

VIABILIDADE ECONÔMICA DA IRRIGAÇÃO DE CANA-DE-AÇÚCAR NO CERRADO BRASILEIRO

**RODRIGO MOURA PEREIRA¹; JOSÉ ALVES JÚNIOR¹; DERBLAI CASAROLI¹;
DEBORAH LIDIA SALES¹; WALTER DANILO MARADIAGA RODRIGUEZ¹ E
JOÃO MAURÍCIO FERNANDES SOUZA¹**

¹Núcleo de Pesquisas e Recursos Hídricos do Cerrado – Escola de Agronomia - Universidade Federal de Goiás, Rodovia Goiânia / Nova Veneza, Km 0, Goiânia, Goiás, CEP: 74690-900 email: rodrigomoura@agricola.eng.br, josealvesufg@yahoo.com.br, derblaicasaroli@yahoo.com.br, deborahlidyasales@gmail.com, maradiagarodriguez@yahoo.com.br, joaomfsouza@gmail.com

1 RESUMO

Objetivou-se avaliar a viabilidade econômica da irrigação em cana-de-açúcar na região do Cerrado em função de perspectivas de retorno associadas a diferentes manejos de irrigação: i) lâmina plena (493,56 mm ano⁻¹); ii) suplementar com déficit (50 % da necessidade hídrica, 235,37 mm ano⁻¹); iii) salvamento (80 mm ano⁻¹). O custo total dos manejos de irrigação plena, suplementar com déficit e salvamento em cana-planta foram de R\$ 15.759,17 ha⁻¹, R\$ 13.291,16 ha⁻¹, e R\$ 8.627,09 ha⁻¹, respectivamente. Os indicadores analisados mostraram que a irrigação em cana-de-açúcar gera em 30 anos de investimento, no manejo de irrigação plena Valor Presente Líquido (VPL) = R\$ 1.972,87 ha⁻¹ ano⁻¹, Taxa interna de Retorno (TIR) = 61,11%, Payback = 3 anos e Relação Benefício Custo (B/C) = 1,7. No manejo com déficit VPL = R\$ 1.379,78 ha⁻¹ ano⁻¹, TIR = 52,99%, Payback = 3 anos e Relação B/C = 1,5 e no salvamento, VPL = R\$ 984,10 ha⁻¹ ano⁻¹ TIR = 91,48%, Payback = 3 anos e Relação B/C = 1,4. A irrigação plena apresentou a maior lucratividade, seguida pela irrigação com déficit com lucro 30,06% menor, e de salvamento, com um lucro 50,11% menor que a irrigação plena.

Palavras-chave: manejo da irrigação, *Saccharum* spp., Cerrado, análise econômica

**PEREIRA, R. M.; ALVES JUNIOR, J.; CASAROLI D.; SALES D. L.; RODRIGUEZ,
W. D. M.; SOUZA, J. M. F.**

**ECONOMIC VIABILITY OF SUGARCANE IRRIGATION IN THE BRAZILIAN
CERRADO**

2 ABSTRACT

This study aimed to evaluate the economic viability of sugarcane irrigation in the Cerrado region in function of perspectives of return associated with different irrigation management: i) full blade (493.56 mm year⁻¹); ii) supplement with deficit (50% of water requirement, 235.37 mm year⁻¹); iii) rescue (80 mm year⁻¹). The total cost of the managements of full irrigation, supplement with deficit and rescue in cane plant stage were *US\$ 4,955.71 ha⁻¹, US\$ 4,179.61 ha⁻¹, and US\$ 2,712.92 ha⁻¹, respectively. The indicators analyzed showed that irrigation in sugarcane generates over 30 years of investment in full irrigation management VPL =

US\$ 620.39 ha⁻¹ year⁻¹, TIR = 61.11%, Payback = 3 years and Ratio B/C = 1.7. In the deficit irrigation VPL = US\$ 433.89 ha⁻¹ year⁻¹, TIR = 52.99%, Payback = 3 years and Ratio B/C = 1.5 and in the rescue irrigation, VPL = US\$ 309.46 ha⁻¹ year⁻¹ TIR = 91.48%, Payback = 3 years and B/C = 1.4. The full irrigation presented the highest profitability, followed by irrigation with deficit with profit 30.06% lower, and rescue equipment, with a 50.11% lower profit that full irrigation US\$ = R\$ 3,18 07/07/2015

Keywords: Irrigation management; *Saccharum spp.*, Cerrado, economic analysis

3 INTRODUÇÃO

Os benefícios da irrigação da cana-de-açúcar passam pelo aumento da produtividade agrícola e longevidade das soqueiras, até os relacionados à redução de custos no processo produtivo, como a possibilidade de dispensa de arrendamentos (MATIOLI et al., 1998). Em regiões com má distribuição de chuva (temporal e espacial) os sistemas de irrigação se tornam imprescindíveis no fornecimento de água à cultura, pois nessas condições a ocorrência de estresse hídrico pode resultar em quebras de produtividade (DANTAS et al., 2005). No Cerrado, além das chuvas serem sazonais (estação seca e chuvosa bem definidas) há uma alta demanda atmosférica, que favorece a perda de água pela evapotranspiração, assim, quando em déficit a planta sofre alterações fisiológicas tais como o aumento da temperatura foliar, diminuição da condutância estomática, transpiração e fotossíntese, os quais implicam em uma redução na assimilação de CO₂, com consequente decréscimo da produtividade (ZINGARETTI et al., 2012; HSIAO, 1973). Isso justifica a necessidade do uso da irrigação como prática agrícola imprescindível para a elevação da produtividade agroindustrial da cana-de-açúcar cultivada no Cerrado.

O pivô central tem como vantagens a elevada eficiência de aplicação, baixo consumo de energia por unidade de área, exige menos mão-de-obra e possibilita a automação, permitindo flexibilidade no gerenciamento de irrigação em grandes áreas. Nesse sistema os manejos mais comuns no cultivo da cana-de-açúcar são: irrigação de salvamento, irrigação suplementar com déficit e irrigação plena. Como em algumas regiões do Centro-Oeste do Brasil prevalecem baixas precipitações ao longo de vários meses que coincidem com o ciclo da cultura, torna-se essencial à utilização de tais técnicas para a melhoria do manejo do cultivo (CINTRA et al., 2008). Geralmente, nos canais tradicionalmente irrigados no Brasil, a irrigação de salvamento consiste na aplicação de uma lâmina de 60 a 80 mm de água após cada corte anual, proporcionando um incremento médio de produtividade de 12 a 15 t ha⁻¹, onde também pode ser empregado o pivô-central rebocável. Na irrigação suplementar com déficit aplica-se cerca de 50% da necessidade de suplementação hídrica do canal, que vai de 180 mm a 300 mm ano⁻¹. Essa técnica, aliada a boas práticas de cultivo, pode proporcionar um aumento de produtividade entre 20 e 25 t ha⁻¹, a principal ferramenta nesse manejo é o pivô central fixo com lâmina baixa. A irrigação plena tem a aplicação de 300 mm de água, ou seja, 100 % da necessidade de suplementação hídrica anual da cana, proporcionando incremento mínimo de 25 a 40 t ha⁻¹ (SANTOS & FRIZZONE, 2006; CAMPOS et al., 2012; DANTAS NETO et al., 2006).

Na análise de investimentos de longa duração onde os retornos ocorrem somente a partir de um determinado ponto da vida útil da cultura, a estimativa de investimentos e do custo operacional da irrigação da cana-de-açúcar, em função da lâmina anual que se pretende aplicar, assume grande importância (AFFÉRI et al., 2014). A receita bruta, a taxa de interna de retorno

(TIR), o Valor Presente Líquido (VPL) e o Payback Período são indicadores que avaliam a viabilidade dos investimentos. A taxa interna de retorno (TIR) torna o valor dos lucros futuros equivalentes aos dos gastos realizados com o projeto, caracterizando a taxa de remuneração do capital investido (FRIZZONE, 2005). O valor presente líquido (VPL) referencia os benefícios e os custos ao presente, ou seja, traz os fluxos de caixa esperados durante a vida útil do projeto para o tempo zero a uma taxa de juros que representa o mínimo retorno para o capital. O período de recuperação do capital ou *Payback Period* é o tempo que o projeto leva para retornar o capital investido e a relação Benefício/Custo (B/C) atua como um indicador que verifica se os benefícios são maiores que os custos (GITMAN, 1997).

Contudo, este estudo objetivou avaliar a viabilidade econômica da irrigação em cana-de-açúcar no Cerrado comparando os manejos de irrigação comumente utilizados na região.

4 MATERIAL E MÉTODOS

O dimensionamento dos projetos de irrigação e a análise de viabilidade econômica foram realizados no município de Goiânia-GO. A região caracteriza-se pela ocorrência de invernos secos e verões chuvosos, com o clima classificado como Aw, segundo Köppen, com médias anuais de 1.500 mm variando de 750 a 2.000 mm (CARDOSO et al., 2014). O projeto com manejo de irrigação plena foi dimensionado considerando uma lâmina bruta de 6,47 mm correspondente a evapotranspiração máxima da cultura durante o ano. No dimensionamento da irrigação suplementar com déficit considerou-se 50% da demanda hídrica máxima da cultura durante o ano, resultando em uma lâmina de projeto de 3,24 mm dia⁻¹. No dimensionamento do pivô-central rebocável para a irrigação de salvamento, considerou-se uma lâmina correspondente a evapotranspiração máxima da cultura e aplicação de 80 mm ano⁻¹. Na análise de viabilidade econômica utilizou-se o sistema de plantio mecanizado, implantado em uma área de 70 ha para os sistemas fixos, enquanto que no rebocável foi considerada a possibilidade de irrigação de 12 posições entre os meses de maio a setembro, totalizando 840 ha de área irrigada ano⁻¹, com pivô dimensionado para a irrigação plena (70 ha e 6,47 mm). Os ganhos de produtividade (t ha⁻¹) foram calculados nas áreas irrigadas sob os diferentes manejos. A Tabela 1 apresenta a época de plantio, quantidade de água aplicada durante o ano e a produtividade esperada em função do sistema de irrigação utilizado (CANALBIOENERGIA, 2014).

Tabela 1. Manejos de irrigação, época de plantio, quantidade de água aplicada dada em lâmina por ciclo (mm ano⁻¹) e produtividade estimada (t ha⁻¹) para o cultivo de cana-de-açúcar.

Manejo	Época de Plantio	Lâmina	Produtividade
Plena	Maio	493,56	140
Déficit	Maio	235,37	115
Salvamento	Maio-Setembro	960,00 (12x80 mm)	95

O levantamento de dados necessários para o dimensionamento, implantação e custo operacional dos três projetos simulados foram obtidos a partir de estabelecimentos comerciais especializados e da tabela de estimativa de custo de produção da cultura de cana-de-açúcar divulgada periodicamente pela FAEG (Federação da Agricultura em Goiás) (Tabela 2).

Tabela 2. Custo de produção da cana-planta e cana-soca em cultivo de alta tecnologia (FAEG, 2013).

Item de custo	Cana-planta (%)	Cana-soca (%)
Insumos	37	27
Maquinário	26	3
Mão-de-obra	0,37	5
Colheita	37	65

A determinação do custo fixo foi feita para cada sistema de irrigação, considerando uma vida útil média de 30 anos. Os custos variáveis, como manutenção e reparos, foram estimados utilizando um valor de 5% do investimento inicial no equipamento de irrigação. Na composição do custo de implantação dos sistemas de irrigação foram elaboradas planilhas eletrônicas com o levantamento dos materiais que compõem o projeto, subdivididos e detalhados em unidade de bombeamento, adução, cabos elétricos e pivô-central. O gasto com energia elétrica foi calculado com base no boletim de tarifa convencional nº01/2014 da concessionária do Estado de Goiás (CELG, 2014), com enquadramento do irrigante no subgrupo A3a, e tarifa horo-sazonal verde (Equação 1).

$$CE = \frac{Dc \cdot Td + Cp \cdot Tp + Cfp \cdot Tfp}{n} \quad (1)$$

Onde: Dc é a demanda contratada (kW), Td a tarifa de demanda (R\$ kW⁻¹), Cp o consumo de energia em horário de ponta (kWh), Tp a tarifa de consumo em horário de ponta (R\$ kWh⁻¹), Cfp é o consumo de energia em horário fora de ponta (kWh) e Tfp a tarifa de consumo em horário fora de ponta (R\$ kWh⁻¹) e n o rendimento do motor elétrico.

O número de horas de funcionamento foi calculado em função do tempo necessário para aplicação da lâmina total durante o ano em cada sistema avaliado. Com base nos horários de tarifação determinados pela concessionária, os sistemas de irrigação foram manejados de forma que a operação ocorresse somente no horário fora de ponta. Neste estudo foi adotado a longevidade do canal em cinco anos para a área de salvamento, seis anos para a área com aplicação de déficit, e oito anos para a área com irrigação plena (CANALBIOENERGIA, 2014).

A análise de custos de implantação e operação dos canais irrigados foi realizada na planilha eletrônica AMAZONSAF (Arco-Verde e Amaro, 2011). Os indicadores utilizados para avaliar a viabilidade dos investimentos foram: Indicador de lucratividade – o qual se refere à receita bruta (RB, R\$ ha⁻¹) que corresponde ao produto da produção (P, t ha⁻¹) dos 70 ha (plena e déficit) e dos 840 ha (salvamento), ao preço do produto no mercado (PPM, R\$ t⁻¹) estimada pela seguinte equação:

$$RB = P \cdot PPM \quad (2)$$

Valor Presente Líquido (VPL) - definido como a diferença entre o valor presente dos benefícios e o valor presente dos custos (Equação 3):

$$VPL = \sum_{j=1}^n \frac{CF_j}{(1+i)^j} \quad (3)$$

Onde, n é o horizonte do projeto, j o período, CF o saldo do fluxo de caixa, e i a taxa de juros;

Taxa Interna de Retorno (TIR); Período de Recuperação do Capital (*Payback*); e a relação Benefício/Custo (B/C) estimada pela Equação 4:

$$\frac{B}{C} = \frac{\sum_{k=0}^n B_k(1+j)^{-k}}{\sum_{k=0}^n C_k(1+j)^{-k}} \quad (4)$$

Onde, B é o benefício (R\$), C é o custo (R\$), j a taxa de juro anual, e k a vida útil (anos). O valor percentual de Taxa Mínima de Atratividade (TMA) utilizado neste estudo foi de 4%, para cultivos irrigados (BNDES, 2014).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na comparação de custos para implantação entre a irrigação plena e de déficit, verificou-se que o dimensionamento do equipamento considerando 50% da necessidade hídrica da cultura, resultou em uma redução de 28,7% no custo de implantação do projeto (Tabela 3). A irrigação de salvamento apresentou um aumento no custo operacional de 292,86% em relação ao sistema de déficit e de 92,3 % em relação ao sistema de irrigação plena. Esse aumento já era esperado, uma vez que se irriga uma área total maior durante o ano (840 ha), devido à troca de posições da irrigação pelo pivô rebocável. O custo operacional dos sistemas foi de R\$ 311,44 ha⁻¹, R\$ 152,45 ha⁻¹ e R\$ 49,91 ha⁻¹ para os manejos de irrigação plena, déficit e salvamento, respectivamente. O menor custo por hectare no sistema rebocável foi propiciado pelo aumento da área irrigada.

Santos & Frizzone (2006), ao avaliarem o custo operacional de um sistema de irrigação convencional com aspersores tipo “canhão hidráulico” em cana-de-açúcar, encontrou valores de R\$ 423,74 ha⁻¹, em que os custos operacionais ou variáveis são tidos como os que apresentam a maior participação no custo total da irrigação, no qual se inserem os dispêndios com energia elétrica, mão-de-obra, maquinário, motobomba, transporte de apoio, técnico/oficina (salário), manutenções e materiais diversos.

Os custos com insumos e mão-de-obra para implantação, condução e renovação dos canaviais, excluindo-se os dispêndios com irrigação, representaram a maior parte do custo total anual. Nos sistemas fixos, a participação foi de 55,6% na irrigação plena e de 63,0% na irrigação com déficit, em estágio de cana-planta. Já em cana-soca, tais custos representaram 91,8% e 95,34% na irrigação plena e com déficit. Isso mostra que para os sistemas fixos, o impacto dos custos da irrigação no custeio total do cultivo é maior no primeiro ano de cultivo, com 44,4% e 37% para os dois manejos, respectivamente. Essa participação é devido à implantação do projeto de irrigação, de tal forma que nos anos subsequentes a irrigação passa a representar aproximadamente 10% e 5% dos custos totais de cultivo nos manejos com irrigação plena e com déficit, respectivamente..

Tabela 3. Custos de implantação e operação de canaviais irrigados sob diferentes manejos de irrigação.

Sistema	Área (ha)	Cultivo (R\$ ha ⁻¹)		Irrigação	
		Cana-Planta	Cana-Soca	Implantação*	Operação**
Plena	70	8.775,01	3.518,87	6.672,72	21.801,00
Déficit	70	8.381,26	3.125,12	4.757,45	10.671,70
Salvamento	840	8.021,12	2.778,62	556,05	41.925,67
TOTAIS Cultivo + Irrigação		Cana-Planta	Cana-Soca		
Plena		1.103.142,10	268.121,90	-	-
Déficit		930.381,40	229.430,10	-	-
Salvamento		7.246.756,07	2.375.966,47	-	-

*R\$ ha⁻¹; **R\$ ano⁻¹

A Tabela 4 detalha a produtividade anual em cada manejo de irrigação, bem como a receita bruta (RB) obtida em função dos ganhos produtivos em relação à lâmina aplicada e área irrigada. Levando em consideração a longevidade do canal adotado em cada manejo, a quantidade de ciclos (renovação de canaviais) durante 30 anos de atividade em cada projeto foi de: 3 (irrigação plena), 5 (déficit) e 6 (salvamento).

Tabela 4. Componentes de receita para os três sistemas de irrigação em cana-de-açúcar.

Sistema	Produtividade (ton.ha ⁻¹)	Área (hectares)	Preço (R\$.ton)	Receita Anual (R\$)	Longevidade (anos)
Plena	140	70	60,00	588.000,00	8
Déficit	115	70	60,00	483.000,00	6
Salvamento	95	840	60,00	4.788.000,00	5

Observa-se que todos os sistemas apresentaram $B/C > 1,0$, o que indica que a irrigação no Cerrado é viável, com o melhor desempenho para o sistema de irrigação plena, com R\$ 0,70 de benefício para cada real investido (Tabela 5). Marques et al. (2006) ao avaliarem a viabilidade econômica da irrigação da cana-de-açúcar na região de Piracicaba – SP comparando os sistemas pivô-central, deslocamento linear e autopropelido, observaram que os maiores valores da relação B/C ocorriam no sistema de pivô-central com utilização das tarifas horazonais, entretanto, devido à incorporação do custo com a água, estimado em R\$ 0,03 m⁻³, o valor encontrado pelos autores foi inferior a 1 ($BC = 0,82$) indicando inviabilidade econômica. Tal condição ainda não se aplica nas áreas irrigadas de cana-de-açúcar em Goiás, o que em tese favorece o resultado da relação B/C.

Na Tabela 5 é possível observar o resultado acumulativo que identificou o período de retorno do capital investido (*payback*), assim, verificou-se que todos os manejos apresentaram um período de retorno de 3 anos. Considerando uma taxa de juros de 4%, o lucro em R\$ ha⁻¹ ano⁻¹ foi de R\$ 1.972,87, R\$ 1.379,78 e R\$ 984,10 para a irrigação plena, com déficit, e salvamento com pivô-central rebocável, respectivamente.

A TIR calculada deve ser comparada a outras taxas de juros que o mercado oferece, a fim de se visualizar se o investimento é a melhor opção (GITMAN, 1997). Nota-se que o valor obtido para as TIR's foram muito superiores aos 4% adotados com base na taxa de juros para

projetos irrigados do BNDES, o que mostra a grande margem de viabilidade dos sistemas de irrigação aplicados em cana-de-açúcar (Tabela 5).

Na avaliação econômica, a lucratividade do manejo de irrigação plena apresentou o maior VPL. A maior lucratividade pode estar associada ao maior ganho de produtividade no manejo de irrigação plena, uma vez que ao suprir toda a demanda hídrica da cultura a produção é beneficiada e o potencial produtivo é expresso de forma significativa. Ressalta-se que para o sucesso da irrigação é necessário que a variedade tenha uma boa resposta ao regime hídrico e que a elevada disponibilidade hídrica seja associada a temperaturas ideais, principalmente nas fases de perfilhamento e crescimento, de forma que, a variedade apresente todo o seu potencial genético convertido em produção de matéria seca (OLIVEIRA et al., 2010).

O menor VPL observado no manejo de salvamento associa-se à menor produtividade esperada dentre todos os manejos adotados. Apesar da irrigação atingir uma área doze vezes maior que os sistemas fixos (840 ha contra 70 ha), o menor ganho produtivo simulado no manejo de salvamento não foi capaz de superar o retorno financeiro obtido nos manejo de irrigação plena e com déficit.

A menor produtividade no manejo de salvamento está ligada à menor lâmina aplicada e as condições climáticas desfavoráveis no período de colheita, uma vez que a aplicação da lâmina de salvamento ocorre entre os meses de maio e setembro, em que se têm ocorrência de déficit hídrico e alta demanda atmosférica na região do Cerrado, o que pode vir a alterar o desempenho econômico ao se comparar a uma área irrigada de 70 hectares, com lâmina máxima. O estágio de desenvolvimento inicial da cana-de-açúcar proporciona a maior quebra de produção quando submetido ao estresse hídrico, com isso a irrigação neste momento evita quedas de produtividades significativamente maiores, sendo mais expressivo em regiões onde a colheita coincide com o período seco (CINTRA et al., 2008).

Tabela 5. Indicadores econômicos em trinta anos de investimento em sistemas de irrigação na cana-de-açúcar: Taxa Mínima de Atratividade (TMA, %), Taxa Interna de Retorno (TIR, %), Payback (anos), Valor Presente Líquido (VPL, R\$ ha⁻¹ ano⁻¹) e Relação Benefício Custo (B/C, R\$)

Avaliação Financeira	Plena	Déficit	Salvamento
TMA	4,00	4,00	4,00
TIR	61,11	52,99	91,48
Payback	3,00	3,00	3,00
VPL	1972,87	1379,78	984,10
B/C	1,70	1,50	1,40

A resposta da cana-de-açúcar à irrigação no Cerrado é mais lucrativa quando da aplicação de uma lâmina que supre toda a demanda hídrica da cultura, entretanto, a aplicação de déficit comumente utilizada na região, também apresenta bons resultados, levando-se em consideração a significativa diminuição no custo do equipamento de irrigação, o que deve ser avaliado na tomada de decisão. É importante salientar que os resultados obtidos aplicam-se somente nas condições avaliadas, uma vez que os ganhos estimados de produtividade devem ser garantidos em todos os anos da análise do investimento.

6 CONCLUSÕES

- Existe potencial de viabilidade econômica para a irrigação de cana-de-açúcar na região do Cerrado brasileiro entre os meses de maio e setembro, considerando-se os benefícios com o aumento de produtividade sob diferentes lâminas de suplementação, sejam elas de suprimento da necessidade hídrica total da cultura, com aplicação de déficit de 50% e com a chamada lâmina de salvamento aplicada na fase inicial de cada ciclo de produção.
- Os valores da relação benefício/custo para todos os manejos testados apresentaram valores superiores a 1, indicando viabilidade dos projetos.
- O manejo que apresentou o melhor resultado foi o pivô central de 70 hectares com aplicação da lâmina plena que supre toda a demanda hídrica da cultura ao longo do ciclo de produção.
- Sugere-se a simulação econômica dos diferentes manejos com a inserção de outros fatores, tais como a estimativa do custo da água, bombeamento a diesel e comparação com outros sistemas de irrigação comumente utilizados na cana-de-açúcar, como o sistema autopropelido e deslocamento linear, com as respectivas variações de lâminas aplicadas neste estudo.

7 REFERÊNCIAS

ARCO-VERDE, M. F.; AMARO, G. **Cálculo de indicadores financeiros para sistemas agroflorestais**. (Documentos 44 / Embrapa Roraima), p.48, 2011.

AFFÉRI, A.; TRENTO, E.; PINTO, R. Como fazer um plano diretor de irrigação de canaviais. Projeto cana pede água. Disponível em: www.canapedeagua.com.br/index.php?option=com_docman&Itemid=17. Acesso em: 12 Nov. 2014.

BNDES – Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social – Programa de incentivo à irrigação e a armazenagem – Moderinfra. Disponível em: <http://www.bndes.gov.br/apoio/moderinfra.html>. Acesso em 07 Abr. 2015.

CAMPOS, P.F.; ALVES JR., J.; CASAROLI, D.; FONTOURA, P. R.; EVANGELISTA, A. W. P.; VELLAME, L. M. Response of sugarcane varieties to deficit irrigation in Brazilian Savanna. **Water Resources and Irrigation Management**, Cruz das Almas, v.3, n.1, p.31-36, 2012.

CANALBIOENERGIA – Jornal da bioenergia. Edição 92: Irrigação: Água na medida certa. Disponível em: <http://www.canalbioenergia.com.br/edicao-92/> Acesso em 07 Nov. 2014.

CARDOSO, M. R. D.; MARCUZZO, F. F. N.; BARROS, J. R. Classificação climática de Köppen-Geiger para o Estado de Goiás e Distrito Federal. **Acta Geográfica**, Boa Vista, v. 8, n. 16, p. 40-55, 2014.

CELG – CELG Distribuição S. A. – Boletim de tarifa convencional N° 01/2014. Disponível em: <https://www.celg.com.br/paginas/clientes/tarifa.aspx>. Acesso em 07 Abr. 2015.

CINTRA, J. E. V.; FERREIRA, G. H.; BRASIL, R. P. C. Viabilidade da irrigação suplementar na fase inicial de desenvolvimento da cana-de-açúcar em regiões com déficit hídrico. **Revista Nucleus**, Ituverava, edição especial, p. 111-119, 2008.

DANTAS NETO, J.; FIGUEREDO, J. L. C.; FARIAS, C. H. de A.; AZEVEDO, H. M. de; FRIZZONE, J. A.; ANDRADE J.. **Planejamento de irrigação: análise de decisão de investimento**. 1. ed. Brasília: EMBRAPA INFORMAÇÃO TECNOLÓGICA, 2005. 626 p.

DANTAS NETO, J.; FIGUEREDO, J. L. C.; FARIAS, C. H. A.; AZEVEDO, H. M.; AZEVEDO, C. A. V. Resposta da cana-de-açúcar, primeira soca, a níveis de irrigação e adubação de cobertura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, v.10, n.2, p.283-288, 2006.

FAEG – Federação da Agricultura e Pecuária de Goiás. Mercados e cotações – Cana-de-Açúcar setembro/2013. Disponível em: <<http://sistemafaeg.com.br/mercados-e-cotacoes/cana-de-acucar>>. Acesso em 10 Nov. 2014.

FRIZZONE, J. A. **Análise de decisão econômica em irrigação**. Piracicaba: Esalq, 2005.

GITMAN, L. J. **Princípios de administração financeira**. 7.ed. São Paulo, Harbra, 1997.p.56

HSIAO, T. C. Plant responses to water stress. **Plant Physiology** (Annual Review), V. 24, p. 519 – 570, 1973.

MATIOLI, C. S.; FRIZZONE, J. A.; PERES, F. C. Irrigação suplementar cana-de-açúcar: modelo de análise de decisão para a Região Norte do Estado de São Paulo. **STAB**, Piracicaba, v.17, n.2, p.42-45, 1998.

MARQUES, P. A. A.; MARQUES, T. A.; FRIZZONE, J. A. Viabilidade econômica sob condições de risco para a irrigação da cana-de-açúcar na região de Piracicaba-SP. **Irriga**, Botucatu, v. 11, n. 1, p. 55-65, 2006

OLIVEIRA, E. C. A.; OLIVEIRA, R. I.; ANDRADE, B. M. T.; FREIRE, F. J.; LIRA-JÚNIOR, M. A.; MACHADO, P. R. Crescimento e acúmulo de matéria seca em variedades de cana-de-açúcar cultivadas sob irrigação plena. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 14, n. 9, p. 951-960, 2010.

SANTOS, M. A. L.; FRIZZONE, J. A. Irrigação suplementar da cana-de-açúcar (*Saccharum* spp) colhida no mês de Janeiro: um modelo de análise de decisão para o Litoral Sul do Estado de Alagoas. **Irriga**, Botucatu, v. 11, n.3, p. 339-355, 2006.

ZINGARETTI, S. M.; RODRIGUES F. A.; GRAÇA, J. P.; PEREIRA, L. M.; LOURENÇO, M. V. Sugarcane responses at water deficit conditions. **Intech**, ISBN 978-953-307-963-9 Disponível em: <<http://www.intechopen.com/books/water-stress/sugarcane-responses-at-water-deficit-conditions>> Acesso em 07 jul. 2015.