

ANÁLISE DA EVOLUÇÃO DA IRRIGAÇÃO POR PIVÔ CENTRAL NO NOROESTE PAULISTA

Daniela Araujo de Oliveira

Universidade Estadual Paulista – UNESP

E-mail: da.oliveira@unesp.br

Fernando Braz Tangerino Hernandez

Universidade Estadual Paulista – UNESP

E-mail: fernando.braz@unesp.br

Resumo

A irrigação vai além de atender as necessidades hídricas das plantas e garantia da produtividade das culturas e quando instalada, traz desenvolvimento socioeconômico regional por meio da tecnificação no campo. Dessa forma, é importante o crescimento das áreas irrigadas aliado à boa gestão dos recursos hídricos, principalmente nas regiões onde há oferta de recursos naturais, como é o caso do Noroeste Paulista. Situado na região denominada Grandes Lagos, com grande potencial para a agricultura irrigada. Portanto, este trabalho teve como objetivo apresentar e discutir a evolução da área irrigada por pivô central na região Noroeste Paulista entre os anos 2000 e 2018, e para tal, foram utilizadas imagens de satélite. Em 2000 a região contava com 79 pivôs centrais que totalizavam uma área irrigada de 6.662 hectares. Em 2018 esse número passou para 320 equipamentos e 17.135 hectares irrigados, tendo um incremento médio de 582 hectares irrigados por pivô central por ano. Os resultados obtidos podem ser utilizados como instrumentos de planejamento em diferentes setores da socioeconomia e dos recursos hídricos.

Palavras-chave: Recursos hídricos; Sensoriamento remoto; Agricultura irrigada; Geotecnologias.

ANALYSIS OF THE EVOLUTION OF CENTRAL PIVOT IRRIGATION IN THE NORTHWEST OF SÃO PAULO

Abstract

Irrigation goes beyond meeting the water needs of plants and the guarantee of crops yield, when assembled, it brings social-economic development for the region through field technification. This way, the growth of irrigated areas is important, associated to a good management of water resources, mainly in the regions where there is offer of natural resources, like in the Northwestern of São Paulo State. Situated in a region called Grandes Lagos Region, with a high potential for irrigated agriculture. Therefore, this work had as its goal to present and discuss the growth of central pivots in the Northwestern of São Paulo State between the years 2000 and 2018, which for such satellite's images were used and properly processed. In 2000 the region had 79 central pivots that together totalized an amount of irrigated area of 6,662 hectares. In 2018 the amount increased to 320 equipment and 17,135 irrigated hectares, getting to an increment average of 582 hectares irrigated by central pivots a year. The results obtained can be used like planning tools in different sectors of social-economy and water resources.

Key words: Water resources; Remote sensing; Irrigated agriculture; Geotechnologies.

ANÁLISIS DE LA EVOLUCIÓN DEL IRRIGACIÓN POR PIVOTES CENTRALES EN EL NOROESTE DEL ESTADO DE SAO PAULO

Resumen

El riego va más allá de satisfacer las necesidades hídricas de las plantas y garantizar la productividad de los cultivos y, cuando esta se instala, trae el desarrollo socioeconómico regional a través de la tecnificación en el campo. Consecuentemente, es importante el crecimiento de las áreas irrigadas junto con una buena gestión de los recursos hídricos, principalmente en regiones donde hay recursos naturales disponibles, como es el caso del Noroeste del estado de São Paulo. Ubicado en la región llamada Grandes Lagos, con un gran potencial para la agricultura del regadío. Por lo tanto, este trabajo tuvo como objetivo contabilizar presentar y discutir la evolución del área irrigada por pivotes centrales en la región Noroeste del estado de São Paulo entre los años 2000 y 2018 y para eso, se utilizaron imágenes de. En 2000, la región contaba con 79 pivotes centrales que totalizaban un área irrigada de 6.662 hectáreas. En 2018, este número aumentó a 320 equipos y 17.135 hectáreas irrigadas, con un aumento promedio de 582 hectáreas irrigadas por pivote central por año. Los resultados obtenidos pueden utilizarse como instrumentos de planificación en diferentes sectores de la socioeconomía y de los recursos hídricos.

Palabras-clave: Recursos hídricos; Sensoriamento remoto; Agricultura del regadío; Geotecnologías.

Introdução

A tecnologia da irrigação evita perdas na produção em razão do déficit hídrico, quando o volume de água disponibilizado pelas chuvas às plantas não é suficiente, levando segurança ao produtor de alimentos e modificando as possibilidades agrícolas de cada região (BERNARDO, SOARES E MANTOVANI, 2013). Além disso, a irrigação leva tecnologia ao campo, auxiliando na geração de emprego e renda, e assim, contribui para o desenvolvimento macroeconômico do país (MOREIRA, 2015).

No Brasil, o destaque é a irrigação pressurizada e o sistema de irrigação tipo pivô central vem consolidando sua participação na expansão da agricultura irrigada no país, sendo responsável por 46% das novas áreas irrigadas em 2018 (CÂMARA SETORIAL DE EQUIPAMENTOS DE IRRIGAÇÃO - CSEI, 2019; HERNANDEZ, 2019). Apesar do país contar com boa oferta de água em superfície e grande potencial de acréscimo da agricultura irrigada, a expansão deve ser feita de forma racional com adequada gestão dos recursos hídricos (AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS - ANA, 2017; MARTINS *et al.*, 2016; PAULINO *et al.*, 2011).

O Noroeste do estado de São Paulo está inserido na região denominada Grandes Lagos, tendo potencial para o crescimento da agricultura irrigada. Além da oferta de recursos hídricos, essa região registra as maiores taxas de evapotranspiração do estado e alta variabilidade de chuvas, ocasionando um longo período de déficit hídrico anual - até 8 meses (SANTOS, HERNANDEZ E ROSSETTI., 2010; HERNANDEZ *et al.*, 2003). Assim, a

agricultura irrigada na região deveria ser maior explorada para garantia da produtividade das culturas (AMENDOLA, 2016).

Segundo Squizzato (2017), o número de pivôs centrais em dezembro de 2016 na região era de 322 equipamentos, que totalizavam 16.051 hectares irrigados. É importante a atualização de dados da agricultura irrigada pois além da consciência sobre o potencial de expansão aliado à boa gestão dos recursos naturais, possibilita o conhecimento das localidades onde a tecnologia da irrigação tem maior importância (LOIOLA e SOUZA, 2001; MARTINS *et al.*, 2016), e ainda, em função dos seus efeitos multiplicadores na economia regional.

A utilização de técnicas de sensoriamento remoto é uma boa alternativa para a quantificação da agricultura irrigada necessária para estudos e planejamento dos recursos hídricos. Os sistemas pivôs centrais podem ser identificados em imagens de satélite devido à sua forma geométrica e assim, objetiva-se por meio desse trabalho apresentar e discutir a evolução da área irrigada por pivô central na região Noroeste Paulista entre os anos 2000 e 2018.

Material e métodos

A região Noroeste Paulista é composta por 115 municípios situados nas Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos (UGRHIs) do Turvo/Grande, São José dos Dourados e à margem direita do Baixo Tietê (AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS, 2015), somando um total de 2.972.049 hectares.

Para o mapeamento das áreas irrigadas por pivô central nos anos 2017 e 2018 foram utilizadas imagens do satélite americano Landsat 8, disponibilizadas pelo United States Geological Survey (USGS). São necessárias cinco imagens do satélite Landsat 8 para formar todo o Noroeste Paulista, das seguintes órbitas e pontos: 221-74, 221-75, 222-74, 222-75, 223-74, sendo utilizada a última imagem do ano para cada órbita e ponto totalmente livre de nuvens. Dessa forma, foram utilizadas as imagens das datas: 23/08/2017, 25/08/2017, 01/09/2017, 10/09/2017, 17/09/2017, 12/08/2018, 19/08/2018, 13/09/2018, 22/10/2018 e 16/12/2018.

O processamento das imagens foi realizado no software ArcGIS - Versão 10.1 (ESRI), a fim de obter melhor visualização das áreas irrigadas por pivô central, para a

composição de cores das imagens analisadas foram utilizadas as bandas 6, 5 e 4 que compõem a simulação de cores naturais, distinguindo solo, água e vegetação.

A contagem do número de sistemas pivôs centrais foi realizada por meio da criação de um *shapefile* do tipo polígono para cada ano, georreferenciados para que estivessem alinhados com as projeções das cenas do satélite, os sistemas foram identificados considerando as feições circulares e semicirculares na cena. Além da contagem do número de sistemas pivôs centrais, estes tiveram suas áreas calculadas através da ferramenta *Calculate Geometry*.

Dos anos 2000 a 2016 utilizou-se o banco de dados relacional da Área de Hidráulica e Irrigação da UNESP Ilha Solteira, constituído por Amendola (2016) e Squizzato (2017), sendo utilizados os satélites Landsat 5, ResourceSat e Landsat 8.

Os dados dos levantamentos feitos pela Agência Nacional de Águas em 2000 e 2017 foram adquiridos através do seu sítio de metadados (metadados.ana.gov.br), onde estão disponíveis os *shapefiles* dos pivôs centrais levantados em todo o território nacional.

O número de sistemas e a área irrigada foram analisados a nível municipal e a nível de UGRHIs e a área relativa ocupada por pivôs centrais foi calculada através da Equação 1:

$$\text{Área relativa irrigada (\%)} = \frac{AI}{AT} \cdot 100$$

Em que,

AI = área irrigada (hectares),

AT = área total do município ou UGRHI (hectares).

A área média dos pivôs centrais ao longo dos anos foi calculada por meio da Equação 2:

$$\text{Área média (ha)} = \frac{AI}{NP}$$

Em que,

AI = área irrigada (hectares),

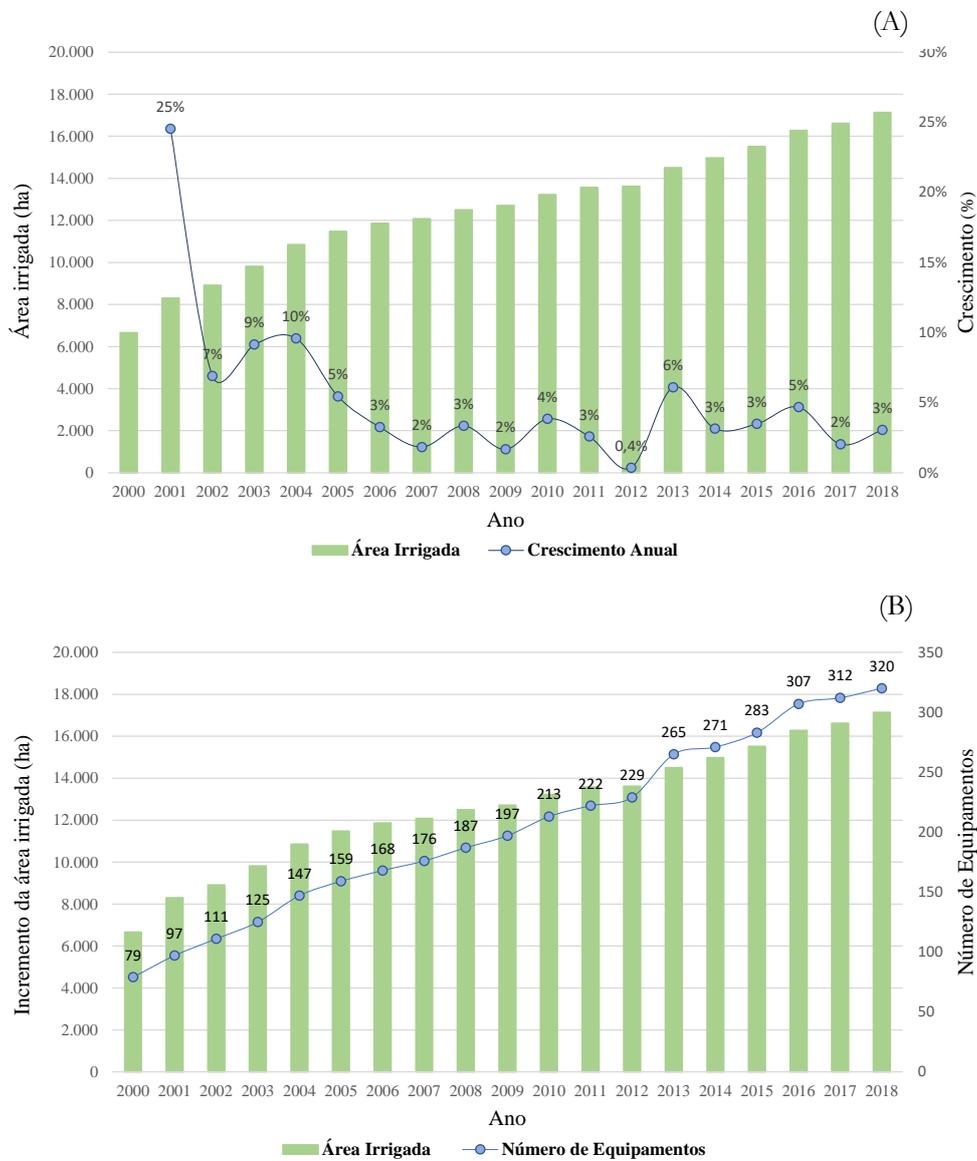
NP = Número total de pivôs centrais.

Resultados e discussão

O ano base para este trabalho foi 2000 quando foram identificados 79 pivôs centrais no Noroeste Paulista, somando 6.662 hectares irrigados. Já em 2018 foram identificados 320 equipamentos instalados, totalizando uma área irrigada de 17.135 hectares. A taxa de aumento da área irrigada para o período analisado e a evolução em número de equipamentos estão exibidas nas Figura 1.

Na região, a implantação média anual é de 13 pivôs centrais, porém em 2013 novos 36 equipamentos foram instalados, em comportamento regional semelhante ao apresentado por Hernandez *et al.* (2014) para o Brasil, reforçando a ascensão e consolidação dos sistemas de irrigação tipo pivô central que ocorreu naquele ano em todo o território nacional, representando mais de 44% de todas as novas áreas irrigadas, em que foram incorporados novos 284.176 hectares irrigados ao processo de produção de alimentos. Hernandez (2019) registra a diminuição da expansão da agricultura irrigada a nível nacional nos anos que se seguiram até 2018, com decréscimo médio anual de 19% (2014), 15% (2015), acréscimo de 15% em 2016, e novamente decréscimo de 6% e 1% em 2017 e 2018, em relação ao ano anterior, contrapondo com o registrado nas UGRHIs do Turvo/Grande, São José dos Dourados e margem direita do Baixo Tietê, que no mesmo período de crise hídrica e posterior a ela (2014 a 2018) registrou crescimento médio anual entre 2 e 5% (Figura 1A).

Figura 01. Evolução anual da área irrigada e do número de sistemas pivô central no Noroeste Paulista.



Fonte: AUTORES (2022).

O ano com menor evolução em número de sistemas foi 2014, com o incremento de apenas 6 pivôs centrais, que somam 470 hectares, provavelmente devido à crise hídrica ocorrida entre 2014 e 2015, havendo restrição à emissão de Outorgas, retirada apenas em fevereiro de 2017, porém, houve avanço na expansão da área irrigada neste período (DAEE, 2017). Contudo, registra-se que o menor incremento anual da área irrigada por pivô central se deu em 2012, com apenas novos 49 hectares irrigados.

O sistema de irrigação tipo pivô central ao irrigar áreas circulares se caracteriza por ter seu investimento unitário em área minorado quanto maior for o número de torres, ou seja, quanto maior a área irrigada, menor o investimento por hectare. Esta característica resulta em uma possível distorção no cálculo da área média irrigada por cada equipamento, ainda que a decisão inicial do futuro irrigante é instalar o maior equipamento possível, esta decisão econômica é limitada muitas vezes pela topografia e/ou hidrografia, mas de acordo com Oliveira e Zocoler (2013), Pereira *et al.* (2015) e Bispo, Hernandez e Teixeira (2017), deve ser tomada baseada em estudos que levem em consideração as culturas a se trabalhar, o tipo de terreno, desnível topográfico, distância da fonte de captação de água, entre outros.

Segundo Guimarães *et al.* (2018) em 2018 haviam 204.951 hectares irrigados pelo sistema pivô central em todo o estado de São Paulo, somando 4.603 equipamentos, sendo assim, os pivôs centrais instalados nas UGRHIs estudadas representam apenas 8,3% da área irrigada no território do estado e 7% do número de equipamentos, pouco expressivo tendo em vista a potencialidade destacada por Hernandez *et al.* (2003) e Santos, Hernandez e Rossetti (2010) que relatam ser a região detentora do maior déficit hídrico estadual e das maiores taxas de evapotranspiração, logo a agricultura irrigada deveria ser maior explorada para que não haja queda da produtividades em razão da insuficiência hídrica.

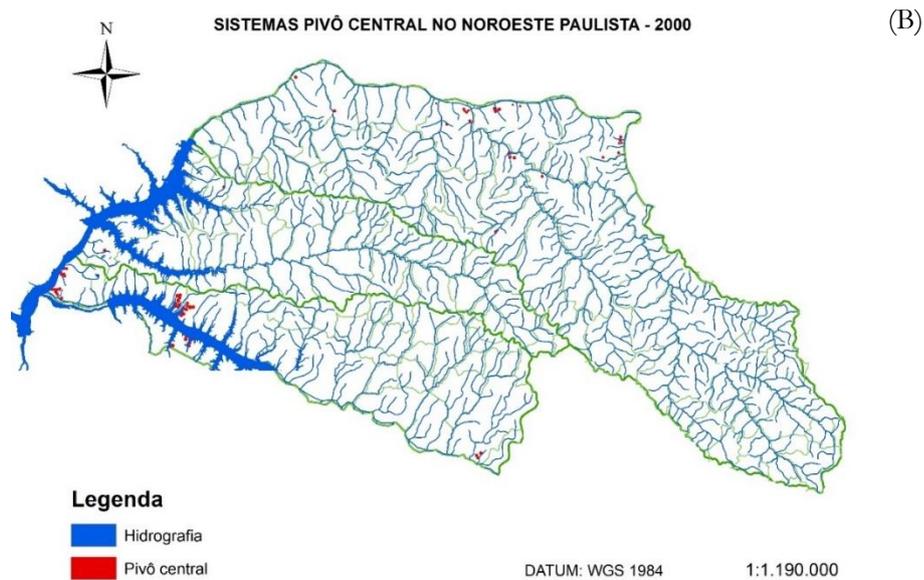
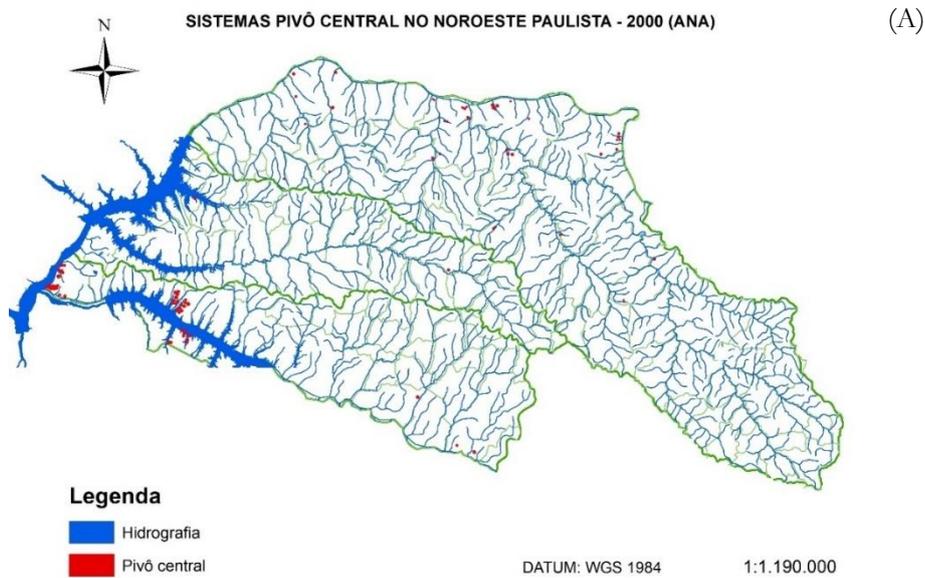
Na região estudada a taxa de crescimento entre 2000 e 2018 foi de 157%. Para a Agência Nacional De Águas (2019) a taxa de crescimento no estado de São Paulo entre 2000 e 2017 foi de 179%, chegando à 190.507 hectares irrigados. Para a região Noroeste Paulista os dados para os anos 2000 e 2017 da Agência Nacional de Águas estão apresentados na Tabela 1. Ainda sobre as divergências com os dados da ANA, a Figura 2 ilustra a distribuição dos sistemas pivô central no ano 2000 segundo o levantamento da Agência Nacional de Águas (Figura 2A) e o encontrado neste trabalho (Figura 2B). Constata-se a diferença de 917 hectares irrigados entre os estudos, enquanto a ANA divulgou uma área irrigada por pivô central de 7.579 hectares, o encontrado neste trabalho para o mesmo ano foi de 6.662 hectares. Essa diferença pode estar associada à escala trabalhada, ao considerar uma área menor para estudo, esta pode ser examinada com maior detalhamento, minimizando possíveis erros metodológicos, justificando assim pesquisas com essa temática.

Tabela 01. Dados divulgados pela Agência Nacional de Águas – ANA, para o Noroeste Paulista.

Ano	Número de Pivôs	Área Irrigada (ha)
2000	88	7579
2017	324	15279

Fonte: Agência Nacional De Águas (2019).

Figura 02. Distribuição dos pivôs centrais nas UGRHIs do Turvo/Grande, São José dos Dourados e à margem direita do Baixo Tietê contabilizados pela Agência Nacional De Águas - ANA e por este estudo no ano 2000.

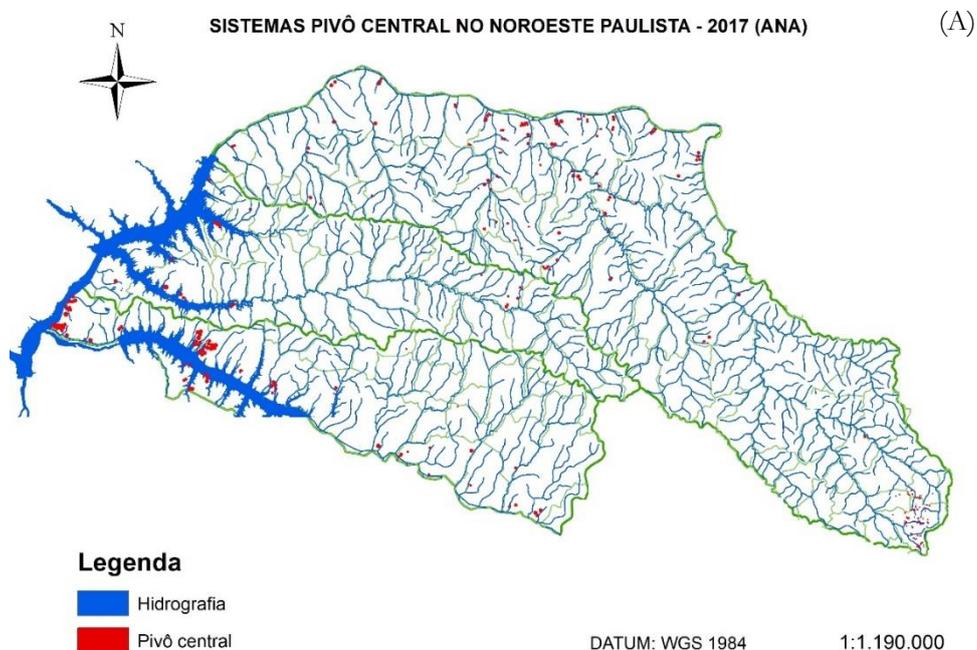


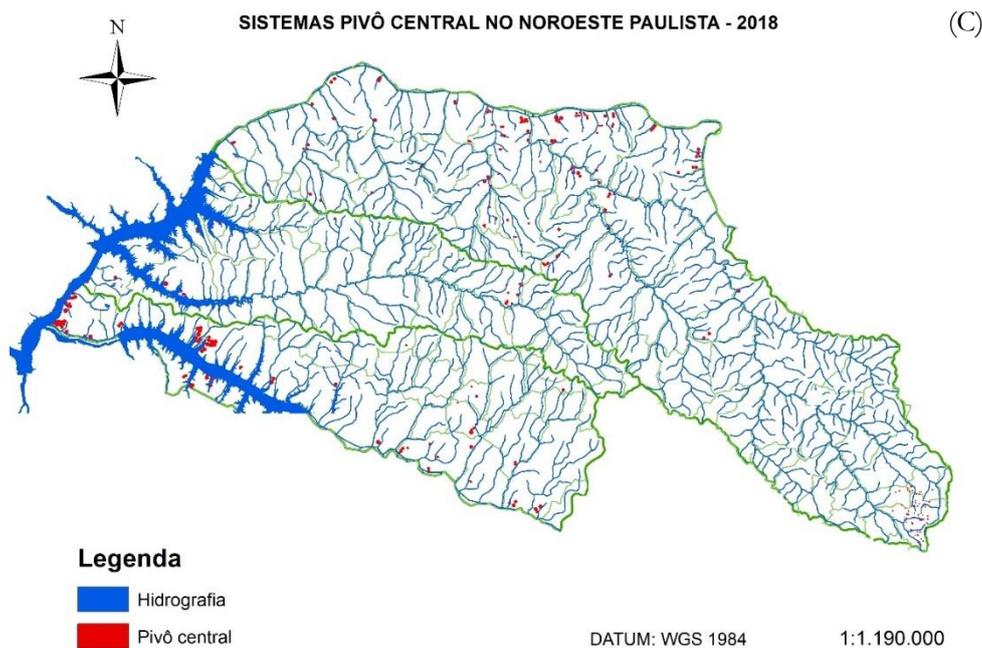
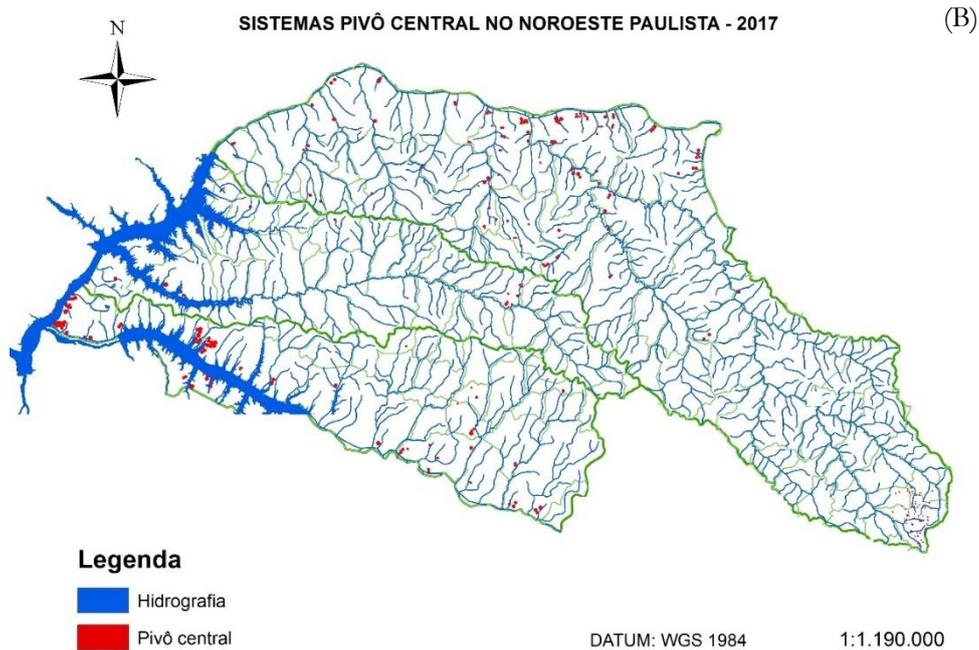
Fonte: AUTORES (2022).

Os municípios com diferentes áreas irrigadas em comparação aos dados da ANA foram: Altair, Buritama, Cardoso, Estrela d'Oeste, Ilha Solteira, Itapura, José Bonifácio, Onda Verde, Ouroeste, Paranapuã, Pedranópolis, Pereira Barreto, Riolândia, Santana da Ponte Pensa, Sud Mennucci, Três Fronteira, Urânia e Votuporanga. Alguns tiveram a área irrigada subestimada, outros sobrestimada, somando ao final os 917 hectares de diferença entre os estudos.

Os sistemas pivôs centrais contabilizados pela Agência Nacional De Águas em seu último levantamento (2017) estão apresentados na Figura 3A, bem como os contabilizados nesse estudo para o ano de 2017 (Figura 3B) e ao final de 2018 (Figura 3C) nas UGRHIs do Noroeste Paulista. É significativa a quantidade de equipamentos na região do Turvo/Grande cuja expansão depende em grande parte das nascentes posicionadas à Leste, região de Monte Alto, onde se encontra uma expressiva produção de hortaliças todas dependentes de sistemas de irrigação e tem como característica utilizar pivôs centrais de pequeno porte do tipo rebocável, em que um equipamento contempla duas a quatro posições.

Figura 03. Distribuição dos pivôs centrais nas UGRHIs do Turvo/Grande, São José dos Dourados e à margem direita do Baixo Tietê contabilizados pela Agência Nacional De Águas - ANA em 2017 e por este estudo nos anos de 2017 e 2018.





Fonte: AUTORES (2022).

Da mesma forma que aconteceu para o ano 2000, em 2017 os dados levantados pela Agência Nacional De Águas e neste trabalho tiveram inconformidade. A ANA contabilizou 15.279 hectares irrigados por pivô central na região, enquanto que o observado em 2017 na região foi de 16.612 hectares, tendo uma diferença na área irrigada de 1.333 hectares. Nesse ano os dados divergiram em 21 municípios, sendo em Monte Alto, onde a

ANA contabilizou 510 hectares irrigados a mais que nesse estudo, e em Pereira Barreto, que teve 470 hectares não identificados pela ANA, as maiores diferenças encontradas. As áreas irrigadas de Buritama, Populina, Riolândia, Sud Mennucci e Turiúba foram negligenciadas no levantamento da ANA, não computando valores entre 120 e 250 hectares. Já municípios com atividade de agricultura irrigada como Jales, Monte Aprazível e União Paulista, sequer foram mencionados pela Agência Nacional de Águas.

Nos anos 2017 e 2018 a maior evolução foi no Baixo Tietê com 861 hectares irrigados por pivô central repetindo o comportamento identificado por Squizzato (2017) nos anos de 2015 e 2016, quando o aumento da área irrigada no Baixo Tietê representou 67% da evolução da agricultura irrigada de todo Noroeste Paulista. Guimarães *et al.* (2018) aponta o progresso típico da agricultura irrigada de se desenvolver mais em certa localidade em determinado intervalo de tempo, formando polos de irrigação. Em São Paulo, o destaque é a Bacia do Paranapanema onde somente o município de Itaí possui 351 pivôs, que somam 17.312 hectares. No Brasil, Agência Nacional De Águas (2019) aponta como maior polo de irrigação o Oeste Baiano, situado na região hidrográfica do São Francisco com 147.087 hectares irrigados distribuídos em 7 municípios.

O maior número de pivôs centrais foi encontrado na UGRHI do Turvo/Grande, foram 190 equipamentos, totalizando 7.089 hectares e Área Relativa Irrigada (ARI) de 0,4%. Contudo, a maior área irrigada foi no Baixo Tietê onde 8.813 hectares são irrigados por 112 sistemas pivô central resultando em uma ARI de 1,2%. Já na UGRHI São José dos Dourados foram contabilizados apenas 1.233 hectares, 18 pivôs centrais e ARI de 0,2%.

Apenas 40% dos municípios avaliados neste estudo possuem atividade de agricultura irrigada por pivô central e a Tabela 2 apresenta o número de pivôs centrais e a área irrigada nos municípios do Noroeste Paulista em três momentos: em 2000, 2010 e 2018, e inclui a ARI desses municípios ao final de 2018.

O município de Santo Antônio do Aracanguá evoluiu em 9 equipamentos e 583 hectares irrigados em 2017 e 2018, o que corresponde a mais de 50% do total do crescimento de toda a região. Em seguida encontra-se o município de Sud Mennucci com o incremento de 218 hectares, decorrentes da instalação de 2 novos sistemas pivô central. Ainda assim, os municípios com maior área irrigada na região são Pereira Barreto, que soma 2.347 hectares e Itapura, que possui 2.132 hectares irrigados. Em uma comparação da potencialidade, de acordo com a Agência Nacional De Águas (2019), o município com maior área irrigada por

pivô central no Brasil é Unai - MG com 65.930 hectares irrigados pelo sistema, área 284% maior que toda a área irrigada do Noroeste Paulista.

Tabela 02. Dados municipais da área irrigada por pivô central na região Noroeste Paulista.

Município	Número de pivôs			Área Irrigada (ha)			ARI
	2000	2010	2018	2000	2010	2018	2018
Altair	0	1	1	0	119	119	0,4%
Alvares Florence	0	2	6	0	88	192	0,5%
Americo de Campos	0	1	1	0	72	72	0,3%
Buritama	0	6	10	0	342	481	1,5%
Cardoso	7	19	24	419	823	993	1,6%
Cosmorama	2	4	6	136	283	349	0,8%
Estrela d'oeste	0	1	1	0	50	50	0,2%
Fernandópolis	0	2	2	0	118	118	0,2%
General Salgado	0	0	1	0	0	23	0,05%
Ilha Solteira	1	1	2	111	111	178	0,3%
Itapura*	14	22	26	1252	2025	2132	7,1%
Jales	0	0	1	0	0	19	0,1%
Jose Bonifácio	3	4	6	299	394	512	0,6%
Mesópolis	0	1	1	0	79	79	0,5%
Mira Estrela	0	1	4	0	36	145	0,7%
Monções	0	0	2	0	0	65	0,6%
Monte Alto	0	27	52	0	244	443	1,3%
Monte Aprazível	0	0	1	0	0	70	0,1%
Onda Verde	0	2	2	0	137	137	0,6%
Ouroeste	0	2	2	0	177	177	0,6%
Palestina	1	3	4	72	219	254	0,4%
Paranapuã	0	1	3	0	57	125	0,9%
Parisi	0	3	7	0	60	117	1,4%
Paulo de Faria	6	12	12	403	676	676	0,9%
Pedranópolis	0	4	4	0	293	293	1,1%
Pereira Barreto*	20	22	26	1881	2079	2347	2,4%
Planalto	0	1	2	0	63	104	0,4%
Pontes Gestal	4	4	5	283	283	343	1,6%
Populina	2	4	4	187	343	343	1,1%
Riolândia	5	15	27	398	864	1355	2,1%
Rubinéia	0	0	2	0	0	144	0,6%
Santa Clara d'oeste	0	2	2	0	112	112	0,6%
Santa Fé do Sul	2	4	4	103	240	240	1,2%

Município	Número de pivôs			Área Irrigada (ha)			ARI
	2000	2010	2018	2000	2010	2018	2018
Santana da Ponte Pensa	1	2	2	52	84	84	0,6%
Santo Antonio do Aracanguá	0	4	14	0	423	1106	0,8%
Sud Mennucci	10	12	17	994	1245	1700	2,9%
Suzanápolis	0	2	3	0	265	340	1,0%
Taiacu	0	4	5	0	43	51	0,5%
Tanabi	0	1	2	0	26	97	0,1%
Três Fronteiras	1	1	1	72	72	72	0,5%
Turiuba	0	3	5	0	214	267	1,7%
União Paulista	0	0	1	0	0	40	0,50%
Urânia	0	1	2	0	45	117	0,6%
Vista Alegre do Alto	0	4	5	0	34	41	0,4%
Votuporanga	0	8	8	0	378	378	0,9%
Zacarias	0	0	2	0	0	35	0,1%
Total	79	213	320	6.662	13.218	17.135	1,0%

* A área considerada dos municípios Itapura e Pereira Barreto é somente a que está localizada à margem direita do rio Tietê. **Fonte:** Próprio autor.

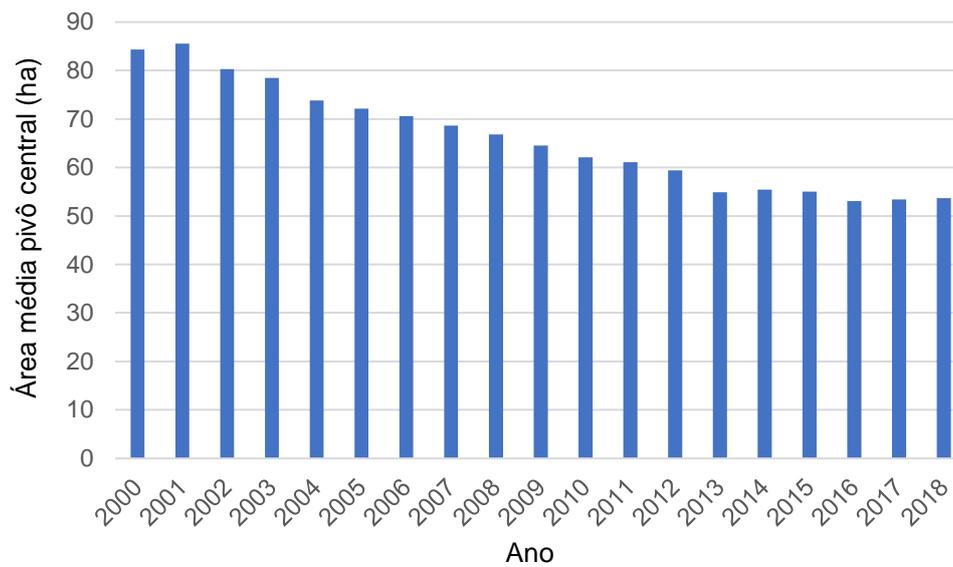
Proporcionalmente à área do município, Itapura apresentava a maior área ocupada pelos sistemas pivôs centrais em 7,1% do seu território. Martins *et al.* (2016) encontraram até 16,9% da área relativa do município ocupada por pivôs centrais para localidades no estado do Rio Grande do Sul. Do lado oposto, General Salgado registrava apenas 0,05% da sua área ocupada por 1 sistema de irrigação tipo pivô central. Apesar do município de Monte Alto possuir o maior número de pivôs centrais - 52 equipamentos -, estes representam somente 443 hectares, refletindo a característica da região, topografia desuniforme e cultivo de hortaliças.

Os Irrigantes da região Noroeste Paulista em busca da automação e as facilidades proporcionadas pelos sistemas pivô central, investiram em equipamentos de 1,5 até 181 hectares. Os três menores equipamentos instalados estão no município de Monte Alto e possuem entre 1,5 e 2,1 hectares, já os três maiores se encontram em Sud Mennucci (152 ha), Itapura (167 ha) e Suzanápolis (181 ha), essa diferença se dá pelas diferentes culturas entre as localidades. Em Monte Alto prevalece o cultivo de hortaliças, nos municípios detentores dos maiores sistemas de irrigação tipo pivô central predomina o cultivo de grãos e de citros.

Hernandez *et al.* (2014) citam uma variação na área média dos sistemas pivô central em âmbito nacional, passando de 90 hectares por equipamento em 2009 a 60 hectares médios

em 2013. A mesma característica foi encontrada nesse estudo, quando a área média por pivô central passou de 84 hectares em 2000 para 60 hectares nos sistemas implementados nos anos 2017 e 2018 e se considerar todos os 320 equipamentos, a área média irrigada por pivô central é de 54 hectares (Figura 4).

Figura 04. Variação da área média dos pivôs centrais na região Noroeste Paulista.



Fonte: AUTORES (2022).

A área média dos pivôs centrais encontrada é maior aos valores divulgados para todo o estado de São Paulo em 2017, que foi de 44,4 hectares, e a média encontrada por Guimarães *et al.* (2018) em 2018, que observaram uma média estadual de 44,52 hectares, valores diferentes são encontrados nas regiões nacionalmente mais desenvolvidas em termos de agricultura irrigada por pivô central. Em Unaí - MG, o município com maior número de equipamentos do Brasil, o tamanho médio do pivô central é de 86 hectares (AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS, 2019), reduzindo o valor divulgado em 2016 para o mesmo município que era de 92 hectares (AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS, 2016). Ainda segundo a Agência Nacional De Águas (2019), em Riachão das Neves - BA, o tamanho médio dos pivôs é de 205 hectares, onde apenas 66 equipamentos somam um total 13.534 hectares.

A redução da área média dos pivôs centrais no Noroeste Paulista é uma tendência observada para todo o estado. Impedimentos naturais como áreas florestais ou hidrografia,

físicos como estradas e até mesmo o limite das propriedades, vem colaborando para a queda de tamanho dos equipamentos, visto que estes estão se adequando quanto a área disponível para instalação (GUIMARÃES *et al.*, 2018).

No bioma Cerrado, onde segundo Althoff e Rodrigues (2019) se encontram 80% das novas áreas irrigadas das últimas décadas, os maiores tamanhos médios de pivôs centrais ficam nos estados de Mato Grosso (120,92 ha) e Bahia (105,08 ha), enquanto que no estado de São Paulo o tamanho médio é de 44,19 ha. Ainda segundo os autores, considerando uma probabilidade de 80% a área dos pivôs centrais é igual ou menor a 67,30 hectares na região paulista.

É de suma importância que se tome decisões confiáveis sobre o planejamento agrícola regional e se tratando de aproveitamento e boa gestão dos recursos hídricos são necessários dados concisos sobre a agricultura irrigada (MARTINS *et al.*, 2016; ARAÚJO *et al.*, 2019). Assim, o estudo e levantamento de dados precisos e atuais sobre a demanda de água por irrigação torna-se indispensável para oferecer diretrizes aos órgãos responsáveis e profissionais da área para que juntamente aos produtores de alimentos sejam criteriosos ao realizar uma melhor gestão dos recursos hídricos, não comprometendo os usos múltiplos da água.

Aplicando a tendência média de expansão da área irrigada no Brasil observada pela Agência Nacional De Águas (2017), que seria de aproximadamente 56.000 hectares ano⁻¹, a área irrigada no país pode chegar a 3 Mha até 2050, apesar de significativo este número ainda é considerado baixo em relação ao potencial de expansão da irrigação no país, mas mostra a necessidade de cada vez mais se investir em tecnologias de irrigação, manejo adequado e uma boa gestão dos recursos hídricos nos anos seguintes (ALTHOFF e RODRIGUES, 2019).

Os números apresentados nesse estudo mostram o aumento dos investimentos em sistemas de irrigação na região de Monte Alto, cabeceira da UGRHI Turvo/Grande e também às margens do rio Tietê, porém o nível de comprometimento dos recursos hídricos em relação à desejável expansão da agricultura irrigada pelos seus efeitos multiplicadores na sócioeconomia devem ser analisados em nível de micro ou otobacias hidrográficas e neste sentido este trabalho representa uma grande contribuição, pois a área irrigada é conhecida e assim, as demandas hídricas na escala que se deseja planejar pode ser estimada e confrontada com a disponibilidade de recursos hídricos superficiais.

Conclusões

As UGRHIs do Turvo/Grande, São José dos Dourados e margem direita do Baixo Tietê registraram a implantação de 241 equipamentos tipo pivô central irrigando 10.473 hectares entre 2000 e 2018, acumulando uma área irrigada de 17.135 hectares com 320 sistemas.

Nos últimos seis anos os investimentos em sistemas de irrigação cresceram 30%, a base instalada em 2000 representa 24% dos equipamentos e assim, 46% foi implantado em 12 anos, levando a acreditar que os produtores de alimentos estão cada vez mais atentos para a necessidade de investirem em segurança hídrica, tendo na UGRHI do Baixo Tietê 74% das novas áreas irrigadas nos anos 2017 e 2018, com os municípios de Itapura e Sud Mennucci, às margens do rio Tietê registrando as maiores áreas relativas ocupadas por pivôs centrais na região Noroeste Paulista, aproveitando a potencialidade hídrica existente.

Referências

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS - ANA. **Atlas irrigação:** uso da água na agricultura irrigada / Agência Nacional de Águas. Brasília: ANA, 2017. 86 p.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS- ANA. **Informações sobre recursos hídricos.** Lugar de Publicação: Brasília, 2015. Disponível em: <http://www3.snirh.gov.br/portal/snirh>. Acesso: 29 maio 2019.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS- ANA. **Levantamento da agricultura irrigada por pivôs centrais no Brasil.** 2. ed. Brasília: ANA, 2019. 47 p.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS- ANA. **Levantamento da agricultura irrigada por pivôs centrais no Brasil - 2014:** relatório síntese. Brasília: ANA, 2016. 33 p.

ALTHOFF, D.; RODRIGUES, L. N. The expansion of center-pivot irrigation in the Cerrado biome. **Irriga**, Botucatu, Edição Especial Inovagri – notas técnicas, v. 1, n. 1, p. 56-61, outubro, 2019.

AMENDOLA, E. C. **Evolução da agricultura irrigada por pivô central no Noroeste Paulista.** 2016. 51f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) - Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” UNESP, Ilha Solteira, 2016. Disponível em: https://www.feis.unesp.br/Home/departamentos/fitossanidadeengenhariaruralesolos715/irrigacao5868/emanoel_tcc_versao_final2.pdf. Acesso: 29 maio 2019.

ARAÚJO, M. L. S.; SANO, E. E.; BOLFE, E. L.; SANTOS, J. R. N.; SANTOS, J. S.; SILVA, F. B. Spatiotemporal dynamics of soybean crop in the Matopiba

region, Brazil (1990–2015). **Land Use Policy**, Amsterdam, v. 80, p. 57-67, 2019.

BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de irrigação**. 8. ed. Viçosa: UFV, 2013. 625 p.

BISPO, R. C.; HERNANDEZ, F. B. T.; TEIXEIRA, A. H. C. Balanço hídrico e estimativa do consumo relativo de água da cultura da cana-de-açúcar na região Noroeste Paulista. **Irriga**, Botucatu, v.1, n.1, p. 94-101, 2017. Edição Especial, IRRIGA & INOVAGRI.

CÂMARA SETORIAL DE EQUIPAMENTOS DE IRRIGAÇÃO- CSEI. **Área irrigada no Brasil cresce 3,45%**: Website da Associação Brasileira da Indústria de Máquinas e Equipamentos, 2019. Disponível em: <http://www.abimaq.org.br/site.aspx/detalhes-imprensa-ultimos-releases?codNoticia=56p7vjbz2I>. Acesso: 12 out. 2019.

DAEE - DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA. **DAEE e ANA suspendem situação de criticidade em Bacias Hídricas do Estado**. Website do DAEE, 2017. Disponível em: http://www.dae.sp.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=1847:daee-e-ana-suspendem-situacao-de-criticidade-em-bacias-hidricas-do-estado. Acesso: 10 dez. 2019.

GUIMARAES, D. P.; LANDAU, E. C.; BRANDÃO, G. R.; SANTOS, M. C. B. Diagnóstico da agricultura irrigada por pivôs centrais em São Paulo. **Irrigação e Tecnologia Moderna**, Belo Horizonte, n. 118-119, p. 26-32, 2018.

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 Ingeniería del Agua**, Madrid, v.18, n.1, p. 39-53, 2014.

HERNANDEZ, F. B. T. **Mais oportunidades com um novo semestre se iniciando**. Ilha Solteira: Blog Hidráulica e Irrigação- UNESP, 2019. Disponível em: <https://irrigacao.blogspot.com/2019/08/mais-oportunidades-com-um-novo-semester.html>. Acesso: 27 ago. 2019.

HERNANDEZ, F. B. T.; SOUZA, S. A. V.; 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.

LOIOLA, M. L.; SOUZA, F. Estatísticas sobre irrigação no Brasil segundo o Censo Agropecuário 1995-1996. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 5, n. 1, p. 160-176, 2001.

MARTINS, J. D.; BOHRZ, I. S.; FREDRICH, M.; VERONEZ, R. P.; KUNZ, G. A.; TURA, E. F. Levantamento da área irrigada por pivô central no estado do Rio Grande do Sul. **Irriga**, Botucatu, v. 21, n. 2, p. 300-311, maio-junho, 2016.

MOREIRA, H. M. **A irrigação agrícola e sua fundamental importância mesmo em tempos de crise hídrica**. Website AGROLINK, 2015. Disponível em: https://www.agrolink.com.br/colunistas/a-irrigacao-agricola-e-sua-fundamental-importancia-mesmo-em-tempos-de-crise-hidrica_387775.html. Acesso: 21 maio 2019.

OLIVEIRA, J. S.; ZOCOLER, J. L. Custos da irrigação e receita líquida do feijoeiro em um sistema pivô central sob variação do comprimento da tubulação de recalque e desnível topográfico. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 33, n. 1, p. 121-128, jan./fev. 2013.

PAULINO, J.; FOLEGATTI, M. V.; ZOLIN, C. A.; SÁNCHEZ-ROMÁN, JOSÉ, J. V. Situação da agricultura irrigada no Brasil de acordo com o censo agropecuário 2006. **Irriga**, Botucatu, v.16, n.2, p. 163-176, abril-junho, 2011.

PEREIRA, R. M.; ALVES JUNIOR, J.; CASAROLI, D.; SALES, D. L.; RODRIGUEZ, W. D. M.; SOUZA, J. M. F. Viabilidade econômica da irrigação de cana-de-açúcar no cerrado brasileiro. **Irriga**, Botucatu, v.1, n.2, p. 149- 157, 2015. Número especial

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.

SILVEIRA, J. M. C.; LIMA JÚNIOR, S.; SAKAI, E. MATSURA, E. E. PIRES, R. C. N.; ROCHA, A. M. Identificação de áreas irrigadas por pivô central na sub-bacia tambaú-verde utilizando imagens ccd/cbers. **Irriga**, Botucatu, v. 18, n. 4, p. 721-729, out-dez 2013.

SQUIZATO, M. **Evolução e identificação da área irrigada por pivô central no Noroeste Paulista**. 2017. 39 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) - Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho” - UNESP, Ilha Solteira, 2017. Disponível em:
https://www.feis.unesp.br/Home/departamentos/fitossanidadeengenhariaruralesolos715/irrigacao5868/tcc_mariele_boneco.pdf. Acesso: 29 maio 2019.

Submetido em: março de 2021

Aceito em: abril de 2022