Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos (UGRHI). Desta forma, a Tabela 2 permite a análise da quantidade total de área irrigada, da quantidade de equipamentos e a relação área irrigada por área total (AI/AT), a nível de UGRHI. Assim, verificou-se que ao final de 2016 a UGRHI que apresentou a maior quantidade de área irrigada foi a Baixo Tietê (BT), com 7.831 hectares e apresentando relação AI/AT de 1,2 %, seguida pela UGRHI Turvo Grande (TG), com 7.378 hectares e relação AI/AT de 0,4 % e posteriormente pela UGRHI São José dos Dourados, com 1.238 hectares e relação AI/AT de 0,2%. Contudo, quando se refere a quantidade total de sistema pivô central, a UGRHI Turvo Grande lidera o ranking, apresentando 231 equipamentos, seguida pela UGRHI Baixo Tietê, com 95 equipamentos, e depois pela UGRHI São José dos Dourados, com apenas 17 equipamentos.

Ainda, a Tabela 2 permite a análise da evolução da agricultura irrigada por sistema pivô central no Noroeste Paulista a nível de UGRHI entre os anos de 2015 e 2016. Desta forma, observa-se que a UGRHI que obteve maior evolução entre os anos estudados, com relação aos três aspectos analisados, sendo área irrigada, número de equipamentos e relação AT/AI, foi a Baixo Tietê, com

acrédito de 509 hectares irrigados, 11 equipamentos e assim sendo acrescentado 0,1% na relação AI/AT. Assim, quando se confronta os dados de evolução de toda a região Noroeste Paulista citada anteriormente, com os dados de evolução da bacia Baixo Tietê (BT), constata-se que a bacia Baixo Tietê foi responsável por aproximadamente 66,6% do crescimento da agricultura irrigada por pivô central na região Noroeste Paulista.

**Tabela 2 - Evolução da agricultura irrigada a nível de bacia, entre os anos de 2015 e 2016.**

Bacia Hidrog.	Área Total (ha)	2015				2016				Evolução 2015 a 2016		Perda de 2015 a 2016	
		Área Irrigada (ha)	Equipamentos	AT/AI (%)	Área Irrigada (ha)	Equipamentos	AT/AI (%)	Área Irrigada (ha)	Equipamentos	Área Irrigada (ha)	Equipamentos	Área Irrigada (ha)	Equipamentos
<b>BT</b>	651565	7322	84	1,1	7831	95	1,2	509	11	0	0	0	0
<b>SJD</b>	587805	1145	15	0,2	1238	17	0,2	93	2	0	0	0	0
<b>TG</b>	1812229	7328	226	0,4	7432	232	0,4	161	9	-57	-3	-57	-3
<b>Total</b>	3051598	15794	325	0,5	16501	344	0,5	764	22	-57	-3	-57	-3

**Fonte:** Próprio Autor.

A bacia São José dos Dourados (SJD) teve uma evolução discreta com relação a área irrigada e ao número de equipamentos, em que foram acrescentados 93 hectares e 2 novos sistemas pivô central, tendo uma contribuição de 12,2 % no crescimento da agricultura irrigada no Noroeste Paulista. A bacia Turvo Grande (TG) destacou-se negativamente, pois apesar de ter sofrido acréscimo de 161 hectares irrigados com 9 novos sistemas instalados, ela sofreu também uma perda de aproximadamente 57 hectares irrigados devido a retirada de 3 sistemas pivô central, desta forma se não tivesse tido retração, a bacia TG seria responsável por 21% do crescimento da agricultura irrigada no Noroeste Paulista.

#### 4.2 Identificação e evolução das áreas irrigadas a nível de municípios

Com os dados obtidos também foi possível analisar a situação da agricultura irrigada ao final do ano de 2016 por município no Noroeste Paulista, assim como a evolução entre os anos de 2015 e 2016. As Tabelas 3, 4 e 5 mostram os dados dos municípios que possuem irrigação por sistema pivô central nas bacias Baixo Tietê (BT), São José dos Dourados (SJD) e Turvo Grande (TG), respectivamente.

A Tabela 3 permite observar que o município que mais se destacou ao final de 2016, tanto em relação a área irrigada, quanto ao número de sistemas pivô central foi Pereira Barreto com 2.248 hectares irrigados e 25 sistemas pivô central. Porém, foi o município de Itapura que teve a maior relação AI/AT com 7%, isso se deve ao fato do município possuir menor área total quando comparado a Pereira Barreto e também por ter sido contabilizados 24 sistemas pivô central e 2.132 hectares irrigados no município. No entanto, o município que sofreu maior evolução foi Sud Mennucci com acréscimo de 144 hectares irrigados e 2 sistemas pivô central.

O município de Zacarias que no ano de 2015 apresentava zero hectare de área irrigada, em 2016 teve evolução, pois foram acrescentados 2 sistemas pivô central somando uma área irrigada de 35 hectares. Os municípios de Itapura e Planalto não sofreram evolução.

**Tabela 3 - Evolução da agricultura irrigada por sistema pivô central na UGRHI Baixo Tietê (BT), entre 2015 e 2016.**

Município	Bacia Hidrog.	Área Total Município (ha)	2015			2016			Evolução da área de 2015 a 2016	Evolução do número de equipamentos de 2015 a 2016
			Área Irrigada Total (ha)	Equipamentos	AI/AT (ha)	Área Irrigada Total (ha)	Equipamentos	AI/AT (ha)		
Buritama	BT	32410	385	7	1,2	462	9	1,4	76,4	2
Itapura	BT	30436	2132	24	7	2132	24	7	0,1	0
Jose Bonifacio	BT	86319	394	4	0,5	512	6	0,6	118	2
Moncoes	BT	10561	65	2	0,6	65	2	0,6	0	0
Pereira Barreto	BT	57651	2192	24	3,8	2248	25	3,9	56,1	1
Planalto	BT	28935	104	2	0,4	104	2	0,4	0	0
Santo Antonio do Aracangua	BT	130774	461	4	0,4	523	5	0,4	61,8	1
Sud Mennucci	BT	58834	1337	13	2,3	1481	15	2,5	144,2	2
Turiuba	BT	15333	250	4	1,6	267	5	1,7	17,1	1
Zacarias	BT	31788	0	0	0	35	2	0,1	35,4	2
<b>Total</b>		<b>483040</b>	<b>7322</b>	<b>84</b>	<b>1,5</b>	<b>7831</b>	<b>95</b>	<b>1,6</b>	<b>509,2</b>	<b>11</b>
<b>Média</b>		<b>48304</b>	<b>390</b>	<b>4</b>	<b>0,8</b>	<b>783</b>	<b>10</b>	<b>1,9</b>	-	-

**Fonte:** Próprio Autor.

Na Tabela 4 pode-se observar os dados relacionados a bacia do São José dos Dourados (SJD), a qual no final de 2016, o município que terminou com maior área irrigada foi Suzanápolis, com 340 hectares, porém sem evolução com relação a 2015. Em relação ao número de equipamentos o município destaque foi Santa Fé do Sul, com 4 sistemas, mas também não tendo evolução com relação ao ano de 2015. O município que apresentou maior destaque na relação AI/AT em 2016, foi Santa Fé do Sul com 1,2 %. E o município com menor relação AI/AT foi General Salgado, com 0%. Apesar de não ter tido grande destaque em 2016, o município de Monte Aprazível foi o que apresentou maior evolução de área irrigada na bacia SJD, sendo acrescentados 70 hectares e 1 sistema pivô central.

Analizando a Tabela 5, que se refere a UGRHI Turvo Grande pode-se observar que houveram perdas na quantidade de sistemas pivô central e consequentemente na quantidade de área irrigada. Foram 57 hectares perdidos e 3 equipamentos retirados. Porém, a quantidade de perda não superou o acréscimo de área irrigada nesta bacia, que totalizou 161 hectares, assim o saldo final com relação ao crescimento da área irrigada nesta bacia foi de 104 hectares. Os municípios de Taiaçu, Mirassol e Riolândia foram os responsáveis pelas perdas ocasionadas à agricultura irrigada da UGRHI Turvo Grande, em que sofreram perdas de 1 equipamento por município, e áreas de 5, 40 e 12 hectares, respectivamente.

**Tabela 4 - Evolução da agricultura irrigada por pivô central na bacia São José dos Dourados (SJD), entre**

2015 e 2016.

Município	Bacia Hidrog.	Área Total Município (ha)	2015			2016			Evolução da área 2015 a 2016	Evolução do número de equipamentos de 2015 a 2016
			Área Irrigada Total (ha)	Equipamentos	AI/AT (há)	Área Irrigada Total (ha)	Equipamentos	AI/AT (há)		
General Salgado	SJD	49130	0	0	0	23	1	0	23,1	1
Ilha Solteira	SJD	65163	264	3	0,4	264	3	0,4	0	0
Monte Aprazível	SJD	48085	0	0	0	70	1	0,1	70,4	1
Nhandeara	SJD	43615	0	0	0	0	0	0	0	0
Rubinéia	SJD	24142	144	2	0,6	144	2	0,6	0	0
Santa Fé do Sul	SJD	20672	240	4	1,2	240	4	1,2	0	0
Santana da Ponte Pensa	SJD	12842	84	2	0,7	84	2	0,7	0	0
Suzanápolis	SJD	32899	340	3	1	340	3	1	0	0
Três Fronteiras	SJD	15068	72	1	0,5	72	1	0,5	0	0
<b>Total</b>	-	<b>311615</b>	<b>1145</b>	<b>15</b>	<b>0,4</b>	<b>1238</b>	<b>17</b>	<b>0,4</b>	<b>93,5</b>	<b>2</b>
<b>Média</b>	-	<b>34624</b>	<b>84</b>	<b>2</b>	<b>0,5</b>	<b>138</b>	<b>2</b>	<b>0,5</b>	-	-

**Fonte:** Próprio Autor.

Mesmo com uma perda de 12 hectares, foi o município de Riolândia que terminou o ano de 2016 com maior acúmulo de área irrigada, totalizando 1.355 hectares, com 27 sistemas pivô central e relação AI/AT de 2,1 %, sendo a maior quando comparada aos demais municípios. Em relação ao número de equipamentos o município que mais se destacou com relação a quantidade acumulada em 2016, foi Monte Alto, com 87 sistemas pivô central.

Em relação a evolução, o município que mais se destacou foi Pontes Gestal com um acréscimo de 60 hectares irrigados e 1 equipamento, sendo seguido pelo município de Alvares Florence, com evolução de 37 hectares irrigados e 1 equipamento, e posteriormente o município de Monte Alto, com acréscimo de 36 hectares irrigados e 5 equipamentos.

Confrontando o estudo realizado por Amendola (2016) e o estudo realizado pela Agência Nacional de Águas (ANA) em parceria com a EMBRAPA, publicado em 2016, foi possível identificar alguns aspectos conflitantes, quando se referia a quantidade de área irrigada e de sistemas pivô central no ano de 2014, pois os dados extraídos por Amendola (2016) eram inferiores aos extraídos pela ANA & EMBRAPA (2016), assim o presente estudo realizou a correção dos dados referentes a evolução da área irrigada no Noroeste Paulista realizado por Amendola (2016) no período de 2000 até julho de 2015, e ainda, foi realizada a atualização dos dados referentes a agricultura irrigada no período de julho de 2015 a dezembro de 2016. A Figura 3 mostra o resultado da correção e da atualização dos dados referentes a evolução da área irrigada no Noroeste Paulista, entre 2000 e 2016.

Analisando-se o gráfico (Figura 4) pode-se perceber que houve queda na média de área média em hectares acrescentada por sistema pivô central, porém verifica-se que foram crescentes o acúmulo da quantidade de equipamento e da quantidade de área. Este fato reforça que a agricultura irrigada se expande a cada ano na região Noroeste Paulista, e que vem despertando o

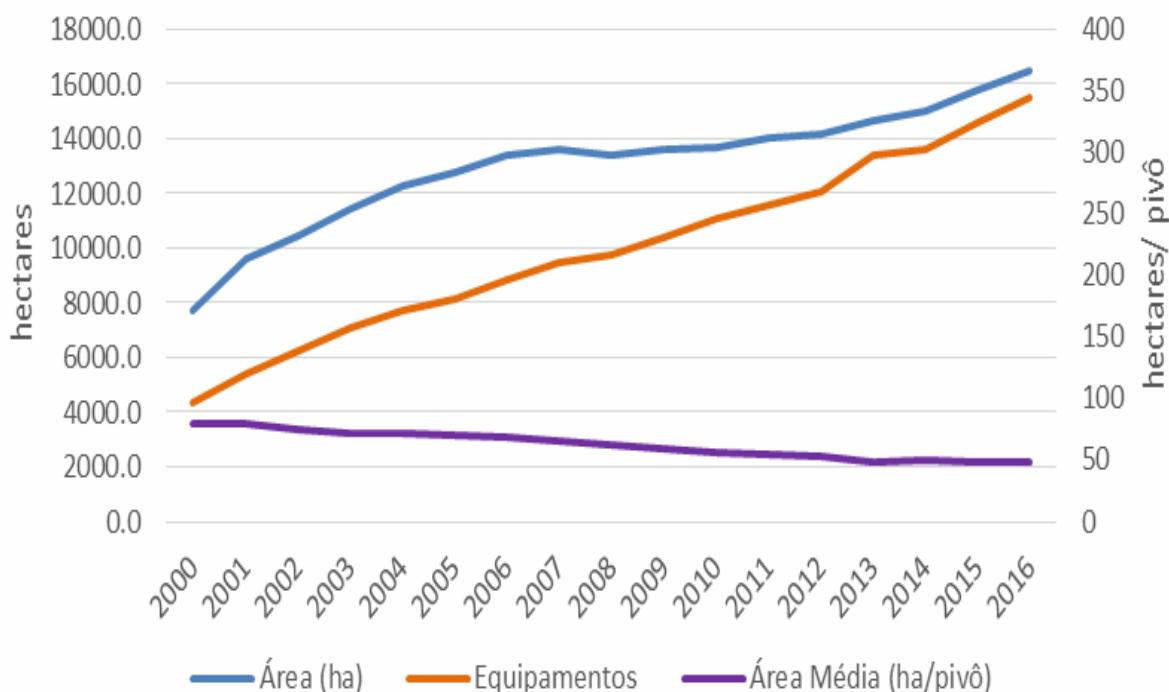
interesse dos produtores da região. São 22 novos sistemas implementados em 2016, com acréscimo de 764 hectares irrigados. Dos 113 municípios analisados, 44 possuem áreas irrigada por sistemas pivô central, representando aproximadamente 40% de todos os municípios que compõem a região Noroeste Paulista.

**Tabela 5 - Evolução da agricultura irrigada por pivô central na bacia Turvo Grande (TG), entre 2015 e 2016.**

Município	Bacia Hidrog.	Área Total Município (ha)	2015			2016			Evolução da área 2015 a 2016	Evolução do número de equipamentos de 2015 a 2016
			Área Irrigada Total (ha)	Equipamentos	AI/AT (há)	Área Irrigada Total (ha)	Equipamentos	AI/AT (há)		
Riolândia	TG	63430	1367	28	2,2	1355	27	2,1	-12	-1
Cardoso	TG	64052	1051	25	1,6	1051	25	1,6	0,1	0
Votuporanga	TG	42371	378	8	0,9	378	8	0,9	0	0
Alvares Florence	TG	35970	202	5	0,6	239	6	0,7	37,1	1
Parisi	TG	8506	77	5	0,9	92	6	1,1	14,3	1
Santa Rita d'Oeste	TG	20815	0	0	0	0	0	0	0	0
Paulo de Faria	TG	74668	676	12	0,9	676	12	0,9	0	0
Mira Estrela	TG	21669	145	4	0,7	145	4	0,7	0	0
Pedranápolis	TG	26125	292	4	1,1	293	4	1,1	0	0
Palestina	TG	69470	254	4	0,4	254	4	0,4	0	0
Cosmorama	TG	44483	302	5	0,7	302	5	0,7	0	0
Ouroeste	TG	28777	177	2	0,6	177	2	0,6	0	0
Fernandópolis	TG	54709	118	2	0,2	118	2	0,2	0	0
Urânia	TG	20566	117	2	0,6	117	2	0,6	0	0
Altair	TG	31712	119	1	0,4	119	1	0,4	0	0
Populina	TG	32639	343	4	1	343	4	1	0	0
Onda Verde	TG	24511	137	2	0,6	137	2	0,6	0	0
Tanabi	TG	75050	97	2	0,1	97	2	0,1	0	0
Santa Clara d oeste	TG	17998	112	2	0,6	112	2	0,6	0	0
Mesópolis	TG	15264	79	1	0,5	79	1	0,5	0	0
Américo de Campos	TG	24874	72	1	0,3	72	1	0,3	0	0
Estrela d oeste	TG	29887	50	1	0,2	50	1	0,2	0	0
Mirassol	TG	24837	40	1	0,2	0	0	0	-40,4	-1
Paranapuã	TG	13027	125	3	1	125	3	1	0	0
Pontes Gestal	TG	21689	282	4	1,3	343	5	1,6	60,2	1
Indiaporã	TG	28595	0	0	0	0	0	0	0	0
Monte Alto	TG	35046	602	82	1,7	639	87	1,8	36,5	5
Taiaçu	TG	10562	75	11	0,7	70	10	0,7	-5	-1
Turmalina	TG	14663	0	0	0	0	0	0	0	0
Vista Alegre do Alto	TG	9103	38	5	0,4	51	6	0,6	13,2	1
Total		985067	7328	226	1	7432	232	1	161	9
Média		35213	267	8	1	271	8	1	-	-

**Fonte:** Próprio Autor.

**Figura 4 - Evolução da área irrigada no Noroeste Paulista entre 2000 e 2016.**

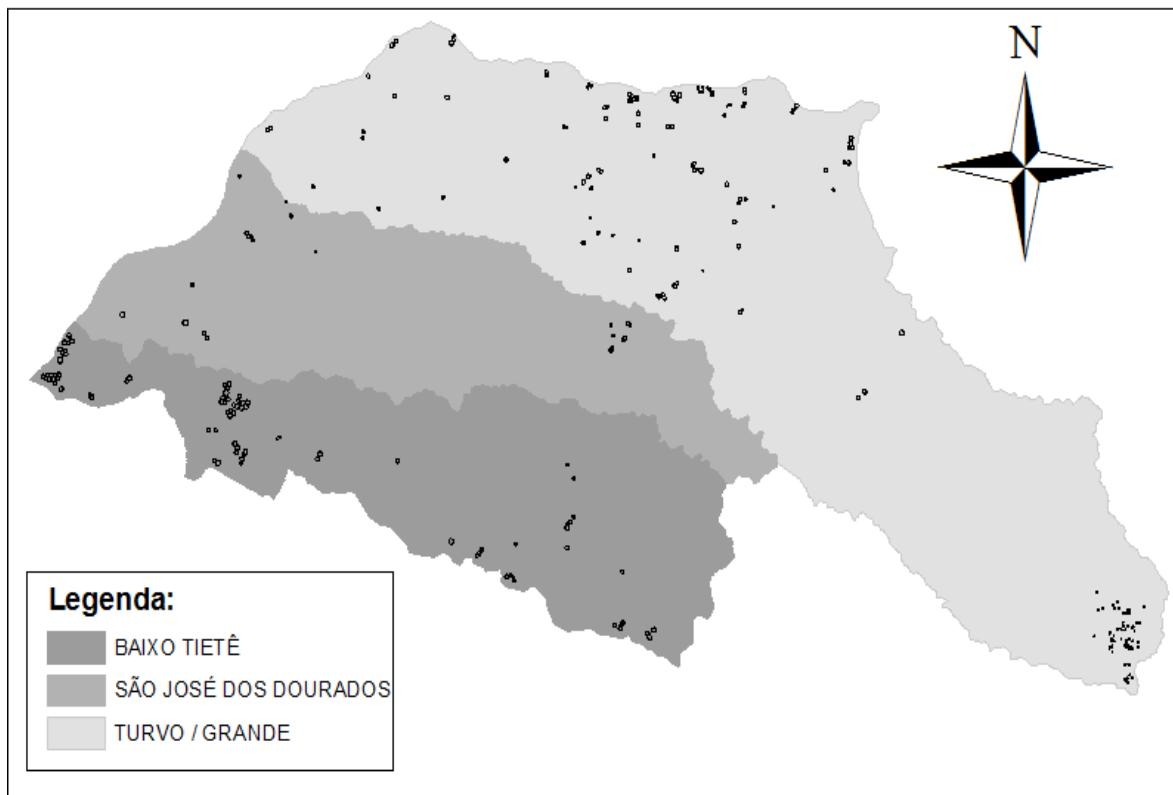


**Fonte:** Próprio Autor.

Em estudo recente, Trinca et al (2015) identificou a quantidade de sistemas pivô central de três bacias hidrográficas do Oeste Paulista, totalizando apenas 56 equipamentos acumulados desde o ano de 2000 até o final de 2014, com área de 5.105 hectares, sendo uma diferença bastante significativa quando comparada ao total de equipamentos contabilizados por Amendola (2016) no mesmo período na região Noroeste Paulista, que verificou um acúmulo de 202 equipamentos, sendo corrigidos para 303 equipamentos pelo presente estudo. Esta diferença demonstra o grande potencial da região Noroeste Paulista com relação a agricultura irrigada quando comparada a outras regiões, e indica um futuro promissor da irrigação por sistema pivô central, podendo ser de contínuo crescimento como se deu entre os anos de 2000 a 2016, de acordo com a Figura 4. O trabalho publicado pela Agência Nacional de Águas (2016) identificou de 17.878 sistemas pivô central em todo o Brasil, sendo identificados 4.025 sistemas no Estado de São Paulo. Assim, o Noroeste Paulista contribui com aproximadamente 8,5% do total de equipamentos instalados no estado de São Paulo.

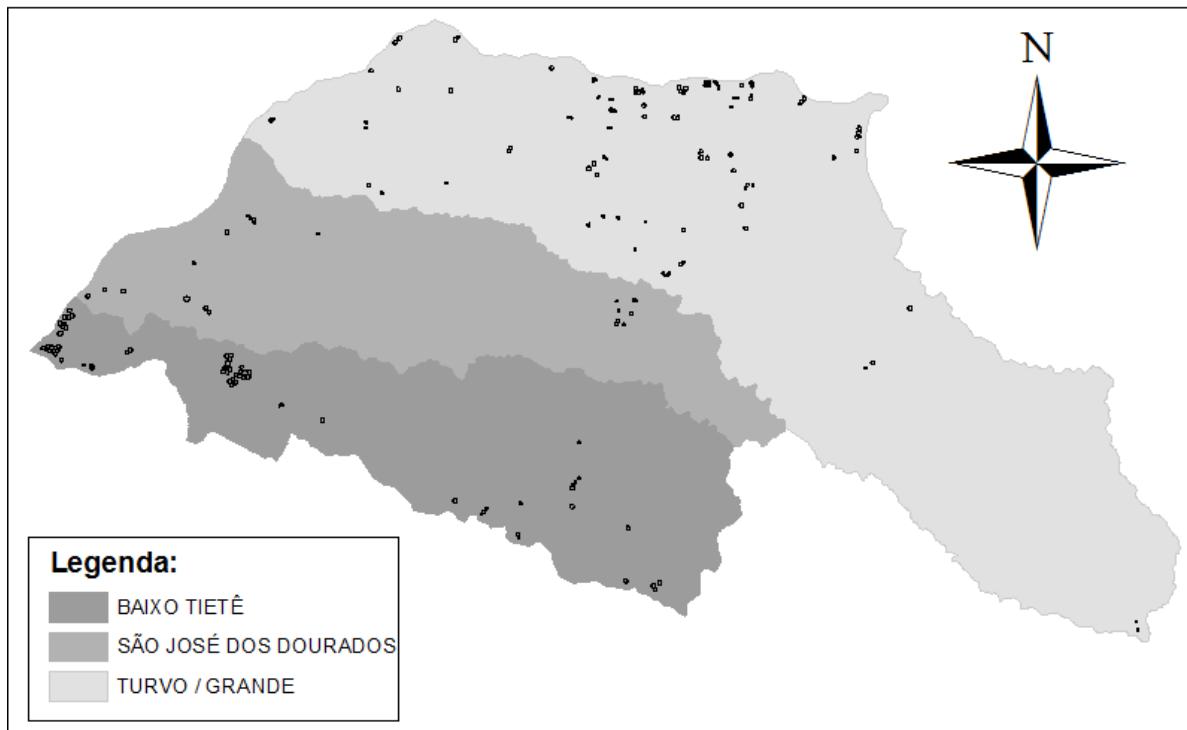
A Figura 5 demonstra a distribuição de todos os sistemas pivô central contabilizados pela ANA&EMBRAPA (2016) no Noroeste Paulista no ano de 2014. A Figura 6 demonstra a distribuição de todos os sistemas pivô central no ano de 2014, contabilizados por Amendola (2016) e a Figura 7 demonstra a distribuição de todos os sistemas pivô central contabilizados por este estudo no ano de 2016 no Noroeste Paulista.

**Figura 5** - Distribuição dos sistemas pivô central no Noroeste Paulista contabilizados por ANA & EMBRAPA (2016), no ano de 2014.



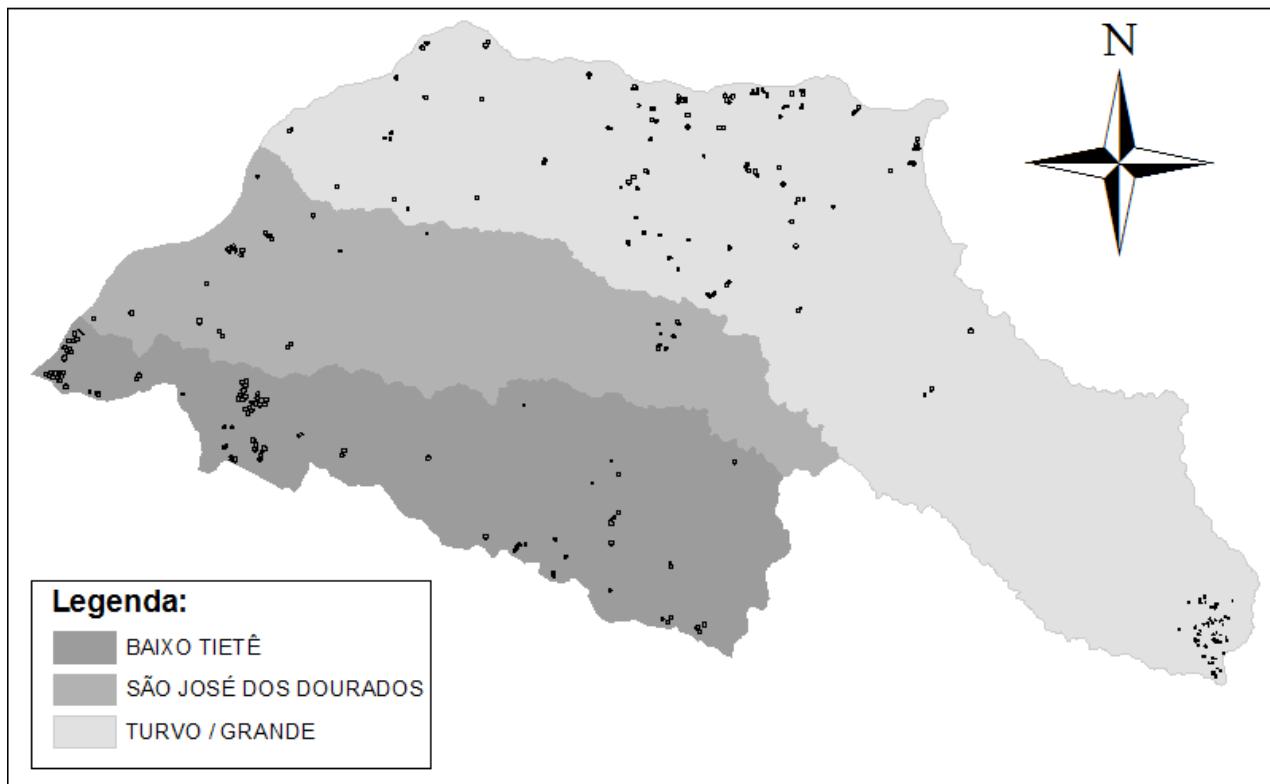
**Fonte:** Próprio Autor.

**Figura 6** - Distribuição dos sistemas pivô central no Noroeste Paulista contabilizados por Amendola et al (2016), no ano de 2014.



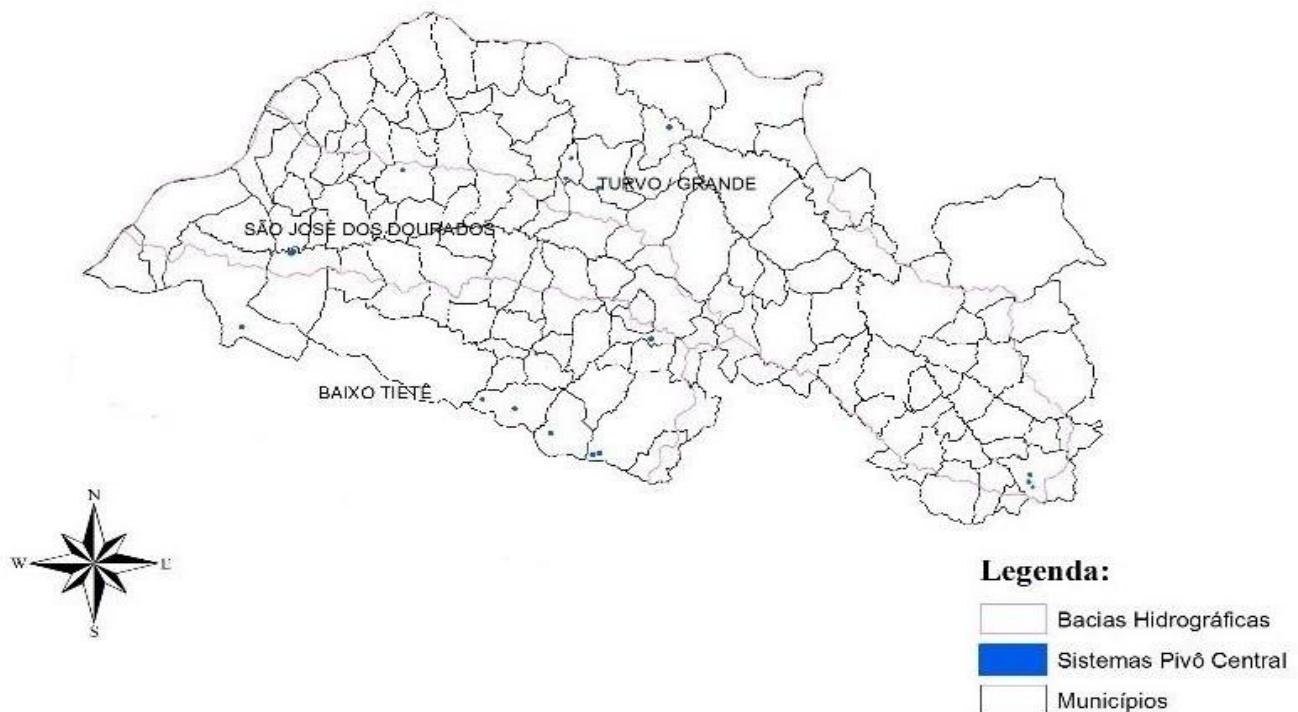
**Fonte:** Próprio Autor.

**Figura 7** - Distribuição dos sistemas pivô central no Noroeste Paulista no ano de 2016.



**Fonte:** Próprio Autor.

**Figura 8** - Localização dos 22 sistemas pivô central acrescentados no Noroeste Paulista no ano de 2016.



**Fonte:** Próprio Autor.

Confrontando as três figuras apresentadas foi possível identificar que a distribuição e a quantidade de sistemas pivô central das Figuras 5 e 7, estão em concordância, entretanto quando comparadas a Figura 6 ocorrem divergências, principalmente nos pivôs existentes no município de Monte Alto, em que se tem visualmente um número menor de equipamentos identificados por Amendola et al (2016).

A Figura 8 ilustra a distribuição espacial dos sistemas pivô central acrescentados no ano de 2016, totalizando 22 equipamentos razoavelmente bem distribuídos, porém foi a Bacia Hidrográfica do Turvo Grande que registrou o maior acréscimo, com 11 equipamentos, seguida pela Bacia do Baixo Tietê com 8 equipamentos e posteriormente pela Bacia Hidrográfica do São José dos Dourados, com 3 equipamentos.

#### **4.3 Relação do crescimento econômico com a agricultura irrigada**

Relacionando-se o crescimento econômico dos municípios com a agricultura irrigada por sistema pivô central no Noroeste Paulista pode-se observar na Tabela 6, que foram destacados os 5 municípios com maior número de área irrigada e os 5 com menor número de área irrigada, e que com exceção do município de Itapura, os municípios que possuem altas quantidades de áreas irrigadas por sistemas pivô central possuem também alto Valor de Produção Agropecuária (VPA), e aqueles municípios que possuem menores quantidades de áreas irrigada por sistemas pivô central, também possuem VPA menores. Pode-se observar também que a participação do VPA no PIB desses municípios, com maior quantidade de área irrigada, é maior indicando que a agropecuária tem participação significativa dentro da economia dos municípios da região e que vale a pena investir em tecnologias para crescimento das atividades no campo.

**Tabela 6** - Comparativo entre quantidade de pivô central e Valor da Produção Agropecuária (VPA) nos 5 municípios com maiores destaques e com menores destaques.

Município	Área Total Município	Área irrigada (ha)	PIB (milhões reais)	Valor Produção Agropecuária (milhões reais)	PIB/Área Total (PIB/ha)	Participação do VPA no PIB (%)	VPA/Área Total (VPA/ha)
Pereira Barreto	57651	2248	577	82	0,01	14	0,001
Itapura	30436	2132	64	17	0,002	27	0,001
Sud Mennucci	58834	1481	162	34	0,003	21	0,001
Riolândia	63430	1355	151	46	0,002	30	0,001
Cardoso	64052	1051	179	36	0,003	20	0,001
Monçôes	10561	65	66	13	0,006	20	0,001
Vista Alegre do Alto	9103	51	286	20	0,031	7	0,002
Estrela d'Oeste	29887	50	455	24	0,015	5	0,001
Zacarias	31788	35	80	29	0,003	37	0,001
General Salgado	49130	23	253	25	0,005	10	0,001

**Fonte:** Próprio Autor.

Com relação ao Valor Bruto da Produção (VBP) pode-se observar que quando compara-se a Tabela 7, que classifica os municípios destacados pelo número de sistemas pivô central, com a Tabela 8 - Quantidade do VBP nos municípios que possuem área irrigada no Noroeste Paulista, sendo os municípios destaque com relação ao número de pivôs. que classifica os municípios destacados pelo VBP, se conclui que, com exceção do município de Monções, todos os outros municípios que se destacam com as maiores quantidades de pivôs, destacam-se também com relação aos maiores valores de VBP no ano de 2015, indicando que a agricultura irrigada acompanha o crescimento da economia, sendo diretamente proporcional a mesma.

**Tabela 7** - Quantidade de equipamentos nos municípios que possuem área irrigada no Noroeste Paulista, sendo os 5 com maior e os 5 com menos destaque.

Município	Número de equipamentos
Mirassol	1
Aérico de Campos	1
Estrela d' oeste	1
Monções	2
Vista Alegre do Alto	5
Sud Mennucci	13
Itapura	24
Pereira Barreto	24
Cardoso	25
Riolândia	28

**Fonte:** Próprio Autor.

**Tabela 8** - Quantidade do VBP nos municípios que possuem área irrigada no Noroeste Paulista, sendo os municípios destaque com relação ao número de pivôs.

Município	VBP (mil reais)
Vista Alegre do Alto	52831
Mirassol	56076
Aérico de Campos	57964
Sud Mennucci	64127
Estrela d'Oeste	64728
Itapura	65967
Cardoso	72763
Monções	110292
Pereira Barreto	166722
Riolândia	901521

**Fonte:** Próprio Autor.

#### 4.4 Identificação da área irrigada a nível de microbacia hidrográfica

Foi possível realizar a contagem do número de sistemas pivô central a nível de microbacia hidrográfica na região Noroeste Paulista, estes dados poderão ser úteis futuramente para o melhor planejamento da gestão dos recursos hídricos na região, uma vez que é seguido da informação da condição de criticidade hídrica de cada microbacia que comporta irrigação, informação está disponibilizada pela Agência Nacional de Águas - ANA (2013).

Segundo a ANA o Brasil apresenta uma situação confortável de oferta de recursos hídricos, isso quando comparada a situação dos demais países. No entanto, possui uma distribuição espacial irregular dos recursos hídricos, o que se deve principalmente pela má distribuição das precipitações em grande parte do território brasileiro. Assim, nota-se na Tabela 9, que 48% de um total de 1349 microbacias são consideradas em condições excelentes com relação ao balanço hídrico o que se compõe em um ponto vantajoso para a expansão das práticas de irrigação na região sem causar futuros prejuízos à oferta de água.

**Tabela 9** - Condição de criticidade das microbacias que compõem a região Noroeste Paulista.

<b>Total de Microbacias</b>		
<b>Condição</b>	<b>Nº Microbacias</b>	<b>% do Total</b>
<b>Muito Crítica</b>	158	12
<b>Crítica</b>	149	11
<b>Preocupante</b>	163	12
<b>Confortável</b>	227	17
<b>Excelente</b>	652	48
<b>Total</b>	1349	100

**Fonte:** Próprio Autor.

A Tabela 10 mostra a porcentagem e a quantidade de microbacias que estão divididas nas cinco categorias de criticidade, sendo que leva em conta apenas as microbacias que possuem área irrigada pelo sistema pivô central que totalizam 134 microbacias. Destas 134 microbacias, verificou-se que cerca de 48% mostram-se em condições excelentes com relação ao balanço hídrico, que leva em consideração a relação entre a disponibilidade e demanda de água, sendo assim, considera baixo o nível de criticidade dos recursos hídricos.

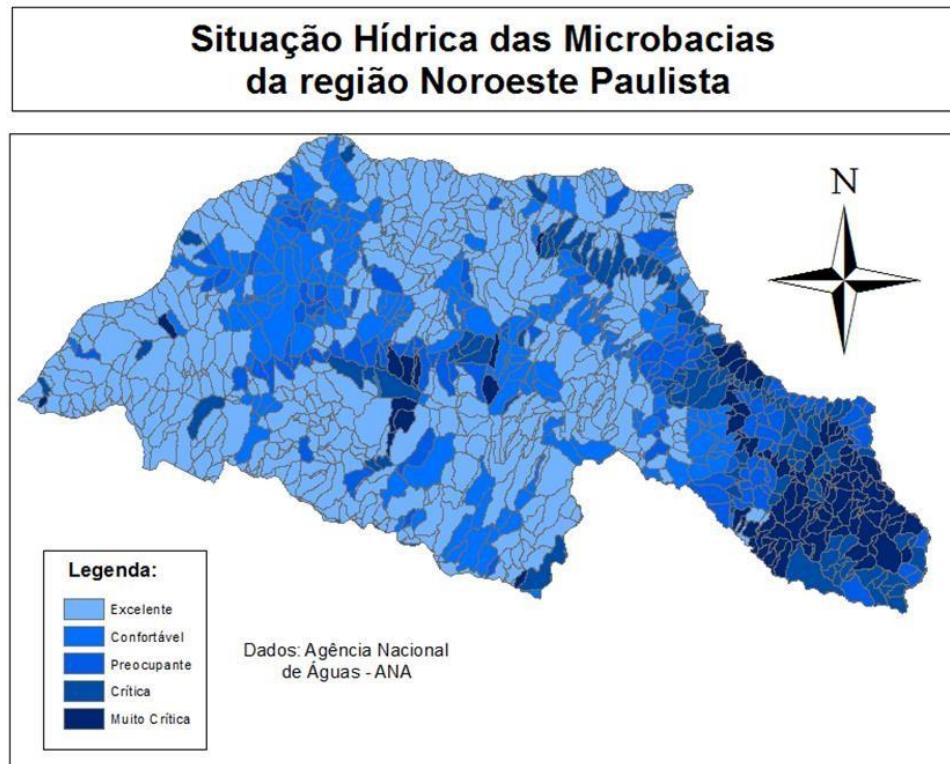
**Tabela 10** - Condição de criticidade das microbacias que possuem áreas irrigadas por sistema pivô central e que compõem a região Noroeste Paulista.

<b>Total de Microbacias com área irrigada</b>		
<b>Condição</b>	<b>Nº Microbacias</b>	<b>% do Total</b>
<b>Muito Crítica</b>	6	4
<b>Crítica</b>	19	14
<b>Preocupante</b>	17	13
<b>Confortável</b>	28	21
<b>Excelente</b>	64	48
<b>Total</b>	134	100

**Fonte:** Próprio Autor.

O mapa da Figura 9 deixa mais claro como se dá a condição do balanço hídrico de cada microbacia na região Noroeste Paulista, considerando a disponibilidade e a demanda de água, a partir disso pode-se ter noção de onde deve-se investir na agricultura irrigada, levando em conta, não apenas condições climáticas, mas também toda a parte de balanço hídrico e disponibilidade de água, para evitar possíveis degradações ambientais.

**Figura 9** - Situação hídrica das microbacias que compõem a região Noroeste Paulista.



**Fonte:** Próprio Autor.

É importante realizar a extração desses dados relacionados a agricultura irrigada, principalmente a nível de microbacia, pois assim pode-se detalhar melhor os impactos sofridos e realizar com excelência a gestão dos recursos hídricos, já que segundo Lima (2008) as microbacias são mais sensíveis à degradação quando envolve os fatores uso do solo e precipitações intensas, podendo ocasionar diminuição da vazão. Segundo a Agência Nacional de Águas - ANA (2017), a crise de água atual não se deve somente a fatores climáticos, mas principalmente a um problema de gestão de recursos, assim quando se extrai os dados relacionados a quantidade de área irrigada em cada uma das microbacias pode-se futuramente verificar se a oferta de água consegue suprir a demanda.

Portanto, na Tabela 11 pode-se verificar os dados das dez microbacias que possuem as maiores áreas irrigadas de toda a região Noroeste Paulista, destas, apenas duas recebem a classificação “Crítica”, que é relacionado ao balanço entre a disponibilidade e a demanda de água. Segundo a metodologia utilizada pela ANA (2013), as microbacias que recebem tal classificação

exigem intensa atividade de gerenciamento e grandes investimentos para recuperação da área degradada. Estas duas microbacias que correspondem aos códigos de identificação 505394 e 601711, possuem AI/AT de 10,98 % e 16,84%, respectivamente, o que pode indicar que a irrigação não seja a principal causa de degradação, uma vez que representa uma pequena porcentagem da área total. Contudo estas microbacias necessitam de análise para equilibrar a demanda com a oferta de água.

As demais microbacias expostas na Tabela 11 estão classificadas como “Excelente”, o que segundo a ANA (2013) significa que há necessita de pouca ou nenhuma atividade de gerenciamento, pois a água é considerada um bem livre, e possuem relação AI/AT acima de 4% tendo possibilidade de expansão. A microbacia com o código 22822556 apresenta a melhor relação AI/AT, com 37,17% da sua área total com irrigação, mas é a microbacia com o código 618901 que apresenta a maior área irrigada de toda a região, com 1.171 hectares.

**Tabela 11** - Extração de dados relacionados as dez microbacias com maiores áreas irrigadas da região

Noroeste Paulista.

Código Microbacia ANA	Longitude*	Latitude*	UGRHI	Município	Classificação Balanço Hídrico ANA	Área Microbacia (há)	NºPivo	Área Irrigada (há)	Densidade (sistema/k m2)	AI/AT (%)	PIB (mil reais)
618907	-50,9996	-20,7852	BT	Pereira Barreto	Excelente	8899	11	1171	0,12	13,16	577263
244712	-50,9991	-20,6663	BT	PereiraBarreto	Excelente	6256	9	882	0,14	14,09	577263
494996	-51,0422	-20,6492	SJD	Rubinéia	Excelente	4880	6	641	0,12	13,13	1243
228256	-51,5238	-20,6305	BT	Itapura	Excelente	1600	7	595	0,44	37,17	64395
505394	-49,7782	-19,9813	BT	Buritama	Crítica	3299	4	362	0,12	10,98	13.771
58348	-51,0662	-20,8011	BT	Pereira Barreto	Excelente	8178	5	357	0,06	4,37	577263
123028	-51,4299	-20,5643	BT	Itapura	Excelente	5804	3	287	0,05	4,95	64395
601711	-51,4745	-20,5844	BT	Itapura	Crítica	1630	3	275	0,18	16,84	64395
415994	-51,5095	-20,6007	BT	Itapura	Excelente	2911	2	265	0,07	9,09	64395
219371	-50,9535	-20,2917	SJD	Santa Fé do Sul	Excelente	1756	4	250	0,23	14,25	74.418

\* Centróide      **Fonte:** Próprio Autor.

Ainda, verifica-se na Tabela 11 que, mesmo nas microbacias que apresentam as maiores áreas irrigadas, a densidade de sistemas por quilômetro quadrado é muito baixa, sendo que a maior densidade se da na microbacia 228256, com centróide localizado no município de Itapura. Sendo assim, verifica-se que muitas áreas que possuem grande potencial para irrigação são subutilizadas. Nestas áreas que possuem maiores áreas irrigadas verifica-se também maiores valores no Produto Interno Bruto - PIB, o que pode significar boa contribuição da agricultura uma vez que, segundo a Agência Nacional de Águas - ANA (2017), a agricultura irrigada é geradora da economia, pois possibilita maiores estabilidades no mercado interno, maior oferta de produtos com qualidade e por ser geradora de empregos.

Por outro lado, a Tabela 12 apresenta as dez microbacias com as menores áreas irrigadas de toda região, destas, duas estão classificadas como “Muito Crítica” com relação ao balanço entre a disponibilidade e a demanda de água, o que significa que as atividades de gerenciamento devem

ser intensas e bastante complexas. Nota-se também que mais duas bacias são classificadas como “Crítica”, o que indica necessidade alta de gerenciamento e investimento, e outras duas são classificadas como “Preocupante”, o que indica que as atividades de gerenciamento são indispensáveis, exigindo investimentos médios, segundo a ANA (2013). Ainda, nota-se na Tabela 12 que as áreas irrigadas nestas microbacias são muito baixas, em que o maior valor de AI/AT é de 1,60%, o que não necessariamente descarta a prática de irrigação como o principal fator de demanda de água ou o fator que esteja prejudicando o balanço hídrico destas microbacias. O fato é que muitas das microbacias que são classificadas como “Excelente” indicam que a oferta de água é bastante grande e isso pode mascarar a alta demanda pelos recursos hídricos seja com irrigação ou com outras atividades.

A densidade de sistemas por quilômetro quadrado nas microbacias apresentadas na Tabela 12 são demasiadamente baixas, o que significa que a área é pouco utilizada, sendo subutilizada.

Verifica-se que as todas as microbacias com menores áreas irrigada na Tabela 12 encontram-se na UGRHI Turvo Grande, o que indica baixa exploração da área, mas que quando se analisa as condições de balanço hídrico da maioria das microbacias entende-se que a necessidade de gerenciamento e investimentos são altos, uma vez que muitas microbacias apresentam baixa oferta hídrica para suprir as demandas.

**Tabela 12** - Extração de dados relacionados as dez microbacias com menores áreas irrigadas da região Noroeste Paulista.

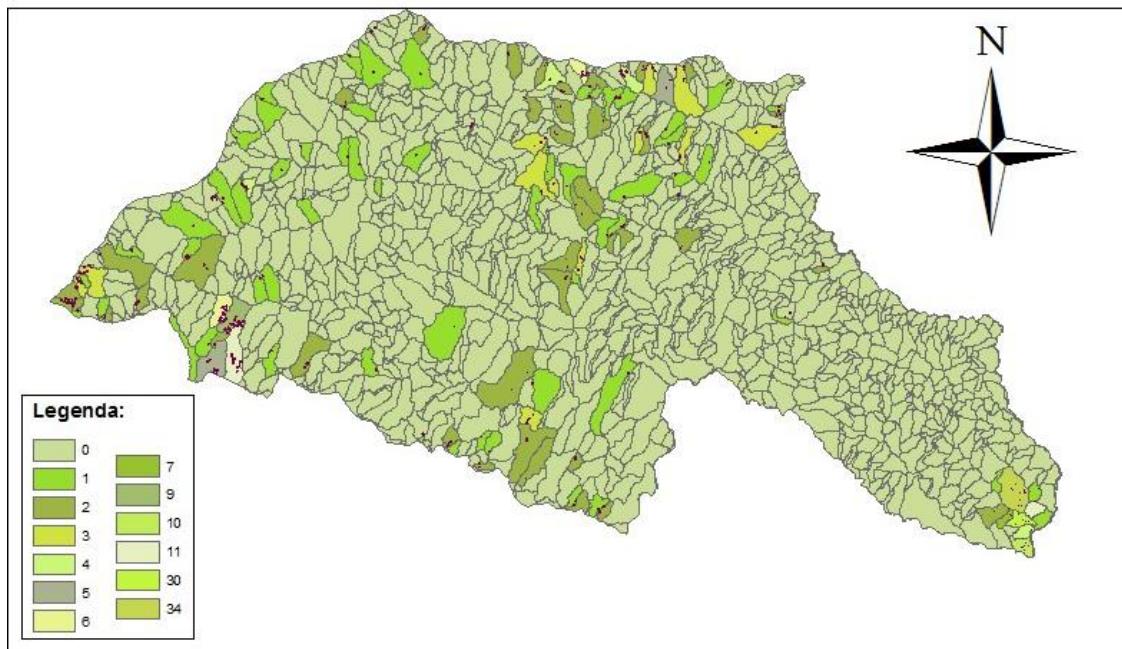
Código Microbacia ANA	Longitude (*)	Latitude (*)	UGRHI	Município	Classificação Hídrico ANA	Área Balanço Microbaoia (hectares)	NºPivo	Área Irrigada (há)	Densidade (sistema/k m2)	AI/AT (%)
130791	-49,8198	-20,4011	TG	Cosmorama	Confortável	1872	1	30	0,05	1,6
275276	-50,0274	-20,2357	TG	Pedranapolis	Preocupante	2322	1	25	0,04	1,09
98058	-49,8848	-20,101	TG	Cardoso	Excelente	5642	2	24	0,04	0,43
90099	-50,3488	-20,7152	BT	General Salgado	Excelente	16382	1	23	0,01	0,14
471584	-50,5566	-20,2907	TG	Cosmorama	Confortável	1178	1	19	0,08	1,58
588179	-48,6504	-21,2276	TG	Vista Alegre do Alto	Crítica	4363	2	18	0,05	0,42
599227	-50,0718	-20,3483	TG	Parisi	Confortável	4115	1	17	0,02	0,42
180662	-48,4949	-21,2405	TG	Monte Alto	Preocupante	2459	1	10	0,04	0,39
583599	-48,6369	-21,1358	TG	Vista Alegre do Alto	Muito Crítica	1533	1	9	0,07	0,61
161864	-48,5203	-21,1619	TG	Taiaçu	Muito Crítica	2043	1	8	0,05	0,39

\* Centroíde      **Fonte:** Próprio Autor.

Os mapas apresentados nas figuras 10 e 11 possibitam uma visão mais ampla e clara de como estão distribuídos os sistemas do tipo pivô central e as áreas irrigadas, respectivamente, nas microbacias que compõem a região Noroeste Paulista. Aliando-se estes dados aos dados disponibilizados pela ANA (2013) que indica as condições de balanço hídrico de cada microbacia pode-se realizar o planejamento estratégico de como se dará o gerenciamento dos recursos hídricos

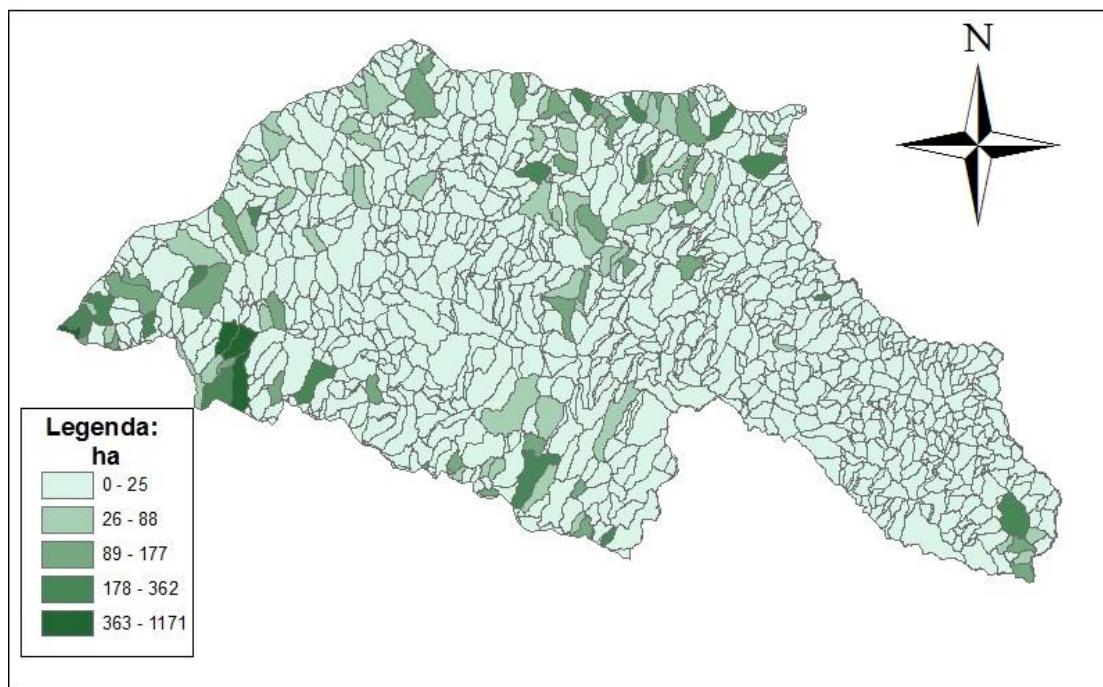
nessas regiões, uma vez que se sabe para onde está caminhando os investimentos em agricultura irrigada e que são principalmente nas UGRHI Turvo Grande e Baixo Tietê.

**Figura 10 -** Distribuição dos sistemas tipo pivô central nas microbacias que compõem a região Noroeste Paulista.



**Fonte:** Próprio Autor.

**Figura 11 -** Distribuição dos sistemas pivô central nas microbacias que compõem a região Noroeste Paulista.



**Fonte:** Próprio Autor.

Desta forma pode-se verificar que investir em agricultura irrigada é uma boa alternativa para otimizar a economia seja de um município ou de uma região e conhecer quais áreas estão aptas a

receberem irrigação é importante para o sucesso desta prática agrícola e para descobrir qual o potencial de expansão de cada região.

## 5 CONCLUSÃO

Com o levantamento da área irrigada e da quantidade de sistemas pivô central no ano de 2016, pode-se concluir que o Noroeste Paulista teve uma evolução de 764 hectares irrigados, com acréscimo de 22 equipamentos no período de julho de 2015 a dezembro de 2016. Ao final do ano de 2016 a área irrigada acumulada foi de 16.501 hectares e 344 equipamentos.

Em relação às Unidades de Gerenciamento dos Recursos Hídricos, pode-se concluir que em relação a evolução foi a UGRHI do Baixo Tietê que mais se destacou, com 11 novos pivôs e acréscimo de 509 hectares irrigados. Seguida pela UGRHI Turvo grande com acréscimo de 9 novos pivôs, e 161 hectares irrigados e, posteriormente, pela UGRHI São José dos Dourados com 2 novos pivôs e 93 hectares irrigados. Contudo, constatou-se que a UGRHI Turvo Grande sofreu perda de 3 equipamentos no ano de 2016, um no município de Riolândia, com perda de 12 hectares, outro no município de Mirassol, com perda de 40 hectares irrigados e ainda, outro no município de Taiaçu, com perda de 5 hectares irrigados, totalizando uma perda em área de aproximadamente 58 hectares. A nível de microbacia constatou-se que de um total de 1.349 microbacias que compõem a região Noroeste Paulista 134 microbacias possuem área irrigada por sistema pivô central, sendo que grande parte estão localizadas na UGRHI Turvo Grande. Também se verificou que 48% das microbacias do Noroeste Paulista são classificadas como “Excelente” na relação entre vazão e demanda de água sugerida pela ANA (2013). Verificou-se ainda, que a microbacia que apresenta maior área irrigada é a 618901 com 1.171 hectares irrigados e a com menor é a 161864 com apenas 8 hectares irrigados. Além disso, pode-se verificar que a baixa densidade de equipamentos por quilômetro quadrado de microbacia, mesmos naquelas com maiores áreas irrigadas, constata que a agricultura irrigada na região Noroeste Paulista é subutilizada, tendo um grande potencial de expansão.

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMENDOLA, E.C. **Evolução da agricultura irrigada por pivô central no noroeste paulista.** Trabalho de Graduação (Graduação em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2016. 51 p.

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.

ANA - Agência Nacional de Águas. ANA divulga relatório de Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil: informe 2012. Ed. Especial. Brasília: ANA, 2012. 215 p.: Il. Acesso em: 22 de abril de 2017. Disponível em:<<http://arquivos.ana.gov.br/imprensa/arquivos/Conjuntura2012.pdf>>.

ANA - Agência Nacional de Águas. Atlas irrigação: uso da água na agricultura irrigada. Brasília: ANA, 2017. ISBN 978-85-8210-051-6. 86 p.

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 abril de 2017. Disponível em: <[http://www2.ana.gov.br/Paginas/imprensa/noticia.aspx?id\\_noticia=12683](http://www2.ana.gov.br/Paginas/imprensa/noticia.aspx?id_noticia=12683)>.

ANA & Embrapa. Levantamento da Agricultura Irrigada por Pivôs Centrais no Brasil – 2014: Relatório Síntese. Brasília: ANA, 2016, 33 p.

ANA - Agência Nacional de Águas. Informações sobre recursos hídricos. 2014. Acesso em: 24 de abril de 2017. Disponível em: <<http://www3.snirh.gov.br/portal/snirh>>.

ANA – Agência Nacional de Águas. Balanço hídrico quantitativo. Metadados 2013. Acesso em: 20 de maio de 2017. Disponível em: <<http://metadados.ana.gov.br/geonetwork/srv/pt/main.home>>

BERNARDO, S.; SOARES, A.A.; MANTOVANI, E.C. **Manual da irrigação.** 2009. Viçosa - MG. Editora UFV. 625 p.

BRASIL. Ministério da Integração Nacional. A irrigação no Brasil: situação e diretrizes. Brasília: IICA, 2008, 132 p.

BUTLER, J. A.; MOUCHOT, M. C.; BARALE, V.; LEBLANC, C. **Aplicación de la tecnología de percepción remota a las pesquerías marinas: manual introductorio.** 2da. ed. FAO Documento Técnico de Pesca 295. Roma: FAO, 1990. v. 1, 212

CBH - COMITÊS DE BACIAS HIDROGRÁFICAS. Estado de São Paulo. Agência Nacional de Águas ANA Brasília - DF, 2015. Acesso em: 29 de abril de 2017. Disponível em: <<http://www.cbh.gov.br/DataGrid/GridSaoPaulo.aspx>>.

CSEI - Câmara Setorial de Equipamentos de Irrigação / ABIMAQ. Atualização da área irrigada no

Brasil, 2016. Acesso em: 27 de abril de 2017. Disponível em: <[http://www.agr.feis.unesp.br/pdf/csei\\_area\\_irrigada\\_brasil.pdf](http://www.agr.feis.unesp.br/pdf/csei_area_irrigada_brasil.pdf)>.

FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations. Irrigation Water Management, Chapter 7: Choosing an Irrigation Method. 2016. Acesso em: 24 de julho de 2016. Disponível em:<<http://www.fao.org/docrep/S8684E/s8684e08.htm>>.

FEITOSA, D.G. Avaliação temporal e espacial do balanço de radiação, de energia e da evapotranspiração no noroeste paulista, faça mudança no uso do solo. Trabalho de Mestrado - Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, p.108, 2014.

GONZAGA, L. N. Produtividade e competitividade dependem do aumento de hectares irrigados. Revista dos Agrônomos, v.3, p.14-20, 2000.

HERNANDEZ, F.B.T.; FERREIRA, M.I.; MORENO-HIDALGO, M.A.; PLAYÁN, E.; PULIDO-ALVO, I, RODRÍGUEZ - SINOBAS, L.; TARJUELO, J.M.; SERRALHEIRO, R. Visión del Regadio. Revista Ingenieria del Agua. 2014. p. 39 - 53. Acesso em 11 de agosto de 2016. Disponível em: <[http://www.agr.feis.unesp.br/pdf/vision\\_of\\_irrigation\\_2014.pdf](http://www.agr.feis.unesp.br/pdf/vision_of_irrigation_2014.pdf)>.

HERNANDEZ, F.B.T. Segurança hídrica se atinge armazenando e usando adequadamente a água. Revista Irrigazine, Votuporanga, Irrigazine, Ano 12, n.45, p.26-27, março de 2016. Hernandez, F.B.T. Sistemas de Irrigação para todos os fins. Acesso em: 03 de maio de 2017. Disponível em:<<http://www.agr.feis.unesp.br/sistemas.htm>>.

HERNANDEZ, F.B.T.; TEIXEIRA, A.H.C; NEALE, C.M.U.; TAGHVAEIAN, S. Determining actual evapotranspiration on the large scale using agrometeorological and remote sensing data in the Northwest of the São Paulo State, Brazil. In: **International Symposium on Irrigation of Horticultural Crops**, 7º, Geisenheim - Alemanha, Proceedings, p.51, 2012.

HERNANDEZ, F.B.T.; LEMOS FILHO, M.A.F.; BUZZETTI, S. **Software HIDRISA e o balanço hídrico de Ilha Solteira. Ilha Solteira: UNESP**, 1995. 45 p. (Série Irrigação, 1).

HERNANDEZ, F. B. T.; SOUZA, S. A. V. de; ZOCOLER, J. L.; FRIZZONE, J. A. Simulação e efeito de veranicos em culturas desenvolvidas na região de Palmeira d'Oeste, estado de São Paulo. **Engenharia Agrícola, Jaboticabal**, v. 23, n. 1, p. 21–30, 2003.

Rio de Janeiro, 2009. 777p. Acesso em 02 de maio de 2017. Disponível em: <[http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/51/agro\\_2006.pdf](http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/51/agro_2006.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](http://www.dgi.inpe.br/siteDgi/ATUS_LandSat.php)>.

**SILVA JUNIOR, J.F. Evapotranspiração de referência como base para o manejo sustentável da irrigação no noroeste paulista.** Tese de doutorado. Botucatu, 2017.

KIENASTBROWN, S.; BOETTINGER, J.L. Land-cover Classification from Landsat Imagery for Mapping Dynamic Wet and Saline Soils. In: LAGACHERIE, P.; MCBRATNEY, A. B.; VOLTZ, M. (Ed.). Developments in Soil Science. Developments in Soil Science. Utah: Elsevier, 2006. 31p. 235-612.

LIMA, S.C.R.V.; SOUZA, F.; FRIZZONE, J.A.; CAMARGO, D.C.; BELTRÃO JÚNIOR, J.A.; NASCIMENTO, A.K.S. Desempenho do sistema de assessoramento ao irrigante - S@I para a gestão da água em áreas irrigadas: benefícios aos irrigantes e ao distrito. Revista Brasileira de Agricultura Irrigada, Fortaleza, v.9, n.1, p.1 - 13, 2015.

LEITE, C.V. 1ª Aproximação do planejamento e expansão da agricultura irrigada no Brasil. Acesso em: 23 de abril de 2017. Disponível em: <[http://www.agr.feis.unesp.br/pdf/inovagri\\_geral/apresentacoes/dia\\_1/caio\\_ana.pdf](http://www.agr.feis.unesp.br/pdf/inovagri_geral/apresentacoes/dia_1/caio_ana.pdf)>.

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/meioambiente/2009/10/riosebaciasdabrasilformamumadasmaioresredesfluviaisdomundo>>. Acesso em: 22 de abril de 2017.

NASA - National Aeronautics and Space Administration. Landsat 8 Instruments. Page Last Updated: April 28, 2016. Acesso em: 02 de maio de 2017 Disponível em: <<http://www.nasa.gov/content/landsat-8 instruments>>.

ORTEGA, J. F.; JUAN, J. A.; TARJUELO, J. M. Improving water management: The irrigation advisory service of Castilla-La Mancha (Spain). **Agricultural Water Management**, v.77, p.37-58, 2005.

PETRY, C. **Adaptação de cultivares de soja a deficiência hídrica no solo.** Santa Maria: UFSM,

1991. 106p. Dissertação Mestrado.

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, Fortaleza**, v. 4, n. 3, p. 142–149, 2010.

SOJKA, R. E.; BJORNEBERG, D. L.; ENTRY, J. A. Irrigation: An historical perspective. In: LAL, R. (Ed.). **Encyclopedia of Soil Science**. Nova York: Marcel Dekker, 2002. p. 745- 749.

TEODORO, V. L.; TEIXEIRA, D.; COSTA, D. J. L.; FULLER, B. B. O conceito de Bacia Hidrográfica e a importância da caracterização morfométrica para o entendimento da dinâmica ambiental local. **Revista Uniara, Araraquara**, v. 20, p. 137–156, 2007.

TAIZ, L.; ZEIGER. Plant Physiology. California: The Benjamin/ Cummings Publishing Company, Inc., Redwood City, 1991.

ZWART, S.J.; BASTIAANSSEN, W.G.M. SEBAL for detecting spatial variation of water productivity and scope for improvement in eight irrigated wheat systems. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 89, n. 3, p. 287-296, maio 2007.