

**NOTA TÉCNICA:****ESTIMATIVA DE VIABILIDADE ECONÔMICA DO USO DE ENERGIA FOTOVOLTAICA EM PIVÔ CENTRAL NO ESTADO DE GOIÁS**Marco Antonio Sousa¹, José Alves Júnior², Adão Wagner Pego Evangelista³, Derblai Casaroli⁴ & Marcio Mesquita⁵

1 - Mestrando em Agronomia, EA/UFV – Campus Samambaia, marcoa.agro@gmail.com

2 - Doutor em Agronomia, Professor da UFV – Campus Samambaia, jose.junior@pq.cnpq.br

3 - Doutor em Engenharia Agrícola, Professor da UFV – Campus Samambaia, awpego@pq.cnpq.br

4 - Doutor em Agronomia, Professor da UFV – Campus Samambaia, derblaicasaroli@pq.cnpq.br

5 - Doutor em Engenharia Agrícola, Professor da UFV – Campus Samambaia, marciomes@gmail.com

Palavras-chaves:cerrado
custo de produção
energia solar
irrigação**RESUMO**

O sistema de irrigação por Pivô central é o mais utilizado em Goiás, especialmente pelas características de produção da região, que contam com grandes áreas cultivadas, principalmente por culturas anuais, declividade suave e uniforme, alto grau de tecnificação e mecanização das propriedades e disponibilidade de água. Apesar do potencial de expansão da área irrigada em até 10 vezes, alguns são os entraves que dificultam esse crescimento, um deles é a baixa disponibilidade de energia elétrica. Uma das formas de solucionar esse problema é a utilização de energia fotovoltaica, já que a insolação média total anual no estado ultrapassa duas mil horas. Assim, o objetivo desse estudo foi avaliar a viabilidade econômica do uso de energia fotovoltaica em pivô central no estado de Goiás. Para isso, realizou-se uma simulação considerando uma área irrigada de 76,20 ha por pivô central (área média no Estado), em cultivo sucessivo de soja, milho e tomate industrial. Os custos de produção foram calculados utilizando a planilha Amazonsaf para um projeto de 25 anos (vida útil do sistema fotovoltaico) e taxa mínima de atratividade de 7,0%. Foram inseridos os coeficientes técnicos de produção, obtidos na FAEG, e calculados os indicadores financeiros: valor presente líquido (VPL); lucro médio (LMd); taxa interna de retorno (TIR); relação benefício custo (B/C) e payback. Os resultados mostraram que há viabilidade econômica do empreendimento independente da fonte de energia utilizada, elétrica tradicional ou solar fotovoltaica. O VPL foi de R\$2.339,66ha⁻¹.ano⁻¹ e R\$1.644,50ha⁻¹.ano⁻¹, LMD de R\$5.925,47ha⁻¹.ano⁻¹ e R\$5.743,61ha⁻¹.ano⁻¹, TIR de 60,31% e 33,85%, B/C de 1,37 e 1,24, e payback de 4,7 e 7,4 anos para energia elétrica tradicional e fotovoltaica, respectivamente. Observa-se que, para o sistema operado com energia fotovoltaica, há um aumento no custo de produção de 9,98%, em relação ao sistema operado por energia elétrica tradicional, e a lucratividade reduz na ordem de 3,07%.

Keywords:Brazilian savanna
irrigation
production cost
solar energy**ESTIMATIVE OF ECONOMIC VIABILITY OF PHOTOVOLTAIC ENERGY'S USE IN CENTRAL PIVOT IN THE STATE OF GOIAS, BRAZIL****ABSTRACT**

Central pivot irrigation system is the main irrigation system used in the state of Goiás, Brazil, especially due the production characteristics of the region, with large areas cultivated mainly by annual crops, flat and uniform relief, high technification and mechanization and water availability. Despite the potential for expansion of the irrigated area by up to 10 times, there are some obstacles that hinder this growth, one of them is the low availability of electricity. One of the ways to solve this problem is the use of photovoltaic energy, since the average total annual insolation in the state of Goiás exceeds two thousand hours. Thus, the aim of this study was to evaluate the economic feasibility of photovoltaic energy's use in central pivot in the state of Goiás. For this, a simulation was performed considering an irrigated area of 76.20 ha per central pivot (average area in the state of Goiás), in successive cultivation of soybean, corn and industrial tomato. The production costs were calculated using the Amazonsaf software for a 25 years project (photovoltaic system life) and a minimum attractiveness rate of 7.0 %. The technical production coefficients obtained from the FAEG and the financial indicators were calculated: net present value (NPV), net income (NI), internal rate of return (IRR), cost benefit relation (C/B) and payback. The results showed that there is economic viability of the project independent of the energy's source used, traditional electric or solar photovoltaic. The NPV obtained was of R\$ 2,339.66 ha⁻¹ year⁻¹ and R\$ 1,644.50 ha⁻¹ year⁻¹, NI of R\$ 5,925.47 ha⁻¹ year⁻¹ and R\$ 5,743.61 ha⁻¹ year⁻¹, IRR of 60.31 % and 33.85 %, C/B of 1.37 and 1.24, and payback of 4.7 and 7.4 years for traditional and photovoltaic electricity, respectively. It was observed that for the system operated with photovoltaic energy there is an increase in the production cost of 9.98 % in relation to the system operated by traditional electric power, and the profitability reduces in the order of 3.07%.

INTRODUÇÃO

A Agência Nacional das Águas publicou recentemente que no Brasil existem cerca de 7 milhões de hectares irrigados, que representam aproximadamente 11% da área total cultivada, com potencial de expandir em 10 vezes e assim atingir maiores produtividades, aumentando nossa produção, contribuindo para a alimentação da população mundial. O Atlas de irrigação publicado trouxe ainda que a área irrigada por pivô central é bastante significativa no Brasil, sendo aproximadamente 1,275 milhão de hectares, 20,56% da área total irrigada. Esse sistema de irrigação tem sido bastante usado na Região Centro-Oeste do país, especialmente pelas características de produção da região, que contam com grandes áreas cultivadas principalmente por culturas anuais, declividade suave e uniforme, alto grau de tecnificação e mecanização das propriedades e disponibilidade de água (ANA, 2017).

O estado de Goiás é o segundo colocado no número de pivôs centrais e possui a terceira maior área irrigada por esse sistema no país (ANA, 2016). No entanto, o agravamento da crise hídrica nos últimos anos tem limitado a expansão da agricultura irrigada devido à severa redução da disponibilidade hídrica e, conseqüentemente, da vazão outorgável para irrigação (SILVA *et al.*, 2010; VENANCIO *et al.*, 2015). Esse contexto evidencia a importância do uso racional da água e da energia na agricultura, tendo em vista a necessidade de otimização da eficiência de seu uso na produtividade dos cultivos e a redução dos custos de energia, que impactam os custos de produção e, conseqüentemente, a lucratividade do negócio da agricultura irrigada (MEDEIROS, 2005; MORAES *et al.*, 2014). Somando-se a isso, os produtores irrigantes goianos sofrem com as constantes quedas de energia, falta de padrão na voltagem fornecida e, em algumas regiões, não há estrutura suficiente para o fornecimento adequado.

Considerando a necessidade de reduzir os problemas relacionados ao fornecimento e geração de energia elétrica, surgiu a opção do uso de energias alternativas, que poderiam ser geradas na propriedade, solucionando os problemas relacionados a essa questão e a demanda do

sistema de produção do país. A utilização da energia fotovoltaica em pivô central torna-se uma solução para localidades que não possuem o fornecimento estabelecido ou sofrem com interrupções constantes, sendo mais segura e limpa que a utilização de diesel. Além de ser uma alternativa para produtores que pensam em uma produção mais sustentável.

A insolação total para o estado de Goiás é de 2.366 horas ano⁻¹, sendo os meses em que há necessidade da utilização da irrigação os que possuem maiores valores de insolação, em média 230 horas mês⁻¹ (LOBATO *et al.*, 1982; LOBATO *et al.*, 2002; OLIVEIRA *et al.*, 2008; INMET, 2009). Esses valores são suficientes para garantir o funcionamento do equipamento de irrigação.

Para as localidades que possuem uma rede de distribuição já estabelecida, existe a possibilidade do fornecimento da energia gerada em excesso para as distribuidoras, portanto durante o período em que o sistema não será usado para bombeamento e movimentação do pivô central, época das águas, o sistema continuará produzindo energia e fornecendo à distribuidora. Esse fornecimento gera crédito e esse pode ser utilizado em até 60 meses, segundo regulamentação NR 482/2012 da ANEEL, se tornando uma opção para a diminuição nos gastos com energia elétrica, em longo prazo. Entretanto, a viabilidade econômica do uso de energia fotovoltaica para fins de irrigação é questionável e específica para cada sistema de irrigação e cultivo (CELG, 2017).

Assim, o objetivo desse estudo foi avaliar a viabilidade econômica do uso de energia fotovoltaica em pivô central no estado de Goiás, em cultivo sucessivo de soja, milho e tomate para indústria.

MATERIAL E MÉTODOS

Foi realizada uma simulação de cultivo de soja, milho e tomate industrial, em sucessão, irrigados sob pivô central em Goiás, região de cerrado brasileiro.

O estudo foi realizado a partir da simulação de um sistema de irrigação pivô central mantido com energia elétrica tradicional, em comparação com energia solar de placas fotovoltaicas. A área

simulada foi de 76,2 ha, área média em Goiás (IMB, 2017). Quanto às outras informações, como a localização da área e datas dos plantios, tratos culturais e colheitas, elas foram consideradas iguais para os dois sistemas em estudo, alterando-se apenas a fonte de energia para o bombeamento de água e movimentação do pivô. Foram considerados 25 anos e 2,5 safras por ano, devido ao ciclo das culturas e ao calendário agrícola restritivo à produção de soja e tomate em determinados períodos do ano (Tabela 1).

Os dados dos coeficientes técnicos de produção utilizados na análise foram obtidos na Federação da Agricultura e Pecuária de Goiás (FAEG, 2017).

E os dados sobre a implantação e uso do pivô central, barragem e placas solares foram dados baseados em orçamentos estimados de empresas especializadas (Tabela 2).

Com os dados de custo de produção, utilizou-se a planilha eletrônica Amazonsaf (ARCO-VERDE & AMARO, 2014; MARQUES *et al.*, 2017) para o cálculo de indicadores econômicos dos sistemas que estavam sendo comparados. Os indicadores econômicos que foram utilizados para realizar a comparação foram: Valor Presente Líquido (VPL); Lucro Médio descontado (LMd); Taxa Interna de Retorno (TIR); *Payback* (PB) e Relação Benefício-Custo ($R_{b/c}$).

Tabela 1. Época do ano de colheita de Soja, Milho e Tomate industrial, em área de pivô central, no Estado de Goiás, com média de 2,5 safras por ano, totalizando 63 colheitas em 25 anos

Ano	Meses que haverá colheita				
	Jan	Mar	Jun	Ago	Nov
1	Soja	-	Milho	-	Milho
2	-	Soja	-	Tomate	-
3	Soja	-	Tomate	-	Milho
4	-	Soja	-	Tomate	-
5	Soja	-	Milho	-	Tomate
6	-	Milho	-	Tomate	-
7	Soja	-	Tomate	-	Milho
8	-	Milho	-	Tomate	-
9	Soja	-	Milho	-	Milho
10	-	Soja	-	Tomate	-
11	Soja	-	Tomate	-	Milho
12	-	Soja	-	Tomate	-
13	Soja	-	Milho	-	Tomate
14	-	Milho	-	Tomate	-
15	Soja	-	Tomate	-	Milho
16	-	Soja	-	Tomate	-
17	Soja	-	Milho	-	Milho
18	-	Soja	-	Tomate	-
19	Soja	-	Tomate	-	Milho
20	-	Milho	-	Tomate	-
21	Soja	-	Milho	-	Tomate
22	-	Soja	-	Tomate	-
23	Soja	-	Tomate	-	Milho
24	-	Soja	-	Tomate	-
25	Soja	-	Milho	-	Milho

(Adaptado de ALVES JÚNIOR *et al.*, 2015 e SALES *et al.*, 2017)

Tabela 2. Valores referentes ao investimento e custeio em uma área irrigada de 76,2 ha, com aquisição de um pivô central, placas solares, barragem, energia elétrica, depreciações e manutenções

SISTEMA ELÉTRICO TRADICIONAL				
a) CUSTEIO:				
Energia Elétrica	182.880,00 Kwh	R\$ 0,24 Kwh ⁻¹	R\$ 43.891,20	
Depreciação Pivô + Barragem	1,00	R\$	R\$ 69.480,00	
Manutenção Pivô + Barragem	1,00	R\$	R\$ 57.900,00	
	Subtotal		R\$ 171.271,20	
b) INVESTIMENTO				
Pivô Central	1,00	Unid.	R\$430.000,00	R\$ 430.000,00
Barragem	1,00	Unid.	R\$1.500.000,00	R\$ 1.500.000,00
	Subtotal		R\$ 1.930.000,00	
TOTAL (a+b)			R\$ 2.101.271,20	
SISTEMA ELÉTRICO FOTOVOLTAICO				
a) CUSTEIO:				
Depreciação Pivô + Barragem	1,00	R\$	R\$ 69.480,00	
Manutenção Pivô + Barragem	1,00	R\$	R\$ 57.900,00	
Depreciação Sistema Fotovoltaico	1,00	R\$	R\$ 39.054,96	
Manutenção Sistema Fotovoltaico	1,00	R\$	R\$ 32.545,80	
	Subtotal		R\$ 198.980,76	
b) INVESTIMENTO				
Pivô Central	1,00	Unid.	R\$430.000,00	R\$ 430.000,00
Barragem	1,00	Unid.	R\$1.500.000,00	R\$ 1.500.000,00
Sistema Fotovoltaico	1,00	Unid.	R\$1.084.860,00	R\$ 1.084.860,00
	Subtotal		R\$ 3.014.860,00	
TOTAL (a+b)			R\$ 3.213.840,76	

O primeiro indicador calculado foi o de Valor Presente Líquido (VPL), que resulta no saldo do fluxo de caixa descontados para o ano zero (SILVA *et al.*, 2005), calculado pela Equação 1:

$$VPL = \sum_{j=0}^n \frac{FL_j}{(1+i)^j} \quad (1)$$

em que,

n = duração do projeto;

j = período do projeto;

FL = fluxo líquido do fluxo de caixa; e

I = taxa de juros.

Para os cálculos, foi considerada uma Taxa de Atratividade Mínima (TMA) de 7%, valor que

supera os rendimentos anuais da poupança. O segundo indicador foi de Lucro Médio descontado (LMd), que é obtido através do saldo do fluxo de caixa sem os investimentos descontados para o ano zero e dividido pelo tempo de duração do projeto. O terceiro indicador aplicado foi a Taxa Interna de Retorno (TIR) que indica o potencial de retorno do projeto e iguala o valor presente das receitas ao valor presente dos custos. Portanto, iguala o VPL a zero (REZENDE & OLIVEIRA, 2013), calculado pela Equação 2:

$$TIR = \sum_{j=0}^n \frac{FL_j}{(1+i)^j} = 0 \quad (2)$$

O quarto indicador foi o *Payback* (PB), que fornece o tempo em que o investimento feito será recuperado. O quinto indicador utilizado foi a Relação Benefício/Custo (Rbc), que verifica se os benefícios obtidos serão maiores do que os custos. Ela pode ser calculada através da Equação 3:

$$Rb/c = \frac{\sum_{k=0}^n B_k(1+j)^{-k}}{\sum_{k=0}^n C_k(1+j)^{-k}} \quad (3)$$

em que,

B = benefício (R\$);

C = custo (R\$);

j = taxa de juros anual; e

k = vida útil do projeto em anos.

A irrigação foi prevista de abril a outubro (secas), sendo 25 dias de irrigação nos cultivos de primavera/verão, soja/milho, 25 dias de irrigação nos cultivos de verão/outono, soja/milho, e 100 dias de irrigação nos cultivos de inverno/primavera, tomate industrial/milho (ALVES JÚNIOR *et al.*, 2015 e SALES *et al.*, 2017). Foram consideradas 2,5 safras médias ao ano e para o manejo de irrigação foi calculado uma lâmina de 600 mm por ano, considerando o valor médio de 100, 100 e 400 mm de irrigação para a região de Cristalina-GO, para o início do ciclo da soja (outubro/Novembro), para o final do ciclo do milho (Abril/Maio) e para todo o ciclo do tomate (Junho a Setembro), respectivamente.

Com o pivô central dimensionado e a lâmina a ser aplicada definida, obteve-se o gasto de energia elétrica do conjunto motobomba e do equipamento. Marouelli *et al.* (2012) apresentam que o consumo médio é de 4 kWh mm⁻¹ ha⁻¹, a partir dessa informação foi feito o dimensionamento do sistema de energia fotovoltaica para suprir toda a irrigação, desde o bombeamento até a movimentação do pivô central. Para o dimensionamento do projeto de energia fotovoltaica, foi considerada a insolação total de Goiás que, segundo dados do INMET (2009), é de 2.366,6 horas e uma vida útil de 25 anos.

Existem centenas de modelos de placa solar no mercado, em que variam sua potência e eficiência. Quanto mais eficiente e potente a placa, maior será seu valor, porém menor será a área em m² para gerar certa quantidade de energia elétrica. Para a simulação, foram consideradas placas com 16,5% de eficiência e 260 watts de potência. Com os custos de implantação da barragem, pivô central, energia fotovoltaica e produção, foram utilizados indicadores econômicos para avaliar a viabilidade do projeto.

A produção das culturas e valores para venda obtidos nos boletins mensais da FAEG (2016), para soja, são 80 sacas de 60 kg no valor de R\$ 65,49 por saca. Para o milho, são 220 sacas de 60 kg e o preço de R\$ 34,51 por saca. O tomate industrial tem produção de 100 toneladas e é vendido por R\$220,00 a tonelada, os valores são referentes a um hectare. Multiplicando a quantidade produzida por hectare pela área de produção (76,20 ha), obtemos a produção total, que multiplicada pelo valor de venda resulta na projeção de receita utilizada para compor o fluxo de caixa (Tabela 3).

Tabela 3. Valores referentes à produtividade e preço de venda para as culturas da soja, milho e tomate industrial (FAEG, 2016)

Cultura	Produtividade	Preço
Soja Transgênica RR1	80 sc ha ⁻¹	R\$ 66,24 sc ⁻¹
Milho Transgênico	220 sc ha ⁻¹	R\$ 34,51 sc ⁻¹
Tomate Industrial	100 t ha ⁻¹	R\$ 220,00 t ⁻¹

RESULTADOS E DISCUSSÕES

O pivô central foi constituído de um lance longo inicial; quatro lances longos intermediários; três lances médios intermediários; um lance médio final e um conjunto balanço de 25 metros, todos de 6,5/8 polegadas de diâmetro. Adutora de tubo de PVC PN 60 (53 barras de 6 m) e PVC PN 80 (51 barras de 6 m) de comprimento, resultando no valor de R\$430.000,00. Para construção da barragem, considerou-se um valor de R\$1.500.000,00.

Para atender a demanda de eletricidade, o sistema gerador de energia fotovoltaica precisa

ter uma potência instalada de 241,08 kW. Foram necessárias 927 placas fotovoltaicas de 260 watts, que produziram, aproximadamente, 365.856 kWh ano ou 30.488 kWh mês. A área total ocupada pelo sistema fotovoltaico foi de, aproximadamente, 1.928,64 m² ou 0,19 ha. O valor total do sistema foi de R\$1.084.860,00.

Os custos por hectare e produção total são apresentados na Tabela 4 em seus diferentes arranjos, para a soja temos dois custos diferentes, pois será feita a correção do pH da área no primeiro ano e depois a cada quatro anos. Mesmo nos anos com aplicação do gesso e calcário dentre as culturas produzidas, a soja é a que possui menor custo de produção, seguida do milho e por último o tomate industrial, o qual possui o custo de produção, aproximadamente, três vezes maior do que do milho e quatro da soja, nos anos de maior custo.

Na Tabela 4, encontram-se os custos gerados pelos investimentos, que são a manutenção, que deve ser feita para que os investimentos funcionem de maneira satisfatória e prologuem sua vida útil (25 anos), e a depreciação, que deve ser considerada para fins econômicos. Para comparação, houve a divisão dos investimentos em dois, um deles conta com os custos de manutenção e depreciação da barragem, sistema de irrigação e sistema de energia fotovoltaica. No outro, são retirados os custos do sistema de energia fotovoltaica e acrescentado o custo da energia elétrica gasto pelo sistema de moto bombas e movimentação do pivô central.

Os custos de depreciação e manutenção da barragem, sistema de irrigação e sistema de energia fotovoltaica são maiores do que os de energia elétrica, depreciação e manutenção da barragem e sistema de irrigação. Isso ocorre porque a depreciação e manutenção estão diretamente ligados ao valor do investimento que é alto e ligado ao custo da energia elétrica, no qual o kWh é subsidiado em 80% pelo Governo Federal (conforme Artigo 109 da Resolução 414/2010 ANAEEEL) para a categoria de consumo (A2) que foi classificada o projeto (ALVES Jr. *et al.*, 2004; CELG, 2017).

Tabela 4. Custos de produção das culturas e investimentos por hectare e por área total (76,20 ha) em seus diferentes arranjos de composição

Item	Custo de produção (R\$ ha ⁻¹)	Custo de produção total (R\$ área ⁻¹)
Milho	3.968,01	302.362,69
Soja ¹	2.974,17	226.631,48
Soja ²	2.871,24	218.788,59
T o m a t e industrial	11.253,60	857.524,43
Investimento ³	2.611,30	198.980,76
Investimento ⁴	2.247,80	171.271,20
Total ^{1/3}	20.807,08	1.585.499,36
Total ^{1/4}	20.443,44	1.557.789,80
Total ^{2/3}	20.704,15	1.577.656,47
Total ^{2/4}	20.340,51	1.549.946,91

¹Custo de produção com aplicação gesso e calcário, feita no primeiro ano e depois a cada 4 anos. ²Custo de produção sem aplicação de gesso e calcário. ³Custo de manutenção e depreciação do investimento (barragem, sistema de irrigação e energia fotovoltaica). ⁴Custo da energia elétrica consumida pelo sistema de irrigação mais custo de manutenção e depreciação do investimento (barragem e sistema de irrigação).

Os valores encontrados para os indicadores podem ser observados na Tabela 5, na qual temos o projeto sem a utilização da energia fotovoltaica com índices melhores do que o com a utilização do sistema, como já era esperado e ocasionado pela diferença nos investimentos. No sistema com energia fotovoltaica, há maior investimento inicial, pois, além da implantação da barragem e irrigação, também temos a implantação do sistema gerador de energia elétrica.

Tabela 5. Indicadores econômicos da utilização e não utilização de energia fotovoltaica em pivô central

Indicadores	Energia elétrica tradicional	Energia Fotovoltaica
VPL (R\$)	4.445.364,56	3.124.551,22
LMd (R\$ ano ⁻¹)	450.335,50	436.514,70
TIR (%)	60,31	33,85
Payback (anos)	4,67	7,36
B/C (R\$)	1,37	1,24

Porém, os indicadores revelam que existe viabilidade na implantação de energia fotovoltaica em pivô central. O VPL demonstra valor positivo e elevado se não comparado com o sistema sem energia fotovoltaica. O LMD com energia fotovoltaica é positivo e representa, em média, receita mensal de R\$5.728,54 ha⁻¹ ano⁻¹, sendo aproximadamente R\$181,37 ha⁻¹ ano⁻¹ a menos do que o sistema com energia elétrica tradicional. A TIR é positiva e 4,83 vezes maior do que a TMA, demonstrando que a rentabilidade é mais do que a esperada. O *Payback* é menor do que o tempo de condução do projeto (25 anos), um terço do tempo, a partir do oitavo ano os gastos para gerar energia serão somente os de manutenção do sistema de energia fotovoltaica que são menores do que o valor pago à concessionária distribuidora. A relação B/C é maior do que 1, o que significa que os ganhos são positivos.

A energia fotovoltaica pode ser, portanto, uma ótima solução para os casos em que o fornecimento pelas distribuidoras de energia elétrica tradicional não estejam estabelecidos ou não sejam adequados, podendo ser inclusive mais econômicos do que o diesel, já que seu custo pode ser 50% superior à energia elétrica (MONTEIRO *et al.*, 2011).

CONCLUSÃO

- A utilização de energia fotovoltaica em pivô central no Estado de Goiás é economicamente viável. Entretanto, quando disponível, o irrigante deve optar pela energia elétrica tradicional. Quando o sistema é operado com energia fotovoltaica, há um aumento no custo de produção de 9,98% em relação ao sistema operado por energia elétrica tradicional e a lucratividade reduz na ordem de 3,07%.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA. **Conjuntura dos recursos hídricos: Informe 2016**. Brasília: ANA, 2016. 95p.

ANA; EMBRAPA MILHO E SORGO. **Levantamento da Agricultura Irrigada por Pivôs Centrais no Brasil - ano 2014**. Disponível em: <<http://www.ana.gov.br/metadados/>> e <<http://www.snirh.gov.br>>. Acesso em 15/09/2017.

ALVES JÚNIOR, J.; FIGUEREDO, L.; COELHO, R.D.; ZOCOLER, J.L. Quanto custa a energia elétrica na irrigação. Anuário da Agricultura Brasileira: **AGRIANUAL 2004**, São Paulo, p.19-22.

ALVES JÚNIOR, J.; SALES, D.L.A.; PEREIRA, R.M.; RODRIGUEZ, W.D.M.; CASAROLI, D.; EVANGELISTA, A.W.P. **Viabilidade econômica da irrigação por pivô central nas culturas de soja, milho e tomate, em diferentes demandas hídricas**. In: III INOVAGRI INTERNATIONAL MEETING, 2015, Fortaleza. [anais]. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.12702/iii.inovagri.2015-a424>>. Acesso em: 17 set. 2017.

ARCO-VERDE, M.F.; AMARO, G. **Cálculo de Indicadores Financeiros para Sistemas Agroflorestais**. Embrapa Roraima - CPAF (Documentos 57). 2.ed. 2014. 36p. <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/136919/1/N57-DOC-159-CORRIGIDO.pdf>

CELG - Centrais Elétricas de Goiás. **Tarifa de energia elétrica 2017**. Goiânia: CELG, 2017. Disponível em: <http://www.celg.com.br/arquivos/paginas/institucional/tarifa_2017.pdf>. Acesso em: 18 set. 2017.

FAEG - Federação da Agricultura e Pecuária de Goiás. Index: **Custo de Produção**. Goiânia-Go. Nov. 2016. Disponível em: <<http://sistemafaeg.com.br/mercados-e-cotacoes/custo-de-producao>>. Acesso em: 8 out. 2017.

IMB - Instituto Mauro Borges de Estatística e Estudos Socioeconômicos. **Informe técnico: mapeamento das áreas irrigadas por pivôs centrais no Estado de Goiás**. Goiânia-Go. 2014. 5p. Disponível em: <<http://www.imb.go.gov.br/pub/informestecnicos/1-Mapeamento%20das%20C3%81reas%20Irrigadas%20por%20Piv%20Centrais%20no%20Estado%20de%20Goi%20A1s-201401.pdf>>. Acesso em: 29 ago. 2017.

- INMET - Instituto Nacional de Meteorologia. **Normais climatológicas do Brasil 1961-1990**. Brasília-DF. 2009. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/normaisClimatologicas>>. Acesso em: 29 ago. 2017.
- LOBATO, O.J.S.M.; LOBATO, E.J.V.; GONÇALVES, V.A. Contribuição ao estudo da radiação global e da insolação na microrregião do Mato Grosso de Goiás. **Anais da Escola de Agronomia e Veterinária**, Goiânia, v.12, n.1, p.55-75, 1982.
- LOBATO, E.J.V.; SACRAMENTO, G.L.; ANDRADE, R.S.; ALEIXO, V.; GONÇALVES, V.A. **Atlas climatológico do Estado de Goiás**. Goiânia: Editora da UFG. 2002.
- MARQUELLI, W.A.; SOUSA, R.F.; VILELA, N.J.; ALMEIDA, V. E. S. **Análise econômica de sistemas de irrigação em tomateiro para processamento, no estado de Goiás**. In: CONGRESSO LATINOAMERICANO Y DEL CARIBE DE INGENARÍA AGRICOLA, 9.; CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 39., 2010, Vitória. A engenharia agrícola e o desenvolvimento das propriedades familiares: [anais]. Vitória: SBEA, 2010. CD-ROM. Trabalho TC0594-1.
- MORAES, M.J. ; OLIVEIRA FILHO, D.; MANTOVANI, E.C.; MONTEIRO, P.M.B.; MENDES, A.L.C.; DAMIÃO, J.H.A.C. Automação em sistema de irrigação tipo pivô central para economia de energia elétrica. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.34, n.6, p.1075-1088, nov./dez. 2014.
- MARQUELLI, W. A.; SILVA, W.L.C.; SILVA, H.R.; BRAGA, M.B. **Irrigação e fertigação**. In : CLEMENTE, F.M.V.T.; BOITEUX, L.S. (Ed.). Produção de tomate para processamento industrial. Brasília, DF: Embrapa, 2012. il. color. p.131-154.
- MARQUES, M.N.C.; MANESCHY, R.Q.; QUEIROZ, J.F.; CHAVES, T.H.M. Análise financeira de sistemas de produção integrados no nordeste do Pará. **Agroecossistemas**, v.9, n.1, p.157-169, 2017.
- MEDEIROS, A.M.M. Potencial de economia de energia elétrica em sistemas de irrigação a pivô central com o uso de inversor de frequência no Estado de Goiás. 2005. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação, Universidade Federal de Goiás. 2005.
- MONTEIRO, R.O.C.; COELHO, R.D.; TEIXEIRA, M.B. Consumo hídrico e energético na irrigação do café no triângulo mineiro e oeste da Bahia. **Revista de Agricultura**. v.86, n.3, p.178-191, 2011.
- OLIVEIRA, L.F.C.; FERREIRA, R.C.; ALMEIDA, R.A.; LOBATO, E.J.V.; MEDEIROS, A.M.M. Potencial de redução do consumo de energia elétrica pela utilização de aquecedores solares no Estado de Goiás. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.28, n.3, p.406-416, 2008. <https://dx.doi.org/10.1590/S0100-69162008000300002>
- REZENDE, J.L.P.; OLIVEIRA, A.D. Análise Econômica e Social de Projetos Florestais. **Editora UFV**. Terceira Edição. Viçosa. p.385. 2013.
- SALES, D.L.A.; ALVES JÚNIOR, J.; PEREIRA, R.M.; MARADIAGA, W.D.R.; CASAROLI, D.; EVANGELISTA, A.W.P. Viabilidade econômica da irrigação por pivô central nas culturas de soja, milho e tomate. **Pesquisa Agropecuária Pernambucana**, Recife, v.22, n.1, jun. 2018. <https://doi.org/10.12661/pap.2017.011>.
- SILVA, M.L.; FONTES, A.A. Discussão sobre os critérios de avaliação econômica: Valor Presente Líquido (VPL), Valor Anual Equivalente (VAE) e Valor Esperado da Terra (VET). **Revista Árvore**. Viçosa, v.29, n.6, p.931-936, 2005.
- SILVA, J.B.; GUERRA, L.D.; IORIS, A.A.R.; FERNANDES, M.A crise hídrica global e as propostas do Banco Mundial e da ONU para seu enfrentamento. **Revista Cronos**. v.11. n 2. 2010.
- VENANCIO, D.F.V.; SANTOS, R.M.; CASSARO, S.; PIERRO, P.C.C. A crise hídrica e sua contextualização mundial. **Enciclopédia Biosfera**. Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.11 n.22; 2015.